



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**



**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL Y  
CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL CAFÉ (*Coffea  
arabica*) VARIEDAD BOURBON Y CATURRA CON ADICIÓN DE  
CEPAS DE *Saccharomyces cerevisiae***

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**Bach. LILIAN ANGELA CALLA CONDORI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO - PERÚ**

**2024**



NOMBRE DEL TRABAJO

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL CAFÉ (Coffea arabica) VARIEDAD BOURBON Y CATURRA CON ADICIÓN DE CEPAS DE *Saccharomyces cerevisiae***

AUTOR

**LILIAN ANGELA CALLA CONDORI**

RECUENTO DE PALABRAS

**23671 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**117272 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**118 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.9MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jun 25, 2024 10:06 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jun 25, 2024 10:08 AM GMT-5**

● **19% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 18% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 10% Base de datos de trabajos entregados
- 5% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

  
M.Sc. Nury Yaneth Mayta Barrios  
INGENIERO AGROINDUSTRIAL  
CIP. 105864

  
DR. ULISES ALVARADO MAMANI  
SUB DIRECTOR DE LA UNIDAD DE  
INVESTIGACIÓN EPIAI

Resumen



## DEDICATORIA

### **A DIOS,**

*Mi constante guía y guardián, por darme la fortaleza en los momentos de aflicción.*

### **A MI FAMILIA**

*A mis padres, Angélica y Flavio, y a mi hermano Antoni, les dedico este éxito con todo mi corazón. Su sacrificio, paciencia y apoyo incondicional han sido mi mayor motivación. Este logro es tanto suyo como mío.*

*A mis amigos y seres queridos, que compartieron conmigo experiencias inolvidables y me brindaron su apoyo constante. A todas las personas que formaron parte de mi vida laboral que me ayudaron a crecer profesional y personalmente, compartiendo generosamente sus conocimientos y experiencias, su enseñanza, orientación e influencia ha dejado una huella indeleble en mí.*

***Lilian Angela Calla Condori***



## AGRADECIMIENTOS

*Agradezco profundamente a la Universidad Nacional del Altiplano Puno por ser la base de mi desarrollo profesional, cuya educación ha sido fundamental para mi crecimiento académico y personal. Asimismo, expreso mi reconocimiento a los dedicados profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, cuyas enseñanzas han sido esenciales para mi crecimiento profesional.*

*Mi sincero agradecimiento a mi directora de tesis, la M. Sc. Nury Yaneth Mayta Barrios, por su excelente instrucción, paciencia y dedicación., su guía ha sido fundamental para la realización efectiva de esta investigación. Agradezco a los miembros del jurado por sus valiosas contribuciones y comentarios constructivos, que enriquecieron este trabajo y contribuyeron a mi formación académica.*

*A mi familia por ser un apoyo inquebrantable a lo largo de mi vida. El apoyo y la comprensión que me han brindado han sido fundamentales para mi éxito.*

*Mi agradecimiento especial al Sr. Rubén Salazar, caficultor muy dedicado, por proporcionarme amablemente las muestras de café que cultiva con esmero y que fueron esenciales para este trabajo de investigación.*

*Finalmente, agradezco a mis amigos y a todas las personas que he conocido en el fascinante mundo del café, cuya pasión y arduo trabajo son vitales para el desarrollo continuo de esta industria, cuyo trabajo ha ampliado mi perspectiva sobre este sector contribuyendo al éxito de este estudio.*

*Con aprecio,*

***Lilian Angela Calla Condori***



# ÍNDICE GENERAL

Pág.

**DEDICATORIA**

**AGRADECIMIENTOS**

**ÍNDICE GENERAL**

**ÍNDICE DE TABLAS**

**ÍNDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE ANEXOS**

**ACRÓNIMOS**

**RESUMEN ..... 15**

**ABSTRACT..... 16**

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

## **CAPÍTULO II**

### **REVISIÓN DE LITERATURA**

**2.1. CAFÉ..... 20**

2.1.1. Botánica y producción del café ..... 20

2.1.2. Especies importantes del café ..... 22

2.1.2.1. Café Arábica (*Coffea arabica L.*) ..... 22

**2.2. CALIDAD DEL CAFÉ..... 24**

**2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL CAFÉ ..... 24**

**2.4. PROCESAMIENTO POS COSECHA: BENEFICIO DEL CAFÉ ..... 25**

2.4.1. Beneficio por vía húmeda ..... 26

2.4.2. Etapas del beneficio por vía húmeda ..... 27

2.4.2.1. Cosecha ..... 27



2.4.2.2. Lavado/boyado.....	27
2.4.2.3. Despulpado.....	28
2.4.2.4. Fermentación.....	28
2.4.2.5. Lavado.....	28
2.4.2.6. Secado .....	29
2.4.2.7. Almacenamiento .....	29
<b>2.5. DESCRIPCIÓN PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ .....</b>	<b>29</b>
<b>2.6. IMPACTO DE LA FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DEL CAFÉ.....</b>	<b>30</b>
<b>2.7. FUENTE DE MICROORGANISMOS QUE CONDUCEN LA FERMENTACIÓN .....</b>	<b>31</b>
<b>2.8. DIVERSIDAD Y FUNCIÓN DE LAS LEVADURAS .....</b>	<b>32</b>
<b>2.9. ANÁLISIS SENSORIAL DEL CAFÉ .....</b>	<b>33</b>
2.9.1. Atributos sensoriales .....	33
2.9.2. Catador .....	38
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>3.2. MATERIA PRIMA.....</b>	<b>40</b>
<b>3.3. INSUMOS, MATERIALES Y EQUIPOS .....</b>	<b>40</b>
3.3.1. Insumos y reactivos.....	40
3.3.2. Materiales .....	40
3.3.3. Equipos.....	41
3.3.4. Panel de catadores .....	41
<b>3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....</b>	<b>41</b>
3.4.1. Acondicionamiento experimental en el proceso pos cosecha de café.....	41



3.4.1.1. Descripción del proceso .....	43
3.4.2. Preparación de muestras para evaluación sensorial. ....	45
3.4.2.1. Descripción del proceso .....	46
<b>3.5. FACTORES DE ESTUDIO .....</b>	<b>47</b>
3.5.1. Para el primer objetivo .....	47
3.5.2. Para el segundo objetivo .....	48
3.5.3. Para el tercer objetivo.....	48
<b>3.6. VARIABLES DE RESPUESTA .....</b>	<b>48</b>
3.6.1. Para el primer objetivo .....	48
3.6.2. Para el segundo objetivo .....	48
3.6.1. Para el tercer objetivo.....	48
<b>3.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....</b>	<b>48</b>
3.7.1. Análisis sensorial .....	48
3.7.2. Características fisicoquímicas .....	50
3.7.2.1. Características físicas .....	50
3.7.2.2. Características químicas.....	51
3.7.3. Perfil en taza.....	52
<b>3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....</b>	<b>53</b>

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

<b>4.1. ATRIBUTOS SENSORIALES .....</b>	<b>55</b>
<b>4.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS. ....</b>	<b>63</b>
4.2.1. Densidad aparente .....	63
4.2.1.1. Densidad aparente de café verde.....	63
4.2.1.2. Densidad aparente de café tostado .....	65



4.2.2. PH.....	67
4.2.3. °Brix .....	69
4.2.4. Acidez titulable .....	71
<b>4.3. MEJOR PERFIL EN TAZA.....</b>	<b>73</b>
4.3.1. Puntaje final .....	73
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>77</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>78</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>79</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>87</b>

**Área:** Ingeniería y tecnología

**Línea:** Desarrollo de Procesos y Productos Agroindustriales Sostenibles y Eficientes

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 26 de junio del 2024





## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
<b>Tabla 1</b> Factores en cosecha y beneficio que influyen en la calidad del café.....	25
<b>Tabla 2</b> Rangos de puntuación por atributo .....	50
<b>Tabla 3</b> Valoración de la calidad en relación al resultado final.....	53
<b>Tabla 4</b> Distribuciones de las muestras de café variedad Bourbon y Caturra. ....	54



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Estructura interna de la cereza de café (corte longitudinal y transversal).....	22
<b>Figura 2</b> Diagrama de flujo de tipos de beneficio del café .....	26
<b>Figura 3</b> Ámbito de intervención de la investigación .....	39
<b>Figura 4</b> Diagrama de flujo de acondicionamiento experimental en el proceso pos cosecha de café .....	42
<b>Figura 5</b> Diagrama de flujo de preparación de muestras para evaluación sensorial.....	46
<b>Figura 6</b> Diagrama de mallas de los atributos sensoriales de café tostado para la variedad Bourbon y Caturra.....	56
<b>Figura 7</b> Comparación de medias de Densidad aparente entre Bourbon y Caturra.....	63
<b>Figura 8</b> Comparación de medias de Densidad aparente entre Bourbon y Caturra.....	66
<b>Figura 9</b> Comparación de medias de PH entre Bourbon y Caturra .....	68
<b>Figura 10</b> Comparación de medias de °Brix entre Bourbon y Caturra.....	70
<b>Figura 11</b> Comparación de medias de Acidez Titulable entre Bourbon y Caturra.....	72
<b>Figura 12</b> Comparación de medias de Puntaje final de los tratamientos .....	74



## INDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1</b> Resultados de los análisis estadísticos (ANOVA y TUKEY) de la calidad sensorial y características fisicoquímicas .....	87
<b>ANEXO 2</b> Formato de catación SCA.....	100
<b>ANEXO 3</b> Controles durante la fermentación .....	101
<b>ANEXO 4</b> Análisis físicos y químicos.....	102
<b>ANEXO 5</b> Resultados de la evaluación sensorial .....	106
<b>ANEXO 6</b> Acta de información consensuada para catadores .....	108
<b>ANEXO 7</b> Panel fotográfico .....	109



## ACRÓNIMOS

CQI: Coffee Quality Institute

ICO: Organización Internacional del Café

Q Grader: Catador de Café certificado por la SCA

SC: Puntuación de Catación (por sus siglas en inglés, Cupping Score)

SCA: Specialty Coffee Association

SCAA: Asociación de Cafés Especiales de América (ahora fusionada con SCA)

T1: Variedad Bourbon sin adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempo de fermentación de 12 h

T2: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 0.5% y tiempo de fermentación de 16 h

T3: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 0.5% y tiempo de fermentación de 20 h

T4: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 0.5% y tiempo de fermentación de 24 h

T5: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 1% y tiempo de fermentación de 16 h

T6: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 1% y tiempo de fermentación de 20 h

T7: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 1% y tiempo de fermentación de 24 h



T8: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 1.5% y tiempo de fermentación de 16 h

T9 : Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 1.5% y tiempo de fermentación de 20 h

T10: Variedad Bourbon con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 1.5% y tiempo de fermentación de 24 h

T11: Variedad Caturra sin adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempo de fermentación de 12 h

T12: Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 0.5% y tiempo de fermentación de 16 h

T13: Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 0.5% y tiempo de fermentación de 20 h

T14: Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 0.5% y tiempo de fermentación de 24 h

T15: Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 1% y tiempo de fermentación de 16 h

T16 : Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 1% y tiempo de fermentación de 20 h

T17 : Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 1% y tiempo de fermentación de 24 h

T18 : Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 1.5% y tiempo de fermentación de 16 h



T19: Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 1.5% y tiempo de fermentación de 20 h

T20: Variedad Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces Cerevisiae* de 1.5% y tiempo de fermentación de 24 h



## RESUMEN

La fermentación es una etapa crucial en el desarrollo de atributos sensoriales y en la calidad del café. Las prácticas actuales están sujetas a la actividad espontánea de microorganismos naturales, que carecen de control, lo que ocasiona variaciones en la calidad del producto final. Esta investigación tuvo como objetivo evaluar la calidad sensorial y características fisicoquímicas del café (*Coffea arabica*) variedad Bourbon y Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae*. Se consideró como factores de estudio a tratamientos que incluyeron las combinaciones de variedad Bourbon y Caturra, la concentración de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* en concentraciones de 0.5, 1 y 1.5%, y tiempo de fermentación de 16, 20 y 24 horas. Se trabajó con café producido en el distrito de San Juan del Oro - Sandia - Puno, que fue evaluado sensorialmente por 5 catadores profesionales, adicionalmente se analizaron las características físicas y químicas de densidad aparente, pH, °Brix y acidez titulable. Para la interpretación de resultados se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) para los objetivos específicos. Se halló que los tratamientos que incluían la adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y distintos tiempos de fermentación influyeron significativamente en los atributos sensoriales, en la densidad aparente de los granos verdes y tostados, el pH, los niveles de °Brix, acidez titulable y los puntajes de catación. Los tratamientos que brindaron puntajes de atributos sensoriales más altos para ambas variedades fueron los que tuvieron adición de las cepas en concentración de 1% por 20 horas de fermentación, T6 de la variedad Bourbon y T16 de la variedad Caturra con puntajes de 88.4 y 86 puntos respectivamente, mostrando perfiles sensoriales superiores y puntajes más altos a comparación de los demás tratamientos.

**Palabras Clave:** Café, Fermentación, *Saccharomyces cerevisiae*, Calidad sensorial.



## ABSTRACT

Fermentation is a crucial stage in the development of sensory attributes and coffee quality. Current practices are subject to the spontaneous activity of natural microorganisms, which lack control, causing variations in the quality of the final product. The objective of this research was to evaluate the sensory quality and physicochemical characteristics of coffee (*Coffea arabica*) Bourbon and Caturra varieties with the addition of *Saccharomyces cerevisiae* strains. The study factors were treatments that included the combinations of Bourbon and Caturra varieties, the concentration of *Saccharomyces cerevisiae* strains at concentrations of 0.5, 1, and 1.5%, and fermentation times of 16, 20, and 24 hours. We worked with coffee produced in the district of San Juan del Oro - Sandia - Puno, which was sensorially evaluated by 5 professional tasters, and additionally analyzed the physical and chemical characteristics of bulk density, pH, °Brix and titratable acidity. For the interpretation of results, the Completely Randomized Design (CRD) was used for the specific objectives. Treatments that included the addition of *Saccharomyces cerevisiae* strains and different fermentation times were found to significantly influence sensory attributes, green and roasted kernel bulk density, pH, °Brix levels, titratable acidity, and tasting scores. The treatments that provided higher sensory attribute scores for both varieties were those with the addition of the strains at 1% concentration for 20 hours of fermentation, T6 of the Bourbon variety and T16 of the Caturra variety with scores of 88.4 and 86 points respectively, showing superior sensory profiles and higher scores compared to the other treatments.

**Key words:** Coffee, Fermentation, *Saccharomyces cerevisiae*, Sensory quality.





# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

El café verde es una de las materias primas más importantes del comercio mundial, durante el año 2021/2022, el 71,7% de la producción mundial de café se exportó a los mercados internacionales (Dirección de Estudios Económicos, 2022). El Perú, a pesar de tener un bajo consumo per cápita de café, cuenta con miles de familias que dependen de forma directa de la producción del café (Quinde, 2020). En la campaña 2022 – 2023, Perú se ubicó como el noveno productor de café arábica a nivel mundial con el 99% de su producción exportada (PROMPERÚ, 2023), estando sujetos a variaciones del precio del café en el mercado mundial cuyos patrones de consumo de café están cambiando con relación a su calidad (Cáceres, 2023).

Los cafés de alta calidad conocidos también como cafés especiales se han destacado por sus aromas únicos, sabores equilibrados y ausencia de defectos (Taveira et al., 2014). Estas cualidades están estrechamente relacionadas con el origen y el genotipo del café, siendo la especie *Coffea arabica* la más utilizada por sus características sensoriales altamente valoradas, lo que se traduce en precios elevados en los mercados internacionales (Silva et al., 2017). Asimismo, factores como la producción, recolección, procesamiento pos cosecha, secado, almacenamiento y tostado influyen en la calidad del producto final, siendo también relevantes aspectos agronómicos, químicos y microbiológicos (Louzada et. al., 2019). Los investigadores han centrado su atención en mejorar cualidades sensoriales del café, siendo la catación un método sistemático ampliamente utilizado por agricultores, transformadores y comercializadores, donde catadores entrenados evalúan los atributos sensoriales como el aroma y sabor para determinar la calidad y perfil sensorial (Silva et al, 2017).



La fermentación es una fase crítica, donde los microorganismos como levaduras, bacterias y hongos metabolizan naturalmente los compuestos orgánicos de los frutos, generando metabolitos que contribuyen al sabor del café (Pereira et al., 2021). Cada método de fermentación tiene efectos distintos en el perfil sensorial del café, lo que ha llevado a un mayor interés en el proceso fermentativo, debido a su capacidad de mejorar la calidad y obtener precios más altos en el mercado (Batista et al., 2022).

La fermentación es un proceso que implica una combinación de reacciones biológicas y químicas, donde bacterias, hongos y levaduras descomponen moléculas complejas de mucílago, produciendo sustancias químicas más simples y volátiles. Las interacciones microbianas que ocurren durante la fermentación tienen un impacto significativo en la composición de los granos de café y en sus características sensoriales, lo que requiere una investigación detallada (Pereira et al., 2021).

La fermentación tradicional da lugar a cafés de baja calidad. Mientras que una fermentación controlada se enfoca en proporcionar mejores experiencias sensoriales. Por otro lado, los estudios se centran en aislamientos individuales, como levaduras, debido a su capacidad para influir en la fermentación y en la calidad final del café (Da Mota et al., 2020).

Esta investigación tiene como objetivo general evaluar la calidad sensorial y características fisicoquímicas de café variedad Bourbon y Caturra con adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* en concentraciones de 0.5%, 1% y 1.5% y tiempos de fermentación de 16, 20 y 24 horas.



Los objetivos específicos son:

Evaluar los atributos sensoriales en café tostado en tratamientos que incluyen variedades, concentraciones de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempos de fermentación.

Evaluar las características fisicoquímicas en café tostado en tratamientos que incluyen variedades, concentraciones de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempos de fermentación.

Determinar el mejor perfil en taza de café tostado en tratamientos que incluyen variedades, concentraciones de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempos de fermentación.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. CAFÉ

El café se obtiene de las semillas del género *Coffea* de plantas con flores. Existen alrededor de 100 especies del género *Coffea*, todas ellas autóctonas de Madagascar y de los bosques intertropicales de África. De las cuales *Coffea arabica* (Arábica) y *C. canephora* (Robusta) representan alrededor del 70% y el 30% del mercado mundial del café, respectivamente. Los cafetos se cultivan principalmente en “El cinturón del café”, zona delimitada por los trópicos de Cáncer y Capricornio, que rodea el globo terráqueo y se sitúa entre las latitudes 30° N y 30° S de la línea ecuatorial, el cual se caracteriza por climas tropicales ideales para el cultivo del café donde los cafetos crecen desde el nivel del mar hasta los 2.000 m.s.n.m. Los principales países productores de café, son: Sudamérica (Brasil, Colombia y Perú), Centroamérica (Honduras y Guatemala), Norteamérica (Canadá y México), África (Etiopía) India e Indonesia (Vinícius, 2015).

##### 2.1.1. Botánica y producción del café

El cafeto es un arbusto de la familia de las Rubiáceas se caracteriza por su ovario inferoide, alcaloides indólicos, hojas opuestas con estípulas y la ausencia de haces biclaterales (Carmona, 1999). La altura varía según la especie, los arábica alcanzan hasta 2,5 metros y los robusta hasta 4,5 metros. El diámetro del tronco oscila entre 8 y 10 centímetros, y las raíces pueden extenderse hasta 1,5 metros. Las hojas son alargadas y opuestas, cambiando de color durante el ciclo de crecimiento: amarillo en la germinación, verde cálido durante el crecimiento y

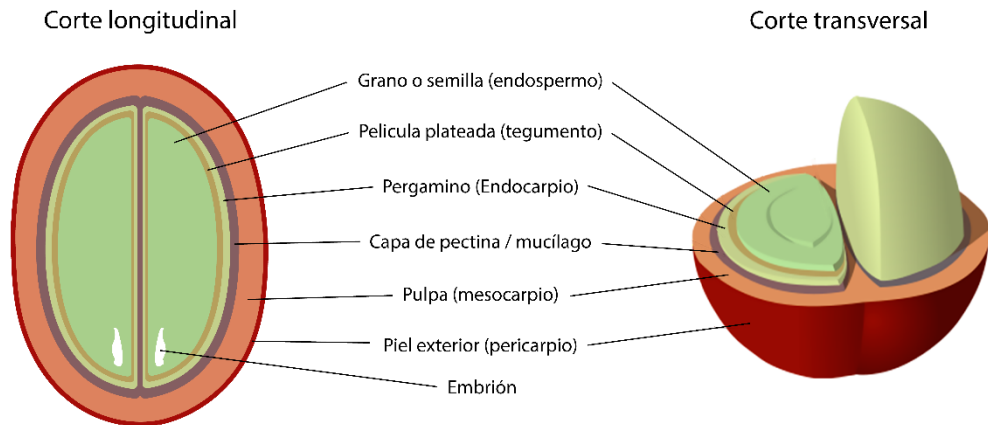


verde oscuro en la madurez. Las flores son polinizadas en tres o cuatro días, seguidas por la caída de estas y el crecimiento de los frutos (Philipps, 2017).

