



Universidad  
Nacional  
de Loja

## Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables

Carrera de Agronomía

**Influencia de la aplicación de dos tipos de levaduras y el tiempo de fermentación, en la calidad organoléptica de taza de *Coffea arabica* var. típica de la finca Agroloja.**

Trabajo de Integración Curricular  
previo a la obtención del título de  
Ingeniera Agrónoma

**AUTORA:**

Cristina Elizabeth Barba Rios

**DIRECTOR:**

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2023

## Certificación

Loja, 28 de febrero de 2023

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco, M.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

### **C E R T I F I C O:**

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Influencia de la aplicación de dos tipos de levaduras y el tiempo de fermentación, en la calidad organoléptica de taza de *Coffea arabica* var. Típica de la finca Agroloja**, de la autoría de la estudiante **Cristina Elizabeth Barba Rios**, con cédula de identidad Nro. **1105862088**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja, para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.




Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco, M.Sc.

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

## **Autoría**

Yo, **Cristina Elizabeth Barba Rios**, declaro ser autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y acciones legales, por el contenido de este. Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular, en el Repositorio Digital Institucional-Biblioteca Virtual.

**Firma:** 

**Cédula de identidad:** 1105862088

**Fecha:** 02 de junio del 2023

**Correo electrónico:** cristina.barba@unl.edu.ec

**Teléfono:** 0967352578


**Carta de autorización por parte de la autora, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.**

Yo **Cristina Elizabeth Barba Rios**, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Influencia de la aplicación de dos tipos de levaduras y el tiempo de fermentación, en la calidad organoléptica de taza de *Coffea arabica* var. típica de la finca Agroloja**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero Agrónomo** autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los dos días del mes de junio de dos mil veintitrés.

**Firma:** 

**Autor:** Cristina Elizabeth Barba Rios

**Cédula:** 1105862088

**Dirección:** Ciudadela Esteban Godoy primera etapa, calles Cabo Agustín Chica y Soldado Vicente Rosero. Cantón Loja, Provincia Loja.

**Correo electrónico:** cristina.barba@unl.edu.ec

**Celular:** 0967352578

## **DATOS COMPLEMENTARIOS**

**Director del Trabajo de Integración Curricular**

Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco Mg. Sc.

## **Dedicatoria**

A mi madre, a quien no le alcanzó la vida y desde el cielo me ilumina para seguir adelante con mis proyectos.

**Cristina Elizabeth Barba Rios**

## **Agradecimiento**

Agradezco a la Universidad Nacional de Loja, a la Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables, en especial a la Carrera de Agronomía por brindarme el espacio para desarrollar mi formación como profesional permitiéndome alcanzar esta meta.

Muy especialmente al director de tesis Ing. Freddy Eliazar Tinoco Tinoco, M.Sc. por su paciencia y dedicación desde los primeros pasos en la elaboración del presente trabajo, ha sido de mucha importancia toda la ayuda que me ha brindado.

Mi mayor gratitud por su tiempo, comprensión y paciencia a la Dra. Marina Mazón y al Dr. Jorge Armijos, gracias infinitas por sus conocimientos y experiencias que fueron de vital importancia al presente trabajo, por cada una de sus sugerencias y aportes valiosos para mejorar la redacción de investigación.

A todas aquellas personas que me acompañaron en este proceso de aprendizaje.

**Cristina Elizabeth Barba Rios**

## Índice de contenidos

<b>Portada</b> .....	<b>i</b>
<b>Certificación</b> .....	<b>ii</b>
<b>Autoría</b> .....	<b>iii</b>
<b>Carta de autorización</b> .....	<b>iv</b>
<b>Dedicatoria</b> .....	<b>v</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de contenidos</b> .....	<b>vii</b>
<b>Índice de Tablas</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de Figuras</b> .....	<b>x</b>
<b>Índice de Anexos</b> .....	<b>xi</b>
<b>1. Título</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Resumen</b> .....	<b>2</b>
2.1. Abstract .....	3
<b>3. Introducción</b> .....	<b>4</b>
<b>4. Marco teórico</b> .....	<b>7</b>
4.1. Importancia del café en el Ecuador.....	7
4.1.1. <i>Importancia del cultivo de café en Ecuador</i> .....	7
4.1.2. <i>Principales zonas cafetaleras en el Ecuador</i> .....	7
4.1.3. <i>Calidad del café lojano</i> .....	8
4.2. Proceso de beneficiado .....	8
4.2.1. <i>Método seco</i> .....	8
4.2.2. <i>Método semiseco</i> .....	9
4.2.3. <i>Método húmedo</i> .....	9
4.3. Fermentación.....	9
4.3.1. <i>Tiempo de fermentación y temperatura</i> .....	10
4.4. Levaduras en la fermentación .....	10
4.4.1. <i>Generalidades de las levaduras</i> .....	10
4.4.2. <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .....	11
4.5. Evaluación de taza.....	12
4.6. Características sensoriales de la infusión .....	13
4.6.1. <i>Fragancia</i> .....	13
4.6.2. <i>Aroma</i> .....	13
4.6.3. <i>Cuerpo</i> .....	13
4.6.4. <i>Acidez</i> .....	13

4.6.5.	<i>Sabor</i> .....	13
4.6.6.	<i>Sabor residual post-gusto</i> .....	14
4.6.7.	<i>Dulzura</i> .....	14
4.6.8.	<i>Balance</i> .....	14
4.6.9.	<i>Uniformidad</i> .....	14
4.6.10.	<i>Limpieza</i> .....	14
4.6.11.	<i>Preferencia (Impresión global)</i> .....	14
4.7.	Estudios sobre el uso de levaduras para mejorar las características organolépticas del café. 15	
<b>5.</b>	<b>Metodología</b> .....	<b>17</b>
5.1.	Localización del estudio .....	17
5.2.	Metodología general .....	18
5.2.1.	Tipo y alcance de investigación .....	18
5.3.	Diseño experimental .....	18
5.3.2.	<i>Esquema de campo</i> .....	18
5.4.	Metodología general para el cumplimiento del primer objetivo .....	19
5.4.1.	<i>Procedimiento del investigador para los tratamientos del experimento</i> .....	19
5.4.2.	<i>Procedimiento del productor para el tratamiento testigo</i> .....	22
5.5.	Metodología general para el cumplimiento del segundo objetivo .....	23
5.5.1.	<i>Tostado y pruebas de catación</i> .....	23
5.5.2.	<i>Preparación de las muestras</i> .....	23
<b>6.</b>	<b>Resultados</b> .....	<b>27</b>
<b>6.1.</b>	<b>Resultados para el primer objetivo</b> .....	<b>27</b>
6.1.1.	<i>pH del proceso de fermentación</i> .....	27
6.1.2.	<i>Grados Brix</i> .....	27
<b>6.2.</b>	<b>Resultados para el segundo objetivo</b> .....	<b>28</b>
6.2.1.	<i>Puntaje del análisis sensorial</i> .....	28
6.2.2.	<i>Nivel de calidad de la taza</i> .....	29
6.2.3.	<i>Notas especiales de café</i> .....	30
<b>7.</b>	<b>Discusión</b> .....	<b>32</b>
7.1.	Comportamiento del pH durante el proceso de fermentación .....	32
7.2.	Comportamiento de los °Bx durante el proceso de fermentación .....	33
7.3.	Puntaje del análisis sensorial .....	33
7.4.	Nivel de la calidad de la taza de café .....	34
7.5.	Notas especiales de café .....	35
<b>8.</b>	<b>Conclusiones</b> .....	<b>37</b>



<b>9. Recomendaciones.....</b>	<b>38</b>
<b>10. Bibliografía.....</b>	<b>39</b>
<b>11. Anexos.....</b>	<b>43</b>

## Índice de Tablas

<b>Tabla 1.</b> Principales provincias cafetaleras de Ecuador (Sistema de Información Pública Agropecuaria, 2021). .....	8
<b>Tabla 2.</b> Puntuación de los atributos de cada tratamiento otorgados por los catadores.....	31
<b>Tabla 3.</b> Notas encontradas por los catadores en cada uno de los tratamientos.....	31

