

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**

**ALIMENTARIAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS**



**ALIMENTARIAS**

**“EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE CAFÉ UTILIZANDO  
HIERBAS AROMÁTICAS, HOJAS DE LIMÓN (*Citrus aurantifolia*), CANELA  
(*Cinnamomum cassia*) Y MUÑA (*Mintostachys mollis*)”**

**Tesis**

**Para optar el título de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por:**

**PORTILLA CHAVEZ LUIS FERNANDO**

**Tingo María - Perú**

**2024**



"Año del Bicentenario, de la Consolidación de Nuestra Independencia, y de la  
Commemoración de las Heroicas Batallas de Junín y Ayacucho"


## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 007-2024


Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 3 de diciembre del 2024, a horas 10:00 a.m., en la Sala de Sesiones del DACTIA-FIIA de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, para calificar la tesis presentada por el Bach. **LUIS FERNANDO PORTILLA CHAVEZ**, titulada:


### **"EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE CAFÉ UTILIZANDO HIERBAS AROMÁTICAS, HOJAS DE LIMÓN (*Citrus aurantifolia*), MUÑA (*Minthostachys mollis*) Y CANELA (*Cinnamomum cassia*)"**

Después de haber escuchado la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **A. APROBADO** con el calificativo de **M.H.Y... 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, 3 de diciembre del 2024

  
M.Sc. Gunter Daza Rengifo  
Presidente

  
Ing. Eduardo Alejandro Cáceres Almenara  
Miembro

  
M.Sc. Lauriano Antonio Zavaleta De la Cruz  
Miembro

  
Dra. Elizabeth Susana Ordoñez Gómez  
Asesora

  
M.Sc. Victor Elvis Condori Rondan  
Asesor



“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

## CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 070 - 2025 - CS-RIDUNAS

El Director de la Dirección de Gestión de Investigación de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, quien suscribe,

### CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Investigación; aprobó el proceso de revisión a través del software TURNITIN, evidenciándose en el informe de originalidad un índice de similitud no mayor del 25% (Art. 3° - Resolución N° 466-2019-CU-R-UNAS).

Programa de Estudio:

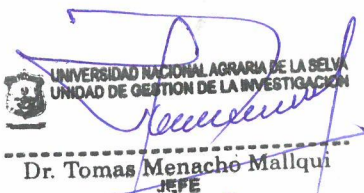
Ingeniería en Industrias Alimentarias

Tipo de documento:

Tesis	X	Trabajo de Suficiencia Profesional	
-------	---	------------------------------------	--

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
EVALUACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DE CAFÉ UTILIZANDO HIERBAS AROMÁTICAS, HOJAS DE LIMÓN (Citrus aurantifolia), CANELA (Cinnamomum cassia) Y MUÑA (Mintostachys mollis)	PORTILLA CHAVEZ LUIS FERNANDO	<b>10 %</b> <b>Diez</b>

Tingo María, 14 de marzo de 2025

  
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA  
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN  
Dr. Tomas Menacho Mallqui  
JEFE

C.C. Archivo

## **DEDICATORIA**

### **A Dios:**

A mis padres, por ser fuente de amor incondicional, guía espiritual y fortaleza. Su apoyo constante, sabiduría y dedicación han sido fundamentales para transformar mis sueños académicos en una realidad, permitiéndome alcanzar esta meta profesional con determinación y gratitud.

### **A mi madre:**

A Bacilia Mila Chávez Baldoce, luz de amor incondicional, cuya comprensión, paciencia y apoyo forjaron mi resiliencia, inspirándome a superar obstáculos y alcanzar la excelencia en mi trayectoria académica y personal.

### **A mi padre:**

A Fernando Ubaldo Portilla Carbajal, mentor ejemplar, cuyo apoyo incondicional, sabios consejos y amor constante han sido pilares fundamentales en mi formación profesional, inspirándome a perseverar y alcanzar mis más preciados objetivos académicos.

### **A mis hermanos:**

Edwin Rogelio Portilla Chávez y Libby Donna Portilla Chávez, por su cariño y apoyo siempre.

## AGRADECIMIENTOS

- A Dios por la vida, salud, cuidarme y guiarme siempre.
- A mi alma máter la Universidad Nacional Agraria de la Selva, por brindarme sus instalaciones que me permitió formarme profesionalmente.
- A la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias y sus docentes por sus enseñanzas y consejos brindados en mi desempeño profesional.
- A los ingenieros catadores Q – grade que laboran en DEVIDA que fueron participe en la investigación, especialmente a la Ing. Natividad por su apoyo en la coordinación con los catadores.
- A mis asesores, Dra. Ordoñez Gómez, Elizabeth Susana y Dr. Hidalgo Chávez Davy William, por su apoyo, disposición, comprensión, tolerancia y respaldo brindado durante la ejecución del trabajo de investigación.
- A los miembros del jurado, Ing. Cáceres Almenara, Eduardo; Ing. Zavaleta de la Cruz, Lauriano y el Ing. Daza Rengifo, Gunter por su confianza, paciencia, disposición y aporte en el desarrollo del trabajo de investigación.
- A Jhuvely Rosa Padilla Chávez, por sus consejos y motivación en la investigación.
- A Henry Portillo Portilla, por sus consejos y apoyo en la investigación.
- Mi estimado Brayan Santiago Aguirre Santiago, que fue participe en la recolección de las muestras y soporte en la investigación.
- A Jackelinen Juliana Paiva Tarrillo, por su amistad, comprensión y apoyo brindado en la investigación.
- A la Ing. Aurelia Isabel León Arévalo por el respaldo y apoyo brindado en el proceso de ejecución de la investigación.
- Al técnico Yacha Melgarejo Celedonio por su apoyo en la ejecución de la investigación.
- A mis amigos Kiara Barrenechea, Mayori Barrueta, Michelly Fasanando, Leizi Lozano, Jennifer Mayta, Jenny Nuñez, María Portillo, Xiomy Aybar, Daniella Candueles, Joss Olivera, Gaby Payano, Tabita Huitrón, Karla Miranda, Maryory Espinoza, Laura Canales, Estefanny Silvera, Joel García, Renato Cardoza, Carlos Panduro, Indira Egusquiza, Melissa Castro, Alexia Castro, Delsy Castro, Luis Justo, Elmer Sánchez, Khevin Reyes, Emily Santisteban, Cristian Taipe y Elia Aquino, por su amistad, consejos y apoyo en mi etapa universitaria.

## ÍNDICE

Página		
I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
	2.1. Aspectos generales del café .....	3
	2.1.1. Definición .....	3
	2.1.2. Taxonomía.....	3
	2.1.3. Variedades del café .....	4
	2.1.4. Altitud y condiciones climáticas sobre la calidad del café .....	5
	2.1.5. Tipo de beneficio del café .....	6
	2.1.6. Componentes químicos del café .....	7
	2.2. Análisis de acidez y sólidos solubles del café .....	9
	2.2.1. Acidez .....	9
	2.2.2. Sólidos totales .....	10
	2.3. Aspectos generales de café tostado y molienda.....	10
	2.3.1. Tostado de café .....	11
	2.3.2. Tipo de tostado .....	12
	2.3.3. Efecto del tostado en el color .....	13
	2.3.4. Café tostado molido .....	14
	2.3.5. Defectos del café molido y almacenado .....	14
	2.4. Aspectos generales de las hojas de limón, muña, canela y su relación con la aromatización. ....	15
	2.4.1. Definición y taxonomía de la hoja de limón .....	15
	2.4.2. Componentes presentes en la hoja de limón .....	16
	2.4.3. Definición y taxonomía de la hoja de muña .....	16
	2.4.4. Componentes presentes en la hoja de muña .....	16
	2.4.5. Definición y taxonomía de la hoja de canela .....	17
	2.4.6. Componentes presentes en la hoja de canela .....	17
	2.4.7. Aromatización.....	17
	2.5. Aspectos generales de la evaluación sensorial del café .....	18
	2.5.1. Evaluación sensorial .....	18
	2.5.2. Requisitos para la evaluación sensorial .....	18
	2.5.3. Pruebas de análisis sensorial .....	22

2.5.4. Fichas de evaluación de café .....	26
2.5.5. Catadores .....	26
2.5.6. Características de los catadores de café.....	27
2.5.7. Selección y capacitación de catadores de café.....	28
2.5.8. Ficha de catación (SCAA) .....	30
2.5.9. Atributos de catación del café .....	30
2.5.10. Café de especialidad .....	33
<b>III. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>34</b>
3.1. Lugar de ejecución .....	34
3.2. Materia prima .....	34
3.3. Equipos, materiales y reactivos .....	35
3.3.1. Equipos .....	35
3.3.2. Materiales .....	35
3.3.3. Reactivos.....	35
3.4. Metodología experimental .....	36
3.4.1. Selección del café mediante calidad en taza .....	36
3.4.2. Acondicionamiento de las hierbas aromáticas canela, limón y muña.....	36
3.4.3. Aromatización del café oro verde con hojas de limón, muña y canela....	37
3.4.4. Análisis fisicoquímico del café aromatizado con hojas de limón, muña y canela .....	40
3.4.5. Primera evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela.....	41
3.4.6. Segunda evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela.....	43
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
4.1. Selección del café mediante calidad en taza .....	44
4.2. Evaluación fisicoquímica del café aromatizado con hojas de limón, muña y canela.....	45
4.2.1. Acidez titulable.....	45
4.2.2. Sólidos solubles totales.....	47
4.3. Primera evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela.....	47
4.3.1. Evaluación de los atributos de catación .....	47

4.3.2. Correlación entre los atributos de catación .....	52
4.3.3. Componentes principales de los atributos de catación.....	53
4.3.4. Dendograma de los atributos de catación.....	55
4.3.5. Evaluación de calidad en taza.....	56
4.4. Segunda evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los café aromatzados con hojas de limón, muña y canela.....	58
4.4.1. Evaluación de los atributos de catación.....	58
4.4.2. Correlación entre los atributos de catación.....	62
4.4.3. Evaluación de calidad en taza.....	62
V. CONCLUSIONES .....	65
VI. PROPUESTAS A FUTURO .....	66
VII. REFERENCIAS.....	67
ANEXOS.....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Página
1. Clasificación del color .....	14
2. Pruebas para la evaluación sensorial .....	25
3. Requisitos para realizar las pruebas de selección de catadores de café .....	29
4. Clasificación de calidad en taza .....	36
5. Tratamientos de cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela .....	38
6. Escala de calidad de atributos de catación .....	41
7. Resultados de la selección de café según calidad de taza .....	44
8. Acidez y sólidos solubles totales en granos de café oro verde aromatizado .....	46
9. Resultados de la primera evaluación sensorial de los atributos de catación en las bebidas de cafés aromatizados .....	50
10. Resultados de la calidad en taza de las bebidas aromatizados .....	57
11. Resultados de la segunda evaluación sensorial de los atributos de catación en las bebidas de cafés aromatizados.....	60
12. Resultados de la calidad en taza de las bebidas aromatizados.....	63

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1.	Flujograma del proceso de acondicionamiento de las hierbas aromática.....	37
2.	Proceso de aromatización de granos de café oro verde .....	39
3.	Metodología de aromatización de granos de café oro verde .....	40
4.	Análisis de matriz correlación/coeficientes – atributos en las bebidas de café aromatizadas con hojas de limón, muña y canela de la primera evaluación.....	53
5.	Análisis de componentes principales de los atributos de catación .....	54
6.	Dendograma de los cafés aromatizados considerando los atributos de catación....	55
7.	Análisis de matriz correlación/coeficientes – atributos en las bebidas de café tostado reposado por 25 días.....	62

## RESUMEN

El café, una de las bebidas más consumidas globalmente, tiene su calidad influenciada por factores, desde su origen y cultivo hasta su preparación final. Se evaluó el efecto de la aromatización de *Coffe arabica* L. con hierbas aromáticas como *Citrus aurantifolia*, *Minthostachys mollis* y *Cinnamomum cassia* en sus características fisicoquímicas y sensoriales. Se utilizaron granos de café verde oro variedad Geisha provenientes de Hermilio Valdizán (HV) a 1616 m.s.n.m y Monzón (M) a 1570 m.s.n.m., aromatizados al 2 %, 4 %, 6 % y 10 %. Se evaluaron la acidez titulable, sólidos totales, atributos sensoriales y calidad de taza, realizando una segunda evaluación después de un reposo de 25 días en granos de café tostado aromatizados. Los cafés aromatizados con hojas de limón al 6 % y 10 % presentaron mayor acidez en comparación con muña y canela. La aromatización mejoró los atributos de fragancia/aroma y sabor, destacándose en los cafés con hojas de limón, aunque el sabor residual disminuyó con hojas de muña. Las correlaciones más fuertes fueron entre fragancia/aroma–balance (0,73) y cuerpo–balance (0,84). El análisis de componentes principales mostró que los atributos más relevantes fueron fragancia/aroma, sabor, sabor residual, cuerpo y balance. El mejor café aromatizado fue al 6 % con hoja de limón (ML6), calificación "Excelente". El reposo de 25 días mejoró los atributos en los cafés aromatizados, especialmente con limón, mientras el sabor residual y balance disminuyeron en la mayoría de los casos. El café aromatizado ML6 obtuvo la mejor calidad en taza, mientras que el menor puntaje correspondió al HVC4.

**Palabras claves:** *Citrus aurantiifolia* (es), *Cinnamomum cassia*, *Minthostachys mollis*. Especia (es), Lamiaceae (es), Rutaceae (es).

## ABSTRACT

The quality of coffee, one of the most consumed drinks worldwide, is influenced by factors from its origin and cultivation until its final preparation. The effect of the aromatization of *Coffe arabica* L. with aromatic herbs such as *Citrus aurantifolia*, *Minthostachys mollis* and *Cinnamomum cassia* was evaluated for its physicochemical and sensory characteristics. Green coffee beans of the Geisha variety from the Hermilio Valdizan (HV) at 1616 masl and from Monzon (M) at 1570 masl were used [and] aromatized at 2 %, 4 %, 6 %, and 10 %. The titratable acidity, total solids, sensory attributes and the cupping quality of the roasted aromatized coffee beans were evaluated, doing a second evaluation after twenty five days of resting. The coffees aromatized with lime leaves at 6 % and 10 % presented greater acidity, in comparison to those with muña and cinnamon. The aromatization improved the attributes of the fragrance/aroma and flavor, standing out in the coffees with lime leaves, although the residual flavor decreased with the muña leaves. The strongest correlations were between the fragrance/aroma – balance (0.73) and the body – balance (0.84). The analysis of the principal components revealed that the most relevant attributes were fragrance/aroma, flavor, residual flavor, body and balance. The best aromatized coffee was at 6% with lime leaves (ML6), [with a] classification of “excellent.” The twenty five days of resting improved the attributes of the aromatized coffees, especially with the lime; meanwhile, the residual flavor and balance decreased in the majority of the cases. The best cupping quality was obtained with the ML6 aromatized coffee, while the lowest score corresponded to HVC4.

**Keywords:** *Citrus aurantiifolia* (es), *Cinnamomum cassia*, *Minthostachys mollis*., spice (es), Lamiaceae (es), Rutaceae (es)

## I. INTRODUCCIÓN

El cultivo del café tiene una gran importancia económica en todo el mundo (Bastian et al., 2021). Según la Organización Internacional del Café (OIC), las exportaciones en 2022/23 fueron de 10 616 125 sacos de 60 kg, donde Perú exportó 427 750, siendo así el sexto productor y exportador a nivel mundial, seguido de Brasil, Vietnam, Colombia, Indonesia y Honduras (OIC, 2023). El 70 % de la producción mundial de café se cultiva en parcelas de menos de 10 hectáreas, normalmente explotadas como empresas familiares. Este sector sustenta los medios de vida de aproximadamente 25 millones de personas (Hall et al., 2022). Sin embargo, la gestión del café, desde el cultivo hasta el consumo en taza de esta bebida, implica a unos 500 millones de personas en todo el mundo, convirtiéndose en la segunda bebida más consumida a nivel global (Sharif et al., 2017).

En la actualidad existen productos novedosos y modificados en el consumo de alimentos, como los cafés saborizados o aromatizados, también conocidos como productos exóticos y para conseguirlo tenemos el beneficio de nuestra región, que produce hierbas aromáticas y/o medicinales, que no se le da un valor agregado, por lo tanto se realizó bebidas de cafés aromatizados con hierbas aromáticas para satisfacer las necesidades exquisitas del cliente debido que el consumidor prefiere degustar bebidas de café de calidad de preferencia aromáticas donde esto se hace un problema para los caficultores, por lo que existe en otros países la tecnología de elaboración o aromatización de cafés tostados con especias y plantas aromáticas, en nuestro caso contamos con hierbas aromáticas lo cual podría mejorar los atributos sensoriales del café para satisfacer la exigencia del consumidor.

En esta investigación se evaluará la aromatización de los granos de café *Coffe arabica* L (*café*) pergamino con hierbas secas aromáticas como él *Citus aurantifolia* (*Limón*), *Minthostachys mollis* (*Muña*) y *Cinnamomum cassia* (*Canela*), y su efecto fisicoquímico y sensorial. Esta premisa fundamental guió el diseño y la ejecución del estudio, que se propuso alcanzar los siguientes objetivos.

### **Objetivos generales**

- Realizar la evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela.

**Objetivos específicos**

- Seleccionar el café mediante la calidad en taza.
- Evaluar el comportamiento fisicoquímico (acidez titulable y sólidos solubles totales) del café aromatizado con hojas de limón, muña y canela.
- Realizar una segunda evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela, mantenidos en reposo 25 días.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Aspectos generales del café

El cafeto tiene sus raíces en las regiones montañosas de Abisinia Etiopía -África, no obstante, la cultura árabe fue pionera en la extracción, tostado, molienda y preparación de la infusión de café, principalmente debido a la restricción islámica sobre el consumo de alcohol; esta infusión ha sido considerada sagrada, energizante para combatientes e incluso mágica con propiedades curativas a través de los siglos, eventualmente evolucionando en una bebida de carácter social que se popularizó globalmente (Minuche et al., 2018).

La popularidad del café como bebida estimulante surgió aproximadamente en el siglo XIII, cuando los seguidores del Islam lo introdujeron en regiones como Egipto, Turquía y Persia durante el siglo XV, lo que condujo al establecimiento del primer establecimiento dedicado al café, Kiva Han, en Constantinopla en 1475. Posteriormente, la bebida alcanzó el continente europeo en el siglo XVII gracias a comerciantes de Venecia, convirtiéndose rápidamente en una infusión predilecta que se extendió por diversos países (Italia en 1645, Inglaterra en 1650 y Francia en 1660). Finalmente, los primeros locales dedicados al café abrieron sus puertas en Inglaterra en 1652 y en la capital francesa en 1672 (Gotteland & De Pablo, 2007).

#### 2.1.1. Definición

Para Ayala et al. (2016), el Perú tiene en el café su producto agrícola tradicional más importante para la exportación, aprovechando las diversas altitudes y temperaturas cálidas que ofrece el territorio nacional, lo que permite el cultivo de este grano en distintas áreas geográficas, gracias a su demanda internacional y su valor en el mercado global. Los arbustos de café, también conocidos como cafetos, pueden crecer hasta 12 metros de alto, aunque generalmente se mantienen entre 2 y 4 metros por razones prácticas. Estos árboles se caracterizan por un tronco recto y liso, hojas de tonalidad verde y forma elíptica, y flores de color blanco. El café produce un fruto pequeño denominado drupa, similar a una cereza; este inicialmente presenta un color verde, posteriormente se vuelve amarillo y finalmente adquiere un tono rojo al alcanzar su punto de maduración (Cuzco, 2020).

#### 2.1.2. Taxonomía

Según Charrier y Berthaud (1985), la taxonomía de la planta de café se clasifica de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Espermatofitas

Clase: Dicotiledónea

Orden: Rubiales

Familia: Rubiácea

Género: Coffea

Especie: Arábica

### 2.1.3. Variedades del café

**Bourbon:** Es una variedad de café caracterizada por su porte alto, producción relativamente baja y susceptibilidad a las principales enfermedades. Sin embargo, destaca por su excelente calidad en taza. Originario de Yemen, fue introducido por misioneros en la isla Borbón, de donde toma su nombre. A medida que los misioneros se desplazaban para establecerse en África y América, la variedad se extendió a nuevas regiones del mundo. Llegó a Brasil alrededor de 1860, desde donde se propagó rápidamente hacia el norte, alcanzando otras partes de América del Sur y Central, donde aún se cultiva en la actualidad (Figueiredo et al., 2018). Por otro lado, una subvariedad es el Bourbon amarillo, originaria de Brasil y se utiliza para producir bebidas con excelentes características sensoriales. Esta variedad es de altura, presenta frutos amarillos y madurez temprana, pero es muy susceptible a la roya y a los nematodos. Su rendimiento promedio es de 25 sacos por hectárea, y se recomienda su cultivo en regiones con altitudes superiores a los 1000 m.s.n.m. (Carvalho et al., 2007).

**Geisha:** Esta variedad fue descubierta por primera vez en la década de 1930 en las montañas boscosas del oeste de Etiopía, específicamente en las provincias de Maji y Goldija. Posteriormente, en 1963, fue introducida en Panamá desde Costa Rica (Krishnan et al., 2014). De acuerdo con Noreña (2023), este cultivar se distingue por su estructura elevada, espaciamiento amplio entre nudos y rendimiento reducido. Su follaje es elongado y angosto, exhibiendo una coloración verde ligeramente intensa, mientras que los brotes nuevos muestran una tonalidad verdosa, sus cerezas son rojas y alcanzan la madurez de forma tardía. El grano es de tamaño grande y alargado en comparación con otros fenotipos de café arábica, y la planta muestra resistencia a enfermedades como la roya. En cuanto a su cultivo, se realiza bajo árboles nativos y con buenas prácticas agrícolas ecológicas; según Marín (2023) se siembra siguiendo curvas de nivel y se aplica una fertilización por hectárea a base de guano de islas, sulfato de potasio, sulpomag y compost. Además, se emplean enraizantes y fungicidas orgánicos para fortalecer la raíz desde la plantación en campo. El fruto del cafeto, tras un adecuado tratamiento, se reconoce como uno de los cafés más exquisitos por sus notas aromáticas, que recuerdan a

flores melosas, cítricos, jazmín, néctar y determinadas variedades de frutas. Exhibe una armonía ideal entre una delicada acidez, una textura nítida y una sensación untuosa al paladar. Estos atributos han contribuido a que su cotización en el comercio global sea sumamente elevada (Krishnan et al., 2014).

**Pacamara:** Es un cruce entre Maragogype y Pacas desarrollado en El Salvador, al igual que la Pacas, siendo susceptible a todas las enfermedades y plagas principales, fue lanzada en 1958 pero es genéticamente inestable (Tritsch et al., 2022).

#### 2.1.4. Altitud y condiciones climáticas sobre la calidad del café

**Altitud:** Es un factor determinante para el tipo de café cultivado, siendo el café arábico predominante entre los 800 y 2000 m.s.n.m. Particularmente, a altitudes superiores de 1300 m.s.n.m., los cafés suelen obtener calificaciones sobresalientes en sabor, aroma, dulzor y cuerpo, en comparación con aquellos de altitudes inferiores (Ferrão et al., 2017). Los cultivos de café en elevaciones superiores, orientados hacia la ladera soleada, producen sombra, disminuyendo la temperatura promedio y beneficiando el desarrollo y estructura de los granos, como resultado de una maduración más pausada de las cerezas, proceso que además potencia los componentes bioactivos que inciden en las diversas variantes genéticas del café (Nugroho et al., 2020). La elevación influye en la estructura química, atributos físicos y propiedades sensoriales del café en taza, por lo que Martins et al. (2020) determinan que los cafés cultivados a mayores alturas tienden a ser de superior calidad.

**Condiciones climáticas:** El cambio climático está impactando los sistemas agrícolas en todo el mundo, con implicaciones para todo el sistema alimentario y la sociedad en general. Durante las últimas siete décadas, se ha producido un aumento en las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) coincidiendo con cambios sistemáticos graduales en las condiciones climáticas promedio, incluyendo una mayor variabilidad de temperatura y precipitaciones, así como condiciones meteorológicas extremas más frecuentes (Adopted, 2014). Estos cambios impulsados por el clima están afectando a los cultivos de múltiples maneras, incluyendo modificaciones en los rangos geográficos aptos para el cultivo, las interacciones tróficas en los agroecosistemas, la productividad y la calidad de los cultivos. Por otra parte, el rendimiento y la calidad del café se ven afectados por las zonas aptas de producción, debido a su vulnerabilidad frente al cambio climático (Läderach et al., 2017).

### 2.1.5. Tipo de beneficio del café

Los atributos del café como el sabor, apariencia están influenciados por el origen del café, proceso postcosecha, nivel de tueste, tamaño de molienda y técnica de elaboración preferida (Sepúlveda et al., 2016); según Rodríguez et al. (2021) el procesamiento del café comienza inmediatamente después de la cosecha de los granos de cereza para evitar fermentaciones indeseables y deterioro en el grano, donde se pueden aplicar diferentes métodos poscosecha para la obtención del café pergamino, que es el producto que se comercializa en el mercado internacional para ser transformado en bebida de café; la técnica de procesamiento posterior a la cosecha empleada tiene un efecto significativo en los atributos fisicoquímicos finales y la estructura de los granos, lo cual repercute en su evaluación organoléptica, a continuación se describen las metodologías más comunes:

**Proceso húmedo o lavado:** El beneficio húmedo se caracteriza como el grupo de procedimientos ejecutados para convertir la cereza del cafeto en café pergamino seco, conservando la calidad requerida por los estándares comerciales. Esta metodología previene mermas del producto y suprime procesos superfluos, consiguiendo además la utilización de los subproductos, lo que constituye la principal fuente de ingresos para el productor de café y reduciendo al mínimo la modificación del agua estrictamente necesaria en el beneficio (Triviño et al., 2022). Según Rodríguez et al. (2021), las fases del beneficio húmedo incluyen la cosecha, selección, despulpado, fermentación y enjuague, finalizando con el secado del café hasta lograr una humedad del 12 %. Este método se distingue porque en cada etapa se efectúa una clasificación y selección del fruto para alcanzar la máxima calidad posible. Las etapas son las siguientes:

**En las parcelas de café, se recolectan los cerezos en etapa de maduración.** La clasificación de los frutos del cerezo se efectúa según su nivel de madurez basado en el color (verdes y rojos). Únicamente los frutos rojos son sumergidos en agua, aprovechando el principio de Arquímedes, los cerezos con defectos se mantendrán en la superficie (vanos y brocados), lo que permite su eliminación.

**Despulpado:** En esta operación se utiliza una máquina despulpadora de café con el fin de separar el grano de la pulpa de los frutos de café (comúnmente llamados "cerezos de café").

**Fermentado y lavado:** Tras el proceso de despulpado, se disponen los granos del café en montones para su fermentación por un periodo cercano a las 12 horas. Seguidamente, se procede a un lavado adicional con el fin de eliminar los residuos de mucílago que aún permanecen adheridos a los granos.

**Secado:** Por último, se lleva a cabo la operación de secado, cuyo propósito es reducir la humedad del café entre el 11 % y el 12 %. Este proceso puede realizarse de dos maneras: aprovechando la energía solar o mediante el uso de máquinas industriales diseñadas para tal fin.

**Proceso natural o seco:** El método seco o "natural" implica secar las cerezas de café seleccionadas hasta que alcancen un contenido de humedad del 10 al 12 %. Este proceso consiste en que las cerezas se secan directamente, ya sea mediante secado natural, exponiéndolas al sol o secado artificial, utilizando sistemas mecanizados de secado (Pereira et al., 2019).

**Proceso honey o semi seco:** El método de procesamiento semi seco fusiona aspectos de las técnicas seca y húmeda, donde se retira la pulpa de los granos de café mecánicamente, pero se deja secar el mucílago adherido. Esta técnica recibe el nombre de proceso miel, ya que al secarse el mucílago junto con los granos, se genera un aroma que evoca a la miel o al azúcar caramelizado. Para llevar a cabo este procedimiento, se utiliza un equipo despulpador que separa la cáscara y la pulpa, dejando una capa variable de mucílago que puede oscilar entre un 20 % y un 80 % del total (Karim et al., 2019).