Los frutos del cafeto o cerezas de café son frutos carnosos, como se observa en la Figura 1, el exocarpio de una cereza madura puede ser rojo o amarillo, sin que haya evidencia científica de que afecte a otras características agronómicas o a la calidad de la bebida. El mesocarpio externo, o pulpa, y el mesocarpio interno o mucílago, son dos divisiones del mesocarpio. El mucílago es una sustancia translúcida, dulce y gelatinosa, con alto contenido de azúcar. Esta capa de mucílago péctico dificulta la rápida desecación de los granos de café y proporciona un ambiente propicio para el crecimiento de diversas especies microbianas. El endocarpio es un tejido firme y lignificado de color amarillo pálido. La semilla está recubierta por el tegumento, o piel plateada (Cárdenas y Pardo, 2014). El endospermo, o semilla, sirve de reservorio tisular de los nutrientes necesarios para el desarrollo embrionario. La semilla contiene una amplia gama de sustancias volátiles y no volátiles, como trigonelina, cafeína, compuestos fenólicos, azúcares, proteínas, aminoácidos, ácidos grasos y enzimas (Vinícius, 2015).

## Figura 1

*Estructura interna de la cereza de café (corte longitudinal y transversal)*



Fuente: Adaptado (Peláez, 2018)

### 2.1.2. Especies importantes del café

Las cuatro especies que componen los cafés comerciales, por ende, de mayor importancia son el café arábica (*C. arabica L.*), el café robusta (*C. canephora Pierre ex Froehner*), el café excelso (*C. excelsa A. Chev.*) y el café liberiano (*C. liberica Mull ex Hiern*). En América Central, América del Sur, Asia y África Oriental la especie de *Coffea arabica* tiene mayor importancia económica, seguido de la Robusta, constituyendo entre ambas la mayor parte de la producción mundial. Mientras que la Liberica representa el 1% de la producción mundial de café (Natividad, 2011).

#### 2.1.2.1. Café Arábica (*Coffea arabica L.*)

Esta especie es tetraploide y genéticamente diferente de otras especies de café, es un arbusto grande con hojas redondas, brillantes y de color verde oscuro que alcanza unos cinco metros de altura. Florece con racimos de flores blancas fragantes después de la estación húmeda. Sus frutos maduran de siete a nueve



meses, son ovalados y verdes al principio, pero luego adquieren un tono carmesí. Cada fruto suele contener dos semillas planas, conocidas como granos de café. El café arábica se cultiva en América Latina, India, Indonesia y África central y oriental. Además de las variedades "arábica" (typica) y "bourbon", se han desarrollado otras variedades como "Caturra", "Mundo Novo", "Tico", "San Ramón", "Moca", "Maragogipe", "Columnaris" o "Blue Mountain" (Rojo, 2014).

#### **2.1.3.2.1. Variedades Arábicas**

Existen más de 100 variedades de café arábica, cada una tiene su propia combinación de sabores y aromas. El Perú produce más de 25 variedades comerciales, algunas de las variedades más conocidas incluyen Bourbon, Typica, Caturra, Catuai y Geisha (Julca et al., 2023).

##### **a) Bourbon**

Sus rasgos definatorios son las hojas grandes con bordes lisos y ondulados. Es resistente debido a su pequeño tamaño y hojas copiosas. El perfil de sabor del Bourbon lo convierte en un café de alta calidad, sin embargo, uno de sus inconvenientes es que necesita más atención para estar sano, tiene baja resistencia a la roya, otras enfermedades y plagas. Debido a su elevado crecimiento, puede verse afectado por fuertes vientos, no obstante, muestra cierta tolerancia a la sequía (Carrasco, 2020).

##### **b) Caturra**

Se trata de un mutante descubierto en Brasil, es un tipo Bourbon de gran rendimiento y calidad, pero necesita muchos cuidados y fertilización. Con un entrenudo corto y un eje principal grueso, esta planta crece lentamente, alcanzando una altura media de 1,80 metros. Las ramas jóvenes forman un ángulo de 45 grados con respecto al tallo principal, su ramificación se caracteriza por



entrenados cortos y abundancia de ramas secundarias que dan a la planta un aspecto compacto. Es propensa a la oxidación. Los principales atributos sensoriales son el cuerpo, la acidez, el amargor y la fragancia (Carrasco, 2020).

## **2.2. CALIDAD DEL CAFÉ**

El término "calidad del café" engloba las cualidades o atributos inherentes al grano de café y a su infusión. La calidad del café varía en función de factores genéticos y no genéticos. Tanto a escala nacional como internacional, el precio de venta del café viene siendo determinado principalmente por la calidad del grano, es decir, por sus propiedades físicas y organolépticas. La composición química del grano de café también influye significativamente en su calidad. Además, los factores que influyen en el cultivo, como la ubicación, el clima y las prácticas culturales, son cruciales. También influye la calidad de la cosecha, concretamente la uniformidad y el grado de madurez del fruto, el tipo de beneficio y su gestión adecuada, así como los procesos de secado y almacenamiento (Sullca, 2022).

## **2.3. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL CAFÉ**

Las condiciones agroecológicas que influyen en el cultivo son: especie, variedad, ubicación geográfica, altitud, cuidados fitosanitarios, procedimientos agronómicos; y el manejo cosecha, pos cosecha, la tecnología de transformación, clasificación final, almacenamiento, tostado y preparación de bebidas son algunos de los factores que influyen directa o indirectamente en las características del grano en términos de calidad y taza. Estos factores también aportan aspectos únicos en las características químicas, físicas y organolépticas del café (Carrasco, 2020). En la Tabla 1 se presentan los factores en cosecha y beneficio que influyen en la calidad del café.



**Tabla 1***Factores en cosecha y beneficio que influyen en la calidad del café*

<b>Factores que influyen en la calidad del café</b>		
<b>Etapa</b>	<b>Buena calidad</b>	<b>Disminuye la calidad</b>
<b>Cosecha</b>	Frutos maduros y pintones	Frutos inmaduros, sobre maduros.
<b>Despulpado</b>	El mismo día	Reposo y almacenamiento durante varios días
<b>Fermentado</b>	Entre 12 a 18 horas (dependiendo a la zona)	Sobre fermentan por más de 24 horas, juntando varios días (dependiendo a la zona)
<b>Lavado y clasificado</b>	Con agua limpia	Inadecuado lavado del mucílago sobre el grano
<b>Secado</b>	Utilizan pisos de cemento, o en tarimas	Se secan en el piso, en tierra con humedad mayor de 20%
<b>Almacenado</b>	En lugares libres de olores fuertes	En lugares cercanos a la cocina. En almacenes con humedades superiores al 20%.

Fuente: Instituto Nacional de Innovación Agraria - INIA, (2012)

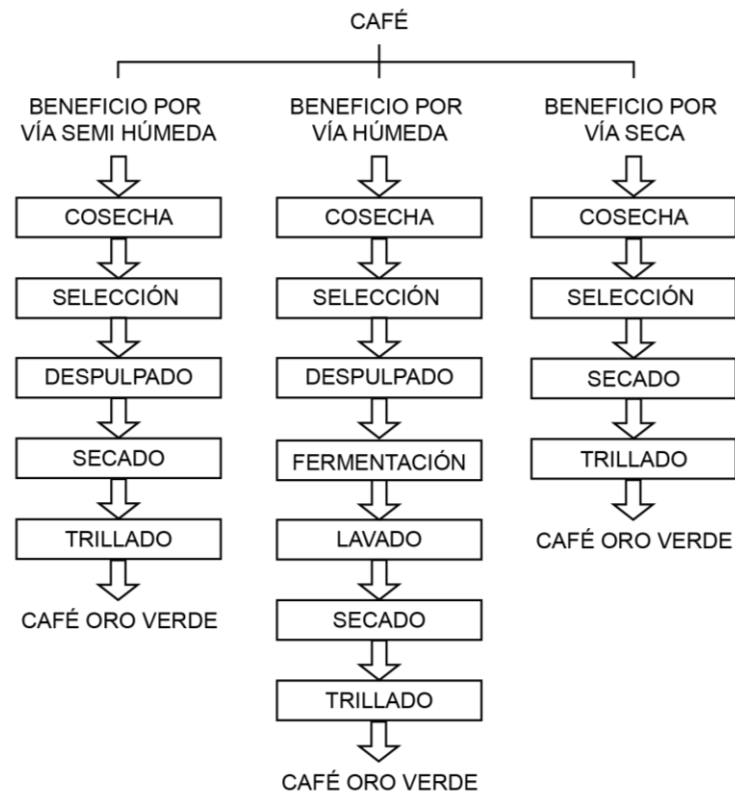
#### **2.4. PROCESAMIENTO POS COSECHA: BENEFICIO DEL CAFÉ**

La composición química de los granos de café tostados influye considerablemente en la calidad de la bebida, pero también influye el procesamiento posterior a la cosecha. Los granos de café deben separarse de sus capas externas (cáscara, pulpa, mucílago y pergamino) para reducir su contenido de humedad de 65% hasta 10-12%, necesario para el transporte y el tostado. Por lo tanto, el objetivo principal de los procedimientos de poscosecha es eliminar los elementos que rodean a los granos para que puedan almacenarse durante varios meses sin experimentar un deterioro importante de su calidad (Vinícius, 2015). Tal como se muestra en la Figura 2, se utilizan tres procedimientos distintos para procesar los frutos de café después de la cosecha: beneficio por vía semi húmeda, vía húmeda y seca. Tan pronto como sea posible después de la cosecha, los frutos

de café deben procesarse, para evitar que la fermentación espontánea incontrolada afecte negativamente al sabor del café (Quiliguango, 2013).

**Figura 2**

*Diagrama de flujo de tipos de beneficio del café*



Fuente: Quiliguango (2013).

#### **2.4.1. Beneficio por vía húmeda**

El proceso de beneficio por vía húmeda implica la eliminación mecánica de la pulpa y la fermentación del mucílago restante en tanques sumergidos durante 12 a 48 horas. Después del secado al sol, los granos alcanzan un contenido de humedad del 10-12%. Aunque este método reduce el tiempo y la superficie de secado, requiere equipos especializados y mucha agua. Se desarrolló en regiones tropicales con lluvias abundantes para prevenir fermentaciones desfavorables tempranas. Produce café "lavado" o "húmedo", permitiendo un control preciso de



la fermentación para minimizar efectos negativos en la calidad o fomentar efectos deseables (Fundes, 2012).

#### **2.4.2. Etapas del beneficio por vía húmeda**

El "beneficio del café" comprende todos los procedimientos desde la cosecha hasta que el grano está listo para el tostado y posterior la venta. En el beneficio por vía húmeda, el café cerezo se despulpa, fermenta y seca hasta alcanzar 10-12% de humedad. La calidad puede deteriorarse si no se sigue correctamente el proceso, por lo que se requiere meticulosidad para mantener las cualidades obtenidas en el campo (Fundes, 2012).

##### **2.4.2.1. Cosecha**

Para garantizar un producto de alta calidad, la recolección se realiza manualmente y termina con el recojo de las cerezas que están maduras de forma uniforme. La cereza de café debe recolectarse cuando tiene un color rojo brillante, debido a que la maduración no se produce de manera uniforme, es necesario recolectar los granos varias veces con el fin de cosechar los granos en plena madurez; una abundancia de frutos verdes o inmaduros resulta en un procesamiento inadecuado. El cuidado que se presta a lo largo de todo el proceso de producción hasta que llega a la taza del consumidor final determina la calidad del café, y no un solo factor (Muñoz y Gallegos, 2016).

##### **2.4.2.2. Lavado/boyado**

Tras la recolección de las cerezas, éstas deben introducirse en un depósito para facilitar la clasificación inicial. A continuación, se puede añadir agua y por densidad, separar los frutos vacíos, las hojas verdes y secas, los fragmentos de



palos y cualquier otra materia extraña que favorezca la descomposición (Caballero y Cruz, 2015).

#### **2.4.2.3. Despulpado**

Para evitar la fermentación indeseada y la pérdida de peso del fruto, las cerezas de café deben despulparse dentro de las primeras ocho horas de cosechadas, con el fin de eliminar la cáscara y parte de la pulpa (mucílago). Para un despulpado efectivo, es recomendable usar despulpadoras de cilindro o de disco; sin embargo, deben calibrarse adecuadamente para evitar frutos sin despulpar y la presencia de granos mordidos, que disminuyen la producción (Caballero y Cruz, 2015).

#### **2.4.2.4. Fermentación**

Después del despulpado, los granos de café, todavía cubiertos por una capa viscosa llamada mucílago, se colocan en tanques de fermentación durante un período específico generalmente entre 12 y 48 horas. La fermentación ocurre naturalmente debido a la acción de microorganismos presentes en el mucílago y en el ambiente circundante. Durante este proceso, los azúcares en el mucílago se descomponen, lo que influye en el sabor y las características del café (Puerta, 2015).

#### **2.4.2.5. Lavado**

Consiste en utilizar agua limpia en el mismo tanque de fermentación o un canal de drenaje frotando los granos para eliminar el mucílago descompuesto que recubre los granos de café. El resultado de un lavado inadecuado y del uso de agua contaminada puede ser un café con sabor inusual, agrio, ácido, parecido al de la



cebolla o frutas fermentadas, este se comercializa como producto de desecho (Sánchez, 2011).

#### **2.4.2.6. Secado**

El objetivo de este método es reducir la humedad del café de 52% a 10-12%; para ello se aconseja un secador solar de tipo invernadero. Se tarda de tres a cinco días dependiendo de la temperatura, la humedad relativa circundante y la cantidad de café dispuesta por metro cuadrado (Quinde, 2020).

#### **2.4.2.7. Almacenamiento**

El café, al ser higroscópico, puede absorber o perder humedad durante el almacenamiento, lo que influye en su calidad. Para conservarlo adecuadamente, se recomienda mantenerlo en un ambiente con una temperatura entre 8 y 15°C y una humedad relativa del aire entre 65% y 70%. En estas condiciones, el café puede almacenarse hasta 10 meses. Es fundamental secar el café pergamino antes de envasarlo en sacos limpios y secos. Además, para preservar la calidad de los granos, es necesario almacenarlos en sacos desinfectados y colocarlos en un lugar limpio, seco y bien ventilado (Añamuro, 2015).

### **2.5. DESCRIPCIÓN PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ**

La fermentación del café es el proceso el cual las enzimas naturales presentes en el café o creadas por su microbiota descomponen la capa de mucílago. Este proceso suele durar entre 24 y 216 horas, dependiendo de la variedad y de la técnica utilizada. Los principales procesos químicos que intervienen en la fermentación del café son la síntesis microbiana de ácidos orgánicos, etanol, ésteres y otros metabolitos a partir de los hidratos de carbono y la degradación de la pectina, estas sustancias químicas alteran el mucílago,



el sustrato, así como el olor, el color, el pH y la composición de los granos de café (Caballero y Cruz, 2015).

En la fermentación del café influyen diversos factores que afectan al metabolismo de los microorganismos, como la temperatura exterior, el tipo de sistema de fermentación, la duración del proceso, la composición del grano, la acidez del sustrato, la disponibilidad de oxígeno. Estos factores determinan en última instancia la velocidad y la naturaleza del del proceso de fermentación (Puerta, 2015).

En el beneficio por vía húmeda, los granos de café despulpados se fermentan en tanques hasta que el mucílago se descompone completamente preparándolos para el secado. La duración de la fermentación puede variar considerablemente, de 12 a 48 horas, en función de la temperatura ambiente. Temperaturas más altas y capas de mucílago más gruesas aceleran el proceso. El pH desciende de 5,5-6,0 a 3,5-4,0 a lo largo del proceso de fermentación porque alrededor del 60% de los azúcares se utilizan como sustrato para el crecimiento microbiano, que genera cantidades considerables de etanol y ácidos acético y láctico (Natividad, 2011).

## **2.6. IMPACTO DE LA FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD DEL CAFÉ**

Numerosos estudios realizados a lo largo de los años han documentado la necesidad de un control estricto del proceso de fermentación de los granos de café para garantizar el crecimiento de microorganismos que produzcan una bebida de alta calidad con un buen aroma a café (Pereira et al., 2014). Los microorganismos que impactan negativamente en el sabor y el carácter del café pueden surgir de un fallo en la fermentación (Vinicius, 2015).

La fermentación insuficiente y la fermentación excesiva pueden provocar un desmucilaginado inadecuado. El secado se ve dificultado por una fermentación



insuficiente, ya que la capa de mucílago no desaparece por completo. Los granos insuficientemente fermentados tienen restos de mucílago y azúcares que ralentizan el proceso de secado y favorecen la proliferación de hongos y bacterias que causan el deterioro. Se considera que el pergamino está "terminado" cuando "se siente duro" al tacto y está libre de mucílago resbaladizo (Rojo, 2014).

Para evitar la sobrefermentación en las cerezas, lo ideal es tratar las cerezas lo antes posible después de la cosecha. Las alteraciones adversas que afectan al sabor y al olor del café producido son a menudo el resultado de la sobrefermentación. Los tipos más comunes de deterioro de las cerezas durante el procesamiento pueden atribuirse a fermentaciones acidogénicas causadas por Enterobacteriaceae y bacterias del ácido acético (Silva et al., 2008).

Además, es importante regular los procesos de fermentación y secado del café para evitar la formación de hongos filamentosos, que pueden liberar micotoxinas y malos sabores. Las investigaciones han indicado que una alta prevalencia de *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium* está relacionada con una disminución de la calidad sensorial de la bebida acabada (Vinicius, 2015).

## **2.7. FUENTE DE MICROORGANISMOS QUE CONDUCEN LA FERMENTACIÓN**

La fermentación del café es causada por especies autóctonas de bacterias que entraron en el proceso como contaminantes involuntarios. Numerosos microorganismos se infiltran en la pulpa y los granos durante las etapas de cosecha, transporte y despulpado; estos microorganismos desempeñan un papel importante en el proceso de fermentación que sigue. Los microorganismos pueden acceder a la masa de pulpa y granos de café en fermentación desde diversas fuentes, como las precipitaciones, las superficies de los



frutos, el agua, las herramientas agrícolas, el aire, los lugares de fermentación, el suelo y la manipulación durante la recolección (Avalloni et al., 2001).

## 2.8. DIVERSIDAD Y FUNCIÓN DE LAS LEVADURAS

Entre los microorganismos que se aíslan con más frecuencia de los granos de café en fermentación se encuentran las levaduras. Se cree que son cruciales para la producción del sabor de la bebida de café y para el proceso de fermentación. Por lo tanto, en las fermentaciones del café, las levaduras son el grupo microbiano que más se ha investigado (Pereira et al., 2014).

Van Pee y Castelein (1971) llevaron a cabo investigaciones preliminares sobre las levaduras del café en fermentaciones húmedas en el Congo y la India, respectivamente. Se descubrieron numerosas especies de levaduras, entre ellas *Saccharomyces marxianus*, *S. bayanus*, *S. cerevisiae* var. *ellipsoideus* y *Schizosaccharomyces spp.*, así como *Candida guilliermondii* var. *membranifaciens*, *C. parapsilosis*, *C. pelliculosa*, *Saccharomyces marxianus*, *Rhodotorula mucilaginosa* y *Torulopsis fumata*.

La proliferación y la actividad de las levaduras durante la fermentación del grano de café tienen un efecto significativo en el sabor y el aroma del café. Estas levaduras aumentan la presencia de alcoholes, ésteres, aldehídos, glicerol y ácidos orgánicos en los granos fermentados y tostados. Además, el crecimiento y las actividades de la levadura inhiben el crecimiento de microorganismos indeseables como hongos filamentosos, así como la formación de metabolitos desagradables como los ácidos butanoico y acético. Los cafés producidos con fermentación espontánea, impulsada por levaduras, tienden a tener mejores puntuaciones sensoriales que aquellos fermentados sin su presencia. Aunque las levaduras no parecen tener un efecto significativo en la degradación del





mucílago durante la fermentación del café, juegan un papel clave en la producción de un café con un sabor, fragancia y calidad sensorial superiores (Elhalis et al., 2020).

## **2.9. ANÁLISIS SENSORIAL DEL CAFÉ**

El análisis sensorial del café es una disciplina científica que describe, mide, analiza e interpreta las propiedades sensoriales del café percibidos por la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído. El análisis sensorial del café se utiliza para evaluar la calidad del café y para identificar los diferentes perfiles de sabor y aroma (Cáceres, 2023).

El análisis sensorial del café se lleva a cabo mediante un protocolo de catación, un método establecido utilizado por catadores para evaluar el perfil de aroma y sabor de los granos de café. Este procedimiento estandarizado permite evaluar la calidad de los lotes individuales. La cata comienza con la colocación de café recién molido en una taza, seguido de la adición de agua caliente. Es crucial no revolver para permitir que se forme naturalmente la "corteza". A través de los sentidos, el análisis sensorial del café revela una amplia gama de sabores, aromas y texturas, desde perfiles de sabor sutiles hasta la evolución del aroma (Osorio, 2021).

### **2.9.1. Atributos sensoriales**

Según Mamani y Condori (2019), la catación representa la evaluación sensorial universalmente aceptada para la comercialización del café. Esta evaluación es llevada a cabo por un experto conocido como Catador. Este especialista posee un amplio conocimiento, experiencia y habilidades que le permiten percibir todos los atributos y defectos presentes en el café.

A la hora de determinar la calidad de un determinado café, los sentidos del gusto y del olfato desempeñan un papel importante. A lo largo de este



procedimiento, se hacen referencias a ciertos gustos u olores de la vida cotidiana, que pueden o no ser indicativos de buenas o malas cualidades (defectos) en el café evaluado. Según Geel L. y Kennearm (2005), el aroma, el cuerpo, la acidez, el amargor y el sabor son algunas de las principales cualidades organolépticas.