## Índice de Figuras

<b>Figura 1.</b> Localización del lugar de estudio. ....	17
<b>Figura 2.</b> Esquema de descripción de los tratamientos utilizados en el experimento de campo con la aplicación de las levaduras <i>Saccharomyces cerevisiae</i> cepas S-04 y WB-06; y el tiempo de fermentación aplicados en <i>Coffea arabica</i> var. Típica mejorada. ...	19
<b>Figura 3.</b> Flujo de operaciones de beneficio húmedo hasta la interpretación de datos de los tratamientos de investigación.....	25
<b>Figura 4.</b> Comportamiento del pH al inicio y final de la fermentación en café. Se encontraron diferencias estadísticas significativas, Tukey ( $p < 0,05$ ). .....	27
<b>Figura 5.</b> Comportamiento de °Brix al inicio y final de la fermentación en café. Se encontraron diferencias estadísticas significativas, Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar. ....	28
<b>Figura 6.</b> Calificación sensorial de los tratamientos. Se encontraron diferencias estadísticas significativas, Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar.....	30

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1. figura 1.</b> Desarrollo de la investigación. <b>A)</b> Finca Agroloja. <b>B)</b> Lojanías tostadería y cafetería.....	43
<b>Anexo 1. figura 2.</b> <b>A)</b> Estado de madurez de las cerezas recolectadas. <b>B)</b> Lote representativo en el que se realizó la cosecha. ....	43
<b>Anexo 1. figura 3.</b> Pesaje de la cosecha de cerezas. ....	44
<b>Anexo 1. figura 4.</b> <b>A)</b> Proceso de boyado. <b>B)</b> Eliminación de agua sobre malla marquesina pos boyado. ....	44
<b>Anexo 1. figura 5.</b> <b>A)</b> Cerezas seleccionadas para toma de datos de °Brix. <b>B)</b> Mediciones registradas en el refractómetro.....	45
<b>Anexo 1. figura 6.</b> <b>A)</b> Modelo de despulpadora utilizada. <b>B)</b> Cerezas de café despulpadas .	45
<b>Anexo 1. figura 7.</b> <b>A)</b> Pesaje de los granos despulpados para la aplicación de los tratamientos. <b>B)</b> Colocación de las muestras sobre las fundas. ....	46
<b>Anexo 1. figura 8.</b> Adecuación de las botellas utilizadas como trampas de oxígeno.....	46
<b>Anexo 1. figura 9.</b> Levaduras utilizadas para el proceso de fermentación. <b>B)</b> Pesaje de las levaduras para cada uno de los tratamientos.....	47
<b>Anexo 1. figura 10.</b> <b>A)</b> Adición de agua a las fundas. <b>B)</b> Incorporación de las levaduras a cada una de las muestras. <b>C)</b> Medición de pH y °Brix. ....	47
<b>Anexo 1. figura 11.</b> <b>A)</b> Colocación de las mangueras de venoclisis en cada una de las fundas. <b>B)</b> Cubrimiento de los biorreactores con fundas negras para propiciar la fermentación adecuadamente.....	48
<b>Anexo 1. figura 12.</b> <b>A)</b> Medición de °Brix pos fermentación. <b>B)</b> Proceso de beneficio lavado.....	48
<b>Anexo 1. figura 13.</b> Proceso de secado de los granos de café sobre mallas marquesinas. ....	49
<b>Anexo 1. figura 14.</b> <b>A)</b> Trillado del café pergamino. <b>B)</b> Mallaje y clasificación del café trillado.....	49
<b>Anexo 1. figura 15.</b> <b>A)</b> Pesaje de los 300 gr para el proceso de tueste. <b>B)</b> Molido de las muestras de café.....	50
<b>Anexo 1. figura 16.</b> Análisis del aroma del café realizado por los catadores.....	50
<b>Anexo 1. figura 17.</b> <b>A)</b> Colocación del agua en las muestras para el análisis gustativo. <b>B)</b> Eliminación de la costra superior en la taza de café. ....	51
<b>Anexo 1. figura 18.</b> Catadores, tesista, director de tesis y docentes invitados a la catación. 51	
<b>Anexo 2. figura 1.</b> <b>A)</b> Análisis estadístico de la variable pH al inicio de la fermentación. <b>B)</b> Análisis estadístico de la variable pH al inicio de la fermentación. ....	52
<b>Anexo 2. figura 2.</b> Anova del análisis estadístico de la variable pH al inicio y al final de la fermentación. ....	52
<b>Anexo 2. figura 3.</b> <b>A)</b> Análisis estadístico de la variable °Brix al inicio de la fermentación. <b>B)</b> Análisis estadístico de la variable °Brix al final de la fermentación. ....	53
<b>Anexo 2. figura 4.</b> Anova del análisis estadístico de la variable °Brix al inicio y al final de la fermentación. ....	53
<b>Anexo 2. figura 5.</b> Análisis estadístico de las puntuaciones totales obtenidas de la catación de café.....	54
<b>Anexo 2. figura 6.</b> Análisis estadístico del atributo fragancia/aroma. ....	54

<b>Anexo 2. figura 7.</b> Análisis estadístico del atributo sabor. ....	54
<b>Anexo 2. figura 8.</b> Análisis estadístico del atributo aftertaste. ....	55
<b>Anexo 2. figura 9.</b> Análisis estadístico del atributo acidez. ....	55
<b>Anexo 2. figura 10.</b> Análisis estadístico del atributo cuerpo. ....	56
<b>Anexo 2. figura 11.</b> Análisis estadístico del atributo uniformidad. ....	56
<b>Anexo 2. figura 12.</b> Análisis estadístico del atributo Balance. ....	56
<b>Anexo 2. figura 13.</b> Análisis estadístico del atributo Taza limpia. ....	57
<b>Anexo 2. figura 14.</b> Análisis estadístico del atributo Dulzura. ....	57
<b>Anexo 2. figura 15.</b> Análisis estadístico del atributo Impresión global. ....	57
<b>Anexo 2. figura 16.</b> Análisis estadístico del atributo Impresión global. ....	58
<b>Anexo 3. figura 1.</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural T1 (Testigo). ....	58
<b>Anexo 3. figura 2.</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T2: S-04 + 4 días. ....	59
<b>Anexo 3. figura 3.</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T3: S-04 + 6 días. ....	59
<b>Anexo 3. figura 4.</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T4: WB-06 + 4 días. ....	60
<b>Anexo 3. figura 5.</b> Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T5: WB-06 + 6 días. ....	60
<b>Anexo 4. figura 1.</b> Formato de evaluación sensorial de atributos según SCAA, de los catadores. ....	61
<b>Anexo 5.</b> Certificación traducción del Abstract. ....	62

## 1. Título

**Influencia de la aplicación de dos tipos de levaduras y el tiempo de fermentación, en la calidad organoléptica de taza de *Coffea arabica* var. típica de la finca Agroloja.**

## 2. Resumen

La investigación se realizó en la Finca Agroloja, ubicada en la parroquia Malacatos, provincia de Loja, teniendo en cuenta que la provincia es una de las principales productoras de café del Ecuador. La importancia de este trabajo radicó en la relación entre la aplicación de levaduras y el tiempo de fermentación, y como estos influyen en los atributos de calidad en el análisis sensorial de café en la variedad Típica. El uso de levaduras en el proceso de fermentación de café es un tema de creciente importancia en los últimos años, por lo que es necesario conocer sus efectos positivos en las características organolépticas. Para llevar a cabo el estudio, se cosecharon 80 kg de cereza, que posteriormente fueron despulpados para realizar el proceso de fermentación. Se evaluó el comportamiento de dos cepas de levaduras de *Saccharomyces cerevisiae* (S-04 y WB-06) comúnmente empleadas en la fermentación de mosto de cerveza; la aplicación se realizó en dos tiempos de 4 y 6 días en fermentación anaerobia, procesados en beneficio húmedo. Se midieron las variables de pH y °Bx al inicio y al final del proceso de fermentación. En los resultados obtenidos se observó que la tendencia decreciente de estas dos variables estaba en función de la cepa de levadura y el tiempo, la reducción más notable en cuanto a pH se observó en la cepa S-04 en los dos tiempos y para la variable °Bx la mayor reducción se dio con la cepa WB-06 a los 6 días. El análisis sensorial fue realizado por tres catadores certificados, que evaluaron las características organolépticas del café: fragancia/aroma, sabor, cuerpo, acidez, uniformidad, taza limpia y puntaje del catador; los defectos primarios y secundarios fueron también determinados. Se obtuvo en la muestra T5 el mejor resultado con la cepa WB-06 con fermentado durante 6 días, con una puntuación de 87,33, la cual fue caracterizada con notas frutales y cítricas entre las principales. Se concluye que la adición de *Saccharomyces cerevisiae* influyó positivamente en mejorar las características organolépticas de calidad de taza, y al realizar la comparación de los tratamientos de la investigación con el testigo se observó que la adición de *S. cerevisiae* influyó significativamente en los puntajes de calidad de taza con valores superiores a 84 puntos, catalogándolos como cafés especiales.