#### 2.1.6. Componentes químicos del café

El café, una infusión de gran complejidad, está constituida por más de un millar de componentes químicos diversos, entre los que se encuentran aminoácidos, polisacáridos, azúcares y triglicéridos. También contiene ácidos grasos, como el linoleico, así como compuestos nitrogenados y diterpenos (cafestol y kahweol). El café contiene en su estructura ácidos que se clasifican en volátiles (como el fórmico y el acético) y no volátiles (entre ellos el láctico, tartárico, pirúvico y cítrico), así como elementos fenólicos (ácido clorogénico) y cafeína. El aroma característico de esta bebida proviene de componentes volátiles, de los cuales se han logrado identificar alrededor de 800, siendo entre 60 y 80 los principales responsables de su fragancia distintivo. Además, el café proporciona vitaminas, minerales y melanoidinas, estas últimas generadas por las reacciones de pardeamiento no enzimático o la caramelización de carbohidratos durante el proceso de tostado (Spiller, 2019). A continuación, se describen algunos de los componentes químicos más relevantes presentes en el café:

**Proteínas:** En el grano de café sin tostar, las proteínas se presentan de dos maneras: sueltas en el citoplasma o adheridas a los carbohidratos complejos que forman la estructura de las paredes celulares. Alrededor de la tercera parte del contenido proteico está

vinculado al arabinogalactano, un elemento constitutivo de la pared celular (Bastian et al., 2021).

**Lípidos:** El endosperma contiene la mayor parte del aceite, con una porción menor ubicada en las capas exteriores del grano. Esta fracción lipídica externa se considera un medio significativo para transportar el aroma del café después del tostado (Koshima et al., 2020).

**Carbohidratos:** Estos elementos son las partes fundamentales que conforman la composición celular de los granos de café verde crudos, y juegan un papel esencial en el resultado final de la bebida, donde funcionan como precursores de aromas, mejoran las características sensoriales del café definiendo su textura y cuerpo, otorgan firmeza a la crema de la infusión y albergan diversos hidratos de carbono, clasificados en polisacáridos y azúcares simples (siendo la sacarosa el carbohidrato más abundante en los granos de café arábica), entre los que se incluyen los tri, di y monosacáridos (Lopes et al., 2021). En el café almendra, los polisacáridos más importantes son el manano o galactomanano, que es el elemento principal del grano verde (un polímero formado por manosa y galactosa localizado en las paredes celulares del grano cafetero) representando el 50 %, seguido por el arabinogalactona con un 30 %, la celulosa que constituye el 15 % y las sustancias pécticas que aportan el 5 % restante (Batista et al., 2020).

**Cafeína:** Es uno de los tres alcaloides metilxantínicos que se encuentran en el café, junto con la teofilina y la teobromina. Esta sustancia funciona como un estimulante del sistema nervioso central y también está presente de forma natural en el té y el cacao (Faudone et al., 2021). En cuanto a los granos de café verde, los de tipo Arábica contienen entre 0,6 % y 1,7 % de cafeína (con un promedio de 1,16 %), mientras que los granos de café Robusta muestran un contenido entre 1,16 % y 3,27 % (promedio de 2,15 %). El café instantáneo en polvo llega a tener niveles de cafeína entre 3,1 % y 3,9 %. Respecto al café preparado, su contenido de cafeína oscila entre 29 mg y 176 mg por taza. El café soluble instantáneo posee en promedio 60 mg de cafeína por taza de 150 ml, variando entre 30 mg y 120 mg. Por último, el café descafeinado instantáneo contiene un 0,12 % de cafeína, lo que equivale a aproximadamente 3 mg por taza (Bobková et al., 2021).

**Ácidos clorogénicos:** Los granos de café crudos contienen un grupo característico de ésteres fenólicos denominados ácidos clorogénicos, que se forman por la unión éster entre los ácidos cafeico y quínico. El compuesto más común de este grupo es el 5-O-cafeoilquínico o ácido feruloilquínico, compuesto por ésteres del ácido cafeico y el ácido ferúlico. Estos ácidos clorogénicos son una fuente importante de fenoles en la alimentación (Narita & Inouye, 2015).

El café verde contiene principalmente nueve isómeros de ácidos clorogénicos: tres cafeoilquínicos (3-, 4-, y 5-CQA), tres dicafeoilquínicos (3,4-, 3,5-, y 4,5-diCQA), y tres feruloilquínicos (3-, 4-, y 5-FQA). Si bien se encuentran en diversas plantas, los granos de café verde son una de las fuentes comestibles más ricas. El 5-CQA es el más abundante, constituyendo más del 50 % (materia seca) del total, mientras que el 3- y 4-CQA representan alrededor del 10 % cada uno (Atlabachew et al., 2021). Sin embargo, durante el tostado, la estructura física y química de los granos de café sufre cambios significativos, causando la descomposición y alteración de los polifenoles. Aunque se generan nuevos compuestos, estos no compensan la reducción de ácidos hidroxicinámicos ni la capacidad antioxidante del café verde (Gigl et al., 2021).

**Cafestol y Kahweol:** De acuerdo con Acikalin & Sanlier (2021), estos compuestos diterpénicos se hallan en los granos de café sin tostar, ya sea en estado libre o esterificados como palmitato, y aunque se extraen con agua a altas temperaturas, quedan retenidos en el filtro de papel; asimismo, se les atribuye la elevación de los niveles de colesterol total y LDL observada en ciertos grupos poblacionales que ingieren café sin filtrar, como el café turco, el café escandinavo hervido o el preparado en cafetera, los cuales contienen cantidades elevadas de estos diterpenos (6-12 mg/taza).

## 2.2. Análisis de acidez y sólidos solubles del café

El análisis fisicoquímico es crucial en la industria del café, sin embargo, se conoce poco sobre las condiciones de elaboración que favorecen o perjudican los atributos sensoriales del producto. Los resultados de estos análisis proporcionarían a los productores información valiosa para controlar los atributos sensoriales, factor que influye sustancialmente en la aceptación por parte de los consumidores (Cordoba et al., 2020).

### 2.2.1. Acidez Titulable

En la industria de alimentos, se cuantifica a través de una titulación volumétrica, y el resultado se reporta como el porcentaje del ácido más abundante en el producto alimenticio (Tyl & Sadler, 2017). En lo que respecta al café, este contiene importantes cantidades de ácidos clorogénicos (ácido 5-cafeoilquínico), los cuales constituyen el 42,2 % del total de compuestos fenólicos identificados en la pulpa del café. Este ácido es el predominante y ejerce una notable influencia en la calidad del café, aportando a su aroma y sabor característicos (Ramirez, 1988).

La acidez es directamente proporcional a la altitud, ya que este es el factor más frecuente al que se atribuyen los efectos del origen del grano. Países como México, Costa Rica

y Honduras clasifican la calidad del café según la altitud y establecen calificaciones basadas en la altura del cultivo. Las categorías mencionadas se atribuyen al hecho de que los cultivos en altitudes superiores tienden a generar café con mayor acidez y fragancia, como consecuencia del metabolismo ralentizado de la planta cafetera, lo que ocasiona un incremento en la generación de azúcares en la pulpa y, por consiguiente, eleva los niveles de acidez (Puerta, 2016).

### **2.2.2. Sólidos totales**

Los sólidos disueltos totales (TDS, por sus siglas en inglés) representan la concentración total de todas las partículas sólidas disueltas en el agua, incluyendo minerales, sales, iones metálicos, entre otros. En el ámbito cafetero, los TDS se refieren a la concentración de partículas sólidas provenientes principalmente de los granos de café molidos, las cuales se disuelven en la solución de café e influyen directamente en su sabor, aroma y cuerpo (Castaño et al., 2000). Lograr una bebida equilibrada y deliciosa depende de mantener los niveles adecuados de sólidos totales, lo cual se ve afectado por elementos tales como la variedad del cafeto, la técnica de preparación, el tamaño de la molienda empleada, la proporción de agua y café, las características y el calor del líquido, la duración del proceso extractivo y el nivel de torrefacción del grano (Puerta, 2000). Existen tres métodos principales para determinar los sólidos disueltos totales: El primero utiliza un sensor electrónico que mide la conductividad eléctrica; el segundo emplea un refractómetro para medir la concentración de azúcares; y el tercero consiste en evaporar el agua de la bebida y expresar el resultado como porcentaje o partes por millón (ppm) (Mauer & Bradley, 2017).

### **2.3. Aspectos generales de café tostado y molienda**

La elaboración de una infusión empleando semillas de café sin tostar se torna prácticamente insoportable al gusto, debido a su pronunciada amargura y carencia de notas sápidas placenteras. El tostado, por lo tanto, se erige como un paso fundamental en la transformación del grano, no solo para generar las propiedades organolépticas deseadas, sino también para desencadenar una serie de alteraciones físicas y químicas en su composición. Durante este proceso, se produce un aumento en el contenido de sustancias grasas y una disminución en los niveles de azúcares, ácidos clorogénicos y otras características propias del café verde. Esto se debe a la formación de más de 700 compuestos aromáticos que se generan durante el tostado (Schenker y Rothgeb, 2017). A continuación, se describe el proceso de tostado y molienda.

### 2.3.1. Tostado de café

El proceso de tostar café implica complejas interacciones de transferencia de calor y masa que ocurren de manera simultánea. Esta transformación, que está determinada por factores como el tiempo y la temperatura, provoca alteraciones tanto físicas como químicas en los granos de café verde. Estas modificaciones generan los elementos responsables de las características distintivas del café tostado, incluyendo su aroma particular, sabor, olor y cuerpo (Jeszka et al., 2015). El proceso de tostado cumple dos objetivos principales: primero, es generar las notas aromáticas y gustativas distintivas de los granos de café a través del control de factores como el periodo de exposición y el nivel de calor; y segundo, es preservar los elementos bioactivos sin afectar adversamente las cualidades organolépticas (Bolka y Emire, 2020). Según Divis et al. (2019) el proceso de tostado consta de 5 fases:

Las transformaciones iniciales ocurren cuando las zonas externas del grano cafetero alcanzan los 50°C. Al llegar a los 100°C, la tonalidad verde del grano empieza a virar hacia el amarillo. En este instante, da comienzo el proceso de deshidratación, donde se libera vapor acuoso y se inicia la evaporación, desarrollándose además un aroma reminiscente al pan horneado. Aproximadamente entre los 120°C y 130°C, el grano adquiere una tonalidad marrón que paulatinamente se va oscureciendo hasta matices marrones, acompañado de un incremento en su tamaño. No obstante, en esta fase, su fragancia todavía no es la típica del café tostado.

En las proximidades de los 180°C, el aroma comienza a manifestarse de manera distintiva debido a la pirólisis (desintegración de estructuras químicas complejas por acción del calor). Durante este proceso, se producen elementos gaseosos como vapor acuoso, CO<sub>2</sub>, CO y compuestos volátiles derivados de la descomposición de carbohidratos, proteínas y lípidos. Estos elementos son los responsables del incremento volumétrico del grano, que empieza a adquirir una tonalidad marrón como resultado de las reacciones de Maillard y la caramelización de los azúcares. En este instante, se da inicio a una etapa de descomposición caracterizada por la ruptura de la estructura celular de los granos debido a presiones internas excesivas (crepitación), emisión de humo y la manifestación del aroma típico del café. Durante esta fase, las reacciones endotérmicas alcanzan su punto culminante.

En el transcurso del tostado de los granos de café, las reacciones que liberan calor aumentan la temperatura de los granos hasta cerca de 200 °C. Cuando se logra el nivel ideal de caramelización de los azúcares, se considera que los granos han alcanzado un tostado completo. En este momento, el nivel de humedad en los granos disminuye a un rango entre 1,5 % y 3,5 % de su peso.

El proceso de tostado se desarrolla en un rango térmico que va de 180°C a 250°C, con una franja ideal entre 210°C y 230°C. Cuando se sobrepasa este intervalo, se produce una torrefacción excesiva, intensificando la generación de humo, el oscurecimiento de los granos, el cese de la expansión y, en casos extremos, la carbonización. Durante esta fase, los granos adquieren mayor fragilidad y pierden su aroma característico. Para interrumpir el proceso de tostado del café, es crucial enfriar los granos de manera veloz e inmediata, ya sea mediante una corriente de aire o por aspersion acuosa.

El tiempo que toma el procedimiento de tostado fluctúa entre 5 y 12 minutos, sujeto a las circunstancias particulares. La duración precisa se modifica de acuerdo con la maquinaria empleada y el volumen de semillas de café que se sometan al proceso de tostado.

### 2.3.2. Tipo de tostado

En cuanto a los tipos de tostado, según Santoso et al. (2021), no existen estándares claros en la industria cafetera debido a las diferencias entre empresas y sus respectivos equipos de tostados. Esta falta de uniformidad se debe al conocimiento limitado sobre los distintos niveles de tostado del café, lo cual podría generar confusión en el "mundo del tostado". Esto significa que lo que un tostador define como un tostado medio, otro podría considerarlo como un tostado oscuro. Según García et al. (2020), los tipos de tostado de café son los siguientes:

**Café tueste claro:** Se caracteriza por tener una acidez sumamente elevada y notable. En efecto, esta clase de tostado se distingue por una acidez vigorosa en combinación con una bebida de tonalidad clara y un gusto delicado. En los tostados claros, el procedimiento de caramelización no impacta significativamente al grano de café. Asimismo, estos tostados conservan en mayor proporción el sabor original del grano, lo que implica que los matices de tostado se perciben de manera más sutil.

**Café tueste medio:** La transición de un tostado suave a uno intermedio puede potenciar las fragancias, incrementar la dulzura y acentuar la acidez. Aunque esta última generalmente llega a su máxima expresión durante el tueste medio-claro, los elementos que contribuyen a otros sabores se manifiestan de forma más armoniosa que en los tostados ligeros. Asimismo, la sensación en el paladar se amplifica debido a los matices tostados que todavía no son tan pronunciados, consecuencia de sus sabores equilibrados. Los granos con este grado de tostado se emplean en las degustaciones de café de alta calidad para identificar las distintas características de sabor y sus correspondientes intensidades.

**Café tueste medio-oscuro:** El nivel de tostado del café ejerce una influencia notable en sus propiedades sensoriales. A medida que el proceso de torrefacción se intensifica,

se evidencia una disminución en la percepción de acidez y en la diversidad de aromas del grano. Paralelamente, los sabores propios del tostado se hacen más evidentes. La sensación en boca del café, denominada cuerpo, se vuelve más intensa debido a la transformación de los azúcares durante el tostado, lo que frecuentemente conlleva a la aparición de matices más amargos. La complejidad general tiende a disminuir, aproximándose a un perfil de sabor que se asemeja más al del chocolate.

**Café tueste oscuro:** Con frecuencia se malinterpreta un café de tueste oscuro como un café quemado, una confusión que he observado a menudo anteriormente. En los cafés de tostado intenso, la experiencia gustativa se acentúa y emergen tonos amargos resultantes de la caramelización, los cuales enmascaran considerablemente el perfil de sabor inicial del grano. Durante este procedimiento, la acidez disminuye notablemente, dejando solo una leve reminiscencia de los sabores originales. Un café de tueste oscuro de calidad puede exhibir matices a chocolate o semillas de cacao, debido a la amargura y a los sabores generados por el humo y la ceniza que se producen a lo largo del proceso de tostado.

### 2.3.3. Efecto del tostado en el color

Según Münchow (2020) la torrefacción induce alteraciones notables en la tonalidad del grano de café, producto de la exposición al calor. El proceso inicia con un cambio perceptible en la parte externa del grano, que transita del verde al amarillo. Conforme aumenta la temperatura, la coloración evoluciona progresivamente, pasando del amarillo al castaño, y finalmente adquiriendo matices que oscilan entre el marrón y el negro al concluir el tostado. Estas modificaciones cromáticas se producen de manera sincronizada con la reducción de masa y el aumento volumétrico del grano, existiendo una correlación directa entre estos fenómenos. La intensidad y el tiempo de torrefacción son factores determinantes en el grado de estas transformaciones experimentadas por el grano de café.

Según Bicho et al. (2012), aunque el color no constituye un método exacto para determinar el nivel de tostado del café, continúa siendo un enfoque práctico para clasificar los distintos grados de tueste. La medición del color del café tostado se lleva a cabo mediante el uso de la espectroscopia de reflectancia, lo que facilita obtener una medida equiparable de la intensidad de luz a través de los cambios cromáticos. Para este propósito, es esencial que la fuente luminosa sea representativa de la mayoría de tonalidades presentes en el café tostado. En la actualidad, el grado de torrefacción en el café tostado y molido se cuantifica empleando unidades denominadas  $L^*$  (luminosidad), que reflejan el nivel de claro a oscuro de la muestra. Estas unidades toman como referencia el sulfato de bario, considerado el estándar blanco con

un valor del 100 % (Santos et al., 2016). A continuación, en la Tabla 1, se presenta la categorización según el grado de tostado y la luminosidad.

**Tabla 1.** Clasificación del color

<b>Color</b>	<b>L*</b>
Claro	21,6 - 24,4
Medio	18,5 - 21,5
Oscuro	14,9 - 18,4
Muy oscuro	12,4 - 14,8

Fuente: Huanca (2018)

#### **2.3.4. Café tostado molido**

El café molido se obtiene mediante la aplicación de fuerzas mecánicas sobre los granos tostados, resultando en diminutas partículas con una extensa red de poros. Esta estructura incrementa significativamente el área de interacción entre el café y el agua durante la extracción (Fermín et al., 2012). La etapa de molienda juega un papel crucial en la producción de un café de calidad, influenciando notablemente las propiedades finales de la bebida. Un tamaño de partícula mayor facilita el flujo y acelera la filtración. En contraste, una molienda excesivamente fina provoca una rápida liberación de compuestos solubles, generando una bebida con cuerpo intenso y sequedad, además de prolongar el tiempo de percolación debido a la obstrucción de los filtros (Von Blittersdorff & Klatt, 2017). En consecuencia, determinar el grado óptimo de molienda es fundamental para lograr una taza de café con las características organolépticas deseadas.

#### **2.3.5. Defectos del café molido y almacenado**

La disminución en la calidad del café tostado y molido durante su almacenamiento se atribuye principalmente a las complicaciones ocasionadas por el oxígeno presente en el espacio vacío que se crea al envasar el café para su venta. Asimismo, en el proceso de industrialización, se realiza una perforación en el empaque para permitir la liberación del dióxido de carbono generado durante el tostado. No obstante, esto no solo facilita la salida del gas, sino que también permite el ingreso de oxígeno al interior del envase (Ramos & Castaño, 2004). El oxígeno es considerado uno de los elementos más críticos en la elección de un empaque apropiado para el café tostado y molido, debido a las características granulométricas

del café, su extensa área superficial y su elevado contenido lipídico. La exposición al oxígeno desencadena la oxidación y subsecuente enranciamiento del producto, un proceso que está principalmente influenciado por la temperatura de almacenamiento, el nivel de humedad y el grado de tostado (López, 2021).

De acuerdo con Agustini & Yusya (2020), el elemento crucial en el envasado del café es el volumen de aire (espacio libre) dentro del empaque al sellarlo, ya que la cantidad de oxígeno retenido afectará la rapidez de deterioro, pues este es absorbido y reacciona con el café; Blaszkiewicz et al. (2023) afirman que en el sector cafetero explora alternativas desde la elaboración hasta el envasado, donde se consideran opciones de presentación y preservación para ofrecer al cliente un producto de alta calidad. Por esta razón, se implementan diversas técnicas de conservación alimentaria que implican el aislamiento del entorno mediante empaques, recipientes y/o envolturas. El café se envasa en bolsas que aseguran su frescura por un mes y al vacío hasta por un año. Adicionalmente, se consigue potenciar el efecto conservador cuando se emplean ambientes atmosféricos controlados y modificados.

## **2.4. Aspectos generales de las hojas de limón, muña, canela y su relación con la aromatización.**

### **2.4.1. Definición y taxonomía de la hoja de limón**

La hoja de limón proviene del limonero, conocido científicamente como *Citrus limonum*, un árbol que produce una fruta comestible caracterizada por su sabor muy ácido y altamente valorada como aromatizante natural. Las hojas de este árbol presentan un color verde oscuro y una forma ovalada o elíptica, con dimensiones que varían entre 2,5 a 9 centímetros de largo y 1,5 a 5,5 centímetros de ancho. Su base es redondeada y obtusa, mientras que el ápice es ligeramente recortado. Una particularidad destacable de estas hojas son sus márgenes crenulados, los cuales, al ser triturados, liberan la distintiva fragancia a limón (Rafique et al., 2020). Así mismo se menciona que la taxonomía de la planta de limón es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Sapindales

Familia: Rutaceae

Género: Citrus L.

Especie: *Citrus aurantifolia*

#### 2.4.2. Componentes presentes en la hoja de limón

Según Gonzáles et al (2010), las hojas de limón son una fuente de compuestos bioactivos con potencial para alimentos manufacturados como filtrantes, además dicho autor identificó veintisiete compuestos aromáticos presentes en las hojas, donde las mayores concentraciones corresponden al linalol (30,62 %), geraniol (15,91 %),  $\alpha$ -terpineol (14,52 %) y acetato de linalilo (13,76 %), siendo estos los responsables del aroma y sabor característicos. Asimismo, Palozzolo et al. (2013) mencionan que las hojas de limón contienen compuestos oxigenados que varían del 91 % al 96 %, entre los cuales se encontraron aldehídos en las proporciones más elevadas. El 1,8-cineol representa del 1,1 % al 2,1 % del aceite esencial de las hojas de limón. Además, el limoneno, el (E)- $\beta$ -ocimeno, el mirceno y el  $\beta$ -pineno son los hidrocarburos monoterpénicos más abundantes, mientras que entre los doce hidrocarburos sesquiterpénicos identificados, el  $\beta$ -cariofileno es el más representativo.

#### 2.4.3. Definición y taxonomía de la hoja de muña

Las hojas de muña son agudas, con nervaduras prominentes y pubescencia. Presentan un color verde amarillento, sus dimensiones aproximadas de las hojas son de 2,90 cm de largo y 1,90 cm de ancho (Maqueta et al., 2009)

Según Pucurimay et al. (2018) la taxonomía de la planta de muña es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Tubiflorae

Familia: Lamiaceae

Género: *Minthostachys*

Especie: *Minthostachys mollis*

#### 2.4.4. Componentes presentes en la hoja de muña

La planta de *Minthostachys mollis* (muña) contiene una variedad de compuestos fenólicos, principalmente flavanonas, flavonas y derivados del ácido hidroxicinámico (Pacheco, 2022); Chirinos et al. (2011) encontraron 10,0 mg/g de flavanonas, 5,8 mg/g de flavonas y 4,7 % de ácidos hidroxicinámicos en base seca de hojas de muña, asimismo, identificaron un gran número de flavonoides en soluciones acuosas y etanólicas de esta planta. Además de los compuestos fenólicos, estudios realizados por Benites et al. (2018) también

identificaron la presencia de monoterpenos, como pulegona y mentona, en el aceite esencial extraído de las hojas y flores de la muña.

#### **2.4.5. Definición y taxonomía de la hoja de canela**

Las hojas de canela pueden presentarse de manera opuesta o alterna en las ramas. Estas hojas se caracterizan por tener una forma simple y alargada, con una textura coriácea y un aroma distintivo. En su superficie, se destacan tres venas prominentes que recorren la hoja longitudinalmente. Las dimensiones de las hojas oscilan entre 5 y 9 pulgadas de largo, y están recubiertas por una cutícula que les brinda un aspecto brillante. En cuanto a su coloración, predomina un verde intenso, aunque en ocasiones pueden apreciarse matices rojizos (Kuete, 2017).

Según Pathak, y Sharma, (2021) la taxonomía de la planta de canela es:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Luarales

Familia: Lauraceae

Género: *Cinnamomum* Schaeef

Especie: *Cinnamomum cassia*

#### **2.4.6. Componentes presentes en la hoja de canela**

Los componentes aromáticos más importantes de la hoja de canela son el cinamaldehído y el trans-cinamaldehído, los cuales se encuentran en su aceite esencial y le brindan su peculiar fragancia, además de diversas actividades biológicas (Yeh et al., 2013). Según Onder et al. (2022), mencionan que los principales componentes de los aceites esenciales de la hoja de canela incluyen ácidos fenólicos y flavonoides como la catequina. Este compuesto proporciona antioxidantes que favorecen la neutralización de los efectos dañinos de los radicales libres, ejerciendo así un efecto antioxidante.

#### **2.4.7. Aromatización**

Los compuestos que proporcionan el sabor y aroma pueden estar presentes de forma natural en los alimentos, crearse durante la cocción o el procesado, o añadirse manualmente o mediante equipos especializados en las etapas finales de producción (Vinceković et al., 2017). Existen claras diferencias entre sabor y aroma: los compuestos

aromáticos son compuestos de bajo peso molecular en forma gaseosa, líquida y sólida que incluyen alcoholes, ácidos, cetonas, aldehídos, sulfuros, ésteres, hidrocarburos, etc. Estos compuestos son muy volátiles y pueden ser detectados por sentidos como el olfato y el gusto, lo que significa que el olor puede llegar directamente a la nariz antes del consumo (ortonasal) o cuando el alimento está en la boca (retronasal) (Sobel et al., 2023).

## **2.5. Aspectos generales de la evaluación sensorial del café**

### **2.5.1. Evaluación sensorial**

De acuerdo con Djekic et al. (2021), la evaluación sensorial se entiende como una disciplina científica que comprende la provocación, cuantificación, examen y comprensión de las reacciones humanas ante las características organolépticas de productos alimenticios y otras sustancias. Estas características son captadas mediante los sentidos, incluyendo la visión, el olfato, el gusto, el tacto y la percepción térmica, entre otros. El proceso evaluativo suele llevarse a cabo por un conjunto de catadores expertos que conforman un panel de cata, quienes examinan las cualidades sensoriales de las muestras utilizando sus sentidos. Por otro lado, Etaio et al. (2010) señalan que en la evaluación sensorial se emplean comúnmente escalas numéricas o binarias para indicar la aceptación o rechazo del producto. La determinación final recae en el panel de cata, considerando los protocolos establecidos. Esta metodología tiene una amplia aplicación en diversos sectores industriales, destacando su uso en la industria alimentaria, particularmente en los sectores vinícola, chocolatero y cafetero, así como en la industria cosmética y de perfumería.

### **2.5.2. Requisitos para la evaluación sensorial**

**Sujetos de prueba de panel:** Un panel se define como un conjunto de individuos, con o sin entrenamiento, que evalúan un producto mediante alguna técnica de prueba. Entre los paneles entrenados, se encuentran evaluadores especializados encargados de efectuar pruebas de diferenciación o descriptivas con propósitos tecnológicos y de control de la calidad. Cuando los evaluadores reciben formación en métodos descriptivos, adquieren una destacada capacidad para identificar características sensoriales específicas, como sabores o texturas distintivas. Estos jueces reciben una formación teórica y práctica en evaluación sensorial, y comprenden con claridad el objetivo de las pruebas que realizan con cierta frecuencia (Stone et al., 2020).

Según Severiano (2019), el proceso de conformación de los equipos de jueces capacitados consta de cuatro fases:

**Preselección:** Se realizan diálogos individuales para obtener datos significativos sobre los posibles integrantes del grupo de estudio, incluyendo su motivación personal, tiempo disponible, condición física, años de vida, género y patrones de compra, entre otras características. Estos encuentros son esenciales para establecer si los aspirantes poseen el interés y las aptitudes requeridas para integrarse eficazmente al grupo. Mediante este procedimiento, se pretende analizar su conducta, su capacidad para ofrecer respuestas nítidas y exactas, así como su dedicación al estudio. La elección apropiada de los participantes, fundamentada en la información recabada durante los diálogos, es vital para asegurar la excelencia y la confiabilidad de los hallazgos del grupo de estudio.