#### **a) Aroma/fragancia**

Es esencial para la experiencia sensorial, influyendo en la percepción del sabor y la calidad. Se compone de una variedad de olores, desde florales y afrutados hasta caramelo y chocolate, generados por moléculas volátiles durante el tueste. Inicialmente se evalúa después de haber molido el café y luego de cuatro minutos de verter agua caliente entre 87 – 92°C, rompiendo la capa superficial y oliendo. Más de cien sustancias químicas contribuyen al aroma, como fenol, ácido acético y guayacol. Los catadores y consumidores prestan mucha atención a este atributo al evaluar el café (Paz, 2009).

#### **b) Cuerpo**

Describe la experiencia táctil de pasar la lengua por el paladar para sentir la densidad y consistencia del café. Se evalúa la densidad, la viscosidad y la sensación de peso del café en la boca. Un café con un cuerpo completo se siente pesado y viscoso, mientras que un café ligero tiene una sensación más ligera y menos densa. El cuerpo del café está influenciado por factores como el tipo de grano, el método de preparación y el nivel de tostado (Paz, 2009).

#### **c) Acidez**

La acidez es un rasgo único que hace que el café destaque, y es fundamental para los compradores y consumidores de cafés especiales o gourmet,



es un atributo crucial en la comercialización del café. La sensación debe percibirse en los laterales o en la punta de la lengua. El grado máximo de acidez se clasifica como agudo y punzante, la acidez intermedia como ligera y la falta de acidez como rara o absoluta. Se ha relacionado la acción de los ácidos orgánicos con la acidez, y se cree que el ácido fosfórico es uno de los causantes (Paz, 2009).

#### **d) Sabor**

La determinación del sabor comienza al exponer las terminales nerviosas de la lengua a sensaciones dulces, ácidas, saladas y amargas, conectadas con preferencias predeterminadas en el subconsciente. El atributo de sabor en el café se refiere a la percepción de los diferentes sabores que se experimentan al beberlo. Estos sabores pueden ser una combinación de notas dulces, amargas, ácidas, afrutadas, florales, tostadas, especiadas, entre otras. El sabor del café se ve influenciado por varios factores, incluyendo el tipo de grano, el país de origen, el método de procesamiento y tueste, así como también el método de preparación (Paz, 2009).

#### **e) Sabor residual o Pos gusto**

El término "pos gusto" se refiere al tiempo durante el cual las características positivas del sabor y el aroma persisten en la parte posterior del paladar después de que el café ha sido expectorado o tragado. Si el postgusto es breve o poco agradable, se otorga una calificación más baja (Cáceres, 2023).

#### **f) Balance**

Se refiere a la armonía de los componentes del café evaluado, que se conjugan para ofrecer una muestra equilibrada en todos los sentidos. Esto es vital



para un café de calidad porque en ocasiones se ven cafés con acidez, pero sin cuerpo, o viceversa, o con buenos atributos, pero sin aroma. El equilibrio de todos los componentes es lo que define una taza de calidad extraordinaria o gourmet (Paz, 2009).

#### **g) Uniformidad**

Se trata de una etapa sencilla porque se necesita catar al menos cinco tazas de café por cada muestra, para evaluar si cada una de ellas presenta las mismas características en cuanto a fragancia/aroma, acidez, cuerpo, sabor, dulzor y posgusto. En ocasiones una taza puede llegar dañada con algún sabor defectuoso, lo que alerta al catador de la posibilidad de que exista un problema con ese lote y poder identificar la causa raíz y el problema con claridad. La consistencia es crucial para el proceso de evaluación organoléptica, lo que significa que es esencial comprender el problema (Paz, 2009).

#### **h) Dulzor**

El dulzor en el café se refiere a una sensación agradable de plenitud en el sabor, así como a la presencia perceptible de sabores dulces, los cuales son el resultado del contenido de carbohidratos. En contraposición al dulzor se encuentran sabores agrios, astringentes o "verdes". Se asignan 2 puntos por cada taza que exhiba este atributo, con un máximo de 10 puntos (Paz, 2009).

#### **i) Taza limpia**

El término "taza limpia" describe un estado en el que no hay sabores desagradables, lo que indica "limpieza" en la bebida. Al analizar este atributo, se considera la íntegra sensación gustativa, desde el instante de la ingesta hasta la



deglución o expectoración final. Todo aroma o sabor que no sea característico del café invalidará una taza. Cada taza que muestre el atributo Taza Limpia obtiene dos puntos. (Díaz, 2006).

#### **j) Defectos**

Los defectos del café son sabores indeseables que disminuyen la calidad del café. Un "defecto leve" se define como un sabor desagradable no es dominante calificado con 2 puntos de intensidad, que suele estar presente en los elementos aromáticos. Un defecto más grave conocido como "rechazo", se define normalmente como un sabor demasiado fuerte, desagradable, calificado con 4 puntos de intensidad y que suele estar presente en los componentes aromáticos de la muestra, puede describirse utilizando adjetivos como "agrio", "fermentado" y "fenólico", señalando la cantidad e intensidad de las tazas impactadas. La puntuación del defecto se obtiene multiplicando la intensidad por la cantidad de tazas impactadas, el producto se reduce de la puntuación total (Díaz, 2006).

#### **k) Apreciación general**

Tiene como objetivo capturar la evaluación globalmente integrada de la muestra según la percepción individual del panelista. Si bien una muestra puede tener muchas características agradables, si no cumple completamente con las expectativas o no alcanza un estándar deseado en su totalidad recibe una puntuación más baja. Por otro lado, un café que satisfaga las expectativas en cuanto a su carácter y muestre cualidades de sabor específicas del origen podría obtener una puntuación alta. En este paso, los panelistas realizan su apreciación personal del café (Decazy et al. 2003).



### 2.9.2. Catador

El catador de café es un profesional con un profundo conocimiento de los procesos de producción, almacenamiento, comercialización y control de calidad, todos los cuales influyen en el resultado de los atributos que se evalúan. Están formados en la evaluación sensorial cuantitativa y descriptiva del café, siguiendo las normas y reglamentos de la SCA (Pereira et al, 2021).

Por otro lado, un catador Q Grader es un tipo específico de catador de café altamente calificado y certificado por la Coffee Quality Institute (CQI), una organización internacional que establece estándares y certificaciones de calidad para la industria del café. Los catadores Q Graders han completado un riguroso programa de formación y certificación que les permite evaluar el café con precisión y consistencia según los estándares internacionales establecidos por la CQI (Cáceres, 2023).

## CAPÍTULO III

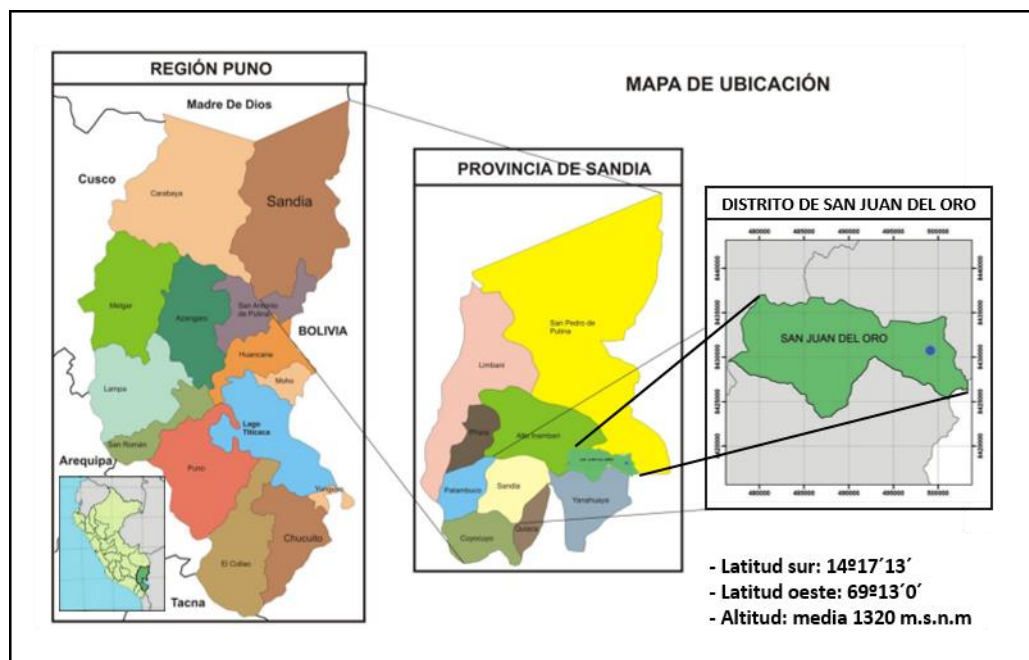
### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación tuvo como zona de recolección de ejemplares al sector Santa Rosa, perteneciente al distrito de San Juan del Oro de la provincia de Sandia, departamento de Puno (latitud sur:  $14^{\circ}17'13''$ , latitud oeste:  $69^{\circ}13'0''$ , altitud: media 1320 m.s.n.m) como se proyecta en la Figura 3, donde se llevó a cabo la parte experimental, asimismo, la evaluación sensorial se desarrolló en el laboratorio de control de calidad de la Municipalidad Distrital de San Juan del Oro, mientras que los análisis fisicoquímicos se ejecutaron en las instalaciones del Laboratorio de Poscosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno (latitud sur  $15^{\circ}49'23''$ , longitud oeste  $70^{\circ}01'07''$  y 3835 m de altitud).

**Figura 3**

*Ámbito de intervención de la investigación*





### 3.2. MATERIA PRIMA

- Se utilizó granos de café arábica de las variedades Bourbon y Caturra. Los granos fueron adquiridos de la finca "San Carlos", propiedad del caficultor Rubén Antonio Salazar Zapana, ubicada en el sector Santa Rosa, distrito de San Juan del Oro, provincia de Sandia de la Región Puno.

### 3.3. INSUMOS, MATERIALES Y EQUIPOS

#### 3.3.1. Insumos y reactivos

- Cepas de *Saccharomyces cerevisiae* D47 (Marca Lalvin)
- Hidróxido de sodio 1N (1ml= 0.1meq = 4.0 mg. NaOH Densidad (20/4 °C) 1.003 g/ml. Indicador: Fenolftaleína, marca Merck KGaA)
- Fenolftaleína al 1% (Densidad g/mL  $0.88 \pm 0.05$  g/ml a 25°C. Inodoro. pH a 25°C Neutro. Marca Sigma)
- Agua destilada marca Alkofarma con densidad: 0,997 - 1,002 g/ml. Índice de refracción: aprox. 1,3330. pH: 5,0 - 7,0. Conductividad: < 4,3 µS/cm.

#### 3.3.2. Materiales

- Frascos de plástico herméticos con caño 4 L (22 x 15 x 29.1 cm)
- Bolsas herméticas con zipper (29 x 18 cm)
- Equipo de venoclisis PVC (libre de látex y DEHP) con punzón de plástico libre de látex con ventilación de aire.
- Malla raschel (2 x 1 x 2 m) con estructura de madera y 5 repisas.
- Tamiz para granos de café con marco de madera, plancha cribada en acero INOX del #14 al #18 + el 0. (20 cm x 30 cm).
- Bandejas color azul para café.
- 3 Hervidoras de agua IMACO 1.7 L
- Cucharas de catación de acero inoxidable.
- Tazas de porcelana para catación de 200 ml
- Escupideras de acero inox.
- Tableros de madera A4.





- Fichas de catación SCA
- Vasos de precipitado de 40, 100 y 200 ml
- Probeta de 10, 50 y 100 ml
- Matraz aforado de 10 y 100 ml

### **3.3.3. Equipos**

- Despulpadora de café Marca Lamper, Modelo MR.178101
- Medidor de humedad de granos digital Draminski twistgrain pro coffee & cocoa.
- Trilladora de muestras, pulidora de café 250 g, con motor de 1 hp 220 v Marca IMSA
- Tostadora de café de 200 g. Modelo ERT-15 Marca IMSA.
- Balanza digital de precisión marca Adam, modelo HCB602H
- Molino de café modelo NEW LAB-900, marca IMSA
- Potenciómetro Marca Milwaukee Modelo Mi 150
- Refractómetro marca Hanna modelo HI96801 (0.01g)
- Equipo de titulación

### **3.3.4. Panel de catadores**

- La evaluación de calidad sensorial se realizó con dos Catadores Lic. Q Grader, certificados por el Coffee Quality Institute (CQI) y tres Catadores Nacionales de Café Especiales certificados por la Central de Cooperativas Agrarias Cafetaleras de los Valles de Sandía – CECOVASA.

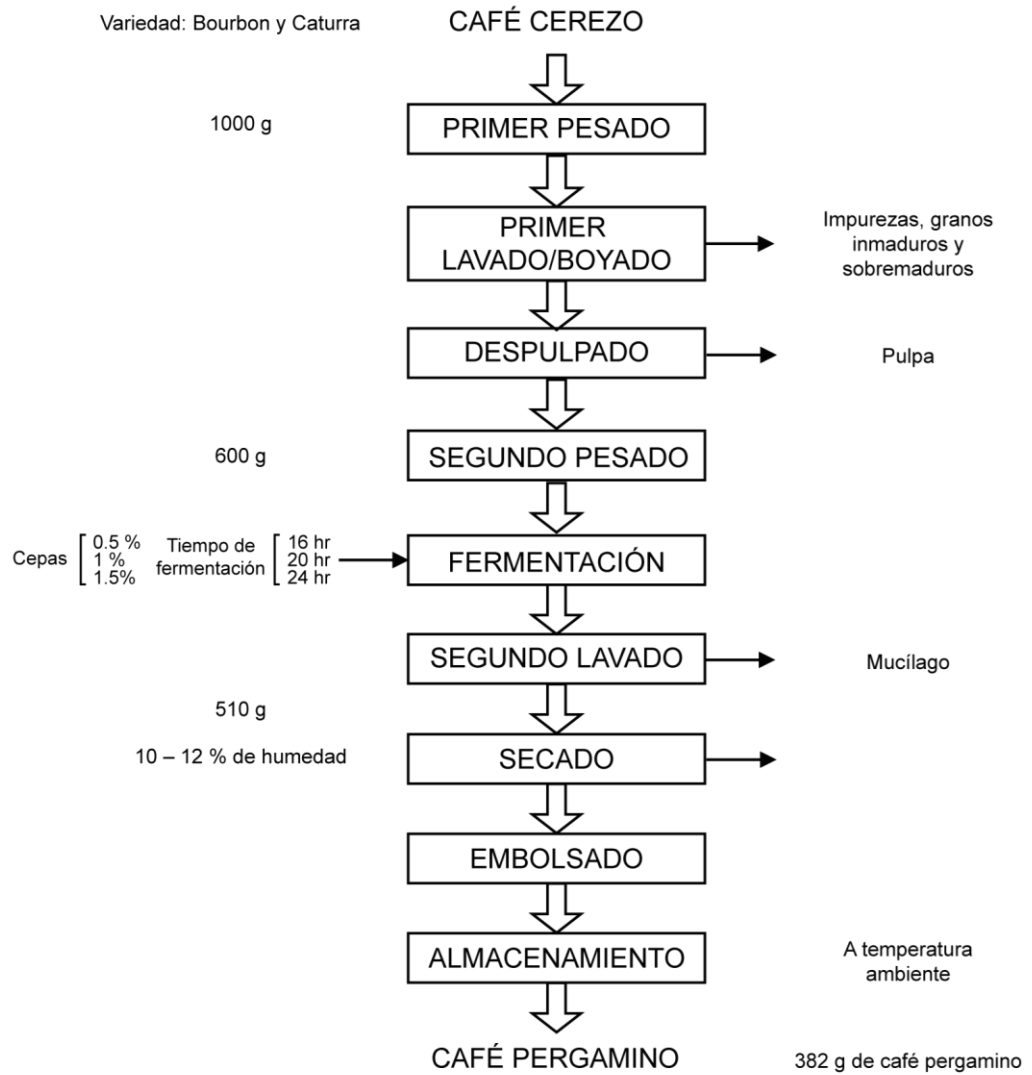
## **3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL**

### **3.4.1. Acondicionamiento experimental en el proceso pos cosecha de café**

Para la obtención de café pergamino se siguió la metodología detallada en la Figura 4.

### Figura 4

Diagrama de flujo de acondicionamiento experimental en el proceso pos cosecha de café





### 3.4.1.1. Descripción del proceso

#### a) Primer Pesado

Se pesó 1 kg de café cerezo para cada muestra con una balanza electrónica.

#### b) Primer Lavado - boyado

El café en cerezo se introdujo en un tanque con agua para poder separar los contaminantes. Además, se hizo uso de un tamiz para separar los granos flotantes (granos vanos) del resto del café (Sánchez, 2018).

#### c) Despulpado

Por medio de una despulpadora de café se eliminó el exocarpio y gran parte del mesocarpio donde quedan los granos de café cubierto por el pergamino y mucilago conocido como café baba (Martínez, 2021).

#### d) Segundo Pesado

Se pesó el total de café despulpado con una balanza electrónica.

#### e) Fermentación:

Para la adición de las cepas de *Saccharomyces cerevisiae* se realizó lo siguiente:

##### - Activación de las cepas de *Saccharomyces cerevisiae*

Se determinó la cantidad de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* para cada tratamiento (0.5%, 1%, 1.5%), por cada 600 g de café despulpado. Para su activación, se hidrató con agua tratada a 25 °C en una



relación 1:10 (peso/volumen), se removió suavemente para romper grumos (LALCAFÉ CIMA, 2019).

#### - **Inoculación**

Luego de 30 minutos las cepas hidratadas fueron inoculadas en el café despulpado a una temperatura de 21.3°C, distribuyendo de forma homogénea.

Durante la fermentación se monitorearon:

- **Temperatura:** se registró la temperatura cada hora, las temperaturas registradas estuvieron entre 21.3 a 23.9°C (Anexo 3), asegurando la actividad óptima de las cepas de *Saccharomyces cerevisiae*.

- **Sólidos solubles:** se midió con un refractómetro digital portátil, colocando una gota del café baba fermentado, registrando desde 10.4 a 16 °Brix (Anexo 3).

- **pH:** se midió con un pH metro digital, introduciendo el sensor en la mezcla de café baba y cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, registrando pH entre 4.8 a 8.1 (Anexo 3).

#### f) **Segundo Lavado**

Al cumplir el tiempo de fermentación de cada tratamiento, se lavó con abundante agua hasta retirar por completo la capa de mucilago obteniendo café pergamino.

#### g) **Secado**



Se esparció el café pergamino en mallas raschel a temperatura ambiente de entre 17 a 24°C según reportes de Senamhi (2022) durante 20 días, hasta lograr una humedad de 11%.

**h) Embolsado**

El café pergamino se colocó en bolsas de polietileno con cierre hermético.

**i) Almacenamiento:**

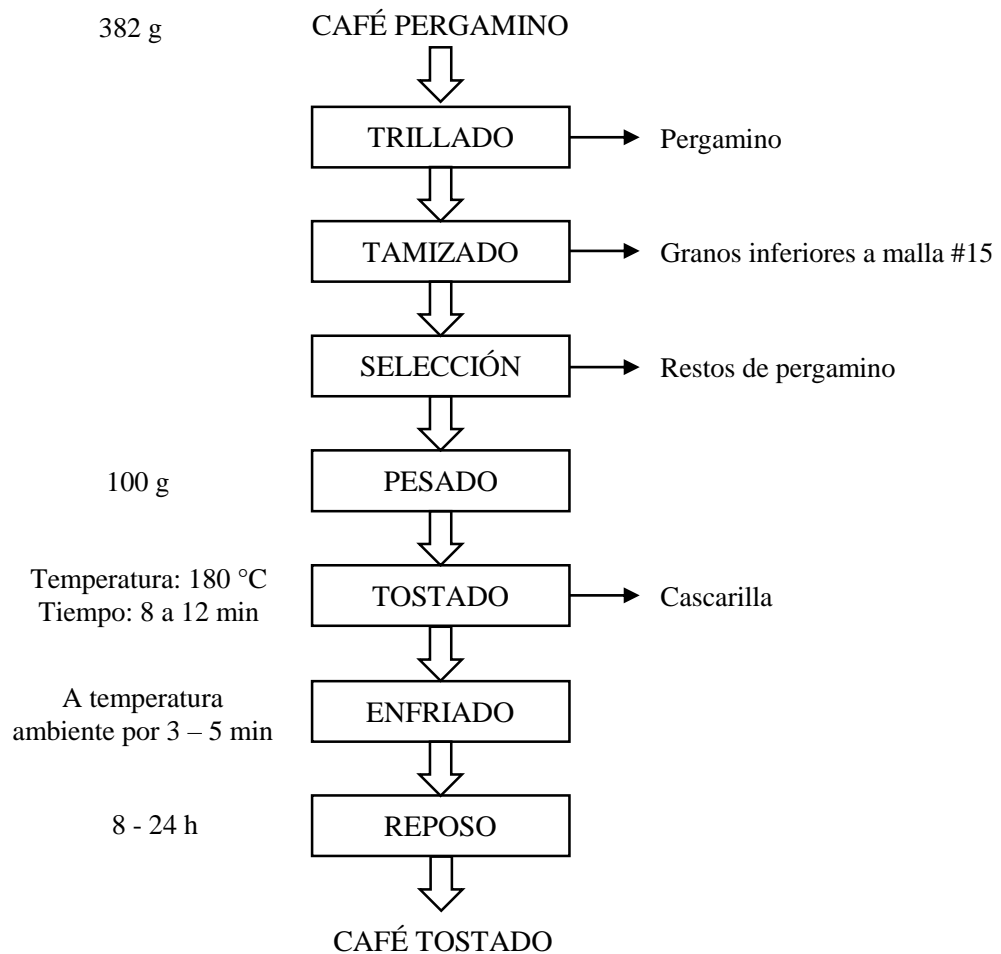
El café pergamino codificado fue almacenado en un lugar seco y sin exposición a luz solar durante 7 días.