**Palabras clave:** *Saccharomyces cerevisiae*, fermentación anaeróbica, beneficio húmedo, catación.

## 2.1. Abstract

The research was carried out at Agroloja farm, located in the Malacatos, province of Loja, taking into account that the province is the main producer of coffee in Ecuador. The importance of this work lay in the relationship between the application of yeasts and fermentation time, and how these influence the quality attributes in the sensory analysis of coffee in the Típica variety. The use of yeasts in the coffee fermentation process is a topic of increasing importance in recent years, so it is necessary to know their positive effects on organoleptic characteristics. To carry out the study, 80 kg of cherry were harvested, which was subsequently pulped to carry out the fermentation process. The behavior of two strains of yeasts of *Saccharomyces cerevisiae* (S-04 and WB-06) commonly used in the fermentation of beer wort was evaluated. The application was carried out in two stages of 4 and 6 days in anaerobic fermentation, in wet processing method. The pH and °Bx variables were measured at the beginning and end of the fermentation process. In the results obtained it was observed that the decreasing trend of these two variables was a function of the yeast strain and time, the most notable reduction in pH was observed in the S-04 strain in both times, and for the variable °Bx the greatest reduction occurred with the WB-06 strain at 6 days. The sensory analysis was performed by three certified tasters, who evaluated the organoleptic characteristics of the coffee: fragrance/scent, flavor, body, acidity, uniformity, clean cup and taster score; also, primary and secondary defects were determined. Results showed that the sample T5 obtained the best score with the strain WB-06 and a fermentation for 6 days, with a score of 87.33, which was characterized with fruity and citrus notes among the main ones. It is concluded that the addition of *Saccharomyces cerevisiae* positively influenced the improvement of the organoleptic characteristics of cup quality and when comparing the treatments of the research with the control, it was observed that the addition of *S. cerevisiae* significantly influenced the cup quality scores with values higher than 84 points, cataloging them as specialty coffees.

**Key words:** *Saccharomyces cerevisiae*, anaerobic fermentation, drying, wet processing method, cupping.

### 3. Introducción

El café es mundialmente uno de los principales productos agrícolas y que tiene una gran relevancia económica; en cuanto a comercialización global ocupa el segundo lugar, solo detrás del petróleo (Elena Pérez-Urria Carril, 2014). El café ecuatoriano es uno de los cultivos más antiguos de la región y que tiene importancia tanto en el ámbito económico, social, ambiental e institucional. Constituye una fuente de ingresos y divisas para todos los actores de la cadena productiva, se involucran dentro de estas cadenas de producción a varios pueblos y etnias generando plazas de empleo, además el café se cultiva principalmente bajo sistemas agroforestales, constituyendo un importante aporte a la conservación de suelos, flora y fauna nativas de diversas zonas (Ponce Vaca et al., 2018).

En el año 2019, Ecuador exportó tan solo un 8 % de su producción a EE. UU, mientras que Colombia exportó un 76 % y Brasil un 66 %, superando por mucho a Ecuador (Chango Yosa & García Regalado, 2021). Los altos costos de industrialización en la producción del café, la baja productividad del campo y la alta competitividad a nivel internacional no le permiten competir contra estos países. A pesar de esto, el café ecuatoriano tiene un alto potencial, por lo que actualmente se está impulsando la producción cafetalera para ofertarla a nivel internacional y nacional; para esto se ha estado utilizando la estrategia de comercializar sus productos de mejor calidad, participando en varios concursos como el de La Taza Dorada, dando al país nuevas oportunidades para llegar a mercados especializados con mejores precios (Chango Yosa & García Regalado, 2021). Actualmente el café lojano por su alta calidad ha logrado obtener la denominación “Lojano Café de Origen”, siendo reconocido a nivel nacional e internacional. Y es por esta elevada calidad en taza que el café lojano ha sido ganador de diez de las 14 ediciones del concurso Taza Dorada (MAG, 2021).

La calidad del café depende principalmente de procesos productivos, pero también de procesos postcosecha como el proceso de beneficio utilizado, fermentación, almacenaje, entre otras, y el resultado directo es un café que conserve todas sus características físico-químicas al momento de su transformación y consumo (Vázquez Osorio et al., 2020).

Durante siglos la fermentación ha sido usada como un proceso para modificar textura, dar aroma y sabor o conservar la calidad de los alimentos y bebidas (Puerta Quintero & Echeverry Molina, 2015). Se cree que la fermentación controlada del café mediante la inoculación de diferentes microorganismos procesados aumenta la producción de compuestos volátiles (Cruz Padilla & Pivaral Cruz, 2018) y, en consecuencia, mejora el sabor y el aroma



de la bebida, produciendo cafés con sabores especiales. Las levaduras modulan las características sensoriales de la bebida y su utilización representa una alternativa para la diferenciación sensorial del café (Ruta & Farcasanu, 2021).

Se ha demostrado que las levaduras del género *Saccharomyces* son notablemente eficaces y que tienen un efecto especial en las propiedades químicas y sensoriales de la bebida final, al influir en la composición de carbohidratos hacia un buen rendimiento de glucosa y fructosa, mostrando también una buena adaptabilidad al proceso de fermentación, y proporcionando ácidos cítrico y succínico que son determinantes para la buena calidad del café (Ruta & Farcasanu, 2021). Es por ello que actualmente en la industria cafetalera el uso de cepas especializadas de levaduras está teniendo un gran impacto (Puerta Quintero & Echeverry Molina, 2015).

La calidad del café en taza o la calidad de la infusión es el factor primordial para poder captar la atención del consumidor final de café especial, se evalúa mediante una “prueba de taza” o conocida comúnmente como “taceo”, el cual permite identificar las cualidades de fragancia-aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance, uniformidad, dulzor, defectos e impresión general de la bebida. Todo esto con base en una calificación de 100; para que un café sea considerado especial debe sobrepasar los 80 puntos (Castro et al., 2004).

Se debe señalar que actualmente la fermentación de café con levaduras es cada vez más popular y se ha logrado evidenciar que presenta un efecto positivo al mejorar las características organolépticas del café. En vista de lo anteriormente expuesto, la presente investigación se enmarca en la línea institucional “Sistemas de producción Agropecuaria para la soberanía alimentaria”, así como en el plan de estudios la Carrera de Agronomía en la línea de investigación “Las tecnologías para la producción y posproducción agrícola sostenible”. Con esto se pretende obtener información relevante para el programa institucional de investigación “Sostenibilidad de la caficultura en la zona sur del Ecuador”, por ello se plantearon los siguientes objetivos.

### **3.1. Objetivo General**

- Evaluar el efecto de dos tipos de levaduras durante el proceso de fermentación *Coffea arabica* var. típica, controlando temperatura y tiempo.