**Selección:** En la constitución de un equipo de análisis sensorial, se aconseja iniciar con una cantidad de aspirantes que duplique o triplique el número final requerido. Durante la etapa de elección, es crucial evaluar determinados aspectos fundamentales en los candidatos. Primero, deben exhibir una notable concentración y meticulosidad en la ejecución de sus funciones. También es deseable que no presenten rasgos de personalidad extremos, pues esto podría afectar su capacidad de evaluación imparcial. Del mismo modo, es vital que los postulantes estén dispuestos a valorar los pensamientos y criterios ajenos, así como ser aptos para transmitir eficazmente sus propias impresiones al resto del grupo. Otra exigencia relevante es que los participantes posean destrezas sensoriales avanzadas y estén habituados al empleo de escalas hedónicas, las cuales facilitan la medición del nivel de complacencia o gusto que experimenta un individuo al degustar un producto. Al concluir el proceso de selección, el conjunto definitivo debe estar integrado por entre 12 y 15 personas, escogidas del total de candidatos que se presentaron al inicio.

**Entrenamiento:** Las metas fundamentales de la capacitación son: Aclimatar a los evaluadores con el procedimiento sensorial particular; incrementar la destreza personal para detectar, distinguir y medir las características y potenciar la perceptibilidad y el recuerdo.

**Comprobación:** El proceso de validación de un panel sensorial implica ejecutar una variedad de pruebas elaboradas para verificar que el panel ha sido adecuadamente capacitado y que la información que proporciona es fidedigna. Para alcanzar este fin, una de las metodologías más frecuentes es la incorporación de uno o más especímenes de referencia dentro de los conjuntos de muestras que se examinan en cada reunión. Estos especímenes de referencia facilitan la evaluación de la coherencia y exactitud de los hallazgos obtenidos por el panel a través de las diversas sesiones de análisis sensorial. Al contrastar los resultados de los especímenes de referencia en distintas reuniones, es factible establecer si el panel conserva su aptitud para diferenciar y si sus valoraciones son replicables a lo largo del tiempo. Esta

metodología de validación es esencial para asegurar la calidad y confiabilidad de la información sensorial generada por el panel entrenado.

**Área de prueba:** Conforme a lo indicado por Yu et al. (2018), el área de prueba debe estar acondicionada para minimizar factores de ruido y sesgo por parte de los panelistas. Además, se ofrecen las siguientes recomendaciones sobre cómo debe ser el diseño:

**Ubicación:** Contar con acceso adecuado y zonas aisladas de las áreas de mayor tránsito, con el fin de prevenir la contaminación acústica y los aromas indeseados.

**Cubículos de evaluación:** Para asegurar una valoración objetiva, es crucial que los evaluadores se ubiquen en áreas independientes, cada uno utilizando paneles blancos con el espacio adecuado para examinar las muestras con comodidad. Asimismo, las cabinas deben contar con iluminación de luz blanca estándar, junto con una fuente lumínica adicional, como luz roja o fluorescente, para minimizar posibles variaciones cromáticas entre las muestras. Es fundamental que los espacios estén provistos de muestras correctamente organizadas, formularios, agua sin gas y/o alimentos neutros para eliminar residuos potenciales, servilletas, un recipiente para desechos líquidos y un mecanismo de señalización. Este sistema de aviso debe incorporar una campana o una señal luminosa que permita informar al supervisor de la prueba que el análisis de la muestra ha finalizado o que se necesita ayuda.

**Área de preparación de muestras:** El área de preparación necesita estar físicamente aislada de los espacios de evaluación para prevenir la contaminación cruzada. Este sector requiere un mecanismo de ventilación eficiente para la eliminación de aromas y un sistema de regulación ambiental que controle la temperatura y los niveles de humedad dentro de los parámetros sugeridos. Asimismo, tanto el espacio de preparación como los instrumentos y equipamiento empleados deben ser construidos en acero inoxidable para simplificar la limpieza y desinfección, asegurando de esta manera condiciones de higiene ideales.

**Área de entrenamiento y análisis descriptivo:** La instalación cuenta con una superficie circular que permite ubicar los especímenes de comparación.

**Condiciones de prueba:** De acuerdo con Callejo et al. (2011), antes de realizar la prueba sensorial es necesario cumplir ciertas condiciones, tales como:

**Horario:** El momento óptimo para llevar a cabo las evaluaciones es durante las horas matutinas, específicamente después de haber ingerido el desayuno pero antes de la comida del mediodía. Es crucial dedicar el tiempo adecuado y suficiente para completar el proceso evaluativo de manera efectiva.

La cantidad de evaluaciones por sesión está determinada por la naturaleza de los especímenes y la metodología de análisis. Es posible efectuar entre una y tres evaluaciones distintas, con el propósito de evitar el agotamiento de los evaluadores.

Durante la gestación, es necesario prestar especial atención a las mujeres, pues sus capacidades sensoriales experimentan un incremento en su agudeza.

Individuos que padezcan afecciones en el sistema respiratorio o que presenten alguna modificación en las capacidades sensoriales necesarias para examinar el producto, estarán imposibilitados para llevar a cabo la valoración del mismo. Esta restricción se aplica con el fin de garantizar la precisión y fiabilidad de los resultados de la evaluación.

**Hábitos:** Si bien no hay restricciones absolutas, para aquellos individuos que consumen café habitualmente o fuman, es crucial establecer cronogramas que permitan que sus facultades sensoriales estén lo más despejadas posible al momento de realizar una evaluación, evitando el consumo de sustancias irritantes y el tabaco durante los 30 minutos previos al proceso evaluativo. Asimismo, se recomienda abstenerse de utilizar productos cosméticos o fragancias intensas.

**Percepción sensorial:** El proceso cognitivo e individual mediante el cual los seres humanos captan, descifran y asimilan los estímulos provenientes del entorno se denomina percepción, la cual implica la codificación de señales a través de los órganos sensoriales (Salcedo et al., 2022). Generalmente, se identifican cinco sentidos principales: olfativo, visual, auditivo, táctil y gustativo. No obstante, es esencial destacar que estos no constituyen la totalidad de los mecanismos perceptivos del ser humano. Adicionalmente, nuestro cuerpo posee sentidos viscerales y propioceptivos, que ejercen roles igualmente relevantes en nuestra experiencia sensorial (Fish, 2021). Este investigador lo plantea del siguiente modo:

**Sentido de la vista:** La visión es el sentido inicial que participa en la valoración de un comestible o elemento, facilitando la obtención de datos sobre características como tonalidad, dimensiones, estructura, apariencia (imperfecciones) y textura externa. Esta percepción se ve afectada por: La coloración de base; el fulgor y la consistencia de la superficie; el tamaño del entorno y/u objetos próximos de tono contrastante y la clase de luminosidad bajo la que se examina el alimento. Los datos recabados mediante este sentido son cruciales, pues constituyen el único fundamento en el que se apoya la resolución de adquisición por parte de los compradores.

**Sentido del tacto:** Las terminaciones nerviosas ubicadas en la epidermis y otros tejidos, con excepción de las uñas, el cabello y la córnea, son responsables de captar el sentido del tacto. Esta capacidad sensorial nos faculta para identificar características texturales por

medio de impresiones táctiles en los dedos, la palma de la mano, la lengua, los labios, las encías, el interior de las mejillas, la garganta y el paladar.

**Sentido del olfato:** La capacidad de detectar aromas y fragancias a través del sistema nasal se conoce como el sentido del olfato, el cual funciona gracias a las áreas cavernosas del interior de la nariz recubiertas de mucosa olfatoria que conecta con células y terminaciones nerviosas encargadas de transmitir la información olfativa al cerebro. No obstante, resulta imposible establecer una clasificación de olores fundamentales (existen incontables variedades), aunque cabe destacar que ciertos individuos carecen de la habilidad para percibir olores, condición denominada anosmia.

**Sentido del gusto:** El sentido del gusto, junto con el olfato, se clasifica como un sentido químico, capaz de detectar compuestos químicos disueltos en medios acuosos, oleosos o salivales. Para que estas sustancias sean percibidas, deben activar las papilas gustativas ubicadas en el paladar, la lengua y la garganta. Este sentido mantiene una estrecha conexión con los estados emocionales, lo que le confiere la capacidad de influir en las actitudes y la percepción de las marcas. Se le considera el más complejo de los sentidos, pues "ningún otro exige la complementariedad de la totalidad del resto de los sentidos para cumplir su función y enviar informes sensoriales completos al cerebro". En consecuencia, la incorporación del gusto produce "emociones más ricas y complejas, que logran incluso transportarnos directamente en el tiempo a través de la memoria, recordando sabores lejanos".

**Sentido del oído:** La audición es el sentido que posibilita la detección de sonidos, los cuales se producen por oscilaciones en el aire provenientes de diversas fuentes emisoras. Estas oscilaciones se conducen a través del sistema auditivo y son posteriormente decodificadas por el cerebro. Adicionalmente a los sonidos que viajan por el aire, el proceso de masticación genera vibraciones que se transmiten por la estructura ósea, lo que contribuye a la apreciación de la textura de los alimentos

### **2.5.3. Pruebas de análisis sensorial**

De acuerdo con Olivas et al. (2009), se realizan diversas evaluaciones dependiendo del propósito específico, siendo las principales tres categorías como las afectivas, discriminatorias o discriminativas y descriptivas, cuyo objetivo es establecer un panel de evaluación sensorial. Estas modalidades de análisis engloban un conjunto de metodologías para cuantificar de manera precisa las reacciones humanas frente a los alimentos y reducen al mínimo los posibles sesgos que la identidad de marca y otros datos pueden ejercer sobre la percepción del consumidor (Sánchez & Albarracín, 2010).

**Pruebas afectivas:** Son aquellas en las que el evaluador manifiesta su respuesta personal ante el producto evaluado. Estas pruebas suelen llevarse a cabo con grupos de consumidores o paneles sin experiencia previa. Dentro de esta categoría se encuentran las evaluaciones que miden el nivel de satisfacción y las que determinan la aceptación del producto (Oviedo, 2019).

**Pruebas discriminativas:** En el caso de las pruebas que no necesitan determinar la impresión personal generada por un producto alimenticio, el objetivo es identificar la existencia o ausencia de discrepancias entre dos o más especímenes y, en ciertos casos, la dimensión o relevancia de dicha discrepancia. Entre los métodos discriminativos más frecuentes se encuentran las evaluaciones de comparación por pares simple, triangular, dúo- trío, comparaciones múltiples y de clasificación jerárquica (Mazon et al., 2018).

**Pruebas descriptivas:** En el contexto de estas evaluaciones, el magistrado define los parámetros descriptivos de un artículo para establecer sus particularidades. Este proceso implica la caracterización detallada de aspectos como la tonalidad y el perfil gustativo general, además de sus cualidades específicas. Mediante estos exámenes, se logra determinar la secuencia en que se perciben los distintos atributos, la intensidad de cada uno, las notas finales que perduran en el paladar, y la impresión global que generan los elementos gustativos y olfativos (Osorio, 2018).

Al evaluar cada prueba, es crucial tener en cuenta diversos factores relacionados con su escala de clasificación. Estos incluyen sus atributos distintivos, la metodología de aplicación, la categoría de evaluación y la cantidad de evaluadores involucrados. Todos estos elementos se encuentran detallados y organizados en la Tabla 2, proporcionando una visión integral de los aspectos a considerar en el proceso de evaluación. Dentro de las pruebas descriptivas, el que más resalta es el análisis descriptivo cuantitativo, que se detalla a continuación.

**Análisis descriptivo cuantitativo:** Este enfoque metodológico surgió como respuesta a la insatisfacción de los expertos en análisis sensorial con el procesamiento estadístico de los datos obtenidos en la caracterización del sabor. Una de sus ventajas es la capacidad de incorporar aspectos relacionados con el sabor, la textura y sus combinaciones (Fauza et al., 2021). El análisis cuantitativo descriptivo (AQD) es ampliamente utilizado en la evaluación sensorial, ya que permite cuantificar las características sensoriales mediante la creación de un perfil distintivo, así como realizar comparaciones cualitativas y cuantitativas entre productos similares (Mihafu et al., 2020). Para lograr esta descripción detallada del producto utilizando técnicas de AQD, es fundamental contar con un panel sensorial que actúe

como un instrumento objetivo para identificar la naturaleza y medir la intensidad de los atributos que definen al alimento.

**Tabla 2.** Pruebas para la evaluación sensorial.

<b>Prueba</b>	<b>Clases</b>	<b>Características</b>	<b>Cuándo utilizar</b>	<b>Tipo y número de jueces</b>
Afectiva	1. Preferencia 2. Aceptación 3. Escala Hedónica: Verbal o gráfica	*Es subjetiva. *Presenta mayor variabilidad. *Los resultados son más difíciles de interpretar. *Las apreciaciones cambian con: el tiempo, práctica, instrucciones, etc.	*Se desea conocer si la muestra o producto gusta o disgusta. *Es aceptado o rechazado. *Se prefiere a otro. *Desea adquirirla o no. *Grado de satisfacción producida.	Se requiere un mínimo de 30 jueces. Consumidores habituales o potenciales sin entrenamiento en técnicas sensoriales y sin ninguna relación con el proceso o investigación.
Discriminativa	1. Apareada simple 2. Dúo - Trío 3. Triangular 4. Corporación múltiple 5. Ordenamiento	*Es objetiva - analítica. *No se requiere conocer la sensación subjetiva. *La posibilidad de desarrollar nuevos métodos han sido agotados.	Para establecer: *Uniformidad de la calidad. *El efecto de cambios en materias primas, procesos y empaques. *Diferencias entre dos muestras. *Magnitud e importancia de las diferencias. *Aptitud de jueces, selección entrenamiento y seguimiento.	Se requieren: *De 12 a 20 jueces semi-entrenados para pruebas sencillas. *De 7 a 12 jueces entrenados para pruebas complicadas.
Descriptivas	1. Escala no estructurada. 2. Escala estructurada. 3. Escala estándar. 4. Estimación de magnitud. 5. Perfiles sensoriales. 6. Relaciones psico-físicas.	*Es objetiva - analítica. *Son más difíciles de realizar. *Proporciona mucha mayor información. *Tiene un mayor potencial de desarrollar nuevos métodos. *La interpretación de los resultados es más laborioso.	Permite: *Definir y medir propiedades de los alimentos. *Conocer la magnitud o intensidad de los atributos. *Describir el producto. *Establecer la dirección de las diferencias.	Se requieren: *Jueces que han recibido entrenamiento más intenso. *Jueces con experiencia en productos específicos. *Jueces con habilidad para comunicar y describir atributos.

Fuente: Carretero (2014).

El uso de panelistas entrenados como herramientas de medición proporciona información más exacta y coherente, debido a la aplicación de criterios y procedimientos más rigurosos (Ritcher et al., 2010).

#### **2.5.4. Fichas de evaluación de café.**

Según Solano (2023) las fichas de SCAA inició el proceso de revisión de su sistema de catación, donde la definición de “café de especialidad” no reflejaba las prácticas actuales de la industria, así que se creó un nuevo sistema de evaluación que consta de 4 evaluaciones (física, descriptiva, afectiva y extrínseca) que se detalla a continuación:

**Evaluación física:** Se documentan características inherentes del café verde sin procesar, incluyendo su tonalidad, imperfecciones, nivel de humedad y dimensiones del grano .

**Evaluación descriptiva:** Implica un registro objetivo de las características sensoriales inherentes al café. Este proceso abarca la documentación de elementos como el aroma, la fragancia, los matices del sabor, las notas residuales, los niveles de acidez y dulzura, así como las sensaciones palatales. Para llevar a cabo esta tarea, se emplean referencias olfativas basadas en la rueda de sabores utilizada por los catadores de café, lo que permite medir las intensidades de cada atributo de manera precisa.

**Evaluación afectiva:** Se registra la impresión de calidad según preferencias hedónicas del catador, se aplican la escala hedónica de 9 puntos para reflejar su propia preferencia o una preferencia del mercado, luego califican su impresión de calidad para el café en general.

**Evaluación extrínseca:** Se registran atributos informativos o simbólicos que contribuyen al valor de un café especial como la ubicación de origen, información del productor, información del proceso de beneficio; resultados de la evaluación física; certificaciones de sostenibilidad; u otra información, como la historia del café.

#### **2.5.5. Catadores**

En la industria alimentaria, los catadores desempeñan un papel crucial como evaluadores de los atributos sensoriales de los productos, tal como estos son percibidos. Su labor genera un volumen considerable de información que se emplea en la toma de decisiones relacionadas con los productos. Además, estos profesionales también se encargan de formar a los futuros especialistas en cata (Teixeira et al., 2014).

**Catadores expertos:** El especialista en cata desempeña el papel de evaluador de los atributos sensoriales del producto, al tiempo que examina su calidad final. Sus valoraciones

se fundamentan en su trayectoria y formación específica (Pérez et al., 2021). Así mismo, un panel de catadores experto es la única herramienta que se permite visualizar de forma precisa y fiable las características sensoriales de cualquier producto alimentario (LaTour & Deighton, 2019). Los perfiles sensoriales obtenidos por el panel de expertos le permitirán conocer y comparar las propiedades sensoriales de varias muestras de un producto prototipo incluyendo a productos de la competencia (Bucalossi et al., 2020). Según Pickering et al. (2013), un panel de catadores expertos tiene como finalidad:

- Conocer las características sensoriales de sus productos.
- Analizar con precisión las diferencias y/o similitudes entre sus productos y los de sus competidores (textura, perfil aromático, etc.)
- Conocer cómo evolucionan las características sensoriales de sus productos y los de sus competidores a lo largo de la vida comercial.
- Comparar y evaluar productos elaborados en diferentes líneas de producción.
- Evaluar y conocer posibles causas de las reclamaciones sensoriales de los consumidores.

**Catadores en café:** En el caso de la industria cafetera, se les denomina catadores “Q-Grader”, a los profesionales que están calificados, controlados y capacitados constantemente en el Coffee Quality Institute (CQI) (Pereira et al., 2019). Para poder realizar la catación de café, los catadores “Q – Grader” utilizan el protocolo de catación de la SCAA (Anexo I) como referencia, que es utilizado comercialmente para calificar el café, sin embargo, es complicado debido que la bebida del café contiene más de 800 aromas, por eso es importante extraer uniformemente la cantidad y los sólidos solubles en las bebidas del café (Caballero et al., 2014), que al momento de que sean evaluados por los catadores nos brinden su calificación, con el objetivo de clasificar la calidad del café según sus atributos y que será de utilidad para negociar el precio, es decir a mayor calidad del café mayor precio (Feira-Morales, 2002).

#### **2.5.6. Características de los catadores de café.**

De acuerdo con Pickering et al. (2013), la valoración organoléptica del café adquiere objetividad cuando es ejecutada por individuos competentes, entrenados y especializados, que emplean procedimientos reconocidos y normalizados. No obstante, un catador de café destacado se distingue por poseer los siguientes atributos:

- Un catador de café competente debe gozar de excelente salud general, incluyendo ausencia de padecimientos infecciosos, cutáneos, dentales o sensoriales.
- Se abstiene del tabaco y el alcohol, y mantiene una higiene personal impecable.
- Demuestra constancia y disciplina en las evaluaciones sensoriales, exhibiendo una aguda sensibilidad para detectar y reconocer aromas comunes.
- Es capaz de distinguir los sabores fundamentales y de articular las propiedades organolépticas del café, diferenciando sus diversas calidades.
- Puede percibir y describir con precisión la intensidad de las características organolépticas, apoyándose en una memoria bien desarrollada, fruto de la experiencia en la cata y comparación de numerosas muestras.
- Aplica correctamente las metodologías de análisis sensorial y maneja un léxico especializado para el café.
- Domina el uso de escalas de evaluación y clasificación, así como las pruebas de diferenciación.
- Puede identificar las características aromáticas y gustativas de un café de alta calidad, explicar las causas de sus principales defectos, y distinguir, detallar y calificar las imperfecciones en la bebida.
- Diferencia las cualidades del café de sus defectos y contaminaciones, emitiendo valoraciones coherentes y fidedignas sobre su calidad.
- Cuenta con experiencia sustancial en la evaluación sensorial de la calidad del café.

### **2.5.7. Selección y capacitación de catadores de café.**

El proceso para convertirse en evaluadores profesionales de café implica satisfacer ciertos criterios y superar una serie de evaluaciones sensoriales, que se dividen en dos fases principales, siendo la primera la identificación de candidatos aptos y la segunda su posterior entrenamiento especializado (Puerta, 2013)

**Selección:** La Tabla 3 presenta los criterios de elegibilidad para la selección de evaluadores de café. Durante esta fase, se examina la condición física de los candidatos, además de documentar sus costumbres, disposición y motivación hacia la degustación de café.

**Tabla 3.** Requisitos de selección para catadores de café.

<b>Requisitos</b>	<b>Descripción</b>
Inscripción	La documentación de la identidad del individuo, su condición física y sus costumbres es esencial.
Participantes	Es aconsejable iniciar con un grupo de participantes que triplique o cuadruple la cantidad necesaria para el panel de degustación de café.
Edad	Se da preferencia a individuos cuyas edades oscilen entre 18 y 35 años, aunque para catadores experimentados y saludables, se puede extender hasta los 55 años.
Género	Se sugiere una distribución equitativa de géneros, cercana al 50 %.
Salud	Los candidatos deben estar libres de padecimientos físicos o psicológicos, requiriéndose un historial clínico y exámenes básicos.
Hábitos	Se excluyen fumadores y consumidores habituales de alcohol. Durante las sesiones, los participantes deben abstenerse de usar fragancias que puedan distraer a otros, así como de ingerir alimentos, bebidas o utilizar pasta dental una hora antes de las pruebas. No es necesario que sean consumidores regulares de café, pero sí deben apreciarlo.
Interés	Es fundamental que los participantes demuestren entusiasmo, sigan las instrucciones, sean veraces en sus evaluaciones y colaborativos en tareas grupales.
Disponibilidad	Deben mantener la disciplina, el orden y la higiene, y no ser interrumpidos durante las evaluaciones sensoriales.
Enseñanza	Un experto en catación y calidad del café, generalmente denominado líder o tutor del panel, orienta las respuestas, explica las metodologías sensoriales y enseña el vocabulario específico del café, con el objetivo de obtener valoraciones objetivas y descripciones precisas de la calidad de la bebida.

Fuente: Puerta (2013).

**Capacitación de catadores de café.** Según Parada (2021), los individuos elegidos debido a sus capacidades sensoriales y que muestren disposición para llevar a cabo evaluaciones organolépticas del café, reciben formación mediante un plan de estudios que abarca diversos elementos, tales como:

- La anatomía y funcionamiento de los sistemas sensoriales, los procesos de captación de estímulos, interpretación cognitiva, retención de información y las técnicas de evaluación sensorial.
- Métodos para reconocer y caracterizar gustos y fragancias.
- Experimentos para establecer los niveles mínimos de detección y reconocimiento de los sabores fundamentales.

- Valoración de los atributos sensoriales del café, incluyendo su intensidad, calidad y variedad.
- Las etapas de producción del café desde su cultivo y recolección hasta su procesamiento, almacenaje, descascarillado, molienda y tostado.
- Los estándares de calidad en la industria cafetera.
- Especificaciones para instalaciones dedicadas al análisis de calidad del café.
- Protocolos sanitarios para la realización de pruebas sensoriales.
- Exámenes de las propiedades físicas del café en sus estados de pergamino y grano verde.
- Los orígenes y métodos de prevención de imperfecciones en el café.
- La terminología especializada para la descripción sensorial del café.
- La implementación de sistemas de puntuación.
- El procesamiento estadístico, la interpretación y la presentación de los hallazgos derivados de las evaluaciones sensoriales.

#### **2.5.8. Ficha de catación (SCAA)**

El formato de cata Specialty Coffee Association of America (Anexo I) fue creado al mismo tiempo que la Specialty Coffee Association of America en el año 1982, se viene usando el formato hasta la actualidad, su última modificación fue en el año 2004, su objetivo principal fue separar el café de especialidad con los cafés comercial o convencional (Agassi et al., 2023). La valoración máxima posible por este protocolo es de 100 puntos y se considera a partir de los 80 puntos la frontera en la que catalogamos un café como especial (Giacalone et al., 2020). Dicho formato ofrece un método para documentar la calificación de las características del café, incluyendo su fragancia/aroma, sabor, resabio, acidez, cuerpo, equilibrio, uniformidad, limpieza de taza, dulzura, balances y la valoración del catador; el cual se fundamenta en una apreciación individual (Scaa, 2015).

#### **2.5.9. Atributos de catación del café**

En una evaluación sensorial del café, se deben considerar diversas características esenciales, entre las que se encuentran la fragancia, la intensidad ácida, la consistencia en boca, las notas gustativas y el regusto, aspectos que se abordarán en detalle en los siguientes apartados:

**Fragancia/aroma:** El café molido se manifiesta de dos formas distintas, como fragancia, cuando los granos recién molidos emiten sus olores característicos, y como aroma

propriadamente dicho, cuando estos interactúan con el agua, liberando gases odoríferos. La evaluación de esta propiedad implica una apreciación integral, considerando tanto el estado seco como el húmedo del café (Asioli et al., 2015). El proceso de cata del café comprende tres fases para analizar estos aspectos olfativos, inicialmente, se inhala el aroma del café molido en la taza antes de la adición de agua; posteriormente, se perciben los olores que emergen al romper la capa superficial y finalmente, se aprecian los aromas que se desprenden del café en estado líquido. La paleta de fragancias y aromas que el café puede ofrecer es extensa, abarcando notas que van desde lo frutal y floral hasta lo terroso y ahumado, pasando por matices herbales, caramelizados, resinosos, amaderados, cítricos, chocolatados, especiados, perfumados, nueces y granos (Estrella, 2015).

**Sabor:** Este atributo constituye la característica fundamental del café, emergiendo de la primera impresión captada mediante el aroma retronasal, que se desplaza desde la cavidad bucal hacia las fosas nasales. Este atributo se compone de sensaciones elementales como la acidez, dulzura, salinidad y amargor, las cuales configuran el perfil gustativo del café (Kreuml et al., 2013). Al degustar estos sabores, se perciben diversas intensidades, lo que revela la complejidad cualitativa de la infusión cafetera. En consecuencia, la puntuación asignada resulta de la combinación entre las percepciones gustativas y olfativas, experimentadas al sorber enérgicamente la bebida, involucrando todo el paladar en el proceso evaluativo (Scaa, 2015). Según Puerta (2000), el sabor tiene una relación directa con los sólidos totales, si se tiene sólidos totales muy bajo en la bebida del café, éste es aguado y débil; mientras que si los sólidos totales tienen valores altos la bebida es amargo y astringente, por eso es importante controlar los sólidos totales en el café, con la finalidad de obtener una bebida con un sabor equilibrado y satisfactorio.

**Sabor residual:** La sensación gustativa que permanece en el paladar tras degustar una bebida de café se vincula con el concepto de persistencia o durabilidad. Este fenómeno se atribuye a la presencia de moléculas odoríferas de mayor peso, las cuales son captadas y analizadas durante el proceso de degustación (Paima, 2017). El sabor residual no necesariamente implica una experiencia positiva o agradable, siendo lo óptimo que resulte placentero; un sabor residual amargo que se extiende en el paladar no se considera placentero, mientras que un regusto dulce y duradero sí lo es, convirtiéndose así en el fundamento de un café de calidad superior (Kitzberger et al., 2020).

**Acidez:** La acidez, un atributo esencial en determinadas bebidas, se origina de la disolución de ácidos orgánicos particulares como el cítrico, tartárico y málico. Esta propiedad se experimenta en la zona externa de la lengua y puede resultar placentera cuando se detecta

instantáneamente al consumir la bebida, evocando sensaciones de fruta fresca, dulzor y viveza (Carvalho, 2020). Sin embargo, una acidez desmedida o preponderante podría ser desagradable (Vivek et al., 2020). Considerada el cimientado de la bebida, la acidez confiere luminosidad, frescor y vitalidad, produciendo una experiencia gustativa nítida, afrutada y aromática. Esta cualidad se debe a la potencia relativa de los ácidos presentes, principalmente cítricos, málicos y tartáricos, que interactúan con los azúcares para intensificar el dulzor y son conocidos como ácidos frutales. En contraste, el ácido clorogénico aporta astringencia y sequedad, mientras que el acético tiende a acentuar lo agrio y amargo. El ácido fosfórico, a su vez, proporciona brillo y puede amplificar la acidez de otros ácidos (Neves et al., 2023). Cabe resaltar que los sabores acético y cítrico son típicos de la especie *C. arabica*, donde la acidez se ve condicionada por las técnicas de recolección y procesamiento del café (López, 2016).