**3.4.2. Preparación de muestras para evaluación sensorial.**

Para la obtención de las muestras café tostado se siguió la metodología utilizada por Cáceres (2023) la cual se detalla en la Figura 5.

**Figura 5**

*Diagrama de flujo de preparación de muestras para evaluación sensorial.*



FUENTE: Elaboración propia

### 3.4.2.1. Descripción del proceso

#### a) Trillado

Cada muestra de café pergamino se llevó a la trilladora por 20 segundos donde se eliminó la capa que cubre el grano, obteniendo el café verde.

#### b) Tamizado

Se realizó un tamizado manual con un tamiz de malla N°15 con un diámetro de 6 mm, se tamizó el café verde realizando movimientos horizontales



hacia adelante y hacia atrás y de derecha a izquierda, obteniendo granos uniformes.

**c) Selección**

Se retiraron restos de pergamino.

**d) Pesado**

Se pesaron 100 gramos de café verde para luego ser colocados en un tostador de laboratorio.

**e) Tostado**

Se realizó en una tostadora marca IMSA de dos tambores a una temperatura inicial de 180 °C durante 8 a 12 minutos hasta alcanzar una expansión del grano y un rango de color de café tostado de 58 a 63 en una escala Agron (Cáceres, 2023)

**f) Enfriado**

Puesto que la temperatura de salida de los granos es de 170°C a 200°C, los granos recién tostados se enfriaron en el sistema de enfriamiento del equipo hasta por 5 min.

**g) Reposo**

Las muestras tostadas se dejaron reposar entre 8 y 24 horas antes de su evaluación.

### **3.5. FACTORES DE ESTUDIO**

#### **3.5.1. Para el primer objetivo**

Tratamientos: 20 tratamientos (Tabla 4)



### **3.5.2. Para el segundo objetivo**

Tratamientos: 20 tratamientos (Tabla 4)

### **3.5.3. Para el tercer objetivo**

Tratamientos: 20 tratamientos (Tabla 4)

## **3.6. VARIABLES DE RESPUESTA**

### **3.6.1. Para el primer objetivo**

Se analizó para los 20 tratamientos:

- Atributos sensoriales: Fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor y apreciación general.

### **3.6.2. Para el segundo objetivo**

- Características físicas: densidad aparente
- Características químicas: °Brix, pH, acidez titulable

### **3.6.1. Para el tercer objetivo**

- Puntuación final: evaluación sensorial según protocolo de evaluación SCA.

## **3.7. MÉTODOS DE ANÁLISIS**

### **3.7.1. Análisis sensorial**

Para el análisis sensorial se empleó el protocolo de catación de cafés especiales de la Specialty Coffee Association (SCA), cuya ficha de evaluación se





muestra en el Anexo 2. El procedimiento realizado fue de acuerdo al Specialty Coffee Association (2015), considerando la siguiente secuencia:

Dosificación → Molienda → Evaluación sensorial → Puntaje final

Se pesaron 11 g de café por taza, utilizando cinco tazas de 200 ml por muestra (5.5% de la capacidad). Cada muestra fue molida por separado, y se realizó una limpieza del molino entre cada grupo de cinco tazas para evitar mezclas. Las muestras molidas se colocaron en la mesa de cata, donde se evaluaron durante 30 minutos luego de vertido el agua utilizando los sentidos del olfato y el gusto para examinar los atributos del café tostado.

Para la evaluación sensorial se siguió el siguiente procedimiento:

La fragancia, se evaluó olfateando el café seco dentro de los 15 minutos posteriores a la molienda. Se vertió agua caliente (87-92°C) hasta el borde de la taza sobre el café molido. Después de tres a cinco minutos, se rompió la corteza superficial formada y se olfateó para evaluar el aroma. Posteriormente, se retiraron las partículas de la superficie de las muestras preparadas. Luego de retirar la capa superficial, se dejó reposar la bebida de 8 a 11 minutos para luego empezar la evaluación de sabor. El líquido se sorbió cubriendo la mayor superficie de la boca posible para examinar los sabores presentes e inmediatamente después se evaluó la persistencia del café en boca. A medida que el café fue enfriando se valoró la acidez, cuerpo y balance; en este último se valoró la interacción en boca entre sabor, sabor residual, acidez y cuerpo.

Para dulzor, uniformidad y taza limpia, se evaluó la existencia de variaciones en el sabor entre tazas, así como la ausencia de sabores extraños y

defectuosos, asignando 2 puntos por cada taza que presentó estas características, con un máximo de 10 puntos por las 5 tazas.

Para la apreciación general de cada muestra se valoró los atributos sensoriales con un puntaje subjetivo determinado por cada catador.

- **Expresión de los resultados**

Cada atributo evaluado recibió una puntuación en una escala de 6 a 10 puntos basados en los niveles de intensidad y calidad que llegaron a denotar por atributo, tal como se muestra en la Tabla 2. Para lo cual se usó el formato de catación SCA que se encuentra en el Anexo 2.

**Tabla 2**

*Rangos de puntuación por atributo*

<b>Bueno</b>	<b>Muy bueno</b>	<b>Excelente</b>	<b>Extraordinario</b>
6	7	8	9
6.25	7.25	8.25	9.25
6.5	7.5	8.5	9.5
6.75	7.75	8.75	9.75

Fuente: SCA (2015)

### **3.7.2. Características fisicoquímicas**

Se realizaron los siguientes análisis fisicoquímicos a los granos tostados para los 20 tratamientos:

#### **3.7.2.1. Características físicas**

##### **a) Densidad aparente**

Para determinar la densidad aparente de café verde y café tostado, se siguió la metodología empleada por Atarés (2015) para sólidos. Se tomó un matraz

aforado de 100 ml y se determinó su masa ( $m_{\text{matraz aforado}}$ ). Se vertió en la misma masa de café y se volvió a pesar en conjunto ( $m_{\text{matraz aforado} + \text{café}}$ ). Se añadió agua hasta la medición del matraz aforado. Se agitó el matraz rítmicamente 20 veces para conseguir la compactación de la muestra añadiendo más agua de ser necesario y finalmente se mide el volumen ocupado por la muestra en el matraz restando la capacidad de volumen del matraz aforado ( $V_{\text{matraz aforado}}$ ) menos el volumen que ocupó el agua ( $V_{\text{agua}}$ ).

La densidad aparente se calculó con la fórmula:

$$\rho_{\text{aparente}} = \frac{m_{\text{matraz aforado} + \text{café}} - m_{\text{matraz aforado}}}{V_{\text{matraz aforado}} - V_{\text{agua}}}$$

### 3.7.2.2. Características químicas

Para la evaluación de características químicas se preparó las muestras utilizando 7 gramos de café tostado y molido, los cuales se mezclaron con 100 mL de agua destilada a 90°C. La mezcla se dejó reposar durante 4 minutos, tras lo cual se procedió a eliminar los sólidos de la superficie y se dejó sedimentar las partículas de café que forman el bagazo (Valencia et. al., 2015).

#### a) Sólidos solubles

Se determinó aplicando el método AOAC 932.012, colocando una gota de la muestra en el refractómetro a 22 °C, indicando el porcentaje de sólidos solubles o °Brix.

#### b) pH

El pH de cada muestra de café se midió por triplicado utilizando un medidor de pH o potenciómetro que tenga un electrodo de inmersión, introduciéndolo en la bebida de café (método oficial AOAC 918.12).



### c) Acidez titulable

La acidez es una característica que se relaciona con la calidad del café y se ve afectada por una serie de elementos, entre ellos el nivel de madurez del grano, el grado de tostado,  $A_w$ , y la elaboración de la bebida. Se empleó el método AOAC 920.92, llenando un matraz Erlenmeyer de 250 ml con una alícuota de 5 ml de la extracción de café, 45 ml de agua destilada y seis gotas de indicador fenolftaleína, titulando luego con NaOH 0.1 hasta una variación de color. El resultado se expresó en mg de ácido clorogénico/g de alícuota, el cual se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Acidez (mg de ácido clorogénico/g)} = \frac{(\text{Factor de conversión})(\text{Normalidad de NaOH})(\text{ml utilizados de NaOH})}{\text{Gramos de muestra}} \times 100$$

#### 3.7.3. Perfil en taza

Para este objetivo se utilizó como indicador el puntaje final tomando como punto de referencia los atributos sensoriales evaluados en el formato de catación SCA (Anexo 2), donde se suman las valoraciones los atributos evaluados, expresando el resultado final en una escala que va de 50 a 100 puntos. A los cafés evaluados se le da una valoración y clasificación según su calidad, dicha valoración según la escala a la que pertenece se observa en la Tabla 3 (Specialty Coffee Association, 2015).

**Tabla 3**

*Valoración de la calidad en relación al resultado final*

<b>Puntaje final</b>	<b>Valoración</b>	<b>Clasificación</b>	<b>Grado</b>
95-100	Ejemplar o único	Especialidad súper premio	Especial
90-94	Extraordinario	Premio a la especialidad	
85-89	Excelente	Especialidad	
80-84	Muy bueno	Premio/muy buena	
75-79	Bueno	Calidad media	No especial
70-74	Pasable	Grado de cambio	
60-70	-	Comercial	
50-60	-	Abajo del grado	

FUENTE: (Condori & Mamani, 2019)

### 3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el primer, segundo y tercer objetivo se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con 3 repeticiones, cuya distribución se presenta en la Tabla 4. El análisis de la varianza (ANOVA) se realizó con un nivel de confianza del 95%, seguido de la prueba Tukey con un nivel de significancia ( $p < 0,05$ ). Para detectar diferencias significativas, los resultados se analizaron e interpretaron mediante el programa estadístico Rstudio.

**Tabla 4**

*Distribuciones de las muestras de café variedad Bourbon y Caturra.*

Tratamiento (variedad, concentración de cepas, tiempo de fermentación)	Repeticiones	Variables de respuesta de Atributos sensoriales										Variables de respuesta de Características fisicoquímicas					Variables de respuesta de perfil en taza	
		Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza	Limbo	Dulzor	Apresiasión	Densidad aparente	Densidad aparente	°Brix	Ph		Acidez
T1 (Bourbon, 0%, 12 h)	R1 R2 R3																	
T2 (Bourbon, 0.5%, 16 h)	R1 R2 R3																	
T3 (Bourbon, 0.5% 20 h)	R1 R2 R3																	
T4 (Bourbon, 0.5%, 24 h)	R1 R2 R3																	
T5 (Bourbon, 1%, 16 h)	R1 R2 R3																	
T6 (Bourbon, 1%, 20 h)	R1 R2 R3																	
T7 (Bourbon, 1%, 24 h)	R1 R2 R3																	
T8 (Bourbon, 1.5%, 16 h)	R1 R2 R3																	
T9 (Bourbon, 1.5%, 20 h)	R1 R2 R3																	
T10 (Bourbon, 1.5%, 24h)	R1 R2 R3																	
T11 (Caturra, 0%, 12 h)	R1 R2 R3																	
T12 (Caturra, 0.5%, 16 h)	R1 R2 R3																	
T13 (Caturra, 0.5%, 20 h)	R1 R2 R3																	
T14 (Caturra, 0.5%, 24 h)	R1 R2 R3																	
T15 (Caturra, 1%, 16 h)	R1 R2 R3																	
T16 (Caturra, 1%, 20 h)	R1 R2 R3																	
T17 (Caturra, 1%, 24 h)	R1 R2 R3																	
T18 (Caturra, 1.5%, 16 h)	R1 R2 R3																	
T19 (Caturra, 1.5%, 20 h)	R1 R2 R3																	
T20 (Caturra, 1.5%, 24 h)	R1 R2 R3																	

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIONES

#### 4.1. ATRIBUTOS SENSORIALES

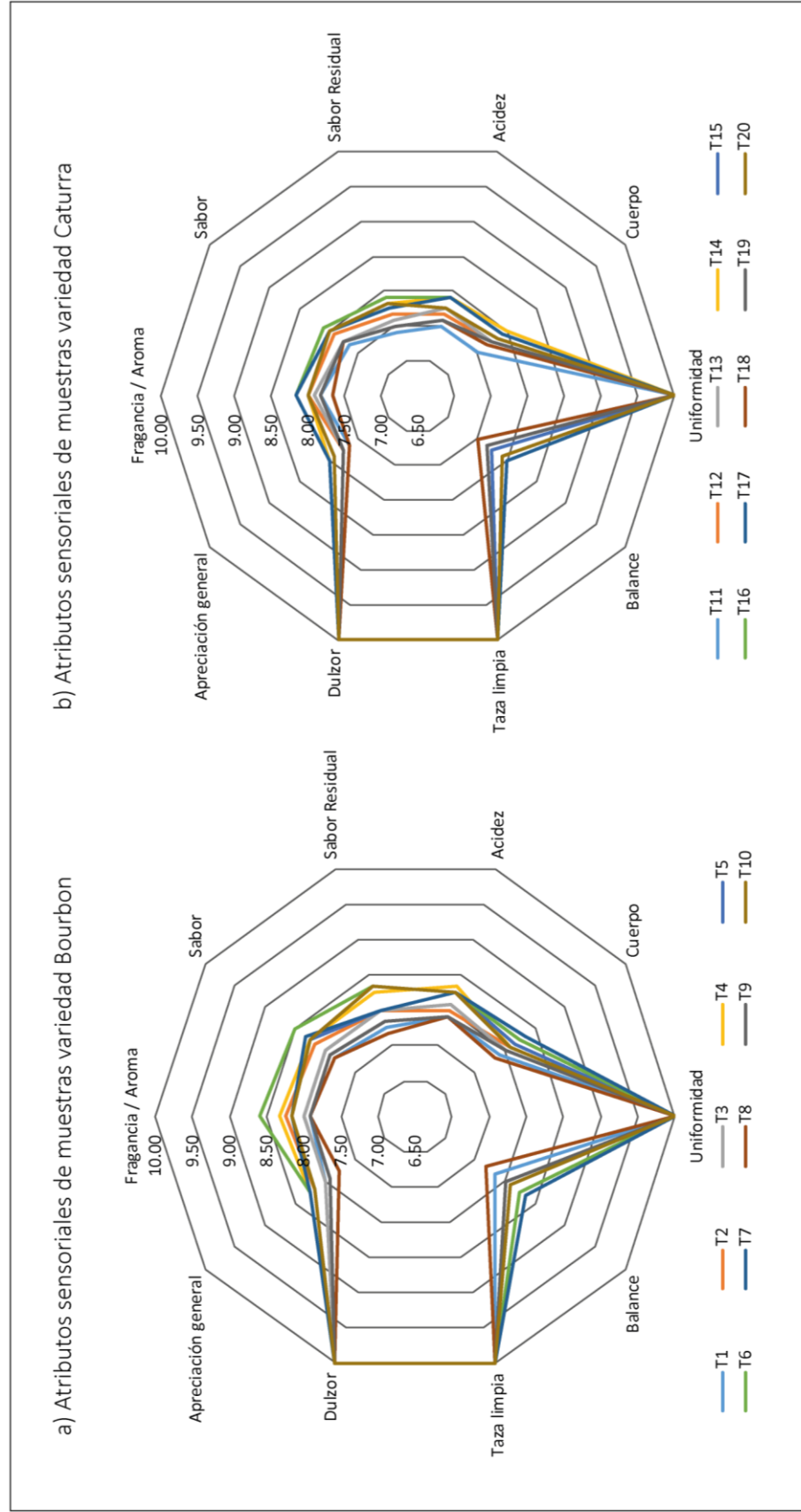
Se evaluó los resultados de los atributos sensoriales evaluados en las muestras según protocolo SCA de fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor y apreciación general de los tratamientos T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16, T17, T18, T19, T20, T1 y T2. Dichos resultados se encuentran en la Figura 6.

En la Figura 6 se observa que en cuanto a la variedad Bourbon para el atributo Fragancia/aroma y sabor, T6 obtuvo los puntajes más altos de 8.58 y 8.5 respectivamente; para sabor residual, T6 y T10 presentaron un mayor puntaje ambos de 8.33; en cuanto a acidez, T4 obtuvo el mayor puntaje con 8.33; para cuerpo, T7 obtuvo el puntaje más elevado de 8.33; para balance, T4 y T7 obtuvieron un mayor puntaje ambos de 8.33; para apreciación general, T4, T5, T6 y T7 obtuvieron 8.25 puntos siendo el mayor puntaje; asimismo, se puede observar que todos los tratamientos obtuvieron 10 puntos en los atributos de dulzor, uniformidad y taza limpia.

En cuanto a la variedad Caturra en la Figura 6 se observa que para el atributo Fragancia/aroma, T16 y T17 obtuvieron la puntuación más alta con 8.17; en sabor y sabor residual T16 obtuvo los mejores puntajes con 8.08 y 7.92 puntos respectivamente; para acidez, T14, T15, T16 y T17 obtuvieron el puntaje más elevado de 7.92; para cuerpo CC1T3 presentó el mayor puntaje con 8 puntos; para apreciación general T14, T16 y T17 presentaron el mejor puntaje con 8 puntos; para uniformidad, dulzor y taza limpia, todos los tratamientos obtuvieron 10 puntos.

**Figura 6**

*Diagrama de mallas de los atributos sensoriales de café tostado para la variedad Bourbon y Caturra*







Para el atributo Fragancia/Aroma el análisis de varianza (Tabla 1.1 Anexo 1) muestra que existe diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los diferentes tratamientos. La Tabla 1.2 Anexo 1, muestra la prueba de comparación múltiple, el análisis sugiere que algunos tratamientos varían significativamente en la puntuación de Fragancia/Aroma. Los resultados indican que el tratamiento T6 (Variedad Bourbon, Concentración 1%, Tiempo de 20 horas) obtuvo la puntuación más alta en fragancia/aroma con 8.58 puntos, diferenciándose significativamente de los demás tratamientos. Los resultados obtenidos concuerdan con Vilca (2014) donde, indica que la variedad y tiempo de fermentación influyen significativamente en el atributo fragancia/aroma. Asimismo, Tomapasca (2022), menciona que las fermentaciones prolongadas brindan mejores puntuaciones en el atributo aroma. Por otro lado, Cruz et al. (2021) mencionan que las levaduras son generadoras de importantes precursores del aroma, como azúcares reductores, aminoácidos y ácidos clorogénicos, y que su adición durante la fermentación de café incrementa las cualidades percibidas en fragancia/aroma. Este atributo es un factor importante a considerar tanto para los productores, comercializadores y consumidores finales ya que influye en la percepción de calidad, la experiencia sensorial y la decisión de compra (Vilca, 2014).

Para el atributo sabor en la Tabla 1.3 Anexo 1, el análisis de varianza indica que hay una diferencia significativa en sabor entre los diferentes tratamientos. La Tabla 1.4 Anexo 1, muestra resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey, el análisis sugiere que algunos tratamientos varían significativamente en la puntuación de sabor. El tratamiento T6 (Variedad Bourbon, Concentración 1%, Tiempo de 20 horas) obtuvo la puntuación más alta en sabor (8.5), diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. Los resultados obtenidos concuerdan con Wang et al., (2018) que afirman que las fermentaciones con adición de microorganismos modulan significativamente el



sabor del café, ayudando a generar y controlar nuevos perfiles sensoriales para obtener cafés diferenciados. Por otro lado, Gonzales y Sosa (2015), que afirman que los tiempos de fermentación más largos mejoran la calidad de la taza, y que elevan el puntaje individual para el atributo sabor. Según Mahingsapun et al. (2022), la fragancia y el sabor del café se desarrollan a lo largo del proceso de tostado, sin embargo, la calidad final del grano verde está influida por la especie y el tipo de proceso, y la fermentación desempeña papel fundamental en la producción de compuestos químicos como resultado de la actividad metabólica de los microorganismos. Según Vilca (2014), el sabor del café es su característica principal, abarcando desde las primeras impresiones del aroma y la acidez hasta el regusto final. Delgado (2017) menciona que la puntuación del sabor debe reflejar la intensidad, calidad y complejidad del sabor y aroma combinados.

Para sabor residual, en la Tabla 1.5 Anexo 1, el análisis de varianza indica que hay una diferencia significativa en sabor residual entre los diferentes tratamientos. La Tabla 1.6 Anexo 1, nos muestra resultados de la prueba de comparación múltiple, el análisis sugiere que algunos tratamientos varían significativamente en la puntuación de sabor residual e indica que los tratamientos T6 (Variedad Bourbon, Concentración 1%, Tiempo de 20 horas) y T10 (Variedad Bourbon, Concentración 1.5%, Tiempo de 24 horas) obtuvieron las puntuaciones más altas en sabor residual (8.333333 ambas), diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. Los resultados se asemejan a lo obtenido por Natividad (2011), donde halló que mejor tiempo de fermentación para el atributo sabor residual fue el de 20 horas y su segundo mejor tiempo fue 25 horas. Mara et al., 2022, mencionan que la inoculación microbiana modifica o intensifica algunos descriptores sensoriales de la bebida como sabor residual. Reis et al. (2014) señalan en su investigación que los tratamientos de café lavado con inóculo de levaduras exhibieron notables sensaciones y diferencias en comparación con el grupo de



control. Estos hallazgos sugieren un incremento tanto en el sabor como en el sabor residual, lo que condujo a una mayor aceptación por parte de los catadores.