### **3.2. Objetivos Específicos**

- Determinar la influencia que tiene la aplicación de levaduras durante la fermentación de *Coffea arabica* var. típica, sobre la calidad de taza.
- Evaluar la influencia que tiene el tiempo de fermentación sobre la calidad de taza de *Coffea arabica* var. típica.

## **4. Marco teórico**

### **4.1. Importancia del café en el Ecuador**

#### ***4.1.1. Importancia del cultivo de café en Ecuador***

La Organización Internacional del café (2019) indica que el sector mundial del café representa un importante medio de vida para millones de personas, en especial en países en desarrollo, y en muchos de esos países la producción se realiza en pequeñas fincas familiares. Ponce Vaca et al., (2018) menciona que en el Ecuador el café se produce en 23 de las 24 provincias existentes, es por ello que este sector es de gran importancia para la economía nacional, además de tener importancia social y ambiental.

El cultivo del café ha sido uno de los cultivos de más relevancia en el país desde hace más de un siglo; aproximadamente, en el año 1860 ya se encontraba cultivado en la Provincia de Manabí y se comenzó a notar una elevada exportación a partir del año 1935, representado una importante aportación para el PIB (Ortega Bardellini, 2003).

El Ecuador es poseedor de una gran capacidad de producción en cuanto a café se trata, ya sea por su ubicación geográfica o por la variedad de ecosistemas existentes, además, cuenta con una amplia diversidad de climas que varían según la temperatura de cada región o por la zona geográfica a la que pertenecen, tales como altitud, ubicación, etc., sin embargo todos estos factores se deben principalmente a la influencia marítima y la presencia de la Cordillera de los Andes (Jiménez Torres & Massa Sánchez, 2015).

La especie arábica es comúnmente denominada como “café de especialidad”, entre los tipos de café más cultivados de la variedad arábica son: Típica, Bourbon, Caturra, Pacas, Catuaí, Catimor y Sarchimor. Esta variedad se puede producir hasta 2 000 msnm. Por el contrario, el café de variedad robusta se encuentra en zonas más bajas que alcanzan los 600 m.s.n.m. (Galindo Páez, 2013).

#### ***4.1.2. Principales zonas cafetaleras en el Ecuador***

En Ecuador el café es uno de los cultivos más representativos, su producción se realiza en 23 de las 24 provincias, concentrándose principalmente en Manabí, Sucumbíos, Orellana y Loja (Sistema de Información Pública Agropecuaria, 2021) (tabla 1).

**Tabla 1.** Principales provincias cafetaleras de Ecuador (Sistema de Información Pública Agropecuaria, 2021).

<b>Provincia</b>	<b>UPA</b>	<b>Superficie (ha)</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Rendimiento (t/ha)</b>
<b>Nacional</b>	30,291	29,909	17,061	0,41
<b>Manabí</b>	6,377	9,880	4,783	0,28
<b>Sucumbíos</b>	5,381	7,915	3,047	0,52
<b>Orellana</b>	2,799	3,827	3,241	0,59
<b>Loja</b>	4,633	2,525	3,325	0,18
<b>Bolívar</b>	143	2,743	1,325	0,51
<b>Napo</b>	7,193	8,003	435	0,25
<b>Otras</b>	3,249	3,365	2,024	0,60

\*UPA: Unidades de producción agropecuaria.

#### **4.1.3. Calidad del café lojano**

Las características del café de Loja son únicas por lo que ha sido reconocido nacional e internacionalmente, es por esto por lo que cuenta con la Denominación de Origen, lo que le da una ventaja significativa en el mercado y le permite competir e ir escalando en las preferencias de los consumidores. La denominación de origen es una gran oportunidad para que el café lojano se posicione en mercados europeos, norteamericanos y asiáticos y generar mejores remuneraciones para los productores (Toledo-Macas et al., 2019).

#### **4.2. Proceso de beneficiado**

Después de la cosecha, las cerezas maduras se procesan mediante tres métodos (húmedo, seco y semisecho) que son cruciales para la calidad del producto final, ya que estos métodos influyen en la composición química del producto final y determinan las características sensoriales de la bebida (Ruta & Farcasanu, 2021).

##### **4.2.1. Método seco**

El enfoque de procesamiento más antiguo y menos sofisticado es el método seco, en el que los granos de café (el hueso dentro de la cereza y la fuente de la bebida de café) se fermentan y se secan al sol. Las cerezas de café se lavan y se esparcen sobre tarimas (o tierra, cemento o asfalto) y se dejan secar al sol durante 10 a 25 días hasta que el contenido de humedad de los granos desciende al 11 % a 12 %. Durante este tiempo se produce la

fermentación natural, cuando se segregan enzimas de diferentes microorganismos y se degrada la pulpa y el mucílago, durante este proceso, ampliamente aplicado en Sudamérica principalmente en Brasil, así como en Etiopía, la operación de secado es el paso más importante porque afecta la calidad final del café. (Ruta & Farcasanu, 2021).

#### **4.2.2. Método semiseco**

En el método semiseco, los granos de café se separan de la fruta mediante el despulpado. En este paso, se eliminan el exocarpio y la mayor parte del mesocarpio (también llamado mucílago), luego los granos se dejan secar al sol hasta alcanzar un contenido de humedad del 10 % al 12 %. Concomitantemente con el paso de secado, ocurre el proceso de fermentación y los microorganismos degradan el mucílago. Este método es ampliamente utilizado en Brasil, y tiene sus inicios a principios de la década de 1990 (Ruta & Farcasanu, 2021).

#### **4.2.3. Método húmedo**

El procesamiento húmedo se usa ampliamente en algunas regiones, incluidas Colombia, América Central y Hawái. En este método, la pulpa y la cáscara se quitan mecánicamente de las cerezas, luego los granos se colocan en tanques de agua y se sumergen en agua durante 6 h a 72 h para eliminar el mucílago. Este paso también permite la fermentación, y el mucílago restante (que comprende alrededor del 5 % de la materia seca de las cerezas del café) que se adhiere a la pulpa del café se degrada. Luego, los frutos se distribuyen en patios o se secan mecánicamente. El proceso de fermentación termina cuando se quita la capa de mucílago y se deja secar el grano. Una desventaja de este método (aplicado principalmente para las especies arabica) es que se necesitan grandes cantidades de agua durante el despulpado y en los tanques de fermentación. La cáscara y la pulpa del café tienen composiciones similares: 7,5 % a 15 % de proteína, 2,0 % a 7,0 % de grasa y 21 % a 32 % de carbohidratos (Ruta & Farcasanu, 2021).

### **4.3. Fermentación**

La fermentación es un proceso químico en el que las moléculas complejas se descomponen en moléculas más simples, produciendo productos líquidos y gases (compuestos volátiles). Los frutos del café se procesan mediante uno de tres métodos (húmedo, seco y semiseco) inmediatamente después de la cosecha para permitir que se produzca la fermentación espontánea o autóctona. Además, los propios granos de café contienen todos los precursores necesarios para proporcionar el sabor y el aroma estándar del

café durante el tostado. Sin embargo, el proceso de fermentación puede aumentar la diversidad de compuestos de aroma y sabor del café (Haile & Kang, 2019).

Durante la fermentación del café, los microorganismos producen diversos metabolitos (Puerta Quintero, 2012). La actividad microbiana y el grado de fermentación determinan las concentraciones de azúcares libres (por ejemplo, glucosa y fructosa) y aminoácidos libres que continúan rodeando el grano y posteriormente contribuyen a la producción de compuestos de Maillard y volátiles durante el proceso de tostado (Puerta Quintero & Echeverri Giraldo, 2019). El café procesado en húmedo tiene cualidades aromáticas superiores al café procesado en seco debido a los compuestos aromáticos producidos durante la eliminación de la capa de mucílago en el procesamiento húmedo. La selección de microorganismos apropiados que tengan un impacto positivo en el sabor y el aroma del café durante la fermentación es fundamental, y el proceso de fermentación debe controlarse para lograr este impacto positivo (Haile & Kang, 2019).