**Cuerpo:** Al degustar el café, la percepción de consistencia que se obtiene se denomina cuerpo y su característica está relacionada con la presencia de elementos muy pequeños (Baqueta, 2019). En contraste, una textura intermedia y cremosa puede generar impresiones de pesadez, astringencia e irregularidad, lo que disminuye su valoración cualitativa (Folmer et al., 2017). Los componentes sólidos totales del café, especialmente azúcares, cafeína, trigolenina y ácido clorogénico, influyen significativamente en la formación del cuerpo de la bebida. La presencia equilibrada de estos elementos contribuye a lograr un cuerpo armonioso, lo que se traduce en evaluaciones superiores durante las sesiones de cata (Puerta, 2016).

**Balance:** La integración equilibrada de todas las características define el balance, que se considera positivo cuando es posible distinguir individualmente aspectos como el gusto, el olor, la fragancia, la acidez y el cuerpo (Osorio, 2021). Este equilibrio está vinculado a los elementos que determinan la calidad del café, los cuales están influenciados por diversos factores, incluyendo la especie y variedad de la planta, la elevación y ubicación geográfica del cultivo, las condiciones térmicas durante el crecimiento, así como los atributos edáficos y climatológicos (Velásquez et al., 2023).

**Uniformidad:** Se refiere a la percepción homogénea de los sabores en cada taza elaborada a partir de una muestra idéntica, pudiendo ser consistente tanto en atributos como en características, se otorgan en total diez puntos repartidos entre cinco tazas, la identificación de inconsistencias conlleva a una disminución en la calificación de esta cualidad (Thomas et al., 2017).

**Dulzor:** Se alude a la sensación gustativa fundamental de dulzura que se encuentra de forma inherente en los granos de café, lo que implica que la dulcedumbre está

vinculada con la presencia de azúcares como la fructosa en semillas de café que han logrado un grado óptimo de madurez, siendo más pronunciada a mayores altitudes de cultivo y generalmente relacionada con granos de calidad superior (Rodríguez et al., 2012).

**Taza limpia:** Se define como una bebida limpia sin olores y sabores extraños, al ser evaluado este atributo cualquier presencia de estos descalificarán una taza del lote (Lingle y Menon, 2017).

#### **2.5.10. Café de especialidad**

El café de especialidad se caracteriza por alcanzar una puntuación de 80 o superior en una evaluación de 100 puntos realizada por expertos catadores, destacándose por sus cualidades organolépticas únicas y la ausencia de imperfecciones, siendo la Specialty Coffee Association of America la organización encargada de supervisar todos los aspectos relacionados con esta categoría de café (Maspul, 2022). Este tipo de café es reconocido como un emblema de excelencia, trazabilidad y prácticas sostenibles, requiriendo un conocimiento profundo de su cadena productiva para su adecuada valoración, y en cuanto a su comercialización, su valor de mercado está directamente correlacionado con su calificación, de modo que una puntuación más elevada implica un precio superior, mientras que aquellos que no alcanzan los 80 puntos se destinan al mercado de café convencional (Guimarães et al., 2019).

Según la Scaa (2015), la calificación para considerar un café como de especialidad se fundamenta en la carencia de imperfecciones en los granos verdes. Para alcanzar esta distinción, el café debe cumplir con criterios específicos: En primer lugar, el grano debe estar libre de defectos de primera categoría, como granos negros, agrios, con presencia de hongos, materiales extraños o daños graves. En segunda instancia, se tolera un máximo de cinco defectos de segunda categoría, incluyendo granos fragmentados, inmaduros, deformes, flotantes, con cascarilla adherida, descoloridos, aplastados o esponjosos. Finalmente, la evaluación de estos parámetros se realiza sobre una muestra de 350 gramos.

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Lugar de ejecución

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones del laboratorio químico de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, situado en Tingo María; en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, a 660 metros sobre el nivel del mar, en con una latitud Sur de 09° 17' 08" y longitud Oeste de 75° 59' 52". La zona se caracteriza por un clima tropical húmedo, con una humedad relativa promedio del 84 % y una temperatura media anual de  $24 \pm 2$  °C. Adicionalmente, el análisis de las características y calidad en taza se efectuó en la planta de "Agroindustrias Natividad E.I.R.L.", localizada en el distrito de Castillo Grande, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco.

#### 3.2. Materia prima

El *Coffea Arábica* (*Café*) de la variedad Geisha se obtuvo de tres locaciones distintas. La primera muestra provino de la propiedad del señor Primitivo Nolasco Caico, situada en el poblado de Chipaquillo, distrito de Marías, provincia de Dos de Mayo, región Huánuco, con coordenadas geográficas (latitud Sur -09° 20' 64", longitud Oeste -75° 80' 28", altitud 1570 m.s.n.m). La segunda muestra se recolectó de la finca perteneciente a la señora Bartola Echevarría Aquino, localizada en el centro poblado de San Agustín, distrito de Hermilio Valdizan, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, con coordenadas (latitud Sur -9° 14' 66", longitud Oeste -75° 82' 43", altitud 1700 m.s.n.m). La tercera muestra se adquirió de la propiedad de la señora Felisa Cámara Ángel, ubicada en el caserío de Hermilio Valdizan, distrito de Hermilio Valdizán, provincia de Leoncio Prado, región Huánuco, con coordenadas geográficas (Latitud Sur -9° 14' 66", longitud Oeste -75° 82' 43", altitud 1616 m.s.n.m).

La hoja de *Citrus aurantifolia* (*Limón*) se recolectaron en la plantación perteneciente al Ing. Amadeo Huerta Poncas, situada en el caserío las Vegas (Hermilio Valdizan, Leoncio Prado, Huánuco) cuyas coordenadas geográficas son (latitud Sur 9° 22' 09", longitud Oeste: - 75° 91' 43", altitud 966 msnm).

La hoja de *Minthostachys mollis* (*Muña*), se adquirieron del huerto perteneciente al Sr. Víctor Esteban. Este se localiza en la comunidad de San Agustín, dentro del distrito de Daniel Alomias Robles, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco. El lugar específico se encuentra en las siguientes coordenadas geográficas: 9° 20' 64" de latitud Sur y 75° 80' 28" de longitud Oeste, a una elevación de 1650 metros sobre el nivel del mar.

La hoja de *Cinnamomum cassia* (Canela) se adquirió del huerto perteneciente al señor Daniel Bayón Córdova, situado en la localidad de Angashyacu (José Crespo y Castillo, Leoncio Prado, Huánuco) cuyas coordenadas geográficas son (latitud Sur 8° 59' 32", longitud Oeste 76° 04' 46", elevación 540 msnm).

### **3.3. Equipos, materiales y reactivos**

#### **3.3.1. Equipos**

Balanza analítica, OHAUS, modelo AP110, España; estufa, MMM group, modelo EC 222 ECO, Alemania; tostadora de laboratorio Candela modelo T-200 (IMSA), Perú; trilladora DCAFECONDOR, modelo FA-50, Colombia; higrómetro portátil, Wile, modelo 55, Colombia; molinillo de cuchillas, Bosch, modelo TSM6013B, Eslovenia; hervidora eléctrica Imaco, modelo KE – 1801, Brasil; balanza industrial Ventus, modelo B-100T, Perú; zaranda, Faremag, modelo # 14, Perú; colorímetro, Minolta modelo CR – 400 – Germany.

#### **3.3.2. Materiales**

Bolsas grain pro con volumen de 2,5 Kg; embalajes de cartón ondulado para 8 Kg; Tamiz , fabricante: Filtra vibración, clasificación Tyler N° 20 (luz de malla: 0,850 mm), procedencia: España; temporizador digital Biocare PS-360, 4 grupos de cronometraje, medidas 54,5 x 24,5 mm; contenedor pírex cerámico, Kitchen Craft, volumen 150 mL; plantilla de evaluación SCAA; filtro de papel Whatman, tipo 4, circunferencia 125 mm; frasco Erlenmeyer de 50 mL, 250mL, Fabricante Pyrex; buretas de 50mL; pipetas aforadas de 5mL, 10mL y 50mL, fabricante Brand; matraz aforado de 50 31 mL, 100 mL, 250 mL y 500 mL, fabricante Brand; recipientes de precipitados de 50 mL, 100 mL y 250 mL, fabricantes Marienfeld y Boeco; cilindros graduados de 10 mL, 50 mL, 100mL, 250 mL y 500 mL, fabricante Bomex; embudos vítreos, 6 unidades, fabricante Brand; desecador con tapa de botón vítreo, modelo actualizado 200, fabricante Simax; envases vítreos de 100gr, fabricante Dahi; varilla de vidrio, 25cm de longitud por 6 mm. de grosor, fabricante Pyrex; cápsulas de Petri – Poliestireno – Traslúcidas, diámetro 55 mm, profundidad 14 mm, fabricante Brand; filtro de papel Whatman, tipo 42, circunferencia 125 mm.

#### **3.3.3. Reactivos**

Fenoltaleína (C<sub>20</sub>H<sub>14</sub>O<sub>4</sub>), al 1 % (Merck – Alemania); etanol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O) al 96 % v/v; agua destilada; hidróxido de sodio (NaOH), 96 % pureza (Emplura – España).

### 3.4. Metodología experimental

#### 3.4.1. Selección del café mediante calidad en taza

Los cerezos maduros de café de las tres zonas Hermilio Valdizán (H), San Agustín (SA) y Monzón (M) se cosecharon de forma manual seleccionando solo granos maduros, se realizó el despulpado, fermentado por 24 horas con el propósito de eliminar el mucilago que recubre el grano de café, fue lavado, oreado y secado en un módulo secador solar a 25°C /15 días hasta obtener una humedad entre 11 a 11,5 %; se realizó el trillado y tamizado; se pesó 350 g de café oro verde y fue tostado a una temperatura de inicio de 180 °C por un tiempo de 10 minutos hasta llegar una temperatura final 208 °C, logrando un tueste claro ( $L^*= 34,15$ ,  $a^*= 8,65$  y  $b^*=14,44$ ) (Doğan *et al.* 2018); seguidamente se dejó en reposo por 24 horas y fue sellado en bolsas trilaminadas para su posterior evaluación de calidad en taza.

Se implementó el protocolo Scaa (2015) para determinar la calidad en taza, el cual se basa en la suma de las calificaciones de diez atributos sensoriales (entre ellos, fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y dulzor) (Anexo I). Un día después del proceso de tostado, un panel compuesto por cuatro catadores expertos con certificación Q-Grade realizó la evaluación sensorial del café. Se dispuso la mesa de evaluación, así como la molienda de los granos tostados. Cada evaluador examinó las muestras y asignó las puntuaciones correspondientes según la clasificación de calidad en taza (Tabla 4), donde se detalla la calificación del café en dos categorías: de especialidad de 80 a 100 puntos y no especialidad por debajo de 80 puntos. La selección se realizó con el propósito de obtener dos muestras la de mayor y menor puntaje.

**Tabla 4.** Clasificación de calidad en taza

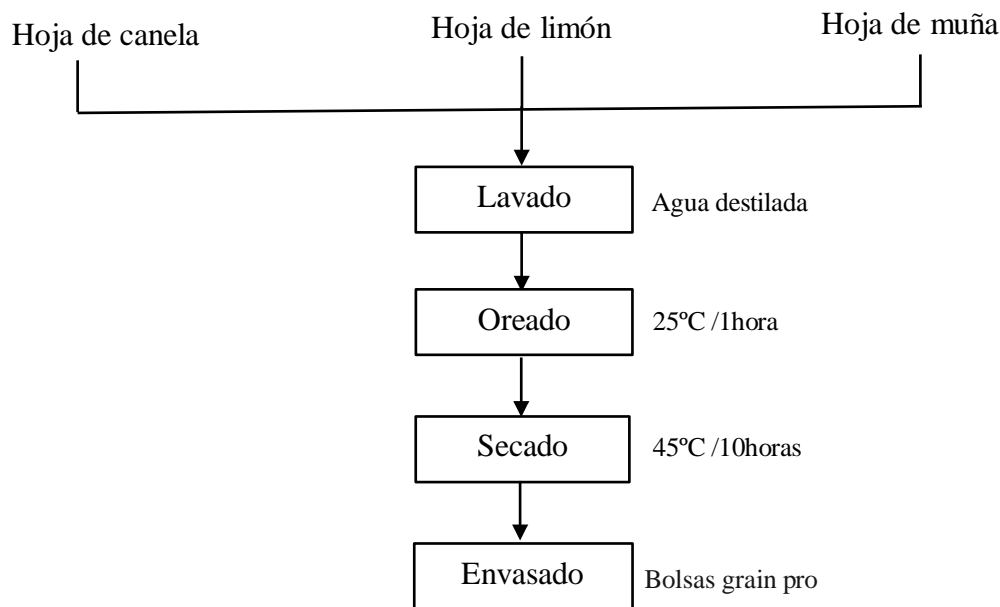
<b>Puntaje Total</b>	<b>Descripción de la especialidad</b>	<b>Clasificación</b>
90-100	Excepcional	Especialidad
85- 89,99	Excelente	Especialidad
80-84,99	Muy bueno	Especialidad
<80,00	Debajo de especialidad	No especialidad

Fuente: (SCAA, 2015).

#### 3.4.2. Acondicionamiento de las hierbas aromáticas canela, limón y muña

Siguiendo el protocolo establecido por Ordoñez et al. (2020) (Figura 1), se procedió a recolectar las hojas de plantas aromáticas (canela, limón y muña) aproximadamente

a las 8:30 a.m. Estas se transportaron al laboratorio en bolsas de polietileno, donde se llevó a cabo su limpieza con agua destilada. Posteriormente, se dejaron secar a temperatura ambiente (26 °C) durante 3 horas sobre una superficie plana cubierta con papel Kraft. El proceso de secado continuó a 45 °C por 10 horas adicionales en una estufa. Las hojas, una vez secas, se fragmentaron manualmente y se almacenaron en bolsas grain pro recubiertas con papel kraft, previamente identificadas. Estas se mantuvieron a temperatura ambiente (25°C) en un lugar oscuro hasta el momento de su uso para aromatización.



**Figura 1.** Flujograma del proceso de acondicionamiento de las hierbas aromática.

### 3.4.3. Aromatización del café oro verde con hojas de limón, muña y canela

El café con mayor puntaje de calidad en taza de la zona de Hermilio Valdizán (HV) y de menor puntaje fue de Monzón (M); para realizar el proceso de aromatización (Figura 2), se evaluó la humedad del café pergamino siendo para la muestra HV 11,2 % y para M 11,1 % (Anexo II). Se trilló para la obtención de granos oro verde, tamizo con malla N° 16 (6,3 mm de diámetro), luego los granos que quedaron en la parte superior se separaron. Se pesó 1 Kg de café de cada tratamiento, considerando tres repeticiones por tratamiento (Tabla 5), para la aromatización se consideró cuatro porcentajes de hojas seca de limón (2, 4, 6 y 10 %), de manera similar fue para hojas de muña y canela, en cada bolsa rotulada que contenía el café se adicionó las hojas secas y fueron selladas, se colocaron en cajas de cartón corrugado por separado considerando la misma hoja, seguidamente fueron colocados en un ambiente oscuro, con una humedad atmosférica de  $83 \pm 6,8$  %, temperatura promedia de  $25 \pm 4,2$  °C (Anexo III),

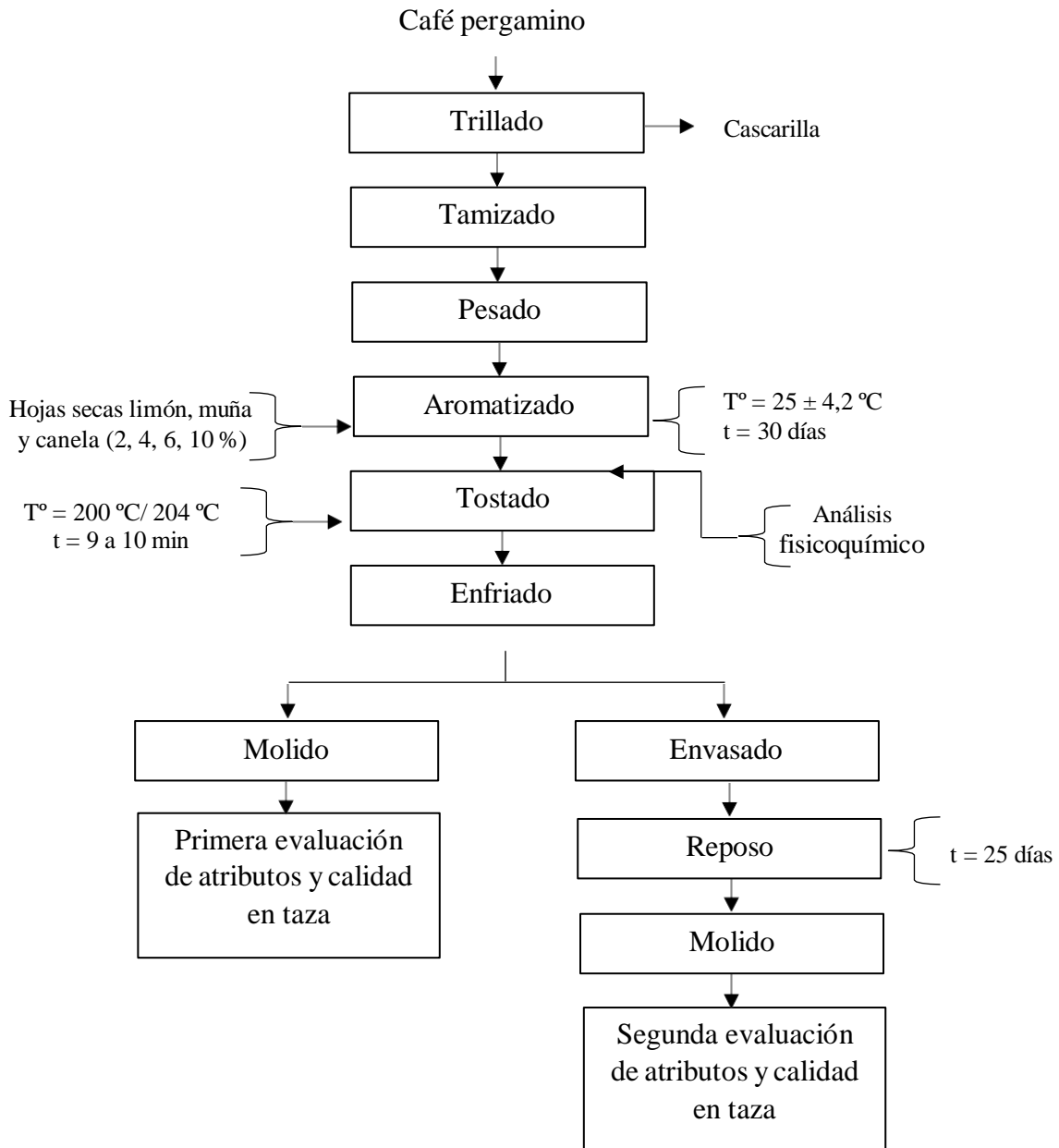
por un periodo de 30 días, terminado el tiempo de aromatización se realizó los análisis fisicoquímicos (acidez y sólidos totales) en los granos de café oro verde.

**Tabla 5.** Tratamientos de cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela.

Código	Tratamientos	Café ( %)		Aromatización ( %)		
		HV	M	limón	Muña	canela
HVL4	HV (4 % hoja limón)	96	-	4	0	0
HVL6	HV (6 % hoja limón)	94	-	6	0	0
HVL10	HV (10 % hoja limón)	90	-	10	0	0
HVMñ4	HV (4 % hoja muña)	96	-	0	4	0
HVMñ6	HV (6 % hoja muña)	94	-	0	6	0
HVMñ10	HV (10 % hoja muña)	90	-	0	10	0
HVC4	HV (4 % hoja canela)	96	-	0	0	4
HVC6	HV (6 % hoja canela)	94	-	0	0	6
HVC10	HV (10 % hoja canela)	90	-	0	0	10
ML4	M (4 % hoja limón)	-	96	4	0	0
ML6	M (6 % hoja limón)	-	94	6	0	0
ML10	M (10 % hoja limón)	-	90	10	0	0
MMñ4	M (4 % hoja muña)	-	96	0	4	0
MMñ6	M (6 % hoja muña)	-	94	0	6	0
MMñ10	M (10 % hoja muña)	-	90	0	10	0
MC4	M (4 % hoja canela)	-	96	0	0	4
MC6	M (6 % hoja canela)	-	94	0	0	6
MC10	M (10 % hoja canela)	-	90	0	0	10
HV	Testigo Hermilio Valdizán	100	-	0	0	0
M	Testigo Monzón	-	100	0	0	0
Htodo	HV (2 % hoja limón, 2 % hoja canela, 2 % hoja muña)	94	-	2	2	2
Mtodo	M (2 % hoja limón, 2 % hoja canela, 2 % hoja muña)	-	94	2	2	2

Con los granos restantes se procedió al tostado entre 200 °C a 204 °C por 9 a 10 minutos, hasta llegar un tueste medio; los granos tostados se enfriaron por un tiempo de 24 horas, se envasaron y sellaron en bolsas. Cumplido el tiempo de enfriamiento se separó en dos partes iguales, dónde, la primera mitad fue molido y para tener un tamaño uniforme se pasó por el tamiz malla estándar Tyler N° 20 (501 – 701 µm), logrando el 70 % de las partículas (Scaa, 2015) y seguidamente se realizó la primera evaluación de atributos y calidad en taza. La segunda mitad se dejó en grano tostado no molido, se envasaron en bolsas rotuladas, se selló y

se colocaron en cajas de cartón corrugado por separado considerando hojas de limón, muña y canela. El tiempo de reposo fue 25 días a temperatura ambiente, concluido el tiempo fue molido para poder realizar la segunda evaluación de atributos de catación y calidad en taza de manera similar a la primera evaluación (Figura 3).



**Figura 2.** Proceso de aromatización de granos de café oro verde



**Figura 3.** Metodología de aromatización de granos de café oro verde

#### 3.4.4. Análisis fisicoquímico del café aromatizado con hojas de limón, muña y canela

**Acidez titulable:** Se adoptó la metodología descrita por Wamuyu et al. (2017) para evaluar la acidez. Los granos de café verde oro aromatizado fueron molidos, y se pesaron 10 g (W) en un recipiente de vidrio de 250 mL. Se agregaron 112,5 mL de solución de etanol al 80 % (V1), y los envases se cubrieron con papel aluminio para protegerlos de la luz. Tras un reposo de 16 horas, se filtró la mezcla y se extrajeron 10 mL (V2) en un matraz erlenmeyer. Se añadieron 50 mL de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína como indicador. La titulación se realizó con una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, registrando el volumen de NaOH (V3) necesario para neutralizar la reacción. El cálculo final se efectuó utilizando la Ecuación (1).

$$\text{Gasto de mL NaOH/g} = \frac{V1 \times V3}{V2} / W \dots\dots\dots (1)$$

**Sólidos solubles totales:** El procedimiento sugerido por Puerta (2000) fue adoptado para el análisis. Las muestras de café aromatizado tostado se procesaron mediante molienda y tamizado empleando una malla N° 45 (con abertura de 355 µm). Se tomaron 2 g de la muestra preparada (W) y se transfirieron a un erlenmeyer de 500 mL. A continuación, se agregaron 200 mL de agua se mantuvo en ebullición durante 1 hora utilizando un baño maría. Posteriormente, el contenido se filtró y se llevó a un volumen de 500 mL en una fiola con agua

destilada. De esta solución, se obtuvo una alícuota de 50 mL que se depositó en un crisol previamente tarado (P1). La muestra en el crisol se sometió a evaporación en baño maría a 100 °C y luego se introdujo en una estufa de aire caliente a 105 °C por un período de 12 horas. Tras el enfriamiento, se determinó el peso del crisol con la muestra (P2). El contenido de sólidos solubles totales se expresó en términos porcentuales, aplicando la Ecuación (2) para su cálculo.

$$\%SST = \frac{P2 - P1}{W} \times 100 \dots\dots\dots (2)$$

**Análisis estadístico:** El análisis de las puntuaciones asignadas a los atributos de cada tratamiento se llevó a cabo utilizando un diseño completamente al azar (DCA). En los casos donde se detectaron diferencias estadísticamente significativas, se procedió a aplicar la prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para una comparación más detallada.

### 3.4.5. Primera evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela

**Evaluación de los atributos de catación:** En esta evaluación se aplicó el método establecido por Cupping Specialty Coffee (Scaa, 2015). Un grupo de cuatro catadores expertos en café, certificados como Q – grade speciality of coffee, llevó a cabo la degustación siguiendo el protocolo de la taza de excelencia (Anexo I). Se analizaron diez atributos en cada muestra: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y dulzor. La calificación se otorgó siguiendo la escala de calidad, cuyos rangos van de 'bueno' a 'extraordinario', según lo especificado en la Tabla 6. La escala teórica abarca desde un mínimo de 0 hasta un máximo de 10 puntos.

**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).

**Procedimiento de la evaluación:** La evaluación se llevó a cabo utilizando cuatro contenedores de pírrex por cada muestra, en condiciones estériles, sin olores y a temperatura

ambiental. Las muestras de los granos de café aromatizados, provenientes de los distintos tratamientos, fueron molidas hasta obtener una textura "granulosa" al tacto, evitando una consistencia pulverizada. El proceso se inició con la valoración de las muestras secas, evaluando el atributo de fragancia/aroma. La infusión se elaboró empleando 8,2 g de muestra con 150 mL de agua a 93 °C (5,5 mg/mL) hasta el borde del pírex, distribuyendo el líquido de manera uniforme sobre el café molido. Después de esperar aproximadamente 3 minutos, se procedió a "romper taza", acción que consistió en remover 3 veces, permitiendo que la espuma se deslizara por la parte posterior de la cuchara. En esta etapa, se olfateó delicadamente y se eliminaron las partículas flotantes. Cuando la muestra alcanzó una temperatura de alrededor de 71 °C, entre 8 y 10 minutos después de la preparación, se absorbió oralmente, cubriendo principalmente la lengua y el paladar superior, evaluando fragancia/aroma, sabor, sabor residual y asignando las calificaciones correspondientes. Subsecuentemente, mientras el café continuaba enfriándose de 71 °C a 60 °C, se evaluaron acidez, cuerpo y balance. Al llegar a temperatura ambiente, se valoraron dulzura, uniformidad y taza limpia, finalizando con la apreciación global del catador basada en la combinación de todas las cualidades.

**Evaluación de la calidad en taza:** La evaluación se llevó a cabo sumando los puntajes individuales otorgados a cada uno de los atributos principales en la sección titulada "puntuación final". La categorización se ejecutó según los criterios de la escala de cata de Scaa (2015), la cual determina el puntaje total y descripción de la especialidad; inferior a 80,0 puntos "por debajo de la calidad especial (bueno)"; entre 80 y 84,99 puntos "muy bueno"; de 85 a 89,99 puntos "excelente"; y de 90 a 100 puntos "excepcional".

**Análisis estadístico:** La información recopilada en la evaluación inicial de atributos de catación y calidad en taza se examinó utilizando un experimento factorial con un diseño en bloques al azar de 2x3x3. El primer factor considerado fue el origen (HV, M), el segundo factor incluyó (hojas de limón, muña y canela), y el tercer factor abarcó (porcentaje añadido 2 %, 4 %, 6 % y 10 %), mientras que el bloque estuvo compuesto por las panelitas. Los hallazgos se procesaron mediante un ANOVA de 3 vías y la prueba posterior de Scott-nota, con un nivel de significancia ( $p \leq 0,05$ ). Adicionalmente, se llevó a cabo un análisis multivariado de componentes principales (ACP) con el propósito de describir la variación fundamental de los datos sensoriales y obtener perfiles descriptivos, representando su respuesta en un clúster (dendograma) y sus correlaciones, empleando el software R versión 4.1.3.

### **3.4.6. Segunda evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela**

La segunda mitad se dejó en grano tostado no molido, se envasaron en bolsas rotuladas, se selló y se colocaron en cajas de cartón corrugado por separado considerando hojas de limón, muña y canela. El tiempo de reposo fue 25 días a temperatura ambiente, concluido el tiempo fue molido para poder realizar la segunda evaluación de atributos de catación y calidad en taza de manera similar a la primera evaluación.