Para Acidez, en la Tabla 1.7 Anexo 1, el análisis de varianza indica que hay una diferencia significativa en la acidez entre los diferentes tratamientos. La Tabla 1.8 Anexo 1, muestra los resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey, el análisis indica que el tratamiento T4 (Variedad Bourbon, Concentración 0.5%, Tiempo de 24 horas) obtuvo la puntuación más alta en acidez (8.333333), diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. Otros tratamientos como T5, T6, T7 y T10 también mostraron puntajes altos, pero con menor significancia. Los resultados obtenidos concuerdan con lo mencionado por Mara et al., (2022) donde afirman que se obtiene una correlación positiva puntuación/dulzor y acidez/cuerpo con fermentaciones inoculadas. Asimismo, Reis et al. (2014) encontró una mayor sensación de acidez con muestras fermentadas con *Saccharomyces cerevisiae*. Silva et al. (2017) menciona que las muestras fermentadas con *Saccharomyces cerevisiae* obtienen mayores puntajes que muestras sin adición de las mismas, y en cuanto al atributo acidez, este tratamiento aportó una delicada acidez de limón, caramelo y sabor dulce. Según Vilca (2014), la acidez es una característica sensorial que agrega complejidad, equilibrio y calidad al perfil de sabor del café. No se refiere a la acidez química medida por el pH, sino a las notas o sensaciones ácidas y brillantes que pueden variar desde suaves y equilibradas hasta más pronunciadas y cítricas. Esta acidez en la catación de café proviene principalmente de los ácidos orgánicos presentes en los granos de café, como el ácido málico, ácido cítrico o ácido tartárico, que aportan notas afrutadas como limón, manzana e incluso notas vínicas.

Para Cuerpo, en la Tabla 1.9 Anexo 1, el análisis de varianza indica que hay una diferencia significativa de cuerpo entre los diferentes tratamientos. La Tabla 1.10 Anexo 1, muestra resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey, algunos tratamientos



presentan diferencias significativas entre sí. Los resultados indican que el tratamiento T7 (Variedad Bourbon, Concentración C 1%, Tiempo 24 horas) obtuvo la puntuación más alta en el atributo cuerpo (8.333333), diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. Los resultados obtenidos concuerdan con Mara et al., (2022), que inoculó diferentes microorganismos en la fermentación de café, siendo la combinación de *L. plantarum* + *S. cerevisiae*, la combinación que favoreció en mayor medida al atributo cuerpo. Pereira et al., (2021) menciona que el atributo cuerpo y balance están principalmente correlacionados con un aumento en su puntuación individual en fermentaciones con inoculación de levaduras. Natividad (2011) señala que existe una relación directamente proporcional entre el tiempo de fermentación y la percepción del atributo de cuerpo en el café. Según Vilca (2014), el cuerpo es la sensación táctil y la textura física del café en la boca. Esta característica describe la sensación de peso, densidad y viscosidad del líquido en relación con la percepción del paladar y se determina por factores como la concentración de sólidos solubles en la bebida, aceites y compuestos lipídicos.

Para Balance, en la Tabla 1.11 Anexo 1, el análisis de varianza indica que hay una diferencia significativa de balance entre los diferentes tratamientos. La Tabla 1.12 Anexo 1, muestra resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey, el análisis indica que los tratamientos T4 (Variedad Bourbon, Concentración 0.5%, Tiempo 24 horas) y T7 (Variedad Bourbon, Concentración 1%, Tiempo 24 horas) obtuvieron las puntuaciones más altas en el atributo de balance (8.333333 ambos), diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. Los resultados obtenidos concuerdan con la evaluación realizada por Pereira et al., (2021), donde señala que la fermentación con cultivos iniciadores además de proporcionar una variedad de sabores frutales, frutos secos/almendra y ácido cítrico, lo que da como resultado una bebida más balanceada.



Según Vilca (2014) y la Specialty Coffee Association, (2015), el balance es la armonía entre los diferentes sabores y atributos sensoriales presentes en la taza. Un café equilibrado es aquel en el que ningún sabor o atributo predomina excesivamente sobre los demás, sino que todos están en proporciones adecuadas y se complementan entre sí.

Para la Apreciación final, en la Tabla 1.13 Anexo 1, el análisis de varianza indica que hay una diferencia significativa de apreciación general entre los diferentes tratamientos. La Tabla 1.14 Anexo 1, muestra resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey, según el análisis los tratamientos T4, T5, T6 y T7 obtuvieron las puntuaciones más altas en el atributo de apreciación general (8.25), diferenciándose significativamente del resto de los tratamientos. Los resultados obtenidos concuerdan con la evaluación realizada por Mahingsapun et al., (2022) donde indica que la adición de levaduras y la gestión cuidadosa de los parámetros de fermentación pueden mejorar la calidad del café e influir positivamente la apreciación del catador. De igual forma, Wang et al., (2018) sostienen que la incorporación de microorganismos durante el proceso de fermentación tiene un impacto considerable en el perfil de sabor del café, esto puede ser útil para crear y regular nuevos perfiles sensoriales, lo que permite la producción de cafés con características distintivas. Esto se evidencia en los puntajes diversos obtenidos en la evaluación del catador, lo que indica que los tratamientos tienen un efecto significativo en las características sensoriales del café, lo que se tradujo en la asignación de puntajes distintos. Según Palacios (2022), el puntaje del catador refleja la evaluación global de la muestra por parte del panelista. Una muestra con varios aspectos muy agradables pero que sin consistencia recibe aquí una puntuación baja. Un café que supera las expectativas en términos de carácter y refleja las cualidades gustativas de un determinado origen obtiene una buena puntuación. La evaluación del puntaje del catador se basa en la



experiencia y el conocimiento del catador, así como en los estándares de calidad establecidos por la industria del café.

Los resultados obtenidos de Uniformidad, taza limpia y dulzor no presentaron diferencias significativas ya que, en estos atributos, todos los tratamientos obtuvieron 10 puntos, los resultados obtenidos concuerdan con los rangos de puntuación de la Specialty Coffee Association (SCA, 2015), lo que indica que los tratamientos no tuvieron un efecto negativo en las muestras, ya que no se hallaron defectos o contaminaciones aromáticas. La SCA establece que cada taza de una muestra recibe 2 puntos, hasta un máximo de 10 puntos si las 5 tazas son idénticas, es decir, si no hay presencia de algún defecto o variación significativa. La uniformidad es crucial para asegurar que cada taza de café tenga un perfil sensorial coherente y de alta calidad. Según Vilca (2014), la uniformidad se logra a través de un proceso de producción controlado y es un indicador de consistencia en los atributos sensoriales del café. Cáceres (2023) señala que una "taza limpia" denota una evaluación positiva que indica la ausencia de defectos y sabores indeseados en la bebida. Esto se debe a una combinación de factores como la selección de granos, una producción cuidadosa, un tostado apropiado y un almacenamiento adecuado. Si alguna de las tazas presenta algún defecto, se restarán puntos según la intensidad del defecto encontrado (2 puntos si es leve y 4 puntos si es un factor de rechazo). La puntuación de dulzor no siempre está determinada por la cantidad de azúcar del café evaluado, sino por una mezcla de otros componentes que generan la percepción de dulzor o la ausencia de contaminaciones que afecten esta percepción. Según Vilca (2014), y apoyado por Mamani y Condori (2019), la impresión de dulzor está estrechamente ligada a la uniformidad del café.

## 4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS.

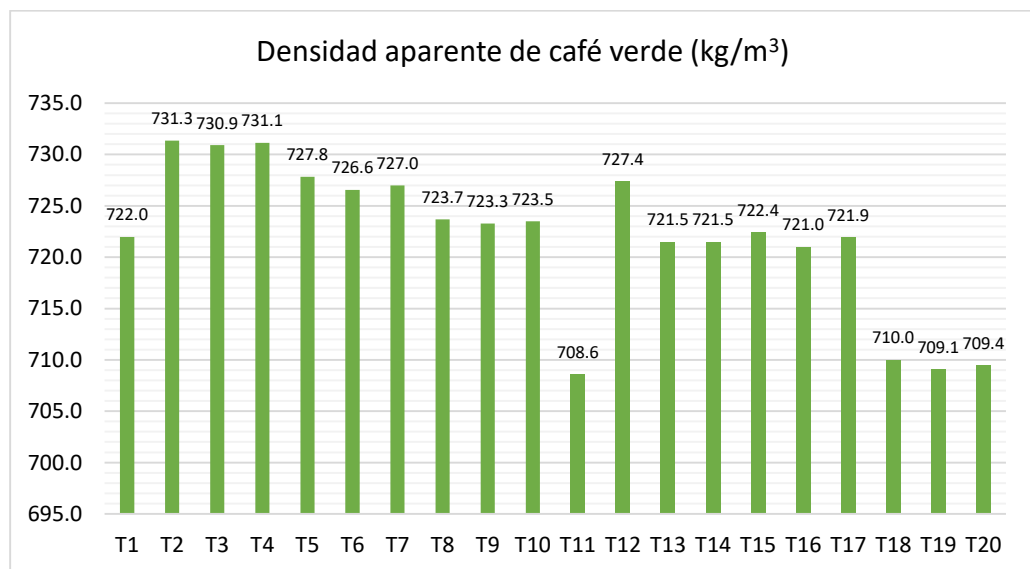
### 4.2.1. Densidad aparente

#### 4.2.1.1. Densidad aparente de café verde

En la Figura 17 se presenta el diagrama de barras respecto a la densidad de café verde de todos los tratamientos, donde el rango de densidad aparente de café verde oscila entre 708.6 g/ml y 731.3 g/ml. La muestra T4 tiene la densidad aparente más alta (731.3 g/ml), seguida por T3 y T5. La muestra T11 tiene la densidad aparente más baja (709.4 g/ml), seguida por las muestras T19 y T20.

**Figura 7**

*Comparación de medias de Densidad aparente entre Bourbon y Caturra*



En la Tabla 1.17 Anexo 1, el ANOVA indica una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos aplicados a los diferentes grupos de café verde. Este resultado sugiere que las variaciones en la variedad, concentración y tiempo de tratamiento afectan significativamente la densidad del café verde.



La Tabla 1.18 Anexo 1, muestra resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey, según el análisis los diferentes tratamientos generan variaciones significativas en la densidad. Las muestras T2, T4 y T3 se encuentran entre las de mayor densidad. Por otro lado, T5 y T12, aunque tienen densidades ligeramente menores, siguen siendo comparables a las muestras más densas. Conforme se analizan otras muestras como T6 y T8, se observa una disminución gradual en la densidad. Sugiriendo que ciertos tratamientos son menos efectivos para mantener la densidad del café verde. Los resultados destacan cómo los tratamientos que incluyen la combinación de variedad, concentración y tiempo de tratamiento influyen significativamente en la densidad del café verde, lo cual es crucial para la calidad del producto final.

Los resultados obtenidos concuerdan con la evaluación realizada por Vilca (2014), donde señala que la variedad Bourbon tiende a tener granos de café más densos que la variedad Caturra debido a su maduración más lenta y mayor concentración de nutrientes en el fruto. Además, Condori & Mamani (2019), en su investigación hallaron que diferentes pisos altitudinales tienen influencia en la densidad aparente de café variedad Bourbon, donde a mayor altitud, la densidad fue mayor. Quiliguango (2013) en sus registros de densidad de café variedad Caturra presenta la densidad comparando la misma por diferentes altitudes, donde observa una relación directamente proporcional entre densidad y altura.

Quiliguango (2013) menciona que una mayor densidad también se asocia con una mayor calidad sensorial del café. Esto puede influir en el proceso de tostado, requiriendo ajustes para lograr los mejores resultados sensoriales. Sin embargo, estas son tendencias generales y la densidad del café puede variar





considerablemente incluso dentro de la misma variedad, dependiendo de factores como el terroir y las prácticas agrícolas.

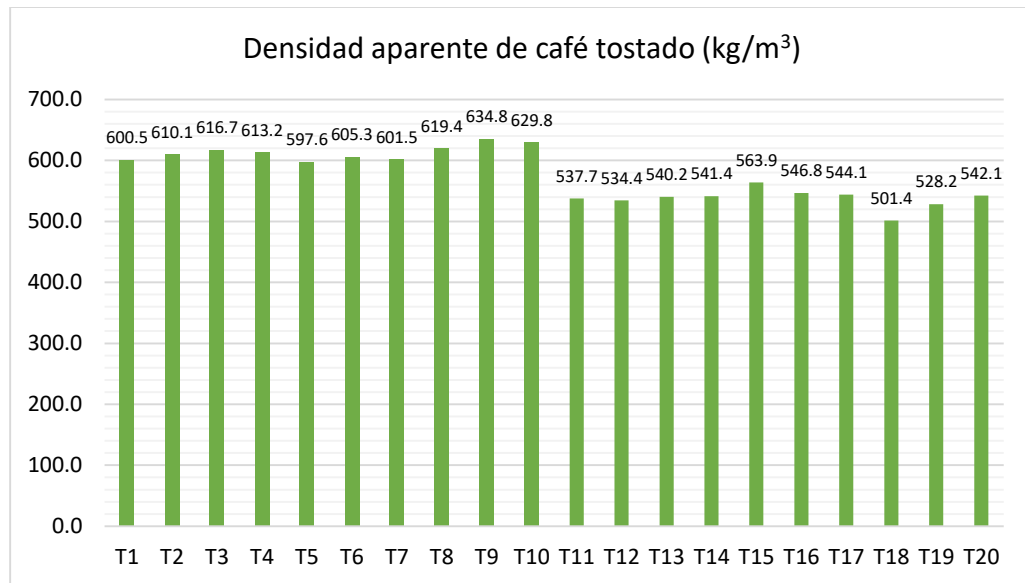
Según García et al, (2020) un café se considera de alta densidad cuando su densidad supera los 650 kilogramos por metro cúbico. Los granos Strickly Hard Bean (SHB), buscados especialmente en altitudes superiores a 1500 metros, tienen alta densidad debido al crecimiento más lento en entornos de gran altitud. La densidad del café es crucial durante el proceso de tostado. Los granos cultivados a altitudes superiores a 1200 metros tienen una textura compacta y corrugada, lo que los hace resistentes al calor y puede retrasar su desarrollo durante el tostado. En contraste, los granos de menor altitud (entre 600 y 1000 metros) tienen una apariencia más suave y no ofrecen resistencia al calor, por lo que deben tostarse a temperaturas más bajas para preservar sus cualidades.

#### **4.2.1.2. Densidad aparente de café tostado**

En la Figura 18 se presenta el diagrama de barras de la densidad aparente de café tostado, donde el rango de densidad aparente de café tostado oscila entre 501.4 g/ml y 634.8 g/ml. La muestra T9 tiene la densidad aparente más alta (634.8 g/ml), seguida por T10 y T8. La muestra T11 tiene la densidad aparente más baja (537.7 g/ml), seguida por las muestras T18 y T19.

**Figura 8**

*Comparación de medias de Densidad aparente entre Bourbon y Caturra*



En la Tabla 1.19 Anexo 1, se observa una diferencia significativa entre los tratamientos en cuanto a la densidad del café tostado. Los resultados muestran un valor F de 72.08, lo que indica una fuerte influencia de los tratamientos en la densidad del café tostado. Esta variabilidad resalta la importancia de los tratamientos en las características físicas del café tostado.

La Tabla 1.20 Anexo 1, muestra resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey, Se observa diferencias significativas en la densidad del café tostado entre los diferentes tratamientos. Se observaron varios grupos de tratamientos con densidades significativamente diferentes. Los tratamientos T9 y T10 mostraron las densidades más altas, mientras que T18 y T19 presentaron las densidades más bajas. Estas diferencias indican que los tratamientos tienen un impacto significativo en la densidad del café tostado, lo que puede influir en la calidad y las características del producto final.



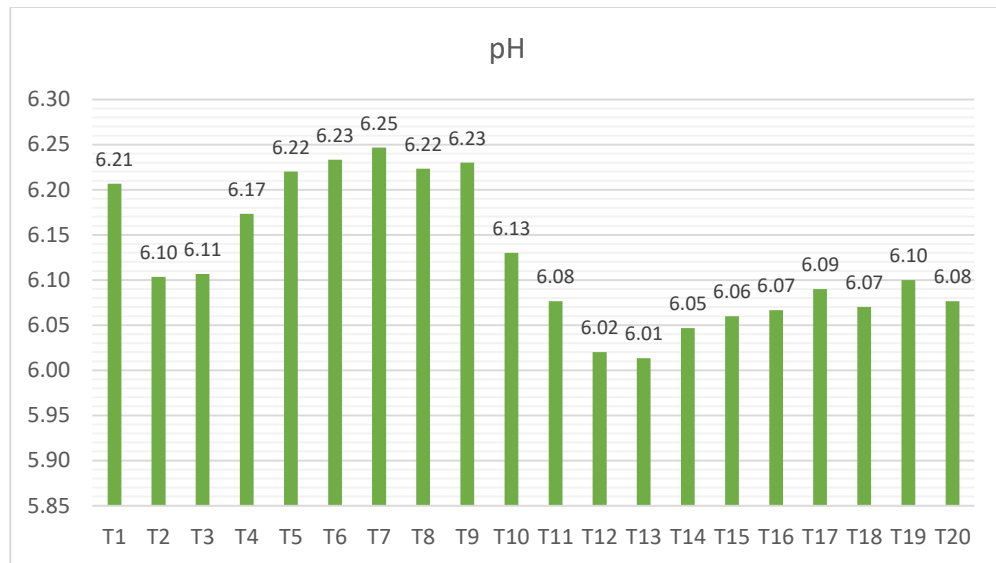
Los resultados obtenidos indican que las muestras de café verde con densidades aparentes más altas tienden a producir café tostado con densidades aparentes también más altas. Sin embargo, existen excepciones a esta tendencia, como se observa en muestras específicas como T15 y T1, donde las densidades aparentes en café tostado difieren significativamente a pesar de tener densidades aparentes similares en café verde. Esto indica que otros factores, como el proceso y el tueste, pueden influir en las densidades aparentes finales del café tostado. López, (2021) señala que la relación entre la densidad del café tostado y su calidad sensorial no es directa ni absoluta, pero puede existir una correlación en ciertos casos. La densidad del café tostado puede influir en aspectos como el cuerpo, la textura y la intensidad del sabor en la taza.

#### **4.2.2. PH**

Para el caso del pH en el café de la variedad Bourbon, en la Figura 19 se observa un valor máximo de 6,25 y un mínimo de 6,1; Además, un pH máximo de 6,1 y un mínimo de 6 para la variedad e Caturra; estos valores que sirven como referencia del máximo y mínimo pH determinado en el café.

**Figura 9**

*Comparación de medias de PH entre Bourbon y Caturra*



En la Tabla 1.21 Anexo 1, se observa diferencias significativas en el pH del café entre los diferentes tratamientos ( $p < 0.05$ ). El valor F de 72.08 indica una influencia notable de los tratamientos en el pH del café. Esto indica que los tratamientos que incluyeron combinaciones de variedad, concentración y tiempo afectaron significativamente el pH del café.

La tabla 1.22 Anexo 1, muestra los resultados de la prueba de comparación múltiple para el pH, el análisis mostró diferencias significativas en el pH del café entre los diferentes tratamientos. Se observaron varios grupos de tratamientos con valores de pH significativamente diferentes. El tratamiento T7 mostró un valor de pH más alto (6.246667), mientras que T13 mostró un valor de pH significativamente más bajo (6.013333). Indicando que los tratamientos tienen un impacto significativo en el pH del café, lo que puede afectar su acidez y su sabor.

Los resultados obtenidos concuerdan con lo señalado por Sánchez (2018) que menciona que el pH de café arábica se encuentra en rangos de 4.91 a 6.5 en



café con adición de levaduras *Saccharomyces cerevisiae*; asimismo, Valencia et al., (2015) señalan que el pH del café es muy importante para su sabor y debe estar entre 4,9 y 6,3. El café resulta demasiado ácido cuando el pH es inferior a 4,9, y más amargo cuando el pH es superior a 6,3.