#### ***4.3.1. Tiempo de fermentación y temperatura***

Murthy & Madhava Naidu (2012) asegura que la degradación del mucílago toma aproximadamente de 24 h a 36 h para arábica. Mientras Haile & Kang (2019) afirman que, dependiendo del tipo de procesamiento, el tiempo necesario para la fermentación varía. Mencionan que según varios estudios el mayor desafío en la fermentación del café es la dificultad de controlar el proceso en cuanto a tiempo se refiere. La sobrefermentación es el problema más importante que se puede encontrar; es por lo que la fermentación debe estar bien controlada para asegurar el desarrollo de microorganismos benéficos que produzcan una bebida de alta calidad y buen aroma. Cuando la fermentación falla, da como resultado el desarrollo de microorganismos perjudiciales que afectan negativamente el aroma y el sabor del café. Por otra parte, los granos de café subfermentados contienen mucílago residual y azúcar que evitan que se sequen y crean un ambiente propicio para el desarrollo de bacterias y hongos de descomposición. La temperatura óptima para la fermentación es de 30 °C a 35 °C (Murthy & Madhava Naidu, 2012).

### **4.4. Levaduras en la fermentación**

#### ***4.4.1. Generalidades de las levaduras***

La levadura es un nombre genérico que agrupa una variedad de organismos unicelulares, incluyendo especies patógenas para plantas y animales, así como especies que no solo son inofensivas sino también de gran utilidad. Su uso data de la antigüedad,

realizaban con ellas pan, vino y cerveza, pero el fundamento científico de su cultivo y uso en grandes cantidades fue descubierto por el microbiólogo francés Louis Pasteur. Existen diferentes cepas y cada una tiene tareas específicas (panadería, destilería, producción de extractos de levadura y uso en animales) (Hernández et al., 1979). Las levaduras son organismos eucariotas con gran diversidad en tamaño, forma y color. Pueden ser ovaladas, pero también pueden ser esféricas, cilíndricas o elípticas, generalmente son considerados como hongos. Estas son más grandes que las bacterias, alcanzando un diámetro máximo de entre 4 y 5  $\mu\text{m}$ . Se reproducen por fisión binaria o gemación y algunos pueden ser dimórficos o bifásicos y crecer como micelio en condiciones ambientales especiales. Son naturalmente resistentes a los antibióticos, sulfonamidas y otros agentes antibacterianos. Se conoce la secuencia completa de su genoma y se mantiene en constante revisión, lo que ha permitido la manipulación genética de los casi 6 600 genes que codifican el genoma de la levadura. Están constituidas macromolecularmente por proteínas, glicoproteínas, polisacáridos, polifosfatos, lípidos y ácidos nucleicos (Suárez Machín et al., 2016). Su pared celular está comprendida entre un 15 % al 25 % de la masa seca de la célula y sus principales componentes son polisacáridos (80-90 %), abundantes glucanos y mananos, con un aporte menor de quitina, así como proteínas y lípidos. La mayor parte de las levaduras se desarrollan favorablemente con un pH entre 4,5 y 6,5 pero llegan a tolerar un pH entre 3 y 10. Son capaces de competir con la bacteria *Streptococcus bovis*, principal productora de ácido láctico en el rumen, por los azúcares solubles. Las cepas de las especies: *Saccharomyces cerevisiae* (levadura de panadería comercial), *Kluyveromyces fragilis* y *Candida utilis* son las más estudiadas en el mundo. Estas especies se consideran aptas para el consumo humano, están catalogadas como GRAS (Generally Recognized As Safe) (Suárez Machín et al., 2016).

#### **4.4.2. *Saccharomyces cerevisiae***

*Saccharomyces cerevisiae* es una de las levaduras que más estrechamente está asociada con el bienestar y progreso de la humanidad. Su nombre deriva de las palabras *saccharo* (azúcar), *myces* (hongo) y *cerevisiae* (cerveza). Es una levadura que principalmente obtiene energía de la glucosa (heterótrofa), y que posee una alta capacidad fermentativa. Se la utiliza como fuente de nutrientes tanto en su forma entera como a partir de sus derivados para la nutrición humana y animal.

Las levaduras del género *Saccharomyces* han tenido múltiples usos desde la antigüedad, incluyendo horneado, elaboración de cerveza, destilación, vinificación y otras bebidas fermentadas. *S. cerevisiae* es uno de los microorganismos más estudiados tanto en

investigación fundamental como industrial. Los hábitats naturales de las levaduras incluyen frutas, cactus, corteza de árbol, suelo, etc. Se han aislado una multitud de cepas de diferentes fuentes y entornos (aislados industriales, de laboratorio, silvestres); entre numerosas fuentes, las levaduras también se aíslan del café sin tostar. *S. cerevisiae* se usa ampliamente en procesos de fermentación relacionados con la producción de café o en la recuperación de residuos de café (Ruta & Farcasanu, 2021).

Además de *S. cerevisiae*, se han detectado numerosas especies de levaduras de diferentes géneros en las etapas de procesamiento del café, que incluyen *Pichia*, *Cándida*, *Saccharomyces* y *Torulaspota*. La glucosa y los monosacáridos son consumidos y oxidados, los disacáridos son degradados en monosacáridos y varios polisacáridos son hidrolizados (Puerta Quintero, 2012). El aroma del café es el resultado de una mezcla de más de 800 compuestos químicos volátiles y las principales clases químicas de compuestos generados en el café durante y después de la fermentación con levaduras son: ácidos (ácido cítrico, málico, succínico, clorogénico y quínico), compuestos volátiles (alcoholes, aldehídos y ésteres), furanos, furanonas, piranos y pironas, cetonas, lactonas, fenoles, pirazinas, piridinas, pirroles y tiofeno (Ruta & Farcasanu, 2021).

#### **4.4.2.1. *Saccharomyces cerevisiae* cepa S-04.**

Es una levadura de cepa tipo Ale Inglesa para cerveza. Esta cepa tiene una capacidad rápida de fermentación y tiene la capacidad de formar un sedimento compacto al final de la fermentación, que ayuda a la claridad de la cerveza. Recomendada para un amplio rango de Ales y cervezas especialmente acondicionadas y fermentaciones en barriles y tanques (Cocinista, 2022).

#### **4.4.2.2. *Saccharomyces cerevisiae* cepa WB-06**

La levadura Safbrew WB-06 es una *Saccharomyces cerevisiae* var. diastaticus se caracteriza por tener una atenuación alta. Es una cepa de levadura que típicamente se recomienda para fermentaciones de cerveza de trigo y produce sutiles notas de sabor a éster y fenol (POF +-phenolic off flavor positive-) como las notas de clavo típicas de las cervezas de trigo. Permite elaborar cerveza con un alto perfil de potabilidad y presenta una muy buena capacidad de suspensión durante la fermentación (Maltosaa, 2022).

### **4.5. Evaluación de taza**

Las variedades tradicionales de la especie arábica tienen mayor tamaño de grano, más color y composición química que el genotipo robusto. La calidad del café no se ve



influenciada por el tamaño del grano. Las variedades arábica también exhiben un aroma fuerte, alta acidez y cuerpo ligero, a diferencia de los híbridos (Buendía Espinoza et al., 2020).

El precio de venta del grano de café se ve afectado en dependencia de sus características físicas y organolépticas. En consecuencia, el perfil de taza es una herramienta importante en la caracterización de las diferentes variedades de café, las cuales son clasificadas por los métodos sensoriales de la SCAA-*Specialty Coffee Association of America* (Asociación de cafés especiales de América) (SCAA, 2017). Las características que se miden en la evaluación en taza son: fragancia, aroma, cuerpo, acidez, sabor, regusto residual, dulzor, equilibrio, uniformidad, limpieza y preferencia (Buendía Espinoza et al., 2020).

#### **4.6. Características sensoriales de la infusión**

Pabón Usaquén & Osorio Pérez (2019), mencionan que las características sensoriales de la infusión son: fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, balance o equilibrio; otras características que se deben tomar en cuenta son: dulzura, uniformidad, limpieza y la preferencia o impresión global (Martínez Álvarez, 2019).