**Evaluación de los atributos de catación:** El análisis se realizó siguiendo el criterio de cuatro especialistas en degustación de café con certificación Q – grade speciality of coffe, empleando el protocolo de la taza de excelencia (Anexo I), evaluando diez características (fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y dulzor) en cada muestra, la puntuación se asignó según lo detallado en la Tabla 6; la metodología de evaluación fue análoga a la utilizada en la primera valoración.

**Evaluación estadística:** Los datos de la segunda evaluación de atributos de catación y calidad en taza fueron un experimento factorial en diseño en bloques diseño al azar de  $2 \times 3 \times 3$ , siendo el primer factor fue procedencia (HV, M), segundo factor (hojas de limón, muña y canela), el tercer factor fue (porcentaje adicionado 2 %, 4 %, 6 % y 10 %) y el bloque son las panelitas. Los resultados fueron procesados a través del ANOVA 3 vías y la prueba posteriori de Scott-nota, aún nivel de significancia ( $p \leq 0,05$ ). Se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) multivariado, con el propósito de caracterizar la variación fundamental en los datos sensoriales y generar perfiles descriptivos. Esto se logró mediante la representación gráfica de su respuesta en un agrupamiento (dendograma) y sus correlaciones, utilizando como herramienta el software R en su versión 4.1.3.

**Evaluación de la calidad en taza:** Para esta evaluación se consideró todo el procedimiento presentado en el ítem 3.4.5.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Selección del café mediante calidad en taza

La evaluación de la calidad en taza identifica los atributos distintivos asociados a la excelencia del café, a través de un panel de expertos que califican cada característica para establecer una puntuación final que permite su clasificación (Oyola et al., 2017). El análisis estadístico reveló diferencias significativas, por lo que se implementó la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ); en la Tabla 7 se muestran los resultados de la puntuación de taza de café, siendo mayor la muestra Hermilio Valdizán (HV) con un puntaje de 83,9 puntos; esta muestra está a una altitud de 1616 m.s.n.m., lo que estaría influyendo en la calidad de taza, tal como lo indica Ramos y Criollos (2017), que la altitud ejerce una influencia considerable en los procesos bioquímicos, así como en las propiedades físicas y organolépticas del café en taza. Adicionalmente, Di Donfrancesco (2019) señala que la puntuación de calidad en taza puede verse afectada por diversos elementos, entre ellos: variedades y especies, zona geográfica, condiciones de cultivo, grado de madurez al momento de la cosecha, proceso de fermentación y manejo posterior a la recolección.

La muestra M obtuvo un puntaje de 82,7, la misma que corresponde al distrito de Monzón con una altitud de 1570 m.s.n.m. Además, Toledo (2015) relaciona que la altitud influye en la acidez del café, a mayor altitud mayor será la calidad en taza, un efecto inverso sucede a menor altitud. Por otro lado, la promoción de cultivo de café con la variedad geisha es motivada por el gobierno peruano, según Grillo (2018), la zona del valle de Monzón fue afectado por la erradicación de hoja de coca, planteándose lo promoción de cultivos alternativos como el café, propuesto por DEVIDA. Del análisis de los resultados podemos inferir que las muestras HV (mayor puntaje) y M (menor puntaje) serán las materias primas para el proceso de aromatización.

**Tabla 7.** Resultados de la selección de café según calidad de taza

Muestra	Código	Puntaje
Hermilio Valdizán	HV	83,9 ± 0,08 <sup>a</sup>
San Agustín	SA	83,8 ± 0,08 <sup>a</sup>
Monzón	M	82,7 ± 0,08 <sup>b</sup>

Las cifras indicadas reflejan (media aritmética ± Desviación del error) ; ensayos reiterados (n=3); valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativamente diferentes ( $p < 0,05$ ); SA=San Agustín, HV=Ugarteche, M= Monzón.

## 4.2. Evaluación fisicoquímica del café aromatizado con hojas de limón, muña y canela

### 4.2.1. Acidez titulable

Un factor crucial que afecta la calidad del café como bebida es la acidez titulable. Los resultados obtenidos evidenciaron una diferencia estadísticamente significativa al comparar las medias utilizando la prueba de Scott knott ( $p < 0,05$ ) (Anexo V). Como se observa en la Tabla 8, los niveles más elevados de acidez se registraron en  $2,52 \pm 0,03$  y  $2,53 \pm 0,03$  mL NaOH 0,1 N/g que corresponde a los tratamientos con 6 % y 10 % aromatizante de limón – Hermilio Valdizán, estos resultados comparando con su testigo HV ( $2,43 \pm 0,03$  unidad) aumentó, esto podría deberse a la difusividad de los aceites esenciales del aromatizante al café porque estuvieron en contacto directo. Los menores valores de acidez fueron  $2,18 \pm 0,03$  y  $2,18 \pm 0,06$  mL NaOH 0,1 N/g que correspondieron a los tratamientos al 10 % aromatizante de muña y canela – Monzón. En caso de la muña, presenta aceites esenciales que son pulegona, timol y mentona, que actúan modificando las características químicas y fisicoquímicas de los productos alimenticios (Moreno et al., 2019). Según Benavente (2019), los gorgojos presentes en el maíz, adicionando aceite esencial de muña a concentraciones de 1, 1,5 y 2 % y demostró que las características fisicoquímicas son alteradas disminuyendo su sólidos totales y acidez titulable, aumentando su vida útil del maíz. Apaza (2014) analizó la difusividad del aceite esencial de muña por medio del proceso de exudación térmica; la hoja de muña interactúa con el vapor saturado, se desencadena un proceso en el que los tricomas liberan el aceite esencial que contienen y experimentan una implosión, lo que resulta en una reducción de su volumen y una alteración de su morfología. Este fenómeno induce la formación de poros en la superficie foliar, evidenciando la penetración del vapor hacia el interior de la hoja.

El rango de acidez de las muestras aromatzadas con hoja de limón (HVL4, HVL6, HVL10, ML4, ML6 y ML10), estuvo entre  $2,33 \pm 0,03$  (4 % de hoja de limón) hasta  $2,53 \pm 0,03$  (10 % de hoja de limón) mL NaOH 0,1 N/g. Esto presenta una relación directa debido a que si aumenta su concentración del aromatizante aumenta la concentración de acidez expresado en ácido clorogénico, lo cual puede deberse al contenido de ácido cítrico en las hojas de limón (Avello et al., 2023), así mismo, en la investigación de Pingus et al. (2020) realizó el proceso de inmersión con soluciones de 0,5 %, 1 % y 2 % de ácido cítrico en los frutos de tomates de árbol, dando como resultado un aumento de la acidez titulable proporcionalmente.

En la Tabla 8 respecto a los tratamientos aromatzados con hoja de canela (HVC4, HVC6, HVC10, MC4, MC6 y MC10) sus valores están entre  $2,18 \pm 0,03$  (10 % hoja de canela) hasta  $2,38 \pm 0,03$  (4 % hoja de canela) mL NaOH 0,1 N/g, teniendo un comportamiento similar a los tratamientos que fueron aromatzados con hojas de limón, pero

en esta ocasión fue inversamente proporcional, Lee et al. (2018) estudiaron el aldehído cinámico como efecto antimicrobiano presente en la hoja de canela y Milian (2021) elaboro néctares de pera, durazno y manzana utilizando extractos acuosos de canela a 0,5 y 2 ppm que tuvo un efecto en sus características fisicoquímicas provocando una disminución de acidez y pH.

**Tabla 8.** Acidez y sólidos solubles totales en granos de café oro verde aromatizado.

Código	Muestra	Acidez titulable (mL NaOH 0,1 N/g)	Sólidos solubles totales ( %)
HVL4	HV (4 % hoja de limón)	2,47 ± 0,03 <sup>b</sup>	25,47 ± 0,03
HVL6	HV (6 % hoja de limón)	2,52 ± 0,03 <sup>a</sup>	25,42 ± 0,03
HVL10	HV (10 % hoja de limón)	2,53 ± 0,03 <sup>a</sup>	25,45 ± 0,05
HVMñ4	HV (4 % hoja de muña)	2,43 ± 0,03 <sup>c</sup>	25,48 ± 0,03
HVMñ6	HV (6 % hoja de muña)	2,42 ± 0,03 <sup>c</sup>	25,37 ± 0,03
HVMñ10	HV (10 % hoja de muña)	2,42 ± 0,03 <sup>c</sup>	25,43 ± 0,03
HVC4	HV (4 % hoja de canela)	2,38 ± 0,03 <sup>c</sup>	25,50 ± 0,05
HVC6	HV (6 % hoja de canela)	2,28 ± 0,03 <sup>d</sup>	25,43 ± 0,07
HVC10	HV (10 % hoja de canela)	2,22 ± 0,03 <sup>e</sup>	25,42 ± 0,06
ML4	M (4 % hoja de limón)	2,33 ± 0,03 <sup>d</sup>	24,50 ± 0,00
ML6	M (6 % hoja de limón)	2,37 ± 0,03 <sup>c</sup>	24,57 ± 0,12
ML10	M (10 % hoja de limón)	2,38 ± 0,03 <sup>c</sup>	24,50 ± 0,05
MMñ4	M (4 % hoja de muña)	2,32 ± 0,03 <sup>d</sup>	24,53 ± 0,08
MMñ6	M (6 % hoja de muña)	2,32 ± 0,03 <sup>d</sup>	24,58 ± 0,10
MMñ10	M (10 % hoja de muña)	2,18 ± 0,06 <sup>e</sup>	24,59 ± 0,03
MC4	M (4 % hoja de canela)	2,28 ± 0,03 <sup>d</sup>	24,50 ± 0,05
MC6	M (6 % hoja de canela)	2,22 ± 0,03 <sup>e</sup>	24,53 ± 0,08
MC10	M (10 % hoja de canela)	2,18 ± 0,03 <sup>e</sup>	24,55 ± 0,10
HV	Testigo Hermilio Valdizán	2,43 ± 0,03 <sup>c</sup>	25,50 ± 0,10
M	Testigo Monzón	2,32 ± 0,06 <sup>d</sup>	24,60 ± 0,10
Htodo	HV (2 % hoja de limón, 2 % hoja de muña, 2 % hoja de canela)	2,42 ± 0,03 <sup>c</sup>	25,35 ± 0,05
Mtodo	M (2 % hoja de limón, 2 % hoja de muña, 2 % hoja de canela)	2,30 ± 0,05 <sup>d</sup>	24,43 ± 0,03

Los valores representan (promedio ± DS); los datos provienen del experimento (n = 3); valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativamente diferentes (p < 0,05);

#### **4.2.2. Sólidos solubles totales**

El contenido de sólidos solubles totales es un indicador importante del rendimiento industrial y la calidad de la bebida del café. En la Tabla 8 se muestra los resultados de sólidos solubles en el grano oro verde, con valores que oscilan entre 24,50 % (4 % hoja de limón) y  $25,50 \pm 0,05$  % (4 % hoja de canela). El análisis estadístico reveló que no hubo diferencias significativas entre estos valores ( $p > 0,05$ ) (Anexo VI). Los aromatizantes no influyeron en estos resultados, ya que, según Macedo et al. (2017), los sólidos totales están determinados por factores como la altitud de origen, la variedad de café, las prácticas de cultivo y el método de extracción. De acuerdo con Silva et al. (2016) los sólidos solubles totales en el café están compuestos principalmente por azúcares, aunque también pueden contener cantidades menores de otros elementos como vitaminas, aminoácidos, pectinas fenólicas y ácidos orgánicos. Gabriel et al. (2013) indica que la proporción normal de sólidos solubles en el café oscila entre 24 % y 31 %, lo cual corrobora que los hallazgos de nuestra investigación.

### **4.3. Primera evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela**

#### **4.3.1. Evaluación de los atributos de catación**

El aspecto olfativo conocido como fragancia/aroma se refiere a la detección por el sentido del olfato de los compuestos volátiles del café que se liberan al verter agua a punto de ebullición (Scamilla et al., 2017); los hallazgos relacionados con esta característica mostraron una divergencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) (Anexo VII), las mismas que se presentan en la Tabla 9, se puede apreciar que el café de mayor altitud (HV) y menor (M) aromatizado con hojas de limón, tuvieron un puntaje entre  $8 \pm 0,2$  a  $8,38 \pm 0,14$  con calificativo “Excelente”; cabe indicar que la muestra de mayor altitud tuvo un mayor puntaje en taza comparado con la de menor altitud, pero la aromatización con hojas de limón logró mejorar el puntaje en este último. Al respecto Yuang (2016) menciona que en las hojas de limón están presentes los terpenoides oxigenados que son los responsables del olor a limón, así mismo, el citral es el compuesto inestable que sufre rápidamente una autooxidación, en especial durante almacenamiento.

Para la aromatización con muña podemos indicar que tanto en el café de mayor y menor altitud tuvieron calificativos en taza diferentes, según los resultados tuvieron diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) (Tabla 9), donde se aprecia un puntaje entre  $7,94 \pm 0,12$  a  $8,25 \pm 0,2$  con calificativo “Excelente”, la aromatización con hojas de muña no logró mejorar el puntaje del atributo, es importante indicar que la muña utilizada fue recolectada a una altura

de 1650 m.s.n.m. (distrito: Hermilio Valdizán). Según Fuertes y Munguía (2001), los componentes aromáticos pueden variar dependiendo de la zona de procedencia (1500 – 3500 m.s.n.m.), siendo directamente proporcional a la altitud, a mayor altitud sus componentes aromáticos están en mayor cantidad que a los de menor altitud.

La aromatización con hojas de canela, según el estudio estadístico reveló diferencia estadística ( $p < 0,05$ ) (Anexo VII y Tabla 9), para este atributo se indica un puntaje entre  $7,94 \pm 0,24$  a  $8,12 \pm 0,14$  calificado como “Excelente”. Al respecto Nascimento (2017) aromató con hojas de canela un licor de crema de banana y no encontró una diferencia en el atributo fragancia; esto puede deberse a que no se tiene afinidad en los componentes del café (ácido clorogénico y sus isómeros) con la canela (ácido cinámico, las proantocianidinas y la cumarina) (Durak et al., 2014). En los cafés que son los testigos (HV, M), según su análisis estadístico si tuvieron diferencia (Anexo VII); el puntaje logrado estuvo entre  $8,0 \pm 0,2$  a  $8,25 \pm 0,2$  con el calificativo “Excelente”; por otro lado, cuando se realizó las mezclas a ambos cafés con hojas de limón, muña y canela al 2 % (Htodo y Mtodo), los resultados estadísticos no tuvieron diferencia (Anexo VII); alcanzando un puntaje entre  $8 \pm 0,19$  a  $8,25 \pm 0,2$  “Excelente”. Zeto (2016) estudió la eficiencia de varias hierbas en formulaciones y concluyó que el efecto sinérgico entre ellas es poco probable debido a los bajos o extremadamente bajos niveles de componentes activos presentes en cada una. Por este motivo, sugiere que las formulaciones se realicen de manera individual, de modo que se pueda identificar mejor la importancia de la acción sinérgica de cada hierba. En relación con el estudio realizado, la falta de mejora podría explicarse por lo señalado por el autor.

En cuanto a la comparación entre el testigo (HV) y las concentraciones de los aromatizantes (hojas de limón, muña y canela), no se observó diferencia estadística ( $\alpha$ ); comportamiento similar sucedió con el testigo (M). Este comportamiento probablemente se debe, que, al preparar las muestras, éstas fueron tostadas y dicha operación tiene una fuerte influencia en el aspecto aromático tal como lo indica la investigación de Osorio (2022), el factor fragancia/aroma no evidenció influencia en la temperatura inicial del tostado, aunque sí se observó un efecto relacionado con la variedad del café. Sualeh et al. (2014) observaron una reducción en la intensidad aromática al prolongar el tiempo de torrefacción, y determinaron que la interacción entre la variedad de café y la duración del tostado tenía un impacto significativo en la intensidad del aroma.

La definición de sabor se entiende como el resultado combinado de las percepciones del gusto y los aromas que se experimentan por vía retronasal, característicos del café (Duicela et al., 2020). Según los resultados analizados estadísticamente (Anexo VII) si

hubo diferencia; en la Tabla 9, se puede apreciar que el café de mayor altitud (HV) y menor (M) aromatizado con hojas de limón, muña y canela tuvieron un puntaje entre  $7,88 \pm 0,14$  a  $8,31 \pm 0,24$  con calificativos “Excelente”; Este fenómeno podría atribuirse al hecho de que la variedad de café examinada fue Geysa, la cual se caracteriza por una calidad en taza con matices de sabores que abarcan desde "aromas florales dulces, notas cítricas, reminiscencias de jazmín, toques de miel y ciertos perfiles frutales", exhibiendo un equilibrio impecable entre una acidez sutil, una nitidez en el cuerpo y una textura untuosa al paladar (Quintana, 2023).

De acuerdo con Bonnlander (2006), el **sabor residual** se define como el tiempo que perduran las impresiones sensoriales y los matices percibidos en la cavidad bucal después de expeler la bebida de café, mientras que, según Cañarte et al. (2021), una valoración favorable respecto al café se caracteriza por ser dulce, vigorizante y de efecto prolongado en el paladar; los resultados analizados estadísticamente mostraron el valor de  $p > 0,05$  (Anexo VII); en la Tabla 9 se puede apreciar que el café de mayor altitud (HV) y menor (M) aromatizado con hojas de limón, tuvieron un puntaje entre  $7,75$  a  $7,88 \pm 0,14$  con calificativos “Muy bueno” y “Excelente”, esto indica que la aromatización con hojas de limón no logró mejorar el puntaje en este atributo respecto a los testigos (HV y M). Al respecto Reyes (2016) elaboró un edulcorante natural de *Synsepalum dulcificum*, el mismo que fue aplicado a una infusión de hojas de limón, en esta situación los panelistas no percibieron los sabores de la menta que contiene el aromatizante, esto se debe a que los sabores del extracto enmascaran el sabor de la menta y a la vez disminuye la percepción del sabor. Para la aromatización con muña podemos indicar que tanto en el café de mayor y menor altitud, no mostro diferencia estadística (Anexo VII). Según los resultados tuvieron un puntaje entre  $7,62 \pm 0,14$  a  $7,88 \pm 0,14$  “Muy bueno” y “Excelente”, la aromatización con hojas de muña no logró mejorar el puntaje del atributo; Ortiz (2019) realizó una bebida funcional utilizando garbanzo y muña, en su prueba de aceptabilidad no tuvo diferencia significativa; quiere decir que los resultados de los tratamientos fueron homogéneos, caso similar se encontró en la presente investigación.

**Tabla 9.** Resultados de la primera evaluación sensorial de los atributos de catación en las bebidas de cafés aromatizados

Código	Fragancia Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza limpia	Dulzor
HVL4	8 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	8,06 ± 0,24 <sup>b</sup> ;α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	7,75 ± 0 <sup>b</sup> ;α	10	10
HVL6	8,25 ± 0,29 <sup>a</sup> ; α	8,25 ± 0,2 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,24 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,24 <sup>a</sup> ;α	10	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	10
HVL10	8,06 ± 0,31 <sup>b</sup> ;α	8 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	7,81 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	10	10
HVMñ4	8 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	7,75 ± 0 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,24 <sup>a</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	7,69 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	10	10
HVMñ6	8,19 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	8,06 ± 0,31 <sup>b</sup> ;α	7,62 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	10
HVMñ10	8,12 ± 0,14 <sup>b</sup> ;α	7,94 ± 0,24 <sup>b</sup> ;α	7,62 ± 0,25 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,24 <sup>a</sup> ;α	7,69 ± 0,24 <sup>b</sup> ;α	10	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	10
HVC4	8 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	8 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,69 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	10	7,69 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	10	10
HVC6	8 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>b</sup> ;α	7,62 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	10
HVC10	7,94 ± 0,24 <sup>b</sup> ;α	8 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	7,62 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	7,75 ± 0,2 <sup>b</sup> ;α	10	10
ML4	8,12 ± 0,14 <sup>b</sup> ;α	8,06 ± 0,24 <sup>b</sup> ;α	7,75 ± 0 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	10
ML6	8,38 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	8,31 ± 0,24 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	10	8 ± 0 <sup>a</sup> ;α	10	10
ML10	8,19 ± 0,24 <sup>a</sup> ;α	8 ± 0 <sup>b</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	7,81 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	10	10
MMñ4	8,06 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	8,06 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	7,75 ± 0,2 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	7,81 ± 0,24 <sup>b</sup> ;α	10	10
MMñ6	8,25 ± 0,2 <sup>a</sup> ;α	8,06 ± 0,24 <sup>b</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	10	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	10	10
MMñ10	7,94 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>b</sup> ;α	7,62 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	10	7,81 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	10	10
MC4	8,06 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	8,25 ± 0,2 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,31 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	10	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	10
MC6	8,12 ± 0,14 <sup>b</sup> ;α	8,12 ± 0,32 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	10
MC10	8,06 ± 0,12 <sup>b</sup> ;α	8,12 ± 0,25 <sup>a</sup> ;α	7,94 ± 0,24 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ;α	10	10
HV	8,06 ± 0,24 α	8 ± 0,2 α	7,81 ± 0,12 α	7,88 ± 0,14 α	7,75 ± 0,2 α	10	7,75 ± 0 α	10	10
M	8 ± 0,2 α	8 ± 0,2 α	7,69 ± 0,12 α	7,88 ± 0,14 α	7,81 ± 0,12 α	10	7,81 ± 0,12 α	10	10
Htodo	8,25 ± 0,2 α	8,12 ± 0,32 α	7,88 ± 0,14 α	7,88 ± 0,14 α	7,88 ± 0,14 α	10	7,94 ± 0,12 α	10	10
Mtodo	8,19 ± 0,12 α	8,06 ± 0,31 α	7,88 ± 0,25 α	7,81 ± 0,12 α	7,94 ± 0,12 α	10	7,94 ± 0,12 α	10	10

Los valores representan (promedio ± DS); los datos provienen del experimento (n = 4); valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativamente diferentes (p ≤ 0,05); α indica la semejanza de los tratamientos con los testigos.

La **acidez** es la concentración y variedad de compuestos ácidos orgánicos, y se determinan en una infusión según su nivel (García et al., 2019). Se considera que existe un desequilibrio o una condición desfavorable cuando la bebida de café presenta un sabor excesivamente ácido o cuando esta característica sensorial predomina notablemente (Santos et al., 2015). Los resultados no mostraron diferencia estadística ( $p > 0,05$ ) con respecto a este atributo, en la Tabla 9 se puede apreciar que el café de mayor altitud (HV) y menor (M) aromatizado con hojas de limón, muña y canela tuvieron un puntaje entre  $7,81 \pm 0,12$  a  $7,94 \pm 0,12$  con calificativo “Excelente”. En la investigación de Parra (2017), se experimentó con la aromatización de café verde utilizando zumos de maracuyá, piña y arazá en proporciones del 6, 8, 10 y 12 %. Los resultados arrojaron puntuaciones entre  $7,5 \pm 0,3$  y  $8,0 \pm 0,5$ , lo que se tradujo en calificaciones de "Muy bueno" a "Excelente", sin que se observaran diferencias estadísticas significativas. Giacalone et al. (2019) resalta la importancia de la acidez en la evaluación de la bebida de café, ya que esta característica contribuye a su vivacidad. Además, señala que, en altitudes superiores a 1400 m.s.n.m., se obtiene una puntuación consistente debido al carácter dulce asociado a la fruta fresca.

El atributo **cuerpo** es definido, como la sensación táctil percibida al poner en contacto la bebida entre la lengua y el paladar, por la cantidad y los tipos de ácidos orgánicos presentes en la bebida (García et al., 2019). Según los resultados analizados estadísticamente se tiene diferencia (Anexo VII), en la Tabla 9, se observa que el puntaje se encuentra entre  $7,7 \pm 0,1$  a  $7,9 \pm 0,1$  con calificativo “Muy bueno”. La aromatización en la investigación no tuvo efecto significativo posiblemente porque se aromatizó al café verde oro con las hojas aromáticas en seco; Benitez et al., (2019) indica que el café verde oro contiene fibra dietética y componentes protectores conformado por xilanos y lignina junto a la celulosa, que resaltan por tener propiedades fisicoquímicas, como la capacidad de retención de aceite, gelificación e hidratación, las mismas que no contribuyen en el proceso de aromatización.

Respecto al atributo **balance**, se define como la sinergia o complementariedad entre las características primarias del café, según lo propuesto por Lingle y Menon (2017). Según los resultados analizados estadísticamente si hubo diferencia ( $p < 0,05$ ), el puntaje estuvo entre 7,69 a 8 calificados como “Muy bueno” y “Excelente” entre los cafés (HV) y (M) aromatizados; el mayor promedio numéricamente correspondió al tratamiento ML6 aromatizado con hoja de limón al 6 % con puntaje  $8 \pm 0,0$  “Excelente”, este puede deberse a la presencia de fenoles de las hojas de limón que posee propiedades antioxidantes y están relacionados con las características sensoriales como cuerpo y sabor (Nguyen & Rodríguez, 2009). De manera similar, Yang (2016) indica que el equilibrio implica una interrelación entre

diversos atributos, como el gusto, el sabor residual, la acidez y el cuerpo, los cuales se potencian y contrastan entre sí. Los testigos (HV y M) obtuvieron calificaciones de 7,75 y  $7,81 \pm 0,12$  respectivamente, categorizados como "Muy bueno" y "Excelente". Estos resultados son congruentes con los hallazgos de Salas et al. (2023), quien en su evaluación sensorial de la variedad Geisha registró un promedio de  $7,9 \pm 0,1$  en el aspecto del balance. Masi et al., (2013) sostienen que una bebida de café equilibrada se caracteriza por una armonía entre los atributos de acidez, cuerpo y sabor, resultando en cafés puros y de calidad.

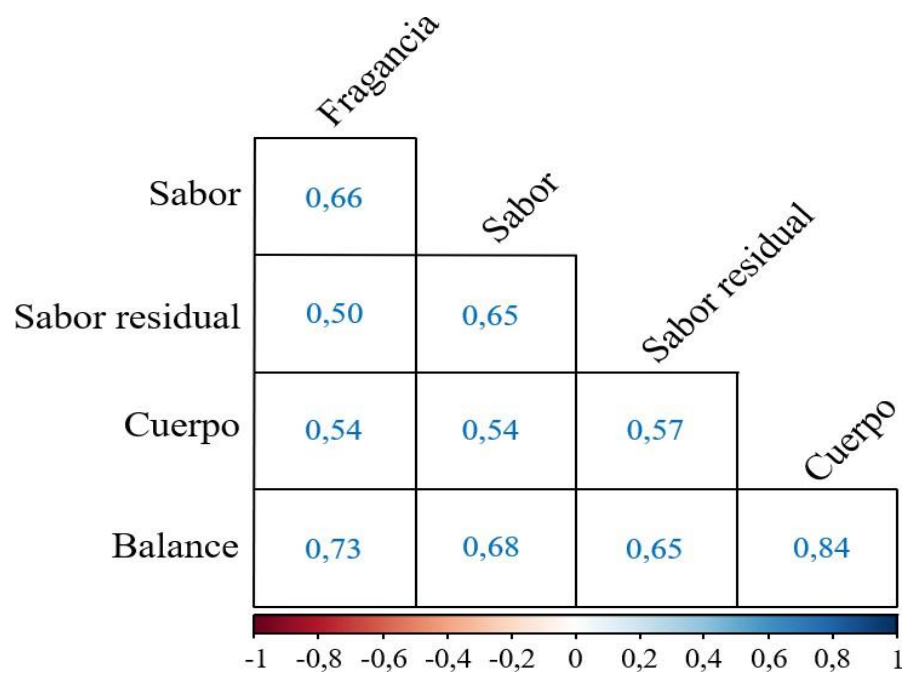
Los atributos de **uniformidad**, **taza limpia** y **dulzor** (Tabla 9), no presentaron diferencia estadística ( $p > 0,05$ ); las bebidas aromatizadas y sus testigos (HV y M) obtuvieron el puntaje máximo de 10,0 "Extraordinario", estos atributos son parte de la calificación de la bebida para indicar la calidad (Wei, 2015). De acuerdo con Parada (2020), la evaluación sensorial del café se adapta a las preferencias de los consumidores, siendo el primer criterio esencial la presencia de una "taza limpia", exenta de imperfecciones como sabores fermentados, olores ajenos, hongos u otras alteraciones. Ramos (2019) señala que una infusión placentera proporciona una experiencia gustativa agradable y dulce, atribuible a la presencia de numerosos compuestos de carbohidratos. La calificación obtenida coincide con lo documentado por Navarro et al. (2021) para el cultivar Geisha, que recibió una puntuación de  $10,0 \pm 0,0$  en los niveles de tostado claro, medio y oscuro.