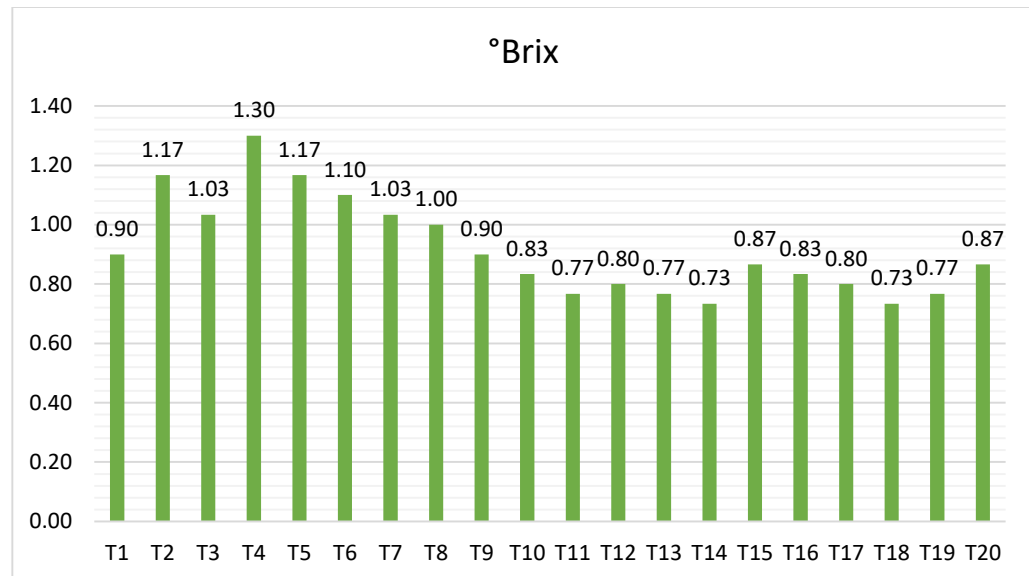
Comparando con el atributo sensorial acidez, se llega a la conclusión de que no hay una relación directa entre el pH y el atributo de acidez. Sin embargo, según los resultados obtenidos, las muestras con pH y puntaje del atributo de acidez más altos tienden a tener puntajes más altos en catación. Vilca (2014) menciona que el atributo sensorial acidez no se refiere a la acidez química medida por el pH, sino más bien a las notas o sensaciones ácidas y brillantes.

#### **4.2.3. °Brix**

En la Figura 20, se observa que existe variabilidad en los niveles de °Brix entre los diferentes tratamientos. Esto indica que diferentes tratamientos pueden tener efectos diferentes en los °Brix en la muestra.

**Figura 10**

*Comparación de medias de °Brix entre Bourbon y Caturra*



En la Tabla 1.23 Anexo 1, se observa diferencias significativas en el contenido de °Brix del café entre los diferentes tratamientos. Esto indica que los tratamientos tuvieron un impacto significativo en el contenido de azúcar del café, lo que puede afectar su sabor y calidad general.

La Tabla 1.24 Anexo 1, muestra una variabilidad significativa en los valores de °Brix entre los tratamientos. Los valores de °Brix varían desde 0.7333333 hasta 1.3. T4 del grupo obtuvo el valor más alto de °Brix (1.3), mostrando diferencias significativas con otras muestras. Estos resultados indican que los tratamientos que incluyen variaciones de variedad, concentración y tiempo de fermentación influyen significativamente en la concentración de azúcar en las muestras evaluadas. Sin embargo, los resultados muestran que no hay una tendencia directa entre °Brix y el puntaje en catación.

Los resultados obtenidos concuerdan con la investigación de Natividad (2011), donde menciona que el contenido de °Brix en las soluciones preparadas



en tipo cata está entre 0.7 y 1.3 °Brix, observando que el contenido de °Brix depende de la relación agua/café, el tamaño de las partículas de café molido, la temperatura del agua y el tiempo. Por otro lado, en su investigación Metilxantin (2015) encontró que los °Brix del café Arábica oscilan entre 0.8932 y 1.1331. Se trata de una diferencia menor que podría atribuirse al material de medición utilizado, dado la baja concentración de °Brix de la bebida de café.

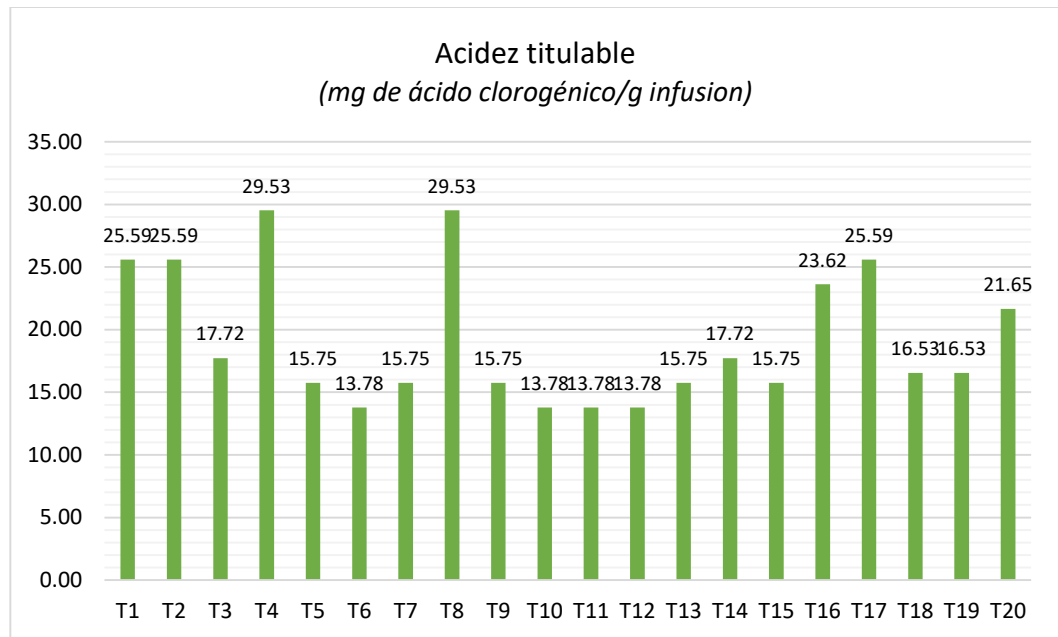
Sánchez (2018) menciona que, el contenido de sólidos solubles del café puede influir de su calidad, ya que contribuye en la percepción del cuerpo. Un equilibrio adecuado de sólidos solubles puede contribuir a que la experiencia de la cata sea más completa. Además, en la investigación y el desarrollo de la industria del café, la cuantificación de estos sólidos solubles es fundamental para comprender y desarrollar las propiedades distintivas de cada café.

#### **4.2.4. Acidez titulable**

En la Figura 21 se presenta el diagrama de barras con respecto a la acidez titulable de la infusión de café molido de todos los tratamientos.

**Figura 11**

*Comparación de medias de Acidez Titulable entre Bourbon y Caturra*



En la Tabla 1.25 Anexo 1, se observa diferencias significativas en la acidez titulable del café entre los diferentes tratamientos ( $p < 0.05$ ). El alto valor de F (72.08) indica que los tratamientos tienen un impacto significativo en la acidez titulable del café. Mostrando que los tratamientos en la acidez titulable del café.

La Tabla 1.26 Anexo 1, muestra los resultados de la prueba de comparación múltiple, se observa diferencias significativas en la acidez titulable del café entre los diferentes tratamientos. Se observan varios grupos de tratamientos con niveles de acidez significativamente diferentes. Los tratamientos T4 y T8 muestran el nivel más alto de acidez.

Los resultados obtenidos concuerdan con la evaluación realizada por Vega et al., (2021) y Parada et al., (2017), donde indican que la acidez titulable de Café Arabica se encuentra en rangos de 15 a 30 mg de ácido clorogénico/g. El aumento de la acidez puede deberse a un mayor tiempo de fermentación, como indican





Franca et al. (2004); Silva et al. (2014) afirman que el aumento de la acidez se ha asociado a la fermentación del café lo que resulta en una relación inversa con la calidad a mayor acidez, menor calidad. Sin embargo, Vega et al., (2021) mencionan que no hay una relación directa entre la acidez titulable y el puntaje en catación.

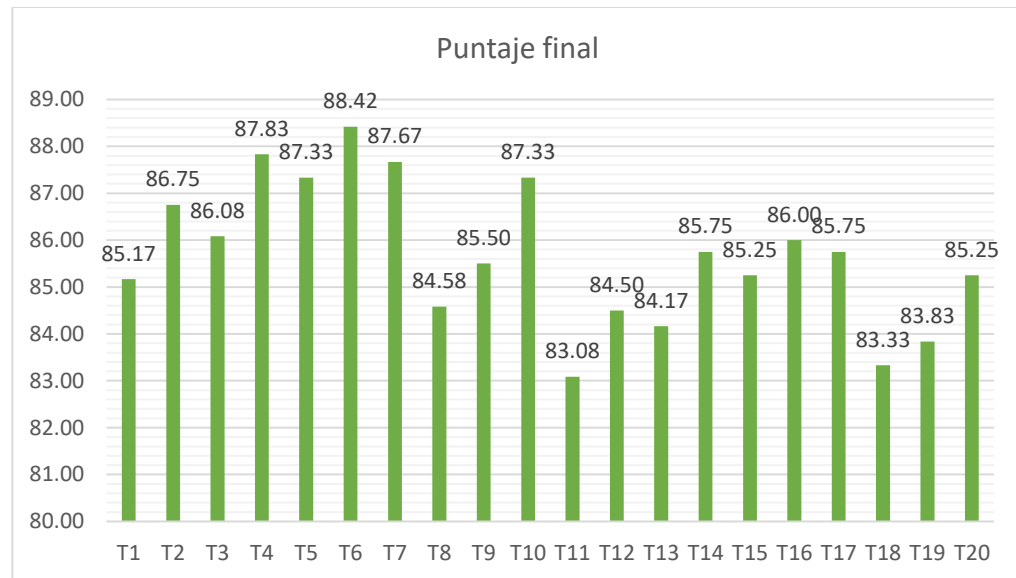
### **4.3. MEJOR PERFIL EN TAZA**

#### **4.3.1. Puntaje final**

En la Figura 21 se presenta el diagrama de barras con respecto al Puntaje final que es la suma de los puntajes por atributo de los tratamientos, donde los tratamientos T6 y T4, obtuvieron las puntuaciones más altas (88.42 y 87.83 puntos) teniendo en común que son de la variedad Bourbon. Para la variedad Caturra los tratamientos con mayor puntaje fueron T16 que obtuvo 86 puntos y T14 y T17 con 85.75 puntos. Todos los tratamientos pertenecen a grado de cafés especiales según la clasificación de la SCA. Dentro del cual, T11, T18, T19, T12, T13, T8 son clasificados como cafés “Premium o muy bueno” y T9, T14, T17, T16, T3, T2, T5, T10, T7, T4, T6 son clasificados como cafés “especialidad o excelente”. Denotando diferencias en la percepción sensorial de las muestras evaluadas.

**Figura 12**

*Comparación de medias de Puntaje final de los tratamientos*



En la Tabla 1.15 Anexo 1, El análisis de varianza revela diferencias significativas en el puntaje final de la evaluación sensorial del café entre los diferentes tratamientos. Esto indica que los tratamientos con combinaciones de variedad, adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempos de fermentación del café, tienen un impacto en su calidad en taza y producen distintos perfiles sensoriales.

La Tabla 1.16 Anexo 1, muestra resultados de la prueba de comparación múltiple Tukey donde los tratamientos T6 (Variedad Bourbon, Concentración 1%, Tiempo 20 horas) y T4 (Variedad Bourbon, Concentración 0.5%, Tiempo 24 horas) obtuvieron los puntajes más altos en el puntaje final de la evaluación sensorial del café, con valores de 88.41667 y 87.83333 respectivamente. Estos tratamientos se destacan significativamente del resto, indicando una percepción superior de calidad sensorial en comparación con los demás tratamientos.



Según los resultados obtenidos los mejores tratamientos por variedad fueron en Bourbon T6 con una puntuación final de 88.42, es el tratamiento que obtiene la puntuación más alta con un perfil sensorial descrito como: “Notas florales, albaricoque, guindones, pasas amarillas, frutos rojos, uva dulce con base a vainilla, acidez cítrica, cuerpo sedoso y un posgusto prolongado a frutos rojos” (Tabla 5.2 Anexo 5). Y para la variedad Caturra T16 obtuvo una puntuación final de 86 puntos, que es la más alta en esta variedad con un perfil sensorial descrito como “Notas a uva verde, manzana roja, pasas, base a chancaca, caramelo, chocolate, acidez málica media, cuerpo cremoso, posgusto duradero” (Tabla 5.2 Anexo 5).

El mejor tratamiento fue el que incluyó la combinación de variedad Bourbon con adición de 1% de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* con un tiempo de fermentación de 20 horas. Según la valoración de calidad según la Specialty Coffee Association (2015), todos los tratamientos resultaron en cafés de grado “especial” sin embargo el mejor tratamiento previamente mencionado tiene una valoración de café “excelente” dentro de esta clasificación.

Mahingsapun (2022) señala que empleando cultivos de partida y controlando los parámetros de fermentación es posible mejorar la calidad del café. Wang et al. (2018) y Pereira et al. (2021) mencionan que la inclusión de microorganismos durante la fermentación del café impacta en su perfil de sabor, permitiendo la creación perfiles sensoriales distintivos. Por otro lado, Reis et al. (2014) descubrieron que los tratamientos de café lavado inoculados con levaduras mejoran la aceptación por parte de los catadores al exhibir diferencias notables en comparación con el grupo de control. Mendoza (2019), sugiere que la calidad del café en taza aumenta con el tiempo de fermentación, hasta las 36 horas a 35°C.



Después de este punto, la calidad disminuye debido a la alta temperatura, que provoca fermentación alcohólica y la producción de hongos. Vilca (2014) destaca que la fermentación del café es crucial en el proceso de producción. Fermentaciones prolongadas, incompletas o mal reguladas pueden resultar en defectos sensoriales.

Según Condori y Mamani (2019), la calidad determina los precios de venta, lo que a su vez repercute en los ingresos económicos de los productores. La creciente demanda de cafés especiales ha impulsado el valor económico de los granos de alta calidad. Esto puede beneficiar a las comunidades productoras, ya que los caficultores de cafés especiales suelen obtener tarifas más justas por sus cosechas. Cáceres (2023) afirma que las puntuaciones en las catas son una herramienta para diferenciarse en un mercado saturado. Las puntuaciones de cata influyen en los precios del café al aumentar el valor percibido, justificar la calidad y diferenciar las marcas en el mercado. Los cafés con puntuaciones altas reciben una atención especial y pueden comercializarse a precios más altos debido a la demanda de los consumidores de experiencias cafeteras extraordinarias.



## V. CONCLUSIONES

El tratamiento realizado con variedad Bourbon, adición de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* de 1% y tiempo de fermentación de 20 h, destacó por tener puntuaciones más altas en fragancia/aroma, sabor y sabor residual; siendo la variedad, la concentración de cepas y tiempo de fermentación relevantes para obtener una mayor puntuación de los atributos sensoriales del café tostado.

La variedad, concentración de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempo de fermentación afectaron las características fisicoquímicas de los cafés evaluados; obteniendo cafés de alta densidad. El pH influyó en las puntuaciones finales de la evaluación sensorial. Mientras que los °Brix no influyen en las puntuaciones finales en la evaluación sensorial. La acidez titulable mostró una tendencia inversa respecto a la puntuación final.

Los tratamientos que incluyen variedad, concentración de cepas de *Saccharomyces cerevisiae* y tiempo de fermentación, mejoraron la puntuación final y modificaron el perfil en taza. La variedad Bourbon, con 1% de cepas de *Saccharomyces* y 20 horas de fermentación se clasificó como “excelente”.



## VI. RECOMENDACIONES

Para comprobar si existe un patrón general se aconseja evaluar la calidad fisicoquímica y sensorial tomando en cuenta otros factores como altitud, zona de producción, clima, temperatura, entre otros.

Realizar estudios adicionales para determinar las condiciones óptimas de fermentación que produzcan el mejor perfil sensorial como el factor temperatura.

Realizar una caracterización de los constituyentes del grano de café y el factor microbiológico por variedades.

Investigar de otros microorganismos que puedan mejorar la calidad del café.

Evaluar la sostenibilidad e impacto ambiental que produce la adición de levaduras para la fermentación del café.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Atarés, L. 2015. Determinación de la porosidad. Departamento de Tecnología de Alimentos. Universidad Politécnica de Valencia.
- Batista da Mota, M. C., Batista, N. N., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2022). Impact of microbial self-induced anaerobiosis fermentation (SIAF) on coffee quality. *Food Bioscience*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101640>
- Caballero, J. y Cruz, F. (2015). La fermentación y el secado del café. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Chiapas, México. Disponible en: <http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/4340/doc09070020160425170401.pdf?sequence=1>
- Camizán, R. (2020). Evaluación del tiempo de fermentación de café (*Coffea arábica* L.), en relación a la calidad organoléptica [Universidad Señor de Sipán]. <https://orcid.org/0000-0001-9930-3076>
- Carbajal, I., Pilco, H., García, F., Coronel, I., González, J., Cabanillas, L. (2021). Fermentador inteligente con tecnología de fermentación controlada para estandarizar procesos de fermentación de cafés de especialidad. *Revista Agrotecnológica Amazónica*. <https://doi.org/10.51252/raa.v2i1.303>
- Carrasco, M. (2020). “Caracterización del proceso de beneficio para cafés especiales en las variedades altamente productivas de la Cooperativa agraria Norandino”. Facultad de Ingeniería Industrial. Universidad Nacional De Piura.
- Coffee Quality Institute. (2014). ¿Qué es un Q Grader? <https://www.coffeeinstitute.org>



- Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo (PROMPERÚ). (2023). Perú en el top diez de productores de café arábico a nivel mundial. Nota de prensa. <https://www.gob.pe/institucion/promperu/noticias/823939-peru-en-el-top-diez-de-productores-de-cafe-arabico-a-nivel-mundial>
- Cruz, R., Piraneque, N., Aguirre, S. (2021). Microbial diversity associated with spontaneous coffee bean fermentation process and specialty coffee production in northern Colombia. *International Journal of Food Microbiology* 354 (2021) 109282. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109282>
- Da Mota, M. C. B., Batista, N. N., Rabelo, M. H. S., Ribeiro, D. E., Borém, F. M., & Schwan, R. F. (2020). Influence of fermentation conditions on the sensorial quality of coffee inoculated with yeast. *Food Research International*, 136, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109482>
- Díaz, A. (2006). Efecto del reposo de café pergamino lavado, en agua limpia, con dos variedades comerciales respecto a la calidad de la taza. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Facultad de Ciencias Agrícolas y Ambientales, 91 pags.
- Dirección de Estudios Económicos y Dirección general de Políticas Agrarias. (2022) Observatorio de commodities. Café. MINISTERIO DE DESARROLLO AGRARIO Y RIEGO. Boletín Trimestral N°04-2022.
- Peláez, A. (2018) Manual del tostador de café. Educafes.
- Elhalis, H., Cox, J., Frank, D., & Zhao, J. (2020). The crucial role of yeasts in the wet fermentation of coffee beans and quality. *International Journal of Food Microbiology*, 333. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108796>





- Figuroa E., Pérez, F., Godínez, L. (2015). La producción y el consumo del café.  
ECORFAN- Spain
- FUNDES. (2012). Manual del café. Segunda edición. Lima, Perú. p: 13-37.
- Guevara, S. (2019). Fermentación de café (*Coffea arabica*), variedad Catimor, utilizando diferentes concentraciones de cepas de *Saccharomyces cerevisiae*. Universidad Nacional de Jaén.
- ILLY, A., & VIANI, R. (2005). Espresso Coffee: The science of quality (Second).  
California
- Julca, A, Alvarado, L. Borjas, R. Castro, V. León, F. Valderrama, D. Bello, S. (2023) VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea arabica*), UNA REVISIÓN Y ALGUNAS EXPERIENCIAS EN EL PERÚ. Variedades de café (*Coffea arabica*), una revisión y algunas experiencias en el Perú. Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales, Bolivia. vol.10, n°. pág. 134-155. DOI: 10.53287/ruyx4519vm15b
- Louzada, L., Carvalho, R., Fontes, P., Moreira, V., Alexandre, C., Rizzo, T., & Schwengber, C. (2020). New propositions about coffee wet processing: Chemical and sensory perspectives. Food Chemistry, 310. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125943>
- Mahingsapun, R., Tantayotai, P., Panyachanakul, T., Samosorn, S., Dolsophon, K., Jiamjariyatam, R., Lorliam, W., Srisuk, N., & Krajangsang, S. (2022). Enhancement of Arabica coffee quality with selected potential microbial starter culture under controlled fermentation in wet process. Food Bioscience, 48. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.101819>



- Mara de Jesus, D., Nara, N., Calixto, H., Oliveira, J., Ribeiro, D., & Freitas, R. (2022). Coinoculation of lactic acid bacteria and yeasts increases the quality of wet fermented Arabica coffee. *International Journal of Food Microbiology*, 369. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2022.109627>
- Martinez, M. (2021). Efecto del uso de *Saccharomyces cerevisiae* bajo condiciones fermentativas en la calidad de taza del café (*Coffea arabica* L.) en el cantón Loja.
- Muñoz, L. y Gallegos, M. (2016). Programa de sensibilización para la producción de café orgánico en el distrito de la peca departamento de Amazonas (Tesis de pregrado). Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Disponible en: [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1445/1/Mu%C3%B1oz\\_Leanita\\_Programa%20Sensibilizacion\\_Produccion.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/1445/1/Mu%C3%B1oz_Leanita_Programa%20Sensibilizacion_Produccion.pdf)
- Osorio, V. (2021). La calidad del Café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café, Guía más agronomía, más productividad, más calidad (3a ed., pp. 219–234). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0014\\_12](https://doi.org/10.38141/10791/0014_12)
- Palacios, F., Huanayama, P. (2023). Análisis sensorial del café catimor (*Coffea arabica*) inoculado con cepas de *Saccharomyces cerevisiae* en dos sistemas de fermentación. *Revista Pakamuros*, Volumen 11, Número 1 <https://doi.org/10.37787/pakamuros-unj.v11i1.363>
- Paz, C. (2009). La catación y la acreditación CQI. (en línea). Consultado el 13 de marzo de 2014.
- Parada, M., Caballero, L., Rivera, Ma. (2017) CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DE TRES VARIEDADES DE CAFÉ TOSTADO Y MOLIDO CULTIVADOS EN NORTE DE SANTANDER. @LIMENTECH