##### **4.6.1. Fragancia**

Definida como el olor del café de la muestra molida cuando todavía está seca.

##### **4.6.2. Aroma**

Aspecto aromático que incluye el olor del café recién molido y el olor una vez se ha mezclado con agua caliente.

##### **4.6.3. Cuerpo**

La calidad del cuerpo se basa en la sensación de pesadez del líquido en la boca, especialmente cómo se percibe entre la lengua y el paladar superior de la boca.

##### **4.6.4. Acidez**

Se describe como aquella sensación en la lengua que hace salivar. A menudo se describe como “brillante” cuando es favorable o “agria” cuando es desfavorable.

##### **4.6.5. Sabor**

El sabor representa la característica principal de café, es una impresión combinada del sabor y el aroma.

#### **4.6.6. Sabor residual post-gusto**

Se define como la duración de las cualidades positivas del sabor que se perciben en la parte posterior del paladar.

#### **4.6.7. Dulzura**

La dulzura se refiere al sabor obviamente dulce resultante de la presencia de ciertos carbohidratos. Esta cualidad no debe percibirse directamente como los contenidos en sacarosa de ciertas bebidas suaves, pero afectará a otros atributos del sabor.

#### **4.6.8. Balance**

Es conocido también como equilibrio, y es el resultado del complemento o contraste de los diferentes aspectos del sabor del café como son acidez, sabor residual y cuerpo de la muestra.

#### **4.6.9. Uniformidad**

Se refiere a la consistencia del sabor de las diferentes tazas de la muestra analizada. Si el gusto de las tazas es diferente, la puntuación de este aspecto no debe ser alta.

#### **4.6.10. Limpieza**

La limpieza se refiere al contenido o interferencia de impresiones negativas desde la primera toma hasta el regusto, la "transparencia" de la taza. Evaluando este atributo, tenemos en cuenta el sabor total experimentado desde el momento de la ingestión inicial hasta la última expectoración. Algunos gustos o aromas ajenos al café descalificarán una taza concreta.

#### **4.6.11. Preferencia (Impresión global)**

Juicio que integra y resume todas las características sensoriales evaluadas en la bebida de café.

#### **4.7. Estudios sobre el uso de levaduras para mejorar las características organolépticas del café.**

En la investigación realizada por Ruta & Farcasanu (2021) recolectaron información relevante sobre la utilidad del uso de levaduras, en este caso con levaduras de las especies *S. cerevisiae*, *Wickerhamomyces cecanomalus*, *Saccharomycopsis fibuligera*, *Papiliotrema flavescens* y *Pichia kudriavzevii*, en el procesamiento del café. Se enfocaron principalmente en los estudios que revelan la influencia de este microorganismo fermentador tanto en la calidad y el contenido químico de las bebidas a base de café como en su potencial para la transformación de los residuos de café en un producto de valor agregado. Encontraron información concluyente que demostró que las cepas de *S. cerevisiae* utilizadas en el proceso de fermentación del café semiseco tienen un efecto especial en las propiedades químicas y sensoriales de la bebida final al influir en la composición de carbohidratos hacia un buen rendimiento de glucosa y fructosa, mostrando también una buena adaptabilidad al proceso de fermentación y proporcionando ácidos cítrico y succínico que son determinantes para la buena calidad del café.

En la investigación realizada por Sánchez de la Cruz & Olivares Muñoz (2019) en la provincia de Rodríguez de Mendoza, Perú, con el objetivo de evaluar el efecto de la adición de levadura (*Saccharomyces* spp) en el proceso de fermentación del café, obtuvieron resultados positivos y lograron asegurar que el proceso de fermentación controlada en el café mejora la calidad; lo demostraron a través de la evaluación sensorial de este, obteniendo una mejor valoración en taza por los catadores. El tiempo de fermentación que mejor resultado obtuvo fue el de 12 h, con la adición de 60 ml de levadura. Además, determinaron que la adición de *Saccharomyces* spp y el control del tiempo en proceso de fermentación de café, permite realizar un proceso en menor tiempo (12 h) en comparación al proceso tradicional (+- 80 h) y con características sensoriales similares al café obtenido en proceso tradicional (Testigo). Llegaron a la conclusión de que, mediante el control constante del comportamiento de variables como pH, Temperatura ambiente, Humedad relativa y °Bx, se comprobaba que el tiempo de fermentación afecta directamente la calidad de la bebida de taza final de forma positiva.

Cruz Padilla & Pivaral Cruz (2018) realizó una investigación sobre el uso potencial de cepas (*Saccharomyces cerevisiae*) en la caracterización sensorial del café, con el uso de dos tipos de fermentaciones, uno abierto y otro cerrado, en beneficiado húmedo. El tratamiento que mejor resultado obtuvo fue el de la cepa L'ORO (CLO) diferenciándose y obteniendo la

nota más alta según la escala SCAA. En el análisis sensorial llegó a la conclusión con base en los resultados que el uso de levaduras como cultivo inicial favorece a una alta calidad de taza, presentando una intensa percepción de notas a tamarindo, bayas y arándano y cuerpo mantequilloso-cremoso prolongado, representando una alternativa para asegurar una alta calidad en la taza final de café y que el uso de *Saccharomyces cerevisiae* L'ORO desarrolla perfiles proximales y de azúcares que se distinguen del sistema tradicional.

Evangelista et al (2014) realizaron un estudio en Brasil en donde evaluaron el uso de levaduras y su efecto en los perfiles de taza de café, en muestras con beneficio húmedo y seco, encontraron que el uso de levaduras aportaba sabores especiales como dulces, (caramelo) y frutales, el cual no fue encontrado en los tratamientos testigos (sin aplicación de levaduras), además encontraron diferencias en cuanto al beneficio utilizado, el beneficio húmedo se diferenció notablemente del beneficio seco, obteniendo puntajes más altos en comparación y notas agradables en comparación con el café no lavado que presento notas amargas, llegando a la conclusión de que el café procesado en beneficio húmedo obtiene mejores resultados y que esto influye en la calidad final de taza.

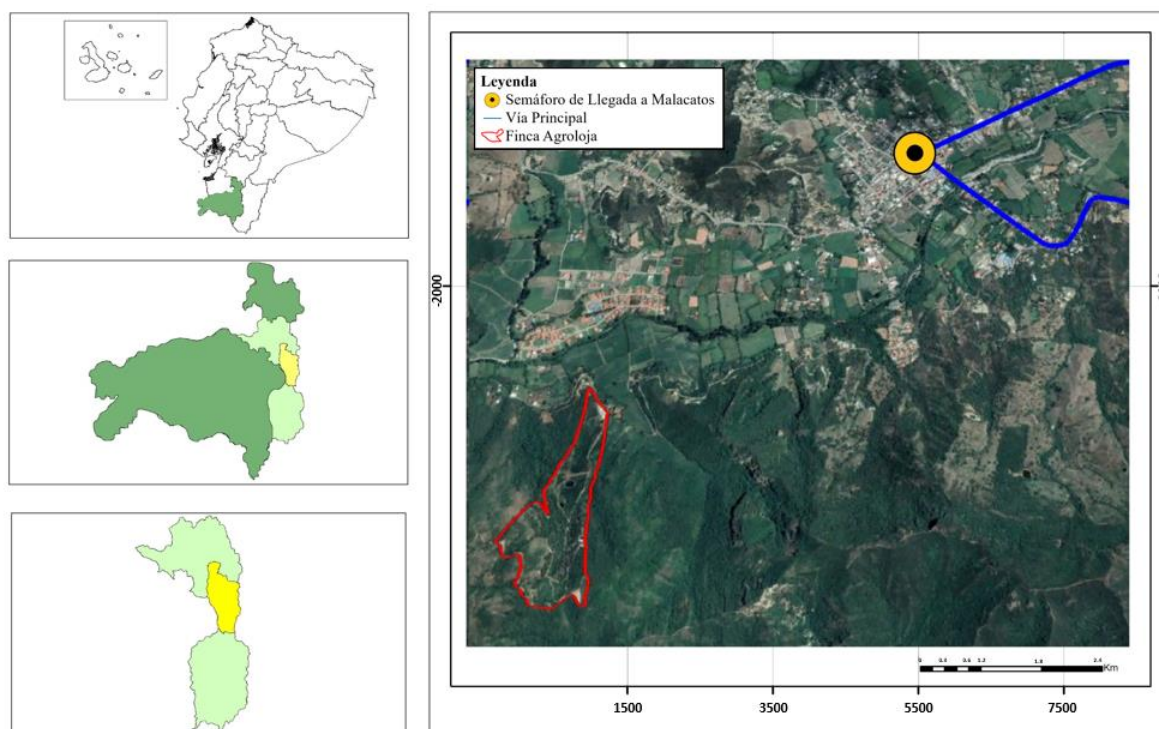
Lee et al. (2015) mencionan que el proceso de fermentación tiene un impacto sobre el perfil de aroma y sabor del café, esto se atribuye a la modificación de los precursores en los granos de café. También encontraron que en el procesamiento húmedo de café se daban cualidades sensoriales más agradables, con atributos afrutados y ácidos y que poseían menos notas amargas, amaderadas o quemadas.