#### 4.3.2. Correlación entre los atributos de catación

La Figura 4 exhibe los hallazgos de la correlación entre los atributos de catación. El coeficiente evalúa la intensidad de la conexión entre dos variables aleatorias, oscilando en el rango de  $-1 \geq \rho \leq 1$ ; una cifra positiva indica una relación directa, una negativa señala una relación inversa, y un valor neutro implica constancia (Restrepo y Gonzáles, 2007). Adicionalmente, Aristizábal et al. (2019) clasifica los coeficientes de correlación según su magnitud como nulo ( $= 0$ ), ínfimo ( $<0 - 0,2>$ ), escaso ( $<0,2 - 0,4>$ ), significativo ( $<0,4 - 0,6>$ ), considerable ( $<0,6 - 0,8>$ ) y absoluto ( $= 1$ ). Los datos obtenidos revelan valores positivos con correlaciones significativas y considerables, lo cual podría atribuirse a que los aspectos sensoriales son elementos cruciales en la determinación de la calidad de la infusión (De Carvalho et al., 2016).

Con relación al atributo fragancia/aroma y el balance, se encontró una correlación positiva de  $r = 0,73$ , resultado que es ligeramente inferior a lo informado por Chavez (2021) y Domínguez (2019), quienes obtuvieron 0,76 en ambos casos. Giacalone et al. (2019) propone una explicación para esta discrepancia, sugiriendo que la fragancia/aroma podría estar

vinculada al origen de los componentes aromáticos, mientras que el balance se asocia a un perfil de aroma menos desarrollado que influye en los sabores del café. La correlación entre los atributos sabor y balance resultó en  $r = 0,68$ , valor menor al  $r = 0,81$  reportado por Duicela et al. (2017). Asimismo, la correlación entre cuerpo y balance fue de  $r = 0,84$ , inferior al  $r = 0,88$  señalado por Guadalupe (2020). De igual manera, Di Donfrancesco et al. (2014) sugiere que estas variaciones en las calificaciones, indica que el atributo balance refleja una interacción conjunta entre sabor, sabor residual, acidez y cuerpo.

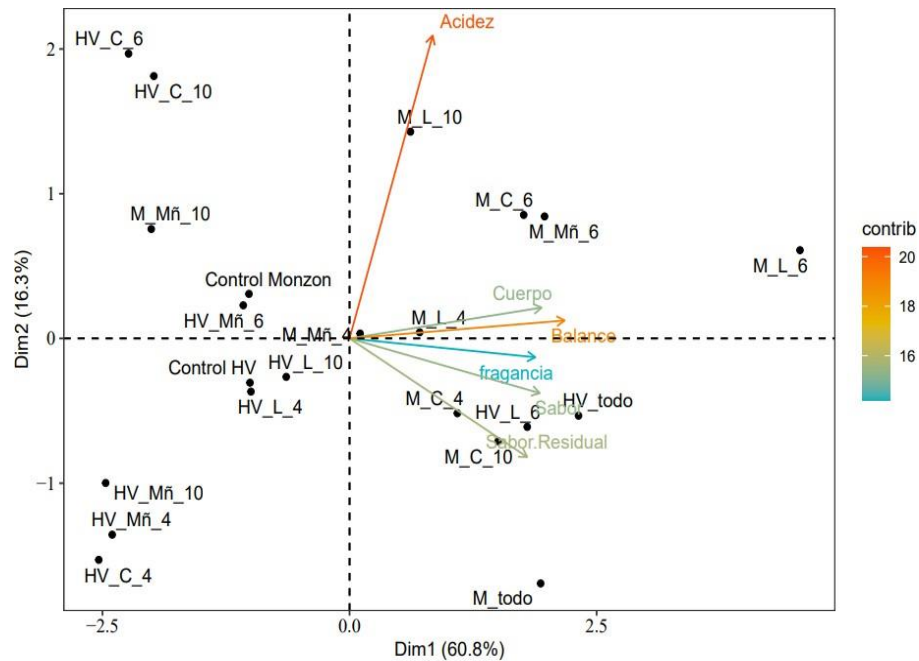


**Figura 4.** Análisis de matriz correlación/coeficientes – atributos en las bebidas de café aromatizadas con hojas de limón, muña y canela de la primera evaluación

#### 4.3.3. Componentes principales de los atributos de catación

El análisis de los atributos de catación se llevó a cabo utilizando el método de componentes principales, como se detalla en los Anexos VIII y IX. La Figura 5 muestra el biplot de variables resultante para el primer componente principal (CP1), el cual se distingue por los aspectos de fragancia/aroma, sabor y sabor residual. Este componente explica el 60,8 % de la variabilidad total, lo que permitió establecer distinciones significativas entre las muestras evaluadas de los cafés que no fueron aromatizados (HV) y (M) con los tratamientos HVL6, MC14, MC10 y HVtodo. En el estudio realizado por Rabelo et al. (2020), se observó un CP1 que superaba nuestros resultados, exhibiendo una variación del 90,46 %, donde las muestras de café de calidad inferior se posicionaron en un cuadrante contrario a los especímenes de café

premium, los cuales se distinguieron por sus atributos de fragancia/aroma, sabor y post-gusto. De acuerdo con Gamonal et al. (2017), se establece que la fragancia/aroma constituye la impresión sensorial inicial, mientras que el sabor representa la confluencia de las características primarias.



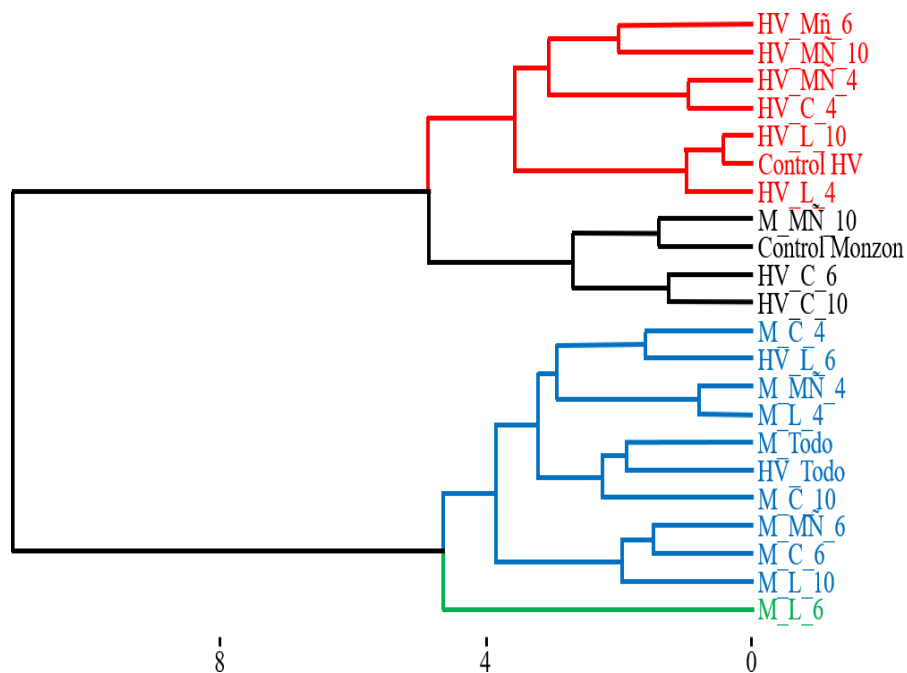
**Figura 5.** Análisis de componentes principales de los atributos de catación

En oposición, los rasgos sensoriales que definieron al CP2 fueron la acidez, cuerpo y balance, constituyendo el 16,3 % de la variación. En relación a esto, Estrella (2014) señala una sinergia entre acidez, sabor y cuerpo, características que favorecen la calidad del café. Esto justifica la escasa correlación entre cuerpo vs acidez y sabor vs cuerpo, razón por la cual la posición de los vectores (atributos) es contraria a los tratamientos HVC6, HVC10, MMñ10, M, MVMñ6, MMñ4, HV, HVL10, HVL4, HVMñ10, HVMñ4 y HVC4. En términos generales, el gráfico biplot de las variables "atributos" revela un total de 77,1 % de la variabilidad CP1 (60,8 %) y CP2 (16,3 %), siendo el 22,9 % restante atribuible a otros componentes como CP3, CP4, CP5 y demás, como lo sugiere Pastoriza et al. (2019), esta variación podría deberse a la cantidad y diversidad de compuestos presentes en la bebida. Asimismo, podría ser consecuencia de la adición en seco de las hierbas aromáticas, que no logró penetrar la película del café verde oro, manteniendo constantes la acidez, cuerpo y balance. De acuerdo con Macagnan et al. (2016), el café verde oro contiene fibra dietética, incluyendo

lignina y otros elementos asociados a los carbohidratos, sustancias que influyen en las propiedades fisicoquímicas y fisiológicas de la fibra dietética.

#### 4.3.4. Dendograma de los atributos de catación

Se realizó un análisis estadístico mediante conglomerados para todos los tratamientos, incluyendo los testigos y los aromatizados. Este análisis permitió identificar cuatro grupos distintos entre los tratamientos (Figura 6), destacando en cada grupo los atributos (sabor, sabor residual, acidez, cuerpo y balance) calificados como "Muy bueno". El primer grupo, que representa el 31,81 % del total de tratamientos, está compuesto por HV, HVMñ6, HVMñ10, HVMñ4, HVC4, HVL10 y HVL4. En este grupo sobresalen los atributos de dulzor, uniformidad y taza limpia, con una puntuación de 10 "Extraordinario", indicando ausencia de defectos. El atributo más destacado para el consumidor en la experiencia sensorial del café es su sabor, el cual, en conjunto con el cuerpo y la acidez, conforman una mezcla equilibrada que define su calidad, siempre y cuando no se detecten imperfecciones (Sunarharum et al., 2014).



**Figura 6.** Dendograma de los cafés aromatizados considerando los atributos de catación

El 18,18 % de los tratamientos totales conformó el segundo grupo, integrado por MMñ10, M, HVC6 y HVC10, los cuales obtuvieron calificaciones "Excelente" en los aspectos de fragancia/aroma y sabor. De acuerdo con Fernandes et al. (2014), existe una correlación directa entre la acidez, considerada una cualidad deseable en el sabor, y la calidad del café.

Vilca (2014), menciona que la evaluación de los distintos atributos se basa en detectar las modificaciones del sabor que se producen conforme el café se enfría. Los aspectos de uniformidad, limpieza de taza y dulzura obtuvieron el puntaje máximo de 10, alcanzando la categoría de "Extraordinario". En este contexto, Calderon (2021) sostiene que una bebida puede clasificarse como de calidad estándar o aceptable cuando presenta un equilibrio, está libre de defectos y sus características no son excesivamente intrincadas.

El tercer grupo representó el 54,54 % de los tratamientos totales que están compuestos por MC4, HVL6, MMñ4, ML4, Mtodo, HVtodo, MC10, MMñ6, MC6, ML10. Los tratamientos presentaron calificaciones de "Muy bueno" para los atributos de sabor residual y acidez. Neves et al. (2023) resaltan la acidez como el factor más crucial, pues aporta luminosidad, frescor y energía al café; esta se compone de una combinación de ácidos de diversas intensidades presentes en la infusión, principalmente cítricos, málicos y tartáricos. Por esta razón, se incluyen dos tratamientos que involucran mezclas de aromatizantes (Htodo y Mtodo). Los azúcares que realzan el dulzor son denominados ácidos frutales, mientras que el ácido clorogénico contribuye con astringencia y sequedad al gusto. Debido a estas características, se evidencia una conexión entre la acidez y el sabor residual (Puerta, 2016).

El cuarto grupo presentó la más alta calificación "Excelente" con respecto al atributo balance, representando el 4,55 %, que solo está compuesto por ML6 (testigo Monzón + 6 % hoja de limón). Además, este café es de menor altitud y fue aromatizado con hojas de limón. Según Sultanbawa (2016), la hoja de limón contiene citral y linalool que es muy aromático y tiene actividad antimicrobiana, así mismo Stinhus et al. (2003) ha monitorizado los cambios en la composición enantiomérica del linalool durante la producción de cerveza, donde mejoro el cuerpo y balance.

#### **4.3.5. Evaluación de calidad en taza**

La evaluación de la calidad en taza identifica los atributos especiales vinculados a la excelencia del café, a través de un equipo de expertos catadores que asignan puntajes a cada característica, obteniendo una calificación total mediante la adición de todos los elementos (Oyola et al., 2017). Los resultados de la evaluación de calidad en taza para los tratamientos aromatizados se muestran en la Tabla 10, evidenciando una diferencia estadísticamente significativa (Anexo X) según la prueba de Tukey ( $p < 0,05$ ). Se identificó que las mejores puntuaciones correspondieron a los tratamientos HVL4, HVL6, HVL10, HVMñ6, ML4, ML6, ML10, MMñ4, MMñ6, MC4, MC6, MC10, HV, M, Htodo y Mtodo, con valores oscilando entre  $85,06 \pm 0,62$  y  $86,50 \pm 0,61$ , alcanzando la categoría de "Excelente". Respecto a la calidad

en taza, el estudio de la Investigación Mundial del café (2017) señala la existencia de variedades que se adaptan a la altura, produciendo cafés de sobresaliente calidad en taza. Adicionalmente, Gamanal et al. (2017) afirma que la altitud ejerce una influencia positiva en las propiedades sensoriales de los granos de café.

**Tabla 10.** Resultados de la calidad en taza de las bebidas aromatizados

<b>Código</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Descripción de especialidad (Clasificación)</b>
HVL4	85,17 ± 0,64 <sup>bc</sup>	Excelente
HVL6	85,81 ± 0,85 <sup>abc</sup>	Excelente
HVL10	85,12 ± 0,66 <sup>bc</sup>	Excelente
HVMñ4	84,81 ± 0,55 <sup>bc</sup>	Muy bueno
HVMñ6	85,12 ± 0,66 <sup>bc</sup>	Excelente
HVMñ10	84,75 ± 1,24 <sup>c</sup>	Muy bueno
HVC4	84,75 ± 0,64 <sup>c</sup>	Muy bueno
HVC6	84,81 ± 0,74 <sup>bc</sup>	Muy bueno
HVC10	84,93 ± 0,94 <sup>bc</sup>	Muy bueno
ML4	85,50 ± 0,73 <sup>abc</sup>	Excelente
ML6	86,50 ± 0,61 <sup>a</sup>	Excelente
ML10	85,50 ± 0,35 <sup>abc</sup>	Excelente
MMñ4	85,31 ± 0,77 <sup>bc</sup>	Excelente
MMñ6	85,93 ± 1,00 <sup>ab</sup>	Excelente
MMñ10	84,75 ± 0,73 <sup>c</sup>	Muy bueno
MC4	85,62 ± 0,85 <sup>abc</sup>	Excelente
MC6	85,81 ± 0,68 <sup>abc</sup>	Excelente
MC10	85,68 ± 0,85 <sup>abc</sup>	Excelente
HV	85,06 ± 0,62 <sup>bc</sup>	Excelente
M	85,06 ± 0,87 <sup>bc</sup>	Excelente
Htodo	85,93 ± 0,96 <sup>ab</sup>	Excelente
Mtodo	85,93 ± 1,12 <sup>ab</sup>	Excelente

Los valores representan (promedio ± DS); los datos provienen del experimento (n = 4); valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativamente diferente (p ≤ 0,05).

Los tratamientos HVMñ4, HVMñ10, HVC4, HVC6, HVC10 y MMñ10 alcanzaron un puntaje de "Muy bueno", con puntuaciones oscilando entre 84,75 ± 0,64 y 84,93 ± 0,94. De acuerdo con Ribeiro et al. (2017), los cafés que superan los 80 puntos se consideran excepcionales y son aptos para exportación a mercados específicos. En un estudio realizado por

Atavillos et al. (2020), se establecieron calificaciones que variaban de 80,08 a 82,25 en ejemplares comerciales de café tostado y molido. Por su parte, Maldonado (2011) indica que las evaluaciones de café que se sitúan entre 80,00 y 84,99 puntos se catalogan como de calidad superior.

Los tratamientos aromatizados con hoja de limón HVL4, HVL6, HVL10, ML4, ML6 y ML10 su calificación es “Excelente”, el motivo podría ser que las hojas de limón contienen citral y limoneno (Hirai et al., 2022) que son componentes volátiles que se caracteriza por un fuerte aroma, además aportan en la industria alimentaria un mejor sabor y aroma en el producto final (Hong et al., 2017). Así mismo, en la Tabla 9 se observa que en los atributos fragancia/aroma y sabor aumentaron respecto a sus testigos, esta es la razón que su calidad en taza obtuvo dicha calificación. Respecto los tratamientos HVMñ4, HVMñ10 y Mñ10 (aromatizados con hoja de muña) su calificación es “Muy bueno”, dicha calificación podría deberse a que el aromatizante contiene el (R) - + - pulegona (Gonzales et al., 2022), éste al tener una baja diferencia energética le brinda estabilidad al aceite esencial del aromatizante durante su almacenamiento (Loolaie et al., 2017), por ese motivo puede deberse que el aromatizante no mejoró en los atributos sensoriales y por ende su calidad en taza disminuyó frente a los testigos HV y M.

La calificación de los tratamientos aromatizados con hoja de canela fue “Muy bueno” y “Excelente”, lo obtuvieron los tratamientos son HVC4, HVC6, HVC10, MC4, MC6 y MC10 con puntajes de  $84,75 \pm 0,64$  hasta  $85,81 \pm 0,68$ . En la Tabla 10 se observa que la concentración del aromatizante es directamente proporcional a la calidad en taza, esto puede deberse según López (2014) que a medida que un aromatizante tiene una concentración baja podría aumentar su olor o sabor y se denomina umbral de reconocimiento, que depende de la presión de vapor del compuesto, temperatura y composición del medio (Cerutti & Neumayer, 2004), por ello, en lo que respecta a los tratamientos aplicados a sus testigos (HV) y (M), se obtuvieron calificaciones diferentes.

#### **4.4. Segunda evaluación sensorial de atributos de catación y calidad en taza de los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela**

##### **4.4.1. Evaluación de los atributos de catación**

La fragancia/aroma del café se analizó en su forma seca (posterior al tostado y molienda) y húmeda (tras añadir agua), de acuerdo con la metodología de Augusto et al. (2003). El análisis estadístico reveló diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) (Anexo IX). Los resultados, presentados en la Tabla 11, muestran que las muestras aromatizadas con hojas de limón, muña

y canela alcanzaron puntuaciones entre  $7,75 \pm 0,20$  y  $8,06 \pm 0,24$ , categorizándolas como "Muy bueno" y "Excelente". Estas valoraciones son consistentes con los hallazgos de Urbano & Ceballos (2018), quienes reportaron una puntuación de 7,75 ("Muy bueno") para el atributo fragancia/aroma en cafés arábigos de tueste medio. De manera similar, Figueiredo et al. (2016) encontraron que el café arábigo de la variedad bourbon exhibe puntuaciones de fragancia/aroma entre 7,60 y 7,58, también calificadas como "Muy bueno".

El **sabor** es la mezcla entre las sensaciones gustativas y aroma retronasal, es el atributo que es rápidamente detectado por las personas debido a su complejidad e intensidad de sabores en la bebida (Diaz & Perdomo, 2015). En el Anexo IX se presenta los resultados del análisis estadística ( $p > 0,05$ ). En la Tabla 11 se reporta que el café de mayor altitud (HV) y menor (M) aromatizado con hojas de limón, muña y canela tuvieron puntajes entre  $7,62 \pm 0,12$  a  $8,00 \pm 0,20$  con calificativos "Muy bueno" y "Excelente", esto podría explicarse por la investigación de Oliveiro-Neto et al. (2016), que señala la relevancia de los ácidos hidroxycinámicos en la determinación del perfil organoléptico de las infusiones y la calidad de los granos de café. No obstante, el estudio de Puerta et al. (2016) reveló evaluaciones de sabor comparables, oscilando entre 7,5 y 8,3, con descriptores como "Muy bueno" y "Excelente", indicativos de cafés de categoría superior, caracterizados por matices de almendras, dulzor, frutas y cítricos.

El gusto que perdura en la boca tras expulsar el café es conocido como **sabor residual** (Jaimes et al., 2015). Los análisis estadísticos (Anexo IX) revelan una diferencia significativa ( $p < 0,05$ ); los testigos HV y M tuvieron puntajes  $8,00 \pm 0,20$  y  $7,69 \pm 0,12$  respectivamente, que al aromatizarlos con hojas de limón tuvieron entre  $7,56 \pm 0,12$  a  $7,88 \pm 0,14$  "Muy bueno" y "Excelente", esto indica que la aromatización con hojas de limón bajó su puntaje respecto a su testigo (HV) pero aumentó en el testigo (M); Elizalde (2013) diseñó tipos de aromatizantes por medio de extracción de aceite esencial, hojas y cáscara de limón para su aplicación en bebidas; el resultado de análisis sensorial con respecto a las hojas de limón, obtuvo la menor puntuación en el atributo sabor residual, esto puede deberse que los sabores de la bebida enmascaran los compuestos fenólicos que contiene el aromatizante. Para la aromatización con muña, los resultados indican diferencia ( $p < 0,05$ ) (Tabla 11) el puntaje estuvo entre  $7,62 \pm 0,14$  a  $7,75$  (aromatizantes de 4 al 10 %) con calificación "Muy bueno". Según Wang & Lim (2014) los granos de café al ser tostados tienden a formar  $\text{CO}_2$  que está en su interior, este favorece a que no disminuya la calidad sensorial del café debido a la lentitud en el proceso de desgasificación del grano. Con respecto a la aromatización con canela el comportamiento fue similar al aromatizado con muña.

**Tabla 11.** Resultados de la segunda evaluación sensorial de los atributos de catación en las bebidas de cafés aromatizados

Código	Fragancia Aroma	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza limpia	Dulzor
HVL4	7,88 ± 0,25 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,32 <sup>a</sup> ; α	7,56 ± 0,12 <sup>b</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVL6	8,06 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>ab</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVL10	8,06 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	8,00 ± 0,20 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>ab</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVMñ4	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,62 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVMñ6	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,62 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVMñ10	7,94 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,32 <sup>a</sup> ; α	7,62 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVC4	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,62 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVC6	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,69 ± 0,12 <sup>ab</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
HVC10	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,62 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
ML4	8,06 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,88 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; θ	10	10
ML6	8,06 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>ab</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	10	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; β; θ	10	10
ML10	7,94 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,25 <sup>a</sup> ; α	7,75 ± 0,20 <sup>ab</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	10	7,81 ± 0,12 <sup>abc</sup> ; α	10	10
MMñ4	7,94 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,69 ± 0,12 <sup>ab</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,81 ± 0,12 <sup>abc</sup> ; α	10	10
MMñ6	8,06 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,75 ± 0,00 <sup>ab</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	10	7,81 ± 0,12 <sup>abc</sup> ; α	10	10
MMñ10	7,88 ± 0,32 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,69 ± 0,12 <sup>ab</sup> ; α	7,81 ± 0,24 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	10	7,81 ± 0,12 <sup>abc</sup> ; α	10	10
MC4	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,88 ± 0,14 <sup>a</sup> ; α	7,62 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; α	7,94 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
MC6	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,69 ± 0,12 <sup>ab</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,75 ± 0,00 <sup>a</sup> ; α	10	7,75 ± 0,00 <sup>bc</sup> ; α	10	10
MC10	7,75 ± 0,20 <sup>a</sup> ; α	7,69 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,62 ± 0,14 <sup>ab</sup> ; α	7,81 ± 0,12 <sup>a</sup> ; α	7,75 ± 0,00 <sup>a</sup> ; α	10	7,69 ± 0,12 <sup>c</sup> ; α	10	10
HV	8,00 ± 0,20 α	8,00 ± 0,20 α	7,75 ± 0,20 α	7,88 ± 0,14 α	7,88 ± 0,14 α	10	7,75 ± 0,00 α; β	10	10
M	7,69 ± 0,12 α	7,62 ± 0,14 α	7,75 ± 0,00 α	7,75 ± 0,00 α	7,75 ± 0,00 α	10	7,69 ± 0,12 α; θ	10	10
Htodo	7,94 ± 0,24 α	7,88 ± 0,32 α	7,62 ± 0,14 α	7,88 ± 0,14 α	7,88 ± 0,14 α	10	7,81 ± 0,12 α	10	10
Mtodo	7,88 ± 0,14 α	7,88 ± 0,14 α	7,69 ± 0,12 α	7,81 ± 0,12 α	7,75 ± 0,00 α	10	7,81 ± 0,12 α	10	10

Los valores representan (promedio ± DS); los datos provienen del experimento (n = 4); valores de una misma columna con superíndices diferentes son significativamente diferentes ( $p \leq 0,05$ ); Dónde α, β y θ indica semejanza de los tratamientos con los testigos.

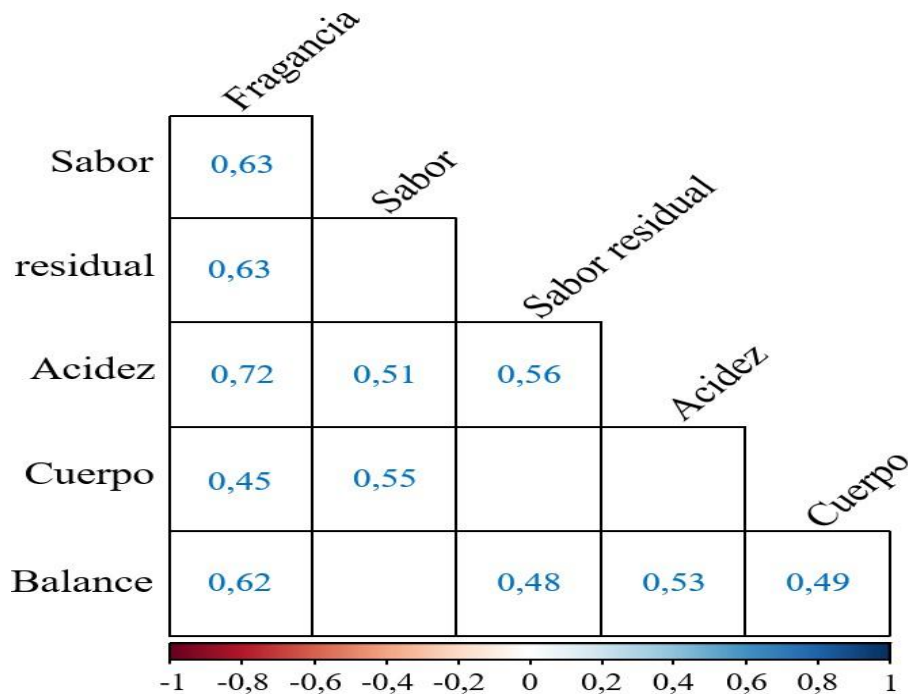
El nivel de acidez en una bebida se determina por la concentración de ácidos orgánicos presentes en ella, lo cual está estrechamente relacionado con la acidez que puede ser cuantificada mediante titulación del producto líquido (Lingle & Menon, 2017); los resultados tuvieron un  $p > 0,05$ . En la Tabla 11 el café logró un puntaje entre  $7,81 \pm 0,12$  a  $7,94 \pm 0,12$  con calificación “Excelente”, esta calificación puede atribuirse a lo mencionado por Brodowska (2016) y Mafla & Calvache (2024), quienes destacan que la formación de ácido cinámico, que ocurre durante el proceso de beneficio del café, contribuye a mejorar la acidez. Un buen control de este proceso puede generar sabores a albaricoque y frutales, brindando así una acidez málica que se considera superior a la acidez cítrica.