- Peñuela, A. E., Romero, M., & Zapata, A. D. (2021). Functional diversity of microbial communities associated with fermentation processes in coffee (*Coffea arabica* L.). *Coffee Science*, 16. <https://doi.org/10.25186/.V16I.1825>
- Pereira, A., Juliana, S., Inácio, A., Meira, F., & Freitas, R. (2021). Influence of yeast inoculation on the quality of fermented coffee (*Coffea arabica* var. Mundo Novo) processed by natural and pulped natural processes. *International Journal of Food Microbiology*, 343. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109107>
- Pereira, A., Juliana, S., Nara, N., Pavesi, J., Ribeiro, D., & Freitas, R. (2021). Co-inoculation of yeasts starters: A strategy to improve quality of low altitude Arabica coffee. *Food Chemistry*, 361. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130133>
- Pereira, T. S., Batista, N. N., Santos Pimenta, L. P., Martinez, S. J., Ribeiro, L. S., Oliveira Naves, J. A., & Schwan, R. F. (2022). Self-induced anaerobiosis coffee fermentation: Impact on microbial communities, chemical composition and sensory quality of coffee. *Food Microbiology*, 103. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2021.103962>
- Puerta, G. (2010). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. *Cenicafé*
- Puerta, G. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Cenicafé*.
- Puerta, G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Cenicafe*, Colombia. Disponible en: <http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/558/1/avt0454.pdf>



- Quiliguango, R. (2013). Influencia de cuatro métodos de beneficio sobre la calidad física y organoléptica del café arábigo (*Coffea arabica* L.) en dos pisos altitudinales del noroccidente de Pichincha. Universidad Central Del Ecuador. Facultad De Ciencias Agrícolas.
- Quinde, N. (2020). FERMENTACIÓN EN EL CAFÉ (*Coffea* Arábica) DE LA VARIEDAD CATIMOR ADICIONANDO PIÑA (*Ananas Comosus*) CON FINES SENSORIALES. Universidad Nacional de Piura.
- Reis, Susana, Ferreira, S., Pedrozo da Cruz, M., de Souza, C., Marques, A., Ferreira, W., & Freitas, R. (2014). Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. *Food Research International*, 61, 183–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>
- Rojo, E. (2014). *Café I*. Universidad Complutense de Madrid Departamento Biología Vegetal. Madrid.
- Sanchez, I. (2018). Efecto de la adición de levadura (*Saccharomyces* sp) en el proceso de fermentación de café (*Coffea arabica*). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- SÁNCHEZ, R. C. (2005). *Cultivo, Producción y comercialización del café*. Ed. Ripalme. Lima, Perú. p: 10-89.
- Silva, L., da Cruz Pedrozo, M., Juliana, S., Pereira, A., Reis, S., Ferreira, C., & Freitas, R. (2020). The use of mesophilic and lactic acid bacteria strains as starter cultures for improvement of coffee beans wet fermentation. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 36(12). <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02963-7>



- Sullca, M. (2022). Influencia de la fermentación y secado en la calidad sensorial del café (Coffea Arábica L.) cultivar catimor en Andihuela - Santa Teresa - La Convención - Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad De Cusco.
- Taveira, J. H. S., Borem, F. M., Figueiredo, L. P., Reis, N., Franca, A. S., Harding, S. A. (2014). Potential markers of coffee genotypes grown in different Brazilian regions: A metabolomics approach. *Food Research International*, 61, 75e82.
- Valencia, J., Pinzón M., Gutiérrez R. (2015). Caracterización físicoquímica y sensorial de tazas de café producidas en el departamento del Quindío. Grupo de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad del Quindío.
- Van Pee, W.; Castelein, J. M. (1972.) Study of the pectinolytic microflora, particularly the Enterobacteriaceae, from fermenting coffee in the Congo. *Journal of Food Science*, v. 37, p. 171–174
- Vega, A., De León, J., Reyes, S., Gallardo, J. (2021) Modelo matemático para determinar la correlación entre parámetros físicoquímicos y la calidad sensorial de café Geisha y Pacamara de Panamá. *Información Tecnológica*. Vol. 32(1), 89-100  
<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642021000100089>
- Velasquez, R. 2019. Guía de variedades de café. Anacafé
- Vilela, D., Pereira, G., Silva, C. F., Batista, L. R.; Schwan, L. R. (2010.) Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (Coffea arabica L.). *Food Microbiology*.
- Vinícius, G. (2015). The potential use of yeast starter cultures to improve the fermentation and quality of coffee during wet processing: selection, implementation and sensorial effects. Universidade Federal do Paraná.



- Wang, C., Sun, J., Lassabliere, B., Yu, B., & Liu, S. Q. (2020a). Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris*. *LWT*, 120. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108930>
- Wang, C., Sun, J., Lassabliere, B., Yu, B., & Liu, S. Q. (2020b). Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by *Saccharomyces cerevisiae* and *Pichia kluyveri*: Part II. Mixed cultures with or without lactic acid bacteria. *Food Research International*, 136. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109452>
- Wang, C., Sun, J., Lassabliere, B., Yu, B., Zhao, F., Zhao, F., Chen, Y., & Liu, S. Q. (2019). Potential of lactic acid bacteria to modulate coffee volatiles and effect of glucose supplementation: fermentation of green coffee beans and impact of coffee roasting. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 99(1), 409–420. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9202>



## ANEXOS

**ANEXO 1.** Resultados de los análisis estadísticos (ANOVA y TUKEY) de la calidad sensorial y características fisicoquímicas

**Tabla 1.1**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial (fragancia/aroma)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	2.392	1.26E-01	4.167	7.15E-05
Residuals	40	1.208	3.02E-02		

**Tabla 1.2**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación de fragancia/aroma.*

	Valor	Grupos
T6	8.583333	a
T4	8.333333	ab
T2	8.25	ab
T5	8.166667	abc
T7	8.166667	abc
T10	8.166667	abc
T16	8.166667	abc
T17	8.166667	abc
T3	8	bc
T12	8	bc
T14	8	bc
T15	8	bc
T20	8	bc
T1	7.916667	bc
T8	7.916667	bc
T9	7.916667	bc
T13	7.916667	bc
T11	7.833333	bc
T19	7.833333	bc
T18	7.666667	c



**Tabla 1.3**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial (Sabor)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	2.8448	1.50E-01	13.07	1.18E-11
Residuals	40	0.4583	1.15E-02		

**Tabla 1.4**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación de sabor.*

	Valor	groups
T6	8.5	a
T7	8.333333	ab
T4	8.25	abc
T5	8.25	abc
T10	8.25	abc
T2	8.166667	bcd
T16	8.083333	bcde
T3	8	cdef
T14	8	cdef
T15	8	cdef
T17	8	cdef
T20	8	cdef
T9	7.916667	defg
T12	7.916667	defg
T1	7.833333	efg
T8	7.833333	efg
T13	7.75	fg
T18	7.75	fg
T19	7.75	fg
T11	7.666667	g





**Tabla 1.5**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial (Sabor residual)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	3.97	2.09E-01	10.56	3.40E-10
Residuals	40	0.792	1.98E-02		

**Tabla 1.6**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación del sabor residual.*

	Valor	groups
T6	8.333333	a
T10	8.333333	a
T4	8.25	ab
T2	8	abc
T3	8	abc
T5	8	abc
T7	8	abc
T16	7.916667	abcd
T9	7.833333	bcde
T14	7.833333	bcde
T20	7.833333	bcde
T1	7.75	cde
T15	7.75	cde
T17	7.75	cde
T8	7.666667	cde
T12	7.666667	cde
T13	7.583333	cde
T18	7.5	de
T19	7.5	de
T11	7.416667	e



**Tabla 1.7**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial (Acidez)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	3.483	1.83E-01	11.73	6.58E-11
Residuals	40	0.625	1.56E-02		

**Tabla 1.8**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación del Acidez.*

	Valor	groups
T4	8.333333	a
T5	8.25	ab
T6	8.25	ab
T7	8.25	ab
T10	8.25	ab
T3	8.083333	abc
T2	8	abcd
T1	7.916667	bcde
T8	7.916667	bcde
T9	7.916667	bcde
T14	7.916667	bcde
T15	7.916667	bcde
T16	7.916667	bcde
T17	7.916667	bcde
T13	7.75	cdef
T20	7.75	cdef
T12	7.666667	def
T18	7.583333	ef
T19	7.583333	ef
T11	7.5	f



**Tabla 1.9**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial (cuerpo)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	2.328	1.23E-01	7.842	2.72E-08
Residuals	40	0.625	1.56E-02		

**Tabla 1.10**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación del Cuerpo.*

	Valor	groups
T7	8.333333	a
T6	8.25	ab
T5	8.166667	abc
T2	8.083333	abcd
T4	8.083333	abcd
T10	8.083333	abcd
T3	8	abcde
T9	8	abcde
T14	8	abcde
T1	7.916667	bcde
T15	7.916667	bcde
T16	7.916667	bcde
T17	7.916667	bcde
T8	7.833333	cdef
T20	7.833333	cdef
T12	7.75	def
T13	7.75	def
T19	7.75	def
T18	7.666667	ef
T11	7.5	f



**Tabla 1.11**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial (Balance)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	2.328	1.23E-01	7.842	2.72E-08
Residuals	40	0.625	1.56E-02		

**Tabla 1.12**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación de la Balance.*

	Valor	groups
T4	8.333333	a
T7	8.333333	a
T5	8.25	ab
T6	8.25	ab
T2	8.083333	abc
T10	8.083333	abc
T3	8	abcd
T9	8	abcd
T14	8	abcd
T16	8	abcd
T17	8	abcd
T20	7.916667	bcd
T1	7.833333	cde
T12	7.75	cde
T15	7.75	cde
T8	7.666667	de
T13	7.666667	de
T19	7.666667	de
T11	7.5	e
T18	7.5	e



**Tabla 1.13**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial Apreciación general*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	2.0667	1.09E-01	10.44	4.02E-10
Residuals	40	0.4167	1.04E-02		

**Tabla 1.14**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación de la Apreciación general.*

	Valor	groups
T4	8.25	a
T5	8.25	a
T6	8.25	a
T7	8.25	a
T2	8.166667	ab
T10	8.166667	ab
T1	8	abc
T3	8	abc
T14	8	abc
T16	8	abc
T17	8	abc
T11	7.916667	bcd
T9	7.916667	bcd
T15	7.916667	bcd
T20	7.916667	bcd
T8	7.75	cd
T12	7.75	cd
T13	7.75	cd
T19	7.75	cd
T18	7.666667	d



**Tabla 1.15**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación sensorial (Puntaje Final)*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	132.51	6.97E+00	148.8	<2e-16
Residuals	40	1.88	4.70E-02		

**Tabla 1.16**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la puntuación de la Puntaje final.*

	Valor	groups
T6	88.41667	a
T4	87.83333	ab
T7	87.66667	b
T5	87.33333	bc
T10	87.33333	bc
T2	86.75	cd
T3	86.08333	de
T16	86	e
T14	85.75	ef
T17	85.75	ef
T9	85.5	ef
T15	85.25	fg
T20	85.25	fg
T1	85.16667	fgh
T8	84.58333	ghi
T12	84.5	hij
T13	84.16667	ij
T19	83.83333	jk
T18	83.33333	kl
T11	83.08333	l

**Tabla 1.17**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación de densidad en café verde*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	0.008873	4.67E-04	72.08	<2e-16
Residuals	40	0.000259	6.50E-06		

**Tabla 1.18**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la densidad de café verde*

	Valor	groups
T2	731.3441	a
T4	731.1230	a
T3	730.9020	a
T5	727.8341	ab
T12	727.3957	ab
T7	726.9798	abc
T6	726.5535	abcd
T8	723.6917	abcde
T10	723.4853	bcde
T9	723.2790	bcde
T15	722.3915	bcde
T1	721.9571	bcde
T17	721.9262	cde
T13	721.4819	de
T14	721.4819	de
T16	720.9974	e
T18	709.9894	f
T20	709.4444	f
T19	709.0816	f
T11	708.5750	f

**Tabla 1.19**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación de densidad en café tostado*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	0.26169	1.38E-02	49.22	<2e-16
Residuals	40	0.01119	2.80E-04		

**Tabla 1.20**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en la densidad de café verde*

	Valor	groups
T9	1.0760135	a
T10	1.0673741	b
T8	1.0499036	c
T3	1.0452142	cd
T4	1.0393271	de
T2	1.0340635	e
T6	1.0258716	f
T7	1.0194829	fg
T1	1.0178795	g
T5	1.0128835	g
T15	0.9557542	h
T16	0.9268242	i
T17	0.9221377	ij
T20	0.9188907	j
T14	0.9176416	jk
T13	0.9155252	jk
T11	0.9112911	kl
T12	0.9058449	l
T19	0.8952921	m
T18	0.8498933	n





**Tabla 1.21**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación pH*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	0.3387	1.78E-02	209.7	<2e-16
Residuals	40	0.0034	8.50E-05		

**Tabla 1.22**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en pH.*

	Valor	groups
T7	6.246667	a
T6	6.233333	ab
T9	6.23	ab
T8	6.223333	ab
T5	6.22	ab
T1	6.206667	b
T4	6.173333	c
T10	6.13	d
T3	6.106667	de
T2	6.103333	def
T19	6.1	ef
T17	6.09	efg
T11	6.076667	fgh
T20	6.076667	fgh
T18	6.07	ghi
T16	6.066667	ghi
T15	6.06	hi
T14	6.046667	ij
T12	6.02	jk
T13	6.013333	k



**Tabla 1.23**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación °Brix*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	1.5632	8.23E-02	22.44	1.27E-15
Residuals	40	0.1467	3.67E-03		

**Tabla 1.24**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en °Brix.*

	Valor	grupos
T4	1.3	a
T2	1.1666667	ab
T5	1.1666667	ab
T6	1.1	b
T3	1.0333333	bc
T7	1.0333333	bc
T8	1	bcd
T1	0.9	cde
T9	0.9	cde
T15	0.8666667	cde
T20	0.8666667	cde
T10	0.8333333	de
T16	0.8333333	de
T12	0.8	e
T17	0.8	e
T11	0.7666667	e
T13	0.7666667	e
T19	0.7666667	e
T14	0.7333333	e
T18	0.7333333	e



**Tabla 1.25**

*Análisis de varianza (ANOVA) con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), para la evaluación Acidez titulable*

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Tratamiento	19	1671	8.80E+01	11.23	1.31E-10
Residuals	40	313.4	7.83E+00		

**Tabla 1.26**

*Prueba de comparación múltiple (TUKEY) para la presentación, Variedad, Concentración y Tiempo con un nivel confianza del 95 % y una significancia de ( $p < 0.05$ ), en Acidez titulable.*

	Valor	groups
T4	29.525	a
T8	29.525	a
T1	25.58833	ab
T2	25.58833	ab
T17	25.58833	ab
T16	23.62	abc
T20	21.65167	abcd
T3	17.715	bcd
T14	17.715	bcd
T19	16.534	cd
T18	16.534	cd
T5	15.74667	cd
T7	15.74667	cd
T9	15.74667	cd
T13	15.74667	cd
T15	15.74667	cd
T11	13.77833	d
T6	13.77833	d
T10	13.77833	d
T12	13.77833	d



## ANEXO 2. Formato de catación SCA

Formato de Catación de Catés Especiales Según Protocolo CSAA													
Clasificación: 6.00 - Bueno 7.00 - Muy Bueno 8.00 - Excelente 9.00 - Extraordinario 6.25                    7.25                    8.25                    9.25 6.50                    7.50                    8.50                    9.50 6.75                    7.75                    8.75                    9.75													
Nombre: _____ Fecha: _____													
<b>Muestra</b>	B Nivel de Tueste	Fragancia/Aroma	Sabor	acidez	cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Defectos (substract)	# Tazas	Intensidad	Suma	
	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10
	seco	Qualidades Espuma	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10
	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2
	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4
	Notiz:												
<b>Puntaje Final</b>													
<b>Muestra</b>	B Nivel de Tueste	Fragancia/Aroma	Sabor	acidez	cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Defectos (substract)	# Tazas	Intensidad	Suma	
	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
	seco	Qualidades Espuma	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10
	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2
	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4
	Notiz:												
<b>Puntaje Final</b>													
<b>Muestra</b>	B Nivel de Tueste	Fragancia/Aroma	Sabor	acidez	cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Defectos (substract)	# Tazas	Intensidad	Suma	
	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
	seco	Qualidades Espuma	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10
	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2
	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4
	Notiz:												
<b>Puntaje Final</b>													
<b>Muestra</b>	B Nivel de Tueste	Fragancia/Aroma	Sabor	acidez	cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Puntaje Catador	Defectos (substract)	# Tazas	Intensidad	Suma	
	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	Total:	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
	seco	Qualidades Espuma	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	Intensidad Alto	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	
	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	Dulzor	
	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10	6 7 8 9 10
	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2	Ligerio=2
	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4	Rechazo=4
	Notiz:												
<b>Puntaje Final</b>													

### ANEXO 3. Controles durante la fermentación

Código	TIEMPO (horas)																																						
	Inicial			2h			4h			6h			8h			10h			12h			14h			16h			18h			20h			22h			24h		
	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH	T (°C)	°Brix	PH			
PatronB	21.3	7.9	15.5	21.5	7.65	15.2	21.7	7.4	14.9	21.9	7.15	14.6	22.1	6.9	14.3	22.3	6.65	14	22.5	6.4	13.7	22.7	6.15	13.4	22.9	5.9	13.1												
BC1T1	21.3	7.9	15.5	21.5	7.65	15.2	21.7	7.4	14.9	21.9	7.15	14.6	22.1	6.9	14.3	22.3	6.65	14	22.5	6.4	13.7	22.7	6.15	13.4	22.9	5.9	13.1												
BC1T2	21.3	7.9	15.5	21.5	7.65	15.2	21.7	7.4	14.9	21.9	7.15	14.6	22.1	6.9	14.3	22.3	6.65	14	22.5	6.4	13.7	22.7	6.15	13.4	22.9	5.9	13.1												
BC1T3	21.3	7.9	15.5	21.5	7.65	15.2	21.7	7.4	14.9	21.9	7.15	14.6	22.1	6.9	14.3	22.3	6.65	14	22.5	6.4	13.7	22.7	6.15	13.4	22.9	5.9	13.1												
BC2T1	21.3	8	15.5	21.6	7.75	15.2	21.8	7.5	14.9	22	7.25	14.6	22.2	7	14.3	22.4	6.75	14	22.6	6.5	13.7	22.8	6.25	13.4	23	6	13.1												
BC2T2	21.3	8	15.5	21.6	7.75	15.2	21.8	7.5	14.9	22	7.25	14.6	22.2	7	14.3	22.4	6.75	14	22.6	6.5	13.7	22.8	6.25	13.4	23	6	13.1												
BC2T3	21.3	8	15.5	21.6	7.75	15.2	21.8	7.5	14.9	22	7.25	14.6	22.2	7	14.3	22.4	6.75	14	22.6	6.5	13.7	22.8	6.25	13.4	23	6	13.1												
BC3T1	21.3	8.1	16	21.7	7.85	15.7	21.9	7.6	15.4	22.1	7.35	15.1	22.3	7.1	14.8	22.5	6.85	14.5	22.7	6.6	14.2	22.9	6.35	13.9	23.1	6.1	13.6												
BC3T2	21.3	8.1	16	21.7	7.85	15.7	21.9	7.6	15.4	22.1	7.35	15.1	22.3	7.1	14.8	22.5	6.85	14.5	22.7	6.6	14.2	22.9	6.35	13.9	23.1	6.1	13.6												
BC3T3	21.3	8.1	16	21.7	7.85	15.7	21.9	7.6	15.4	22.1	7.35	15.1	22.3	7.1	14.8	22.5	6.85	14.5	22.7	6.6	14.2	22.9	6.35	13.9	23.1	6.1	13.6												
PatronC	21.3	7.8	14	21.4	7.55	13.7	21.6	7.3	13.4	21.8	7.05	13.1	22	6.8	12.8	22.2	6.55	12.5	22.4	6.3	12.2	22.6	6.05	11.9	22.8	5.8	11.6												
CC1T1	21.3	7.8	14	21.4	7.55	13.7	21.6	7.3	13.4	21.8	7.05	13.1	22	6.8	12.8	22.2	6.55	12.5	22.4	6.3	12.2	22.6	6.05	11.9	22.8	5.8	11.6												
CC1T2	21.3	7.8	14	21.4	7.55	13.7	21.6	7.3	13.4	21.8	7.05	13.1	22	6.8	12.8	22.2	6.55	12.5	22.4	6.3	12.2	22.6	6.05	11.9	22.8	5.8	11.6												
CC1T3	21.3	7.8	14	21.4	7.55	13.7	21.6	7.3	13.4	21.8	7.05	13.1	22	6.8	12.8	22.2	6.55	12.5	22.4	6.3	12.2	22.6	6.05	11.9	22.8	5.8	11.6												
CC2T1	21.3	7.9	14.5	21.5	7.65	14.2	21.7	7.4	13.9	21.9	7.15	13.6	22.1	6.9	13.3	22.3	6.65	13	22.5	6.4	12.7	22.7	6.15	12.4	22.9	5.9	12.1												
CC2T2	21.3	7.9	14.5	21.5	7.65	14.2	21.7	7.4	13.9	21.9	7.15	13.6	22.1	6.9	13.3	22.3	6.65	13	22.5	6.4	12.7	22.7	6.15	12.4	22.9	5.9	12.1												
CC2T3	21.3	7.9	14.5	21.5	7.65	14.2	21.7	7.4	13.9	21.9	7.15	13.6	22.1	6.9	13.3	22.3	6.65	13	22.5	6.4	12.7	22.7	6.15	12.4	22.9	5.9	12.1												
CC3T1	21.3	8	15	21.6	7.75	14.7	21.8	7.5	14.4	22	7.25	14.1	22.2	7	13.8	22.4	6.75	13.5	22.6	6.5	13.2	22.8	6.25	12.9	23	6	12.6												
CC3T2	21.3	8	15	21.6	7.75	14.7	21.8	7.5	14.4	22	7.25	14.1	22.2	7	13.8	22.4	6.75	13.5	22.6	6.5	13.2	22.8	6.25	12.9	23	6	12.6												
CC3T3	21.3	8	15	21.6	7.75	14.7	21.8	7.5	14.4	22	7.25	14.1	22.2	7	13.8	22.4	6.75	13.5	22.6	6.5	13.2	22.8	6.25	12.9	23	6	12.6												