## 5. Metodología

### 5.1. Localización del estudio

La investigación se desarrolló en la Finca Agroloja, la cual se encuentra ubicada en el Sector Barrio Santa Ana en la parroquia Malacatos, perteneciente a la provincia de Loja, localizada al sur del Ecuador (Figura 1). Malacatos es una parroquia que se localiza al sur oeste de Loja, a aproximadamente 33 Km. El sitio de investigación se encuentra ubicado a una altitud que varía entre 1 500 a 1 850 msnm, con latitud de  $4^{\circ} 13' 9''$  S y longitud de  $79^{\circ} 15' 30''$  W.

Considerando las zonas de vida propuestas por Holdridge, se tendría que la parroquia Malacatos corresponde a una zona de vida Matorral seco montano (ms-M), con una temperatura mínima de  $19,7^{\circ}\text{C}$  y una máxima de  $20,1^{\circ}\text{C}$ . La precipitación promedio anual es de 120,3 mm; en Malacatos no es muy frecuente la presencia de lluvias sin embargo los meses de marzo – abril son los que registran más lluvias, el resto del año permanece seco (Lozano, 2002).



**Figura 1.** Localización del lugar de estudio.

## 5.2. Metodología general

### 5.2.1. Tipo y alcance de investigación

La presente investigación realizada en café variedad Típica fue de tipo experimental con alcance explicativo-causal basada en un diseño experimental que establece la relación entre los tratamientos postcosecha que incluyen el tiempo de fermentación y tipos de levadura, con el fin de conocer la dependencia que existía entre las variables que afectan al estudio. Además, los resultados obtenidos fueron analizados teniendo en cuenta la estadística, siendo una investigación cuantitativa.

### 5.3. Diseño experimental

Para el cumplimiento de los objetivos, se realizó un diseño completamente al azar (DCA) con estructura factorial de tratamientos para las variables, antes y después del proceso fermentativo, mientras que para los puntajes de catación se utilizó un DCA en el cual se incluye un testigo que es el procedimiento de fermentación realizado por el productor. Para estas variables se emplearon contrastes ortogonales (testigo).

#### 5.3.1. Modelo matemático

El modelo matemático usado para esta investigación fue:

$$\gamma = \mu + \tau + \varepsilon$$

**Donde:**

$\gamma$  = variable de respuesta

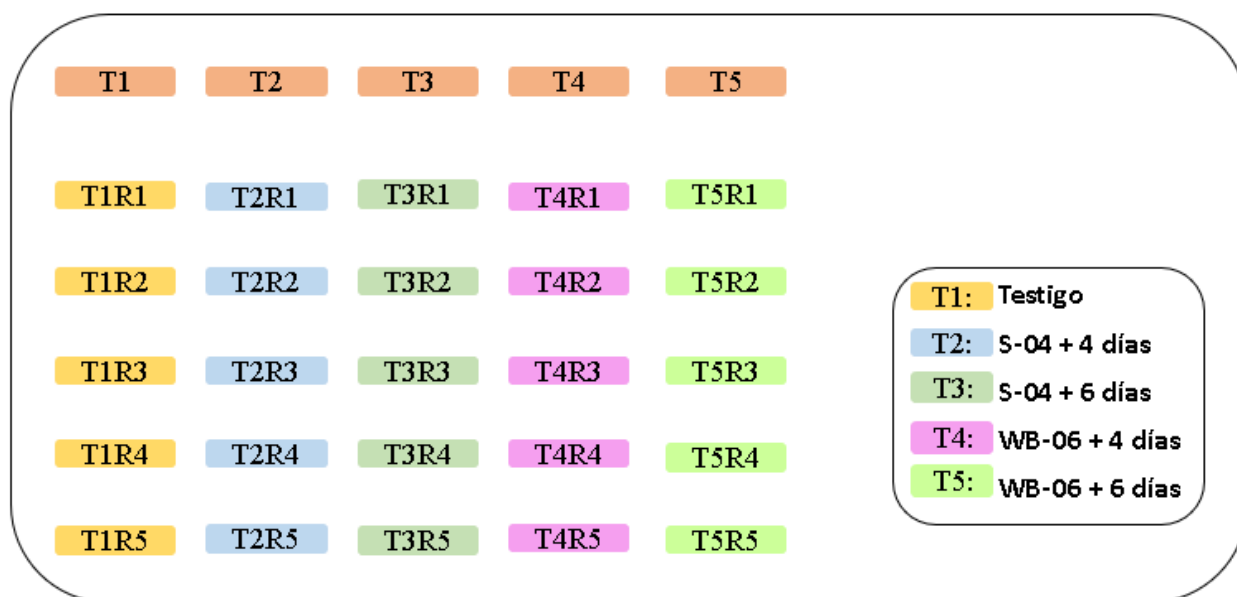
$\mu$  = media general

$\tau$  = tratamiento

$\varepsilon$  = error

#### 5.3.2. Esquema de campo

El esquema de campo utilizado para los tratamientos aplicados en *Coffea arabica* var. Típica y las repeticiones realizadas se detallan en la Figura 2.



**Figura 2.** Esquema de descripción de los tratamientos utilizados en el experimento de campo con la aplicación de las levaduras *Saccharomyces cerevisiae* cepas S-04 y WB-06; y el tiempo de fermentación aplicados en *Coffea arabica* var. Típica.

#### 5.4. Metodología general para el cumplimiento del primer objetivo

Determinar la influencia que tiene la aplicación de levaduras durante la fermentación de *Coffea arabica* var. típica, sobre la calidad de taza.

La investigación abarcó el periodo comprendido de octubre del 2022 a marzo del 2023, y se desarrolló en dos fases: la primera en las inmediaciones de la Finca Agroloja, Malacatos, y la segunda en la ciudad de Loja en “Lojanías, tostadería y cafetería” (Anexo 1, figura 1A y 1B).

El sistema de cultivo de la variedad típica se encontraba en las siguientes condiciones: con una edad entre tres y cuatro años establecida en un suelo de características franco-arcilloso y a su vez con un sistema de irrigación por goteo y parcelas de 3 500 plantas/ha.

##### 5.4.1. Procedimiento del investigador para los tratamientos del experimento

###### 5.4.1.1. Cosecha y selección de granos de café

Los frutos maduros se cosecharon de forma manual en dos lotes representativos de 100 plantas, se utilizó el método selectivo en donde se recolectaron las cerezas que se encontraban en estado óptimo de maduración para así tener una muestra homogénea (Anexo 1, figura 2). Todo lo recolectado se colocó en baldes plásticos equivalentes a 14 kilos.

Posteriormente se colocó en tanques grandes para el correspondiente pesaje. En total se pesaron 80 kg (Anexo 1, figura 3A).