La característica denominada **cuerpo** se refiere a la impresión sensorial experimentada en la cavidad bucal, principalmente a través del órgano gustativo, que puede variar desde una textura sutil hasta una consistencia untuosa (Pacheco, 2016). El resultado estadístico reportó un  $p > 0,05$  para los tratamientos aromatizados con hojas de limón, muña y canela (Tabla 11) cuyos puntajes estuvieron entre  $7,75$  a  $7,88 \pm 0,14$  con calificativo “Muy bueno” y “Excelente”; cabe indicar que en la primera evaluación sensorial respecto a este atributo tampoco presentó diferencia estadística. Así mismo, Agnoletti (2015) menciona que el atributo cuerpo está relacionado con los sólidos solubles totales.

Según Di Francesco et al. (2014) el atributo **balance** está en función al sabor, sabor residual, acidez y cuerpo juntos. Los análisis de este atributo se observan en el Anexo IX, con un valor de  $p < 0,05$ ; el tratamiento ML6 obtuvo el mayor puntaje ( $7,94 \pm 0,12$  “Excelente”) y el menor fue de MC10 ( $7,69 \pm 0,12$  “Muy bueno”) comparando los tratamientos mencionados con sus testigos HV y M se encontró diferencia estadística ( $\theta$ ,  $\beta$ ). El mayor valor podría deberse a lo investigado por Castro et al. (2016) que indica que las plantas de cítricos contienen compuestos bioactivos que brindan propiedades funcionales y Irkin et al, (2015) menciona que los cítricos son responsables del sabor, acidez y cuerpo que se genera en la planta. Por otro lado, el menor valor del atributo balance se encontró en las muestras que fueron aromatizados con canela Cassia, comparando con la especie de canela Ceilán, este es mejor potenciador del sabor en diversos productos alimenticios, debido a que posee atributos organolépticos únicos, como un sabor exótico, aroma inconfundible y un gusto acre con propiedades funcionales (Jeewanti et al., 2020). La uniformidad, taza limpia y dulzor se mantuvieron con el mismo puntaje que en la primera evaluación sensorial 10 puntos “Excelente”.

#### 4.4.2. Correlación entre los atributos de catación

La mayor correlación entre los atributos de la bebida de café tostado y reposado por 25 días (Figura 7) lo presentó la fragancia/aroma vs acidez con un  $r = 0,72$ , cabe indicar que en la primera evaluación la correlación fue  $r = 0,21$ , no mostrando una buena relación entre los atributos, caso contrario sucedió en la segunda evaluación; esto podría deberse a los cambios físicos y químicos inducidos en el almacenamiento en los granos de café tostados influyendo en la calidad sensorial de las infusiones de café (Toci et al., 2013). Por otro lado, Kreuml et al. (2013) llevo a cabo la comparación sensorial de dos variedades de café tostado robusta y arábica que fueron almacenados hasta 18 meses, a mayor tiempo de almacenamiento pierde fragancia/aroma, pero respecto al atributo acidez lo hace más fuerte debido que se tiene una sensación de guardado.



**Figura 7.** Análisis de matriz correlación/coeficientes – atributos en las bebidas de café tostado reposado por 25 días.

#### 4.4.3. Evaluación de calidad en taza

Según los resultados de la calidad en taza de los 22 tratamientos (Tabla 12) en estudio considerando los testigos HV, M y las aromatizaciones hojas de limón, muña y canela no mostraron diferencia estadística (Anexo X), pero según la descripción de especialidad – clasificación si existe diferencia “Muy bueno” y “Excelente”. Es importante resaltar que la evaluación sensorial fue realizada por catadores Q – grade certificados, esta diferencia podría

ser explicado por Steren et al. (2023), los profesionales del café están sujetos a restricciones de tiempo y recursos a la hora de realizar evaluaciones sensoriales, debido a los métodos rápidos desarrollados por la industria, como por ejemplo la cata de la SCAA, que carece de precisión en comparación con métodos sensoriales descriptivos científicos más elaborados. Por lo tanto, según Au et al. (2020) indica que es interesante aplicar tanto entrenamiento sensorial y cognitivo para mejorar el rendimiento sensorial y la adherencia al programa de entrenamiento debido a la variabilidad de las tareas.

**Tabla 12.** Resultados de la calidad en taza de las bebidas aromatizados

<b>Código</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Descripción de especialidad (Clasificación)</b>
HVL4	84,44 ± 0,55	Muy bueno
HVL6	85,13 ± 0,32	Excelente
HVL10	85,31 ± 0,24	Excelente
HVMñ4	84,50 ± 0,46	Muy bueno
HVMñ6	84,63 ± 0,60	Muy bueno
HVMñ10	84,50 ± 0,65	Muy bueno
HVC4	84,50 ± 0,41	Muy bueno
HVC6	84,63 ± 0,32	Muy bueno
HVC10	84,56 ± 0,51	Muy bueno
ML4	85,38 ± 0,83	Excelente
ML6	85,50 ± 0,94	Excelente
ML10	85,13 ± 1,05	Excelente
MMñ4	84,94 ± 0,83	Muy bueno
MMñ6	85,19 ± 0,43	Excelente
MMñ10	84,69 ± 0,88	Muy bueno
MC4	84,69 ± 0,52	Muy bueno
MC6	84,38 ± 0,14	Muy bueno
MC10	84,06 ± 0,43	Muy bueno
HV	85,06 ± 0,66	Excelente
M	84,19 ± 0,31	Muy bueno
Htodo	84,75 ± 0,65	Muy bueno
Mtodo	84,69 ± 0,31	Muy bueno

Los valores representan (media aritmética ± desviación estándar); los datos provienen del experimento (n = 4); valores de una misma columna con superíndices diferentes significativamente diferentes (p > 0,05).

Si hacemos una comparación de las hojas de limón de la primera evaluación de calidad en taza con respecto a la segunda, mantienen el mismo efecto; esto podría explicarse en la investigación de Vatankhah et al. (2020) que mencionan que los aromatizantes incluyen muchos compuestos de naturaleza compleja, que pueden reaccionar entre sí y con otros ingredientes de los alimentos, es difícil definir y determinar la permanencia de sabores incluso mediante instrumentos. Así mismo, Uzun et al. (2022) realizó chicle con sabor a limón, donde se eligió compuestos aromáticos el *cis* – *citral* y *trans* – *citral*, dichos compuestos se podían detectar después de masticar el chicle hasta incluso 45 minutos mediante la prueba analítica DHA – GC/MS; el sabor a limón persistía en las formulaciones del chicle durante 12 meses.

## V. CONCLUSIONES

- La mayor acidez titulable correspondió al café aromatizados con hojas de limón al 6 % y 10 % (HVL6 y HVL10), los menores con hojas de muña al 10 % (HVMñ10 y MMñ10) y hojas de canela al 6 % y 10 % (MC6 y MC10). Los sólidos solubles totales tuvieron un rango entre 24,50 % a 25,50 %.
- La aromatización con hojas de limón, muña y canela mejora en el café los atributos de fragancia/aroma y sabor con respecto a sus testigos (HV y M), aunque el sabor residual disminuyó con las hojas de muña, destacándose las correlaciones entre fragancia/aroma – balance (0,73) y cuerpo - equilibrio (0,84). En el análisis de componentes principales, los atributos más sobresalientes fueron fragancia/aroma, sabor, sabor residual, cuerpo y equilibrio, donde el café aromatizado al 6 % con hoja de limón-Monzón (ML6) alcanzó la calificación "Excelente", siendo el mejor de todos los tratamientos evaluados.
- Durante el periodo de reposo de 25 días, los cafés aromatizados con hojas de limón, muña y canela experimentaron una mejora en los atributos de fragancia/aroma, sabor y acidez en comparación con el testigo M, con una notable variación entre fragancia/aroma vs. acidez (0,72); el sabor residual y el equilibrio disminuye respecto a sus testigos (HV y M), siendo la excepción los cafés tratados con hojas de limón. En las dos evaluaciones realizadas, el café aromatizado al 6 % con hoja de limón-Monzón (ML6) alcanzó la mayor calidad en taza, mientras que el tratamiento con 4 % de hoja de canela-Hermilio Valdizán (HVC4) presenta los resultados más bajos.

## **VI. PROPUESTAS A FUTURO**

- Aromatizar cafés con hojas de limón hasta un 10 % (peso/peso) a condiciones atmosféricas controladas.
- Determinar las sustancias aromatizantes, del café aromatizado con hojas de limón mediante GC – MS (en español).
- Analizar los aromas de hierbas de limón, muña y canela mediante el método de cromatografía de gases – olfatometría.
- Estudiar cambios sensoriales e instrumentales del sabor del café aromatizado con hojas de limón a diferentes concentraciones durante el almacenamiento.
- Estudiar la matriz alimentaria de las infusiones café aromatizado con limón: Compuestos bioactivos (sinergismo, aditivismo y antagonismo).
- la percepción del sabor del café a diferentes temperaturas de tostado, mediante la combinación de un método sensorial tradicional y el análisis in – vivo de la nariz electrónica.
- Caracterizar la percepción sensorial de las bebidas de café en función a su altitud: análisis sensorial descriptivo según procedencia o cultivo.

## VII. REFERENCIAS

- Açıklıkın, B., & Sanlier, N. (2021). Coffee and its effects on the immune system. *Trends in Food Science & Technology*, *114*, 625-632.
- Adopted, I. (2014). Climate change 2014 synthesis report. *IPCC: Geneva, Switzerland*, 1059-1072.
- Agassi, T., & Harahap, M. (2023). Evaluation of Coffee Bean Defects, Quality of Brewed Coffee, and Caffeine Content of Premium Ground Coffee. In *4th Borobudur International Symposium on Science and Technology 2022 (BIS-STE 2022)* (pp. 860- 868). Atlantis Press.
- Agustini, S., & Yusya, M. K. (2020). The effect of packaging materials on the physicochemical stability of ground roasted coffee. *Current Research on Biosciences and Biotechnology*, *1*(2), 66-70.
- Alessandrini, L., Romani, S., Pinnavaia, G., Rosa, M. (2008). Near infrared spectroscopy: An analytical tool to predict coffee roasting degree. *Rev. Analytica Chimica Acta*, Italy. *625*(1), 95–102.
- Apaza, V. (2014). Análisis de la difusión del aceite esencial de muña (*Clinopodium bolivianum*) en vapor de agua. *Ciencia & Desarrollo*, *(17)*, 47-55.
- Aristizábal, E., Vásquez, M., & Ruíz, D. (2019). Métodos estadísticos para la evaluación de la susceptibilidad por movimientos en masa. *TecnoLógicas*, *22*(46), 43-64.
- Atavillos, C., Reátegui, D., Ordñez, E. (2020). Fenoles totales, actividad antioxidante y evaluación sensorial del café tostado. *Agroindustrial Science*, *10*(3):241-248.
- Atlabachew, M., Abebe, A., Alemneh Wubieneh, T., & Tefera Habtemariam, Y. (2021). Rapid and simultaneous determination of trigonelline, caffeine, and chlorogenic acid in green coffee bean extract. *Food Science & Nutrition*, *9*(9), 5028-5035.
- Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G. J., Buschkuehl, M., & Jaeggi, S. M. (2020). Improving fluid intelligence with training on working memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, *22*(2), 366–377.
- Augusto, F., Lopes, A., & Zini, C. (2003). Sampling and sample preparation for analysis of aromas and fragrances. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, *22*(3), 160-169.
- 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.

- Avello, M., Fernández, M., Fernández, P., Torres, E., & Pastene, E. (2023). Desarrollo inicial de un fitofármaco derivado del jugo de Citrus limón (limón) para el tratamiento de crisis hipertensivas. *Revista chilena de cardiología*, 42(2), 82-89.
- Ayala, E., Bernabé, E., Montoya, M., & Pinedo, J. (2016). Planeamiento estratégico del café en el Perú.
- Baqueta, M. R., Coqueiro, A., & Valderrama, P. (2019). Brazilian coffee blends: A simple and fast method by near-infrared spectroscopy for the determination of the sensory attributes elicited in professional coffee cupping. *Journal of food science*, 84(6), 1247-1255.
- Barbosa, M. de S. G., Francisco, J., Dos Santos Scholz, M., Kitzberger, C., & Benassi, M. de T. (2019). Dynamics of sensory perceptions in arabica coffee brews with different roasting degrees. *Journal of Culinary Science and Technology*, 17(5), 453–464. <https://doi.org/10.1080/15428052.2018.1489321>
- Bastian, F., Hutabarat, O., Dirpan, A., Nainu, F., Harapan, H., Emran, T., & Simal-Gandara, J. (2021). From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. *Foods*, 10(11), 2827.
- Bastian, F., Hutabarat, O., Dirpan, A., Nainu, F., Harapan, H., Emran, T., & Simal-Gandara, J. (2021). From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. *Foods*, 10(11), 2827.
- Batista, M. J., Ávila, A. F., Franca, A. S., & Oliveira, L. S. (2020). Polysaccharide-rich fraction of spent coffee grounds as promising biomaterial for films fabrication. *Carbohydrate polymers*, 233, 115851.
- Bazán, I., del Ángel Zumaya, J., & Rivera, O. (2020). Influencia de la temperatura de tostado de diversas mezclas de café Coffea Arábica y café Coffea Robusta. *Revista Electrónica sobre Tecnología, Educación y Sociedad*, 7(14), 237-255.
- Benavente, Q. (2018). *Evaluación de la actividad biocida del aceite esencial de hojas de muña (Minthostachys mollis) en el gorgojo de maíz (Sitophilus zeamais)* (Tesis pregrado mención a ingeniería agroindustrial. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.
- Benites, J., Guerrero, A., Salas, F., Martinez, J., Jara, R., Venegas, E. A., & Calderon, P. (2018). Chemical composition, in vitro cytotoxic and antioxidant activities of the essential oil of Peruvian *Minthostachys mollis* Griseb. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat*, 17(6), 566-574.

- Benitez, V., Rebollo-Hernanz, M., Hernanz, S., Chantres, S., Aguilera, Y., & Martin-Cabrejas, M. A. (2019). Coffee parchment as a new dietary fiber ingredient: Functional and physiological characterization. *Food Research International*, 122, 105-113.
- Bicho, N., Leitão, A., Ramalho, J., & Lidon, F. (2012). Use of colour parameters for roasted coffee assessment. *Food Science and Technology*, 32(20), 436-442.
- Błaszkiwicz, J., Nowakowska-Bogdan, E., Barabosz, K., Kulesza, R., Dresler, E., Woszczyński, P., & Szkutnik, K. (2023). Effect of green and roasted coffee storage conditions on selected characteristic quality parameters. *Scientific reports*, 13(1), 47 - 64.
- Bobková, A., Jakobová, S., Belej, L., Jurčaga, L., Čapla, J., Bobko, M., & Demianová, A. (2021). Analysis of caffeine and chlorogenic acids content regarding the preparation method of coffee beverage. *International Journal of Food Engineering*, 17(5), 403-410.
- Bolka, M., & Emire, S. (2020). Effects of coffee roasting technologies on cup quality and bioactive compounds of specialty coffee beans. *Journal Food Science & Nutritión*, 8(1):1-11.
- Bonnländer, B., Cappuccio, R., Liverani, F. S., & Winterhalter, P. (2006). Analysis of enantiomeric linalool ratio in green and roasted coffee. *Flavour and fragrance journal*, 21(4), 637-641.
- Brodowska, K. M., Brodowska, A. J., Śmigielski, K., & Łodyga-Chruścińska, E. (2016). Antioxidant profile of essential oils and extracts of cinnamon bark (*Cinnamomum cassia*). *European Journal of Biological Research*, 6(4), 310-316.
- Bucalossi, G., Fia, G., Dinnella, C., De Toffoli, A., Canuti, V., Zanoni, B., & Monteleone, E. (2020). Functional and sensory properties of phenolic compounds from unripe grapes in vegetable food prototypes. *Food chemistry*, 3(15), 126 - 291.
- 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.
- Callejo, M. (2011). Present situation on the descriptive sensory analysis of bread. *Journal of Sensory Studies*, 26(4), 255-268.
- Carretero, M. (2014). *Informe de análisis sensorial en la gastronomía 2014*. Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. [https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial\\_final.pdf](https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf)
- Carvalho, C., Fazuoli, L., Carvalho, G., Guerreiro-Filho, O., Pereira, A., Almeida, S., & Braghini, M. (2008). Cultivares de café arábica de porte baixo. Cultivares de café: origem, características e recomendações. Embrapa Café, Brasília, 157-226.

- Carvalho, F., Moksunova, V., & Spence, C. (2020). Cup texture influences taste and tactile judgments in the evaluation of specialty coffee. *Food Quality and Preference*, 81(10), 38 - 41.
- Carvalho, G., Mendonça, A., De Rezende, J., Rezende, T., Ferreira, A., Rezende, R., Mendes, A. (2016). Relationship between the sensory attributes and the quality of coffee in different environments. *African Journal of Agricultural Research*, 11(38), 3607-3614.
- Castaño, J., Quintero, G., & Vargas, R. (2000). Caracterización del rendimiento de extracción y del contenido de sólidos solubles de la bebida de café. *Cenicafé*, 2(3): 31 – 42.
- 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.
- Castro-Vazquez, L., Alañón, M., Rodríguez-Robledo, V., Pérez-Coello, M., Hermosín-Gutierrez, I., Díaz-Maroto, M., & Arroyo-Jimenez, M. (2016). Bioactive flavonoids, antioxidant behaviour, and cytoprotective effects of dried grapefruit peels (*Citrus paradisi* Macf.). *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2016(6): 75 - 81.
- Cerutti, M., & Neumayer, F. (2004). Introducción a la obtención de aceite esencial de limón. *Invenio: Revista de investigación académica*, 7(12), 149-155.
- Charrier, A. y Berthaud, J. (1985). Clasificación botánica del café. En *Café: botánica, bioquímica y producción de frijol y bebida*. Boston, MA: Springer EE. UU. pág. 13-47.
- 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), 7-16.
- Chirinos, R., Huamán, M., Betalleluz-Pallardel, I., Pedreschi, R., & Campos, D. (2011). Characterisation of phenolic compounds of Inca muña (*Clinopodium bolivianum*) leaves and the feasibility of their application to improve the oxidative stability of soybean oil during frying. *Food chemistry*, 128(3), 711-716.
- 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 & Technology*, 96, 45-60.
- Cuzco Argos, M. P., & Chacha Chucay, J. T. (2020). Evaluación de las características fisicoquímicas del Aceite de Café Árabe (*Coffea arabica* L) y su aplicación en la Agroindustria (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).
- Di Donfrancesco, B., Gutierrez, G., Chambers, E. (2019). Similarities and differences in sensory properties of high quality Arabica coffee in a small region of Colombia. *Rev. Food Research International*, Colombia. 116: 645-651.

- Diaz, N. & Perdomo, R. (2015). Caracterización fisicoquímica y sensorial de dos variedades de café (*Coffea arabica*) del occidente de Honduras. (Tesis de pregrado en Ingeniería con mención Agroindustria Alimentaria). Escuela Agrícola Panamericana.
- Divis, P., Pořízka, J., & Kříkala, J. (2019). The effect of coffee beans roasting on its chemical composition. *Potravinarstvo*, 13(1): 334 – 345.
- Djekic, I., Lorenzo, J., Munekata, P., Gagaoua, M., & Tomasevic, I. (2021). Review on characteristics of trained sensory panels in food science. *Journal of Texture Studies*, 52(4), 501-509.
- Dominguez, C. A., Reátegui, D., & Gómez, E. S. O. (2020). Fenoles totales, actividad antioxidante y evaluación sensorial del café tostado. *Agroindustrial Science*, 10(3), 241-248.
- 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.
- Durak, A., Gawlik-Dziki, U., & Pecio, Ł. (2014). Coffee with cinnamon–Impact of phytochemicals interactions on antioxidant and anti-inflammatory in vitro activity. *Food chemistry*, 162, 81-88.
- Dwiranti, N. S., Ardiansyah, A., & Asiah, N. (2019). Sensory attributes of cold brew coffee products at various resting time after roasting process. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 35(1), 42-50.
- Elizalde, J. (2013). *Diseño de aromatizantes de limón estables para uso en bebidas* [Tesis doctoral, Universidad de Murcia]. Repositorio DIGITUM. <https://digitum.um.es/digitum/handle/10201/30283>
- Escamilla, E., Ruiz, O., Zamarripa, A., Gonzáles, V. (2017). Calidad en variedades de café orgánico en tres regiones de México. *Revista de Geografía Agrícola*, 55: 45-55.
- Estrella, L. (2015). 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
- Etaio, I., Albisu, M., Ojeda, M., Gil, F., Salmerón, J., & Elortondo, F. (2010). Sensory quality control for food certification: A case study on wine. Method development. *Food Control*, 21(4), 533-541.
- Faudone, G., Arifi, S., & Merk, D. (2021). The medicinal chemistry of caffeine. *Journal of medicinal chemistry*, 64(11), 7156-7178.

- Fauza, G., Muhammad, D. R. A., Affandi, D. R., & Ariviani, S. (2021). Sensory profile analysis of steamed brownies using Quantitative Descriptive Analysis (QDA). In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 828(1): 12 – 58.
- 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.
- Ferrão, M., Souza, E. M., Fonseca, A., & Ferrão, R. (2017). Autoincompatibilidade e produção sustentável do café Conilon. *Café Conilon. 2sd edn, Incaper, Vitória*, 177-191.
- Figueiredo, L, Ribeiro, F., 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.
- Figueiredo, L., Borém, F., Ribeiro, F., Giomo, G., Malta, M., & Taveira, S. (2018). Sensory analysis and chemical composition of ‘bourbon’ coffees cultivated in different environments. *13(9)*, 122-131.
- Fischer, E. (2019). Quality and inequality: creating value worlds with Third Wave coffee. *Socio economic review*, USA. p 18 - 19.
- Fish, W. (2021). *Philosophy of perception: A contemporary introduction*. Routledge.
- Fuertes, M., y Munguía, Y. (2001). Estudio comparativo del aceite esencial de *Minthostachys mollis* (Kunth) Griseb “Muña” de tres regiones peruanas por cromatografía de gases y espectrometría de masas. *Ciencia e Investigación*, 4(1), 23–39. <https://doi.org/10.15381/ci.v4i1.3389>
- Fürst, A., Pečornik, N., & Binder, C. (2021). All or Nothing in Sensory Marketing: Must All or Only Some Sensory Attributes Be Congruent With a Product’s Primary Function? *Journal of Retailing*, 97(3), 439–458.
- Gamonal, L. E., Vallejos-Torres, G., & López, A. (2017). Sensory analysis of four cultivars of coffee (*Coffea arabica* L.), grown at different altitudes in the San Martin region-Peru. *Ciência Rural*, 47.
- 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.

- García, J., Scotto, F., & Loor, A. (2020). Manual básico del catador de café – tueste de café. *Cefa Ecuador*, 1(5), 1 – 20.
- Giacalone, D., Degen, T. K., 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.
- Giacalone, D., Steen, I., Alstrup, J., & Münchow, M. (2020). Inter-rater reliability of “clean cup” scores by coffee experts. *Journal of Sensory Studies*, 35(5), e12596.
- Gigl, M., Frank, O., Barz, J., Gabler, A., Hegmanns, C., & Hofmann, T. (2021). Identification and quantitation of reaction products from quinic acid, quinic acid lactone, and chlorogenic acid with strecker aldehydes in roasted coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 69(3), 1027-1038.
- Gonzales, K., Salazar, M. E., & Fuertes, C. M. (2022). Actividad antibacteriana de aceites esenciales de *Minthostachys mollis* Griseb." Muña" y *Piper carpunya* Ruiz & Pav." Pinku". *Ciencia e Investigación*, 24(2), 21-26.
- González, M., Domínguez P., Moreno, A., & García-V., C. (2010). Natural bioactive compounds of *Citrus limon* for food and health. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 51(2), 327-345.
- Gotteland, M., & De Pablo, S. (2007). Algunas verdades sobre el café. *Revista chilena de nutrición*, 34(2), 105-115.
- Grillo, L. (2018). Coca, café y cacao: lucha contra las drogas y estrategias de vida en agricultores del valle del Monzón. *Debates En Sociología*, 47, 101–130. <https://doi.org/10.18800/debatesensociologia.201802.004>
- Guimarães, E., Leme, P., De Rezende, D., Pereira, S., & Dos Santos, A. (2019). The brand new Brazilian specialty coffee market. *Journal of food products marketing*, 25(1), 49-71.
- Hall, R., Trevisan, F., & de Vos, R. (2022). Coffee berry and green bean chemistry—Opportunities for improving cup quality and crop circularity. *Food Research International*, 151(11): 8 - 25.
- He, F., Qian, Y., y Qian, M. (2018). Flavor and chiral stability of lemon-flavored hard tea during storage. *Food Chemistry*. 239, 622–630. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.136>
- Hirai, M., Ota, Y., & Ito, M. (2022). Diversity in principal constituents of plants with a lemony scent and the predominance of citral. *Journal of natural medicines*, 76, 254-258.
- Hong, Y., Lee, Y., & Kim, K. S. (2017). Comparison of volatile flavor compounds of yuzu, kumquat, lemon and lime. *Korean journal of food preservation*, 24(3), 394-405.

- Huanca, M. (2018). *Evaluación física del grano de café (Coffea arabica L.) en diferentes tipos de tueste y la calidad sensorial, en taza destinados a diferentes mercados* (Tesis de maestría en producción vegetal). Universidad Mayor San Andrés.
- Irkin, R.; Dogan, S.; Degirmencioglu, N.; Diken, E.M.; Guldaz, M. (2015). Phenolic content, antioxidant activities and stimulatory roles of citrus fruits on some lactic acid bacteria. *Archives of Biological Sciences*, 67(4): 1313-1321
- Jeewanthi, R., De Silva, A., & Weddagala, T. (2020). Value Creation and Food Products of Cinnamon. *Cinnamon: Botany, Agronomy, Chemistry and Industrial Applications*, 363-376.
- 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.
- Kim, S., Ko, J., Kang, B., Park, H. (2018). Prediction of key aroma development in coffees roasted to different degrees by colorimetric sensor array. *Food Chemistry*, 240:808–816.
- Kitzberger, G., Sorane, C., Pot, D., Marraccini, P., Protasio Pereira, L., & Dos Santos Scholz, M. B. (2020). Flavor precursors and sensory attributes of coffee submitted to different post-harvest processing.
- Koshima, Y., Kitamura, Y., MZ, I., & Kokawa, M. (2020). Quantitative and qualitative evaluation of fatty acids in coffee oil and coffee residue. *Food Science and Technology Research*, 26(4), 545-552.
- Koshiro, Y., Jackson, M. C., Nagai, C., & Ashihara, H. (2015). Changes in the content of sugars and organic acids during ripening of *Coffea arabica* and *Coffea canephora* fruits. *European Chemical Bulletin*, 4(8), 378-383.
- Kreuml, M., Majchrzak, D., Ploederl, B., & Koenig, J. (2013). Changes in sensory quality characteristics of coffee during storage. *Food Science & Nutrition*, 1(4), 267-272.
- Kuete, V. (2017). Medicinal spices and vegetables from Africa: therapeutic potential against metabolic, inflammatory, infectious and systemic diseases. *Academic Press*. 315 – 327.
- Läderach, P., Ramirez-Villegas, J., Navarro-Racines, C., Zelaya, C., Martinez-Valle, A., & Jarvis, A. (2017). Climate change adaptation of coffee production in space and time. *Climatic change*, 141(1), 47-62.
- LaTour, K., & Deighton, J. (2019). Learning to become a taste expert. *Journal of Consumer Research*, 46(1), 1-19.
- Lawless, H. (2010). A simple alternative analysis for threshold data determined by ascending forced-choice methods of limits. *Journal of Sensory Studies*, 25(3), 332-346.