## ANEXO 4. Análisis físicos y químicos

**Tabla 4.1**

*Resultados análisis de PH*

Variedad	Tratamiento	PH		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Bourbon	T1	6.21	6.2	6.21
	T2	6.09	6.1	6.12
	T3	6.1	6.11	6.11
	T4	6.17	6.18	6.17
	T5	6.23	6.21	6.22
	T6	6.24	6.23	6.23
	T7	6.24	6.25	6.25
	T8	6.23	6.22	6.22
	T9	6.24	6.22	6.23
	T10	6.11	6.15	6.13
Caturra	T11	6.08	6.08	6.07
	T12	6.03	6.02	6.01
	T13	6.02	6.01	6.01
	T14	6.04	6.05	6.05
	T15	6.07	6.06	6.05
	T16	6.06	6.07	6.07
	T17	6.08	6.09	6.1
	T18	6.07	6.08	6.06
	T19	6.09	6.11	6.1
	T20	6.08	6.08	6.07

**Tabla 4.2**

*Resultados análisis de °Brix*

Variedad	Tratamiento	°Brix		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Bourbon	T1	0.9	1	0.8
	T2	1.1	1.2	1.2
	T3	1	1.1	1
	T4	1.3	1.3	1.3
	T5	1.2	1.2	1.1
	T6	1.1	1.1	1.1
	T7	1.1	1	1
	T8	1	1	1
	T9	0.9	0.8	1
	T10	0.8	0.9	0.8
Caturra	T11	0.7	0.8	0.8
	T12	0.8	0.8	0.8
	T13	0.8	0.7	0.8
	T14	0.8	0.7	0.7
	T15	0.9	0.9	0.8
	T16	0.8	0.9	0.8
	T17	0.9	0.8	0.7
	T18	0.7	0.8	0.7
	T19	0.8	0.8	0.7
	T20	0.9	0.8	0.9

**Tabla 4.3**

*Resultados análisis de °Acidez titulable (mg de ácido clorogénico/g infusión)*

Variedad	Tratamiento	°Acidez titulable (mg de ácido clorogénico/g infusión)		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Bourbon	T1	23.62	29.53	23.62
	T2	23.62	29.53	23.62
	T3	17.72	17.72	17.72
	T4	29.53	29.53	29.53
	T5	11.81	17.72	17.72
	T6	11.81	11.81	17.72
	T7	17.72	17.72	11.81
	T8	29.53	29.53	29.53
	T9	11.81	17.72	17.72
	T10	11.81	17.72	11.81
Caturra	T11	11.81	17.72	11.81
	T12	11.81	17.72	11.81
	T13	11.81	17.72	17.72
	T14	17.72	17.72	17.72
	T15	17.72	17.72	11.81
	T16	23.62	23.62	23.62
	T17	23.62	29.53	23.62
	T18	17.72	14.17	17.72
	T19	15.35	17.72	16.53
	T20	17.72	23.62	23.62

**Tabla 4.4**

*Resultados análisis de Densidad aparente de café verde (kg/m<sup>3</sup>)*

Variedad	Tratamiento	Densidad aparente de café verde (kg/m <sup>3</sup> )		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
BOURBON	T1	720.3	723.9	721.7
	T2	729.6	733.3	731.1
	T3	729.2	732.8	730.7
	T4	729.4	733.1	730.9
	T5	726.1	729.8	727.6
	T6	724.9	728.5	726.3
	T7	725.3	728.9	726.7
	T8	722.0	725.6	723.5
	T9	721.6	725.2	723.0
	T10	721.8	725.4	723.2
CATURRA	T11	706.9	710.5	708.3
	T12	725.7	729.3	727.2
	T13	719.8	723.4	721.2
	T14	719.8	723.4	721.2
	T15	720.7	724.3	722.2
	T16	719.3	722.9	720.8
	T17	720.2	723.8	721.7
	T18	708.3	711.9	709.8
	T19	707.4	711.0	708.9
	T20	707.8	711.3	709.2



**Tabla 4.5***Resultados análisis de Densidad aparente de café tostado (kg/m<sup>3</sup>)*

Variedad	Tratamiento	Densidad aparente de café tostado (kg/m <sup>3</sup> )		
		Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
BOURBON	T1	599.1	602.1	600.4
	T2	608.7	611.7	609.9
	T3	615.2	618.3	616.5
	T4	611.8	614.8	613.0
	T5	596.2	599.2	597.4
	T6	603.9	606.9	605.1
	T7	600.1	603.1	601.3
	T8	618.0	621.1	619.2
	T9	633.4	636.5	634.6
	T10	628.3	631.4	629.5
CATURRA	T11	536.4	539.1	537.5
	T12	533.2	535.9	534.3
	T13	538.9	541.6	540.0
	T14	540.1	542.8	541.2
	T15	562.6	565.4	563.7
	T16	545.6	548.3	546.6
	T17	542.8	545.5	543.9
	T18	500.3	502.8	501.3
	T19	527.0	529.6	528.1
	T20	540.9	543.6	542.0

## ANEXO 5. Resultados de la evaluación sensorial

**Tabla 5.1**

*Puntuación por atributo*

Código	Fragancia / Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuero	Uniformidad	Balanza	Taza limpia	Dulzor	Apreciación general	Promedio
T1	7.92	7.83	7.75	7.92	7.92	10.00	7.83	10.00	10.00	8.00	85.17
T2	8.25	8.17	8.00	8.00	8.08	10.00	8.08	10.00	10.00	8.17	86.75
T3	8.00	8.00	8.00	8.08	8.00	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00	86.08
T4	8.33	8.25	8.25	8.33	8.08	10.00	8.33	10.00	10.00	8.25	87.83
T5	8.17	8.25	8.00	8.25	8.17	10.00	8.25	10.00	10.00	8.25	87.33
T6	8.58	8.50	8.33	8.25	8.25	10.00	8.25	10.00	10.00	8.25	88.42
T7	8.17	8.33	8.00	8.25	8.33	10.00	8.33	10.00	10.00	8.25	87.67
T8	7.92	7.83	7.67	7.92	7.83	10.00	7.67	10.00	10.00	7.75	84.58
T9	7.92	7.92	7.83	7.92	8.00	10.00	8.00	10.00	10.00	7.92	85.50
T10	8.17	8.25	8.33	8.25	8.08	10.00	8.08	10.00	10.00	8.17	87.33
T11	7.83	7.67	7.42	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.67	83.08
T12	8.00	7.92	7.67	7.67	7.75	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.50
T13	7.92	7.75	7.58	7.75	7.75	10.00	7.67	10.00	10.00	7.75	84.17
T14	8.00	8.00	7.83	7.92	8.00	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00	85.75
T15	8.00	8.00	7.75	7.92	7.92	10.00	7.75	10.00	10.00	7.92	85.25
T16	8.17	8.08	7.92	7.92	7.92	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00	86.00
T17	8.17	8.00	7.75	7.92	7.92	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00	85.75
T18	7.67	7.75	7.50	7.58	7.67	10.00	7.50	10.00	10.00	7.67	83.33
T19	7.83	7.75	7.50	7.58	7.75	10.00	7.67	10.00	10.00	7.75	83.83

<b>T20</b>	8.00	8.0 0	7.83	7.7 5	7.83	10.00	7.92	10. 00	10. 00	7.92	85.25
------------	------	----------	------	----------	------	-------	------	-----------	-----------	------	-------

**Tabla 5.2**

*Perfil sensorial de las muestras*

<b>Código</b>	<b>Puntaje</b>	<b>Perfil sensorial</b>
<b>T1</b>	85.17	Notas a manzana, miel, base a caramelo, chocolate, acidez málica media baja, cuerpo medio
<b>T2</b>	86.75	Notas a frutas maduras, uva verde, base a mantequilla, chocolate, acidez fosfórica, cuerpo cremoso, posgusto prolongado
<b>T3</b>	86.08	Notas a frutas maduras, miel, ciruela, base a melaza, chancaca, acidez media cuerpo cremoso, posgusto medio
<b>T4</b>	87.83	Notas a frutos rojos, manzana, base a leche, mantequilla, muy dulce, acidez brillante, cuerpo sedoso, posgusto prolongado afrutado
<b>T5</b>	87.33	Notas a limón dulce, cítricos, pasas, miel, con base a chocolate, caramelo una acidez alta y un cuerpo cremoso
<b>T6</b>	88.42	Notas florales, albaricoque, guindones, pasas amarillas, frutos rojos, uva dulce con base a vainilla, acidez cítrica, cuerpo sedoso y un posgusto prolongado a frutos rojos
<b>T7</b>	87.67	Notas florales, miel, pasas amarillas, pomelo, con bases a panela, caramelo, chocolate, melaza, acidez brillante, un cuerpo cremoso y posgusto duradero
<b>T8</b>	84.58	Notas a higo, base a chocolate bitter, acidez cítrica ligera, cuerpo cremoso ligeramente astringente, posgusto a cacao
<b>T9</b>	85.50	Notas a pasas amarillas, higos, cítricos, base a chocolate, fondo a malta, acidez cítrica media, cuerpo medio, posgusto a caramelo
<b>T10</b>	87.33	Notas a frutas maduras, base a mantequilla, caramelo, fondo a jarabe de maple, acidez cítrica alta, cuerpo cremoso posgusto duradero
<b>T11</b>	83.08	Notas a limón, base a chocolate bitter, fondo a malta, acidez cítrica baja, cuerpo jugoso, posgusto corto
<b>T12</b>	84.50	Notas a manzana verde, pasas rubias, base a chocolate bitter, acidez málica media, cuerpo terso, posgusto medio
<b>T13</b>	84.17	Notas a manzana verde, base a chocolate, fondo a malta, acidez málica media, cuerpo terso posgusto medio
<b>T14</b>	85.75	Notas a manzana roja, durazno, pasas rubias, base a caramelo, chocolate, fondo a malta, acidez málica, cuerpo cremoso, posgusto prolongado
<b>T15</b>	85.25	Notas a manzana, durazno, pasas rubias, base a chocolate dulce, fondo a malta, acidez málica, cuerpo terso, posgusto medio
<b>T16</b>	86.00	Notas a uva verde, manzana roja, pasas, base a chancaca, caramelo, chocolate, acidez málica media, cuerpo cremoso, posgusto duradero
<b>T17</b>	85.75	Notas a pasas amarillas, manzana verde, base a panela, chocolate bitter, acidez málica, posgusto duradero
<b>T18</b>	83.33	Notas a pasas rubias, limón, con base a cacao en pasta, acidez cítrica baja, cuerpo ligero, posgusto medio
<b>T19</b>	83.83	Notas a manzana verde, limón, base a chocolate bitter, fondo a malta, acidez media baja, cuerpo jugoso, posgusto corto
<b>T20</b>	85.25	Notas a manzana roja, limón dulce, con base a caramelo, chocolate bitter, acidez málica media, cuerpo cremoso, posgusto medio



## ANEXO 6. Acta de información consensuada para catadores

### Consentimiento Informado para Catadores

Proyecto de Investigación: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL CAFÉ (Coffee Arabica L.) VARIEDAD BOURBON Y CATURRA CON ADICIÓN DE CEPAS DE *Saccharomyces cerevisiae*

Investigador: Bach. Lilian Angela Calla Condori

Fecha: .....

Nombre de la persona que participará en la Investigación: .....

Estimado participante:

El propósito de este consentimiento informado es proveer a los participantes en esta investigación una clara explicación de la naturaleza de la misma, así como el rol que desempeña en esta.

El propósito de este estudio es investigar cómo la fermentación de café con *Saccharomyces cerevisiae* afecta la calidad sensorial del café. Durante el estudio, se te pedirá que participes en sesiones de cata donde probarás y evaluarás diferentes muestras de café.

Durante el estudio, se te proporcionarán muestras de café que han sido sometidas a diferentes procesos de fermentación utilizando *Saccharomyces cerevisiae*. Posteriormente, las muestras serán tostadas y se te pedirá que evalúes sensorialmente según el procedimiento de la SCA.

Los riesgos asociados con tu participación están relacionados principalmente con posibles reacciones alérgicas al café. Sin embargo, tomaremos todas las precauciones necesarias para minimizar cualquier riesgo potencial.

Toda la información recopilada durante el estudio se mantendrá estrictamente confidencial y se utilizará únicamente con fines de investigación. Tu nombre y cualquier otra información personal no se divulgarán a terceros sin tu consentimiento. Sin embargo, esta investigación de grado se podrá ver en biblioteca virtual de la Universidad Nacional Del Altiplano, una vez se hay subido.

Tu participación en este estudio es completamente voluntaria. Si decides participar, puedes retirarte en cualquier momento sin penalización alguna y sin necesidad de dar una explicación.

Al firmar este documento, confirmas que has leído y comprendido la información proporcionada anteriormente y que estás de acuerdo en participar como catador en el estudio mencionado.

Firma del Participante: .....

Fecha: .....

## ANEXO 7. Panel fotográfico

### Fotografía 1. Etapa de cosecha selectiva, lavado/boyado y despulpado



### Fotografía 2. Etapa de fermentación



**Fotografía 3.** Etapa de lavado



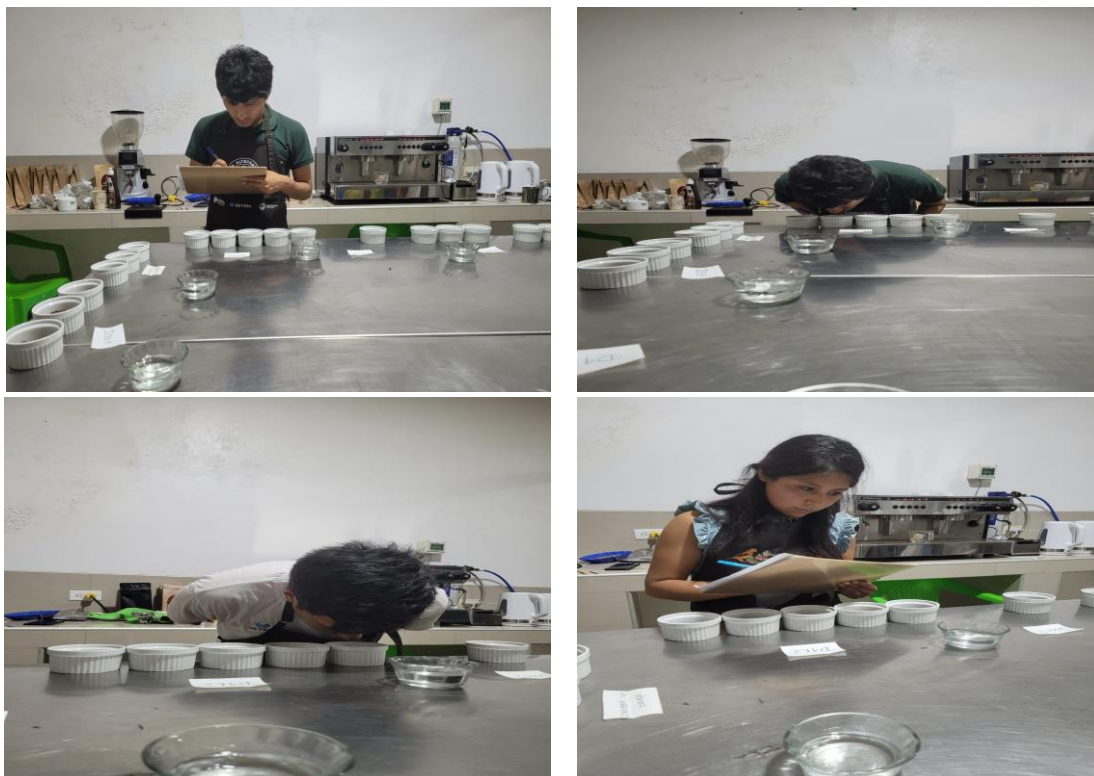
**Fotografía 4.** Etapa de secado y medición de humedad



**Fotografía 5.** Etapas para la evaluación sensorial (Trillado/selección/pesado/tostado)



**Fotografía 6.** Evaluación de fragancia



**Fotografía 7.** Evaluación de aroma



**Fotografía 8.** Sabor y demás atributos





### Fotografía 9. Análisis fisicoquímico



**Fotografía 10.**Acidez titulable



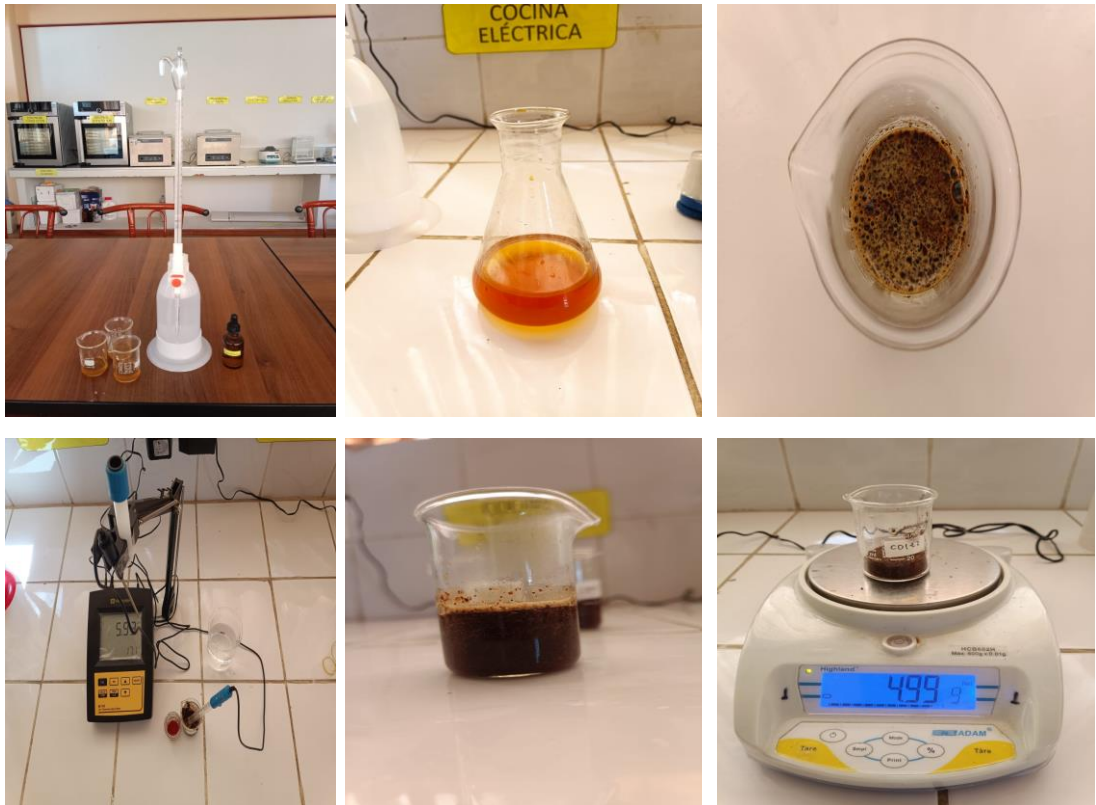
**Fotografía 11.** pH



**Fotografía 12.** Medición de °Brix



**Fotografía 13.** Preparación de muestra e instrumentos





## DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo LILIAN ANGELA CALLA CONDORI, identificado con DNI 73701769 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

de Ingeniería Agroindustrial, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación

denominada:

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD BOURBON Y CATURRA CON ADICIÓN DE CEPAS DE *Saccharomyces cerevisiae*”**

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno, 20 de junio del 2024

FIRMA



Huella



## AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo LILIAN ANGELA CALLA CONDORI, identificado con DNI 73701769 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

Ingeniería Agroindustrial, informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

**“EVALUACIÓN DE LA CALIDAD SENSORIAL Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD BOURBON Y CATURRA CON ADICIÓN DE CEPAS DE *Saccharomyces cerevisiae*”**

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexas, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno, 20 de junio del 2024

FIRMA



Huella