- Lee, H., Jo, Y., Ameer, K., & Kwon, J. (2018). Optimization of green extraction methods for cinnamic acid and cinnamaldehyde from Cinnamon (*Cinnamomum cassia*) by response surface methodology. *Food science and biotechnology*, 27, 1607-1617.
- Lingle, T. y Menon, S. (2017). Cupping and grading: discovering character and quality. *The craft and science of coffee, India*. 5(10): 181 – 203.
- 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.
- Loolaie, M., Moasefi, N., Rasouli, H., & Adibi, H. (2017). Peppermint and its functionality: A review. *Arch Clin Microbiol*, 8(4), 54.
- Lopes, G., Passos, C., Petronilho, S., Rodrigues, C., Teixeira, J., & Coimbra, M. (2021). Carbohydrates as targeting compounds to produce infusions resembling espresso coffee brews using quality by design approach. *Food Chemistry*, 344, 128613.
- López, A. (2016). *Características físico-químicas del café (Coffea canephora) tostado y molido elaborado en la Asociación Tarpucamac* (Bachelor's thesis, Universidad Estatal Amazónica).[https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/666/Caracteristicas %20fisicoquimicas %20 %20del %20caf %C3 %A9 %20.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uea.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/666/Caracteristicas%20fisicoquimicas%20%20del%20caf%C3%A9%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- López, J. (2021). *Café tostado y molido “Anayaren” a París, Francia* (Tesis en especialización de administración de comercio exterior). Universidad Veracruzana.
- López, O. (2014). El gusto por el sabor salado. *Perspectivas en nutrición humana*, 16(1), 99-109.
- Macagnan, F., da Silva, L., & Hecktheuer, L. (2016). Dietary fibre: The scientific search for an ideal definition and methodology of analysis, and its physiological importance as a carrier of bioactive compounds. *Food Research International*, 85, 144-154.
- Macedo, L., Agnoletti, B. , Araújo, C., Vimercati, W., Teixeira, L., & Saraiva, S. (2017). Avaliação de propriedades físico-químicas de café arábica classificados quanto à qualidade da bebida. *Rev. Univap, Brasil*, 22(40), 236.
- Mafla, M., & Calvache, O. (2024). Evaluación sensorial de café de Nariño (Colombia) enriquecido con biomasa micelial de *Ganoderma lucidum*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 22(1), 53-69.
- 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
- Malta, MR, de Oliveira Fassio, L., Liska, GR, Carvalho, GR, Pereira, AA, Botelho, CE, & Pereira, RGFA (2020). Discriminación de genotipos de café por composición química de los granos: Marcadores potenciales en cafés naturales. *Investigación de Alimentos Internacional* , 134(6) , 109 - 219.
- Maquera, D., Tello, M., Romero, S., & Cotacallapa, D. (2009). Morphological characterization and cutting moments of the people of natural and cultivated *minthostachys muña mollis* (kunth.) griseb. for obtaining essential oils in the micro of Higuera. *La Referencia*, 8(3), 37 – 51.
- Marín, F. (2023). producción y calidad del café (*Coffea arabica* l.) variedad geisha - en la selva central – Junín, Facultad de Agronomía, de la Universidad Nacional Agraria de la Molina, 2023 (Tesis pregrado en Ingeniería, Universidad Nacional Agraria de la Molina). [https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6045/marinlude %c3 %b1a-jose-felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/6045/marinlude%20%b1a-jose-felix.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- 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.
- Martins, P., Batista, N. N., Miguel, M., Simão, J., Soares, J., & Schwan, R. (2020). Coffee growing altitude influences the microbiota, chemical compounds and the quality of fermented coffees. *Food Research International*, 129, 108872.
- Masi, C., Dinnella, C., Barnabà, M., Navarini, L., & Monteleone, E. (2013). Sensory properties of under-roasted coffee beverages. *Journal of Food Science*, 78(8), S1290-S1300.
- Maspul, K. (2022). Specialty Coffee in the United Arab Emirates: Challenges and Opportunities. *ULIL ALBAB: Jurnal Ilmiah Multidisiplin*, 1(6), 1775-1783.
- Mauer, L., & Bradley, R. (2017). Moisture and total solids analysis. *Food analysis*, 257-286.
- Mazón, N., Yacelga, J., Machado, E., Murillo, P., & Mena, M. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 253-263.
- Mejía Quintana, L. A., & Palma Echerrez, C. E. (2023). *Fertilización química y orgánica de tres variedades de café (Coffea arabica)* (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).

- Mihafu, F., Issa, J., & Kamiyango, M. (2020). Implication of sensory evaluation and quality assessment in food product development: A review. *Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 8(3), 690-702.
- Milian, P. (2021). Elaboración de néctares de pera, durazno y manzana utilizando como agente conservante, extractos acuosos de canela (*Cinnamomum verum*). *Revista de Ciencias*, 25(1).
- Minuche, E., Gálvez, R., García, C., & Granda, L. (2018). Planeamiento Estratégico para el Café en el Perú.
- Moreno, W., Torres, W., Ana, A., Ariasc, G., Cevallosc, E., Zambranoc, Z., & Salazara, K. (2019). Essential oil of *Minthostachys mollis*: extraction and chemical composition of fresh and stored samples. *Arabian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 5(1), 59-71.
- Münchow, M., Alstrup, J., Steen, I., & Giacalone, D. (2020). Roasting conditions and coffee flavor: A multi-study empirical investigation. *Beverages*, 6(2), 29-42.
- Narita, Y., & Inouye, K. (2015). Chlorogenic acids from coffee. In *Coffee in health and disease prevention* (pp. 189-199). Academic Press.
- Nascimento, G. (2017). Desenvolvimento de licor a base de banana (*musa spp.*) adicionado de canela (*Cinnamomum cassia Presl.*): caracterização físico-química e aceitação sensorial. 2017. Trabalho de conclusão de curso (Graduação). Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, Pernambuco.
- 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
- Neves, A., Martinez, J., Maciel, M., De Melo, M., Veríssimo, C., & Arruda, L. (2023). Impact of the physicochemical parameters on the sensory characterization of Brazilian coffee by the CATA method. *Food Chemistry Advances*, 3(10), 03-04.
- Nguyen, H., Campi, E. M., Jackson, W., & Patti, A. (2009). Effect of oxidative deterioration on flavour and aroma components of lemon oil. *Food Chemistry*, 112(2), 388-393.
- Noreña, J. (2023). Efecto de las enmiendas orgánicas em la producción de plantones de café (*Coffe arábica L.*) em condiciones de vivero cifo UNHEVAL – HUÁNUCO, Facultad de Agronomía, 2022 (Tesis de pregado en Ingeniería, Universidad Nacional Hermilio Valdizán).[https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/9554/T023\\_77792730\\_T.pdf?sequence=5](https://repositorio.unheval.edu.pe/bitstream/handle/20.500.13080/9554/T023_77792730_T.pdf?sequence=5)

- Nugroho, D., Basunanda, P., & Yusianto, Y. (2020). Performance of biochemical compounds and cup quality of Arabica coffee as influenced by genotype and growing altitude. *Pelita Perkebunan (a Coffee and Cocoa Research Journal)*, 36(1), 1-23.
- Olivas, R., Gastélum, M. G., & Nevárez, G. (2009). Las pruebas de diferencia en el análisis sensorial de los alimentos. *Tecnociencia Chihuahua*, 3(1), 1-7.
- Oliveira-Neto, J., Rezende, S., de Fátima Reis, C., Benjamin, S., Rocha, M., & de Souza Gil, E. (2016). Electrochemical behavior and determination of major phenolic antioxidants in selected coffee samples. *Food Chemistry*, 190, 506-512.
- Onder, A., Nahar, L., Cinar, A. S., & Sarker, S. D. (2022). The role of plants and plant secondary metabolites as selective nitric oxide synthase (NOS) inhibitors. In *Nitric Oxide in Plant Biology*. 53 – 94.
- Ordoñez, E., López, A. y Reátegui, D. (2020). Infusiones de plantas medicinales: Actividad antioxidante y fenoles totales. *Agroindustrial Science*, 10(3), 259 - 266.
- Organización Mundial del café. (2023). *Informe sobre el mercado de café*. Organización Mundial del café. <https://ico.org/prices/m1-exports.pdf>
- Osorio, M. (2018). *Técnicas modernas em el analisis sensorial de alimentos* [Trabajo monográfico, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNAM. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3230>.
- Osorio, V., & Pabón, J. (2022). Efecto de las temperaturas y tiempos de tueste en la calidad sensorial del café. *Revista Cenicafé*, 73(1), 02 – 16.
- Oviedo, O. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones En Ciencias y Tecnología*, 13(2), 27-37.
- Oyola, T., Trujillo, B., Gutiérrez, G. (2017). Aplicación del proceso analítico jerárquico AHP para definir la mejor taza en evaluación de cafés especiales. *Rev. Coffee Science*, 12(3), 374-380.
- Pacheco, N., Pacco, C., Carlos, V., Pizato, S., Cortez, R., & Choque, G. (2022). Effects of muña essential oil (*Minthostachys mollis*) added in edible coating based on black maca flour (*Lepidium meyenii* Walpers) and nanoclay for shelf-life prolongation of minimally processed melon (*Cucumis melo L.*). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2139662/v1>
- Palazzolo, E., Laudicina, V. A., & Germanà, M. A. (2013). Current and potential use of citrus essential oils. *Curr. Org. Chem*, 17(24), 3042-3049.
- Parada, M., Caballero, A., & Rivera, M. (2021). Selección y entrenamiento de jueces en cata de café. *limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 18(2), 104-124.

- Pastoriza, S., Pérez-Burillo, S., & Rufián-Henares, J. Á. (2017). How brewing parameters affect the healthy profile of tea. *Current Opinion in Food Science*, 14, 7-12. <http://doi.org/doi:10.1016/j.cofs.2016.12.001>
- Pathak, R., & Sharma, H. (2021). A review on medicinal uses of *Cinnamomum verum* (Cinnamon). *Journal of Drug Delivery and Therapeutics*, 11(6-S), 161-166.
- Pereira, L., Cardoso, S., Guarçoni, R., Da Fonseca, A., Moreira, T., Caten, C. (2017). The consistency in the sensory analysis of coffees using Q-graders. *Rev. European Food Research and Technology*, Brazil. 243(9), 1545-1554.
- Pérez, A., Naranjo, F., & Moreira, L. (2021). Análisis educativo sobre la valoración sensorial en “Catación de vinos”. *Conrado*, 17(78), 178-182.
- Pickering, G., Jain, A., & Bezawada, R. (2013). Super-tasting gastronomes? Taste phenotype characterization of foodies and wine experts. *Food Quality and Preference*, 28(1), 85-91.
- Pingus, J., Silva, E., & Armas, E. (2020). Efecto del porcentaje de ácido cítrico sobre los cambios fisicoquímicos de *Cyphomandra betacea* s. en poscosecha. *Revista Científica UNTRM: Ciencias Naturales e Ingeniería*, 3(2), 41-46.
- Pinheiro, A., Fabri Júnior, M, Cruz, C., Rufino, J., & Sakiyama, N. (2021). Tasters' performance in a coffee quality contest in Brazil. *Coffee science*, 16(1), 1 – 11.
- Prescott, J., Hayes, J., & Byrnes, N. (2014). Sensory science. In *Agriculture Products* (pp. 80-101). Elsevier.
- Pucurimay, P., Joon Su, P., Moscoso Max, R., & Granara Alberto, S. (2018). Diferencias en la presencia de alcaloides y fenoles de cinco muestras de muña de expendio informal procedentes de mercados populares en Lima-Perú. *Horizonte Médico (Lima)*, 18(3), 25-29.
- Puerta, G. (2000). Calidad en taza de algunas mezclas de variedades de café de la especie *Coffea arabica* L. *Cenicafé*, 35(4), 5 – 37.
- Puerta, G. (2013). *Los catadores de café*. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Puerta, G. (2016). Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. *Cenicafé*, 67(1), 7 – 40.
- 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(1), 2-10.

- Rafique, S., Hassan, S. M., Mughal, S. S., Hassan, S. K., Shabbir, N., Pervez, S., & Farman, M. (2020). Biological attributes of lemon: A review. *Journal of Addiction Medicine and Therapeutic Science*, 6(1), 30-34.
- Ramirez M., J. (1988). Phenolic compounds in coffee pulp: Quantitative determination by HPLC. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 43(2), 135-144.
- Ramos, M., & Castaño, J. (2004). Almacenamiento de café tostado y molido en atmosfera de nitrógeno y gas carbónico. *Cenicafe*, 51(1), 5 – 24.
- Ramos, V., Criollo, E. (2017). Calidad física y sensorial de coffea arrábica L. variedad Colombia, perfil Nespresso AAA, en La Unión, Nariño. *Rev. Cienc. Agr*, 34(2),83-97  
Doi: <http://dx.doi.org/10.22267/rcia.173402.74>.
- Restrepo, L., & González, J. (2007). De Pearson a Spearman. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 20(2), 183-192.
- Ribeiro, D., Borem, F., Cirillo, M., Prado, M., Alves, H., Taveira, J. (2016) Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee . *Revista Africana de Investigación Agrícola*, 11(10), 2412-2422.
- Richter, V., de Almeida, T., Prudencio, S., & de Toledo Benassi, M. (2010). Proposing a ranking descriptive sensory method. *Food Quality and Preference*, 21(6), 611-620.
- Rivera, J. (2019). The Science of Coffee Roasting. A Brief Overview of Chemical Changes. *The book of roast - Grupo Alcanno*, 1(2), 3-35.
- Salas, Y., Minchan, W., & Oblitas, J. (2023). Submerged fermentation effect in cup quality of two varieties of Peruvian special coffee. *LACCEI*, 1(8), 1 – 8.
- Salcedo, D., López, J., Fuentes, B., & Salcedo, J. (2022). La percepción sensorial, la cognición, la interactividad y las tecnologías de información y comunicación (TIC) en los procesos de aprendizaje. *RECIAMUC*, 6(2), 388-395.
- Samaniego, M. A. (2019). Evaluación de maceración carbónica y adición de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) durante el lavado de café Geisha (*Coffea arabica*) (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2019.).
- Sánchez, I., & Albarracín, W. (2010). Análisis sensorial en carne. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 23(2), 227-239.
- Santos, J., Viegas, O., Páscoa, R. N., Ferreira, I., Rangel, O., & Lopes, J. (2016). In-line monitoring of the coffee roasting process with near infrared spectroscopy: Measurement of sucrose and colour. *Food Chemistry*, 208(7), 103-110.

- 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(12), 408-415.
- Santoso, I., Mustaniroh, S., & Choirun, A. (2021). Methods for quality coffee roasting degree evaluation: A literature review on risk perspective. *Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1(924):12-58.
- SCAA (Asociación de Cafés Especiales de América). (2015). Specialty Coffee Association of American. Protocols. Disponible em: <http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.
- SCAA (Specialty coffee association of america). (2009). Protocolo de catación de cafés especiales de Specialty Coffee Association of America. Estados Unidos. SCAA. 7p.
- SCAA (Specialty Coffee Association of American). (2015). SCAA Protocols. (revisado el 16 de diciembre de 2015). Estados Unidos. Versión: 07DEC2015. 10p.
- Schenker, S., & Rothgeb, T. (2017). The Roast - Creating the Beans' Signature. *The Craft and Science of Coffee*. 1(11):245-271.
- Severiano, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68.
- Sharif, K., Watad, A., Bragazzi, N., Adawi, M., Amital, H., & Shoenfeld, Y. (2017). Coffee and autoimmunity: More than a mere hot beverage!. *Autoimmunity reviews*, 16(7), 712-721.
- Sobel, R., Su, C.-P., & Xu, T. (2023). Novel concepts and challenges of flavor microencapsulation. *Microencapsulation in the Food Industry*, 427–450. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-821683-5.00011-x>
- Sobreira, M., Oliveira, A., Pereira, A., Estimulo, M., Sakyiama, N. (2015). Calidad sensorial de grupos genealógicos de café arábica (*Coffea arabica* ) utilizando el grama sensorial y análisis de contenido. *Australian Journal of Crop Science*, 9(15),486-493.
- Solano, J. (12 de mayo de 2023). El nuevo sistema de evaluación: ¿descriptivo o efectivo? *Soy Barista*. <https://www.soybarista.com/el-nuevo-sistema-de-evaluacion-descriptivo-o-afectivo>
- Spiller, M. A. (2019). The chemical components of coffee. *Caffeine*, 97-161.
- Steen, I., Münchow, M., Jensen, S., Kjaer, T. W., Waehrens, S. S., & Bredie, W. L. (2023). Evaluation of a sensory and cognitive online training tool for odor recognition in professional coffee tasters. *Journal of Sensory Studies*, 38(3), e12819.

- Steinhaus, M., Fritsch, H. T., & Schieberle, P. (2003). Quantitation of (R)-and (S)-linalool in beer using solid phase microextraction (SPME) in combination with a stable isotope dilution assay (SIDA). *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(24), 7100-7105.
- Stone, H., Bleibaum, R., & Thomas, A. (2020). *Sensory evaluation practices*. Academic press.
- Sualeh, A., Solomon, E., & Ali, M. (2014). Processing method, variety and roasting effect on cup quality of Arabica coffee (*Coffea arabica* L.). *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2(3), 70-75.
- Sultanbawa, Y. (2016). Lemon myrtle (*Backhousia citriodora*) oils. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 517-521). Academic Press.
- Sunarharum, W., Williams, D., Smyth, H. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 62(27), 315-325.
- Teixeira, L., Ramos, AL, Xambre, AR y Alvelos, H. (2014). Diseño de un sistema de ayuda a la decisión de paneles de cata. *Tecnología Procedia*, 16(30), 440-446.
- Toci, A., Neto, V., Torres, A., & Farah, A. (2013). Changes in triacylglycerols and free fatty acids composition during storage of roasted coffee. *LWT-Food Science and Technology*, 50(2), 581-590.
- Tritsch, N., Steger, M. C., Segatz, V., Blumenthal, P., Rigling, M., Schwarz, S., ... & Lachenmeier, D. W. (2022). Risk assessment of caffeine and epigallocatechin gallate in coffee leaf tea. *Foods*, 11(3), 263 - 273.
- Triviño Pineda, J. S., Contreras García, J., Amorocho Cruz, C. M., & Sánchez Ramírez, J. E. (2021). Obtención de bioproductos a partir de residuos del beneficio húmedo del café (pulpa). *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(2), 6-14.
- Tyl, C., & Sadler, G. (2017). pH and titratable acidity. *Food analysis*, 389-406.
- UNAS (Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María). (2022). Informe de datos meteorológicos, Gabinete de meteorología y climatología de la Facultad de Recursos Naturales Renovables, UNAS, Tingo María. 3 p
- Urbano, O., & Ceballos, D. (2018). Evaluación de la calidad el café tostado utilizando herramientas de procesamiento digital de imágenes. *REVISTA ACCB*, 1(30), 32-43.
- Uzun, P., Özünal, A., Başkaya, H., Doğan, N., Gülay, S., Hantal, B., & Barla, A. (2022). Çilek ve karpuz aromali sakizlarda aroma kaliciliğinin retronazal aroma yakalama cihazı ve duyusal analiz teknikleri kullanılarak araştırılması. *Gıda*, 47(3), 408-419. <https://doi.org/10.15237/gida.gd21139>

- Valencia, J., Pinzón, M., & Gutiérrez, R. (2015). Caracterización fisicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío. *Alimentos Hoy*, 23(36), 150-156.
- Vatankhah, S., Mortazavi, S., & Yeganehzad, S. (2020). Study on the release and sensory perception of encapsulated d-limonene flavor in crystal rock candy using the time-intensity analysis and HS-GC/MS spectrometry. *Food Science & Nutrition*, 8(2), 933-941.
- Vega, A., León, J., Reyes, S., & Gallardo, J. (2021). Modelo matemático para determinar la correlación entre parámetros fisicoquímicos y la calidad sensorial de café Geisha y Pacamara de Panamá. *Información Tecnológica*, 32(1), 89-100. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642021000100089>
- Velásquez, S., & Banchón, C. (2023). Influence of pre-and post-harvest factors on the organoleptic and physicochemical quality of coffee: A short review. *Journal of Food Science and Technology*, 60(10), 2526-2538.
- Vilca, S. (2014). Evaluación de la influencia de parámetros de fermentación en la calidad sensorial del *Coffe arábica L.* del valle de Inambari- Sandia. Tesis Ingeniero Agroindustrial. Puno-Perú. Universidad Nacional Del Altiplano. 141 p.
- Vinceković, M., Viskiđ, M., Jurić, S., Giacometti, J., Kovačević, D. B., Putnik, P., Donsi, F., Barba, F. J., & Jambrak, A. R. (2017). Innovative technologies for encapsulation of Mediterranean plants extracts. *Trends In Food Science & Technology*, 69, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.08.001>
- Vivek, K., Subbarao, K. V., Routray, W., Kamini, N. R., & Dash, K. K. (2020). Application of fuzzy logic in sensory evaluation of food products: A comprehensive study. *Food and Bioprocess Technology*, 13, 1-29.
- Von Blittersdorffl, M., Klatt, C. (2017). El arte y la ciencia del café, la molienda: partículas y particularidades (3.ª ed.). Fondo Editorial Universidad Cooperativa de Colombia.
- Wamuyu, K., Richard, K., Beatrice, M., Cecilia, K. (2017). Effect of Different Fermentation Methods on Physicochemical Composition and Sensory Quality of Coffee (*Coffea arabica*). *Rev. IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology*, Kenya. 11(06):31-36. Doi:10.9790/2402-1106023136
- Wang, N., & Lim, L. (2012). Fourier Transform Infrared and Physicochemical Analyses of Roasted Coffee. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(21), 5446-5453. <https://doi.org/10.1021/jf300348e>

- Wang, X., & Lim, L. T. (2014). Effect of roasting conditions on carbon dioxide degassing behavior in coffee. *Food research international*, *61*, 144-151.
- Wei, F., & Tanokura, M. (2015). Chemical changes in the components of coffee beans during roasting. In *Coffee in health and disease prevention* (pp. 83-91). Academic Press.
- World Coffee Research. (2017). Las Variedades de Café de Mesoamérica y el Caribe. California - Estados Unidos. *21*, 22 - 27.
- Yang, N., Liu, C., Liu, X., Degn, T. K., Munchow, M., & Fisk, I. (2016). Determination of volatile marker compounds of common coffee roast defects. *Food Chemistry*, *211*, 206-214. doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.04.124
- Yeh, H., Luo, C., Lin, C., Cheng, S., Hsu, Y., & Chang, S. (2013). Methods for thermal stability enhancement of leaf essential oils and their main constituents from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophloeum*). *Journal of agricultural and food chemistry*, *61*(26), 6293-6298.
- Yu, P., Low, M. Y., & Zhou, W. (2018). Design of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis: A review. *Trends in Food Science & Technology*, *71*(15), 202-215.
- Yuan, F., He, F., Qian, Y., Zheng, J., & Qian, M. (2016). Aroma Stability of Lemon-Flavored Hard Iced Tea Assessed by Chirality and Aroma Extract Dilution Analysis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *64*(28), 5717-5723. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.6b01776>
- Zhou, X., Seto, S. W., Chang, D., Kiat, H., Razmovski-Naumovski, V., Chan, K., & Bensoussan, A. (2016). Synergistic effects of Chinese herbal medicine: a comprehensive review of methodology and current research. *Frontiers in Pharmacology*, *7*(14), 201 - 215.

## **ANEXOS**

**Anexo - I.** Formato de catación (Taza de excelencia)

**Anexo - II.** Análisis de humedad de los cafés pergamino

Muestra	Humedad ( % )		
	R1	R2	R3
Café Hermilio Valdizán (H)	11,2	11,1	11,2
Café Monzón (M)	11,1	10,9	11,2

**Anexo - III.** Temperatura y humedad relativa de la UNAS

Parámetros físicos	Meses											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Temperatura media (°C)	25,8	25,5	25,7	25,8	25,6	24,9	24,7	25,7	25,6	26	25,4	25,5
Humedad relativa ( % )	85	85	85	84	83	83	82	81	82	83	86	83,6

Fuente: UNAS (2022). Donde E, F, M, A, M, J, J, A, S, O, N y D son iniciales de los meses del año

**Anexo - IV.** Análisis de varianza de la selección del café mediante calidad en taza

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal.</b>	<b>P valor</b>
Tratamientos	2	2,5416	1,2708	36,6000	0,0004
Error	6	0,2083	0,0347		
Total	8	2,7500			

$R^2 = 0,9242$  C.V. = 0,2232 M.S.E. = 0,1863 Media = 83,5000

**Anexo - V.** Análisis de varianza de acidez titulable del café aromatizado

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal.</b>	<b>P valor</b>
Tratamientos	21	9,3139	0,4435	148,22	< 0,0001
Error	44	0,1317	0,0029		
Total	65	9,4456			

$R^2 = 0,9861$  C.V. = 2,4925 M.S.E. = 0,0547 Media = 2,1947

**Anexo - VI.** Análisis de varianza de solidos solubles totales del café aromatizado

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal.</b>	<b>P valor</b>
Tratamientos	21	88,5305	4,2157	1712,24	< 0,0001
Error	44	0,1083	0,0025		
Total	65	88,6388			

$R^2 = 0,9988$  C.V. = 0,2006 M.S.E. = 0,0496 Media = 24,7311

**Anexo - VII.** Análisis de varianza de la primera catación de los atributos sensoriales

<b>Tratamiento</b>	<b>fragancia</b>	<b>Sabor</b>	<b>Sabor Residual</b>	<b>Acidez</b>	<b>Cuerpo</b>	<b>Balance</b>
p_anova	0,00088	0,00827	0,1033	0,4019	0,00997	0,00418
F_cal	31,145	2,4	15,861	10,749	2,341	2,615
F_tab(17,3)	1,827	1,827	1,827	1,827	1,827	1,827
CV	1,65	1,97	2,07	1,08	1,2	1,33

**Anexo - VIII.** Matriz correlación – probabilidad (atributos en la primera catación)

<b>Matriz de correlación – probabilidad</b>						
Atributos	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 - IX.** Análisis de componentes principales en atributos de la primera catación

<b>Autovalores</b>			
<b>Lambda</b>	<b>Valor</b>	<b>Proporción</b>	<b>Prop. Acumulada</b>
1	3,66	0,61	0,61
2	0,96	0,16	0,77
3	0,53	0,09	0,86
4	0,46	0,08	0,94
5	0,27	0,04	0,98
6	0,12	0,02	1,00

<b>Autovectores</b>			
<b>Variables</b>	<b>e<sup>1</sup></b>	<b>e<sup>2</sup></b>	
Fragancia/aroma	0,41	-0,07	
Sabor	0,41	-0,14	
Sabor residual	0,41	-0,34	
Acidez	0,41	<b>0,92</b>	
Cuerpo	0,41	0,08	
Balance	0,41	0,04	

<b>Correlación con las variables originales</b>			
<b>Variables</b>	<b>CP1</b>	<b>CP2</b>	
Fragancia/aroma	0,81	-0,06	
Sabor	0,83	-0,14	
Sabor residual	0,78	-0,34	
Acidez	0,37	0,91	
Cuerpo	0,83	0,08	
Balance	0,94	0,04	

**Anexo - X.** Análisis de varianza de la primera evaluación calidad en taza

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal.</b>	<b>P valor</b>
Tratamientos	21	20,5793	0,9799	1,52	0,1019
Error	44	42,6175	0,6457		
Total	65	63,1958			

$R^2 = 0,9998$  C.V. = 0,9169 M.S.E. = 0,0496 Media = 85,36

**Anexo - IX.** Análisis de varianza de la segunda catación de los atributos sensoriales

<b>Tratamiento</b>	<b>fragancia</b>	<b>Sabor</b>	<b>Sabor Residual</b>	<b>Acidez</b>	<b>Cuerpo</b>	<b>Balance</b>
p_anova	0,0094	0,6054	0,0130	0,2686	0,9690	0,0044
F_cal	2,358	0,8739	2,2574	1,2414	0,4349	2,6000
F_tab(17,3)	1,8270	1,8270	1,8270	1,8270	1,8270	1,8270
CV	1,8400	2,0000	1,5200	1,3800	1,5000	0,9200

**Anexo - X.** Análisis de varianza de la segunda evaluación de calidad en taza

<b>Fuente de variabilidad</b>	<b>G.L.</b>	<b>S.C</b>	<b>C.M.</b>	<b>F cal.</b>	<b>P valor</b>
Tratamientos	21	12,6541	0,6026	1,70	0,0534
Error	44	23,3906	0,3544		
Total	65	36,0447			

$R^2 = 0,9998$  C.V. = 0,7593 M.S.E. = 0,0496 Media = 84,7602