#### 5.4.1.2. *Clasificación hidráulica y selección de cerezas*

Luego del pesaje se realizó la clasificación hidráulica o comúnmente conocida como boyado, se colocaron porciones de la muestra total en fuentes de agua y se retiraron las cerezas que flotaban, pues estos eran frutos de calidad inferior o dañados y al tener menor densidad que el agua flotan, permitiendo que se eliminen fácilmente. Este proceso es necesario pues permite que la muestra sea óptima para el proceso de beneficiado.

Las cerezas que no flotaron (óptimas) fueron colocadas sobre mallas marquesinas para que el agua fuera eliminada completamente. Adicionalmente se realizó una nueva clasificación en donde se separaron aquellas que fueron cosechadas erróneamente como: sobremaduras, verdes o que no se encontraban en madurez óptima (Anexo 1, figura 4A y 4B).

Finalmente se volvió a pesar el fruto resultante dando un valor de 73,80 kg, se seleccionaron 20 cerezas completamente al azar para las correspondientes lecturas de °Bx, en donde se verificó que no sobrepasaran los 18 °Bx (Anexo 1, figura 5A y 6B).

#### 5.4.1.3. *Despulpado*

Todo el café resultante del boyado pasó por el proceso de despulpado que consiste en separar la cáscara de la semilla mediante la utilización de una máquina conocida como despulpadora, en esta etapa no se utiliza agua con el propósito de que el mucílago continúe adherido a los granos (Anexo 1, figura 6A).

Una vez despulpados los frutos se pesó lo resultante dando un total de 32,65 kg de granos despulpados.

#### 5.4.1.4. *Aplicación de los tratamientos sobre las unidades experimentales de café arábigo var. Típica*

Se utilizaron fundas plásticas gruesas transparentes de 17 cm x 25 cm que funcionaron como biorreactor para realizar el proceso de fermentación, fueron etiquetadas según los tratamientos aplicados y en cada una se colocó 1,1 kg por funda dando en total 20 fundas correspondientes a las unidades experimentales propuestas (Anexo 1, figura 7A y 7B).

Se adecuaron las botellas de plástico que sirvieron como trampa para evitar la entrada de oxígeno y permitir la eliminación de CO<sub>2</sub> a las fundas de los tratamientos, se realizaron 5



agujeros a las tapas de las botellas con la ayuda de un taladro, a las cuales se les colocó una porción de 50 cm de longitud de manguera, finalmente se llenaron las botellas de agua casi completamente, se utilizaron en total 5 botellas (Anexo 1, figura 8A).

Se realizaron los cálculos de proporción de acuerdo con la masa en kilogramos de los granos de café, para establecer la cantidad de levadura a ser utilizada por muestra. Para realizar el pesaje de la levadura se utilizaron vasos plásticos de 1 onza para colocar en ellos las levaduras a ser pesada, para lo cual se taró la balanza con cada vaso que se colocaba y con la ayuda de una cuchara plástica se adicionaba dentro de cada uno 0,55 g de levadura por cada 1,1 kg de granos de café, en total se utilizaron 20 vasos en los que se colocaron las dos levaduras que se utilizaron (cepa S-04 y WB-06) (Anexo 1, figura 9A y 9B).

Se utilizó una relación en masa 1:2 de agua - granos de café despulpado y sin lavar, lo cual correspondió a 550 ml por unidad experimental. Se colocó el agua en la funda con los granos, se adicionaron los 0,55 g de levadura y se mezcló con el fin de homogenizar las levaduras y a la vez se dé una hidrólisis en el mucílago, se midió el pH de cada una de las muestras con la ayuda de un potenciómetro, el valor medio registrado fue de 5,63 (Anexo 1, figura 10A y 10B).

Posteriormente se acondicionó cada biorreactor dentro del área de fermentación, se coloca la manguera a cada una con el fin de hacer el trabajo de una trampa de aire o air lock, se ataron las fundas con ligas plásticas para asegurar su cierre hermético y no se dé una oxidación cuando concluya la fermentación, pero teniendo en cuenta que se permita el flujo y/o salida de CO<sub>2</sub>. Se colocan cuerdas en los alambres en donde se amarraron las fundas para elevarlas y evitar una distribución inadecuada (con el fin de dar homogeneidad en la distribución de las levaduras). Por último, una vez adecuado el sistema se cubrieron todas las unidades experimentales con la ayuda de fundas plásticas negras para evitar el ingreso de luz, teniendo en cuenta que esto puede afectar la acción de las levaduras y llevar a cabo un proceso de fermentación adecuado (Anexo 1, figura 11A y 11B).

Transcurridos los 4 y 6 días de fermentación respectivamente, se procedió a retirar las fundas negras, se extrajeron cada una de las muestras experimentales, se abrieron y se realizó la medición de pH y °Bx de cada una de ellas, seguidamente fueron llevadas al área de lavado en donde fueron colocadas sobre cernidoras para filtrar todos los restos de mucílago y para ser lavadas para eliminar restos de la fermentación y posteriormente pudieran pasar al proceso de secado de las mismas (Anexo 1, figura 12A y 12B).

#### 5.4.1.5. *Secado del café*

Se trasladó todo al área de secado y se colocó sobre mesas de malla marquesina metálica con sus respectivas etiquetas de identificación, se realizaron por lo menos de tres a cuatro movimientos al día, con el fin de que la pérdida de humedad fuera de forma paulatina y homogénea en todos los granos. Este proceso se efectuó hasta llegar a un 11 % de humedad y finalmente se recolectó en fundas plásticas y se almacenó en un lugar seco y en ausencia de luz (Anexo 1, figura 13A).

#### 5.4.2. *Procedimiento del productor para el tratamiento testigo*

El proceso aplicado por el productor consiste en las siguientes etapas: fermentación, despulpado, lavado o remoción de mucílago y secado. A continuación, se detallará la metodología seguida por Cuya Curo (2013), Peñuela Martínez & Sanz Uribe (2021) y la que ya se encuentra establecida por el productor.

##### 5.4.2.1. *Fermentación*

Es un proceso que realiza el productor, se realiza inmediatamente después de la cosecha. Se llenan fundas quintaleras con las cerezas recolectadas (sin despulpar), se coloca agua mineral proporcional a la cantidad de cereza recolectada. Se colocan en un área especial para la fermentación, con condiciones controladas de temperatura y bajo sombra. Se coloca un sistema de válvula de plástico para permitir la salida de gases durante el proceso de fermentación y se ata una cuerda a la funda para que esta se mantenga firme, este proceso tiene una duración de 48 horas.

##### 5.4.2.2. *Despulpado*

Se retiran las cerezas de la fermentación e inmediatamente pasan al proceso de despulpado con la utilización de una máquina despulpadora.

##### 5.4.2.3. *Lavado*

Una vez despulpados los granos de café se procedió a lavarlos con la ayuda de recipientes plásticos, todo este proceso se realizó de forma manual, procurando eliminar todo el mucílago degradado y otros residuos, esto con la finalidad de que las semillas de café queden completamente limpias y así evitar defectos o sabores indeseados en la taza final de café.

#### 5.4.2.4. *Oreado y oxidación*

Después del lavado se colocaron los granos de café en marquesinas para eliminar la humedad realizando movimientos para homogenizar la deshidratación. Todos estos procesos se detallan en la Figura 3.

### 5.5. **Metodología general para el cumplimiento del segundo objetivo**

Evaluar la influencia que tiene el tiempo de fermentación sobre la calidad de taza de *Coffea arabica* var. típica.

#### 5.5.1. *Tostado y pruebas de catación*

Se realizaron las pruebas de catación teniendo en cuenta el método estándar “NORMAS Y ESTÁNDARES DE CATACIÓN PARA LA REGIÓN DE CENTROAMÉRICA”, este protocolo provee una guía general del manejo de un laboratorio de catación y los pasos más importantes del proceso.

#### 5.5.2. *Preparación de las muestras*

Se pesaron las muestras de café en pergamino de cada uno de los tratamientos, posteriormente se procedió con el trillado que consiste en eliminar el pergamino y la capa plateada que recubre los granos. Este proceso se efectuó en máquinas trilladoras de construcción local basadas en el modelo de trilladora colombiano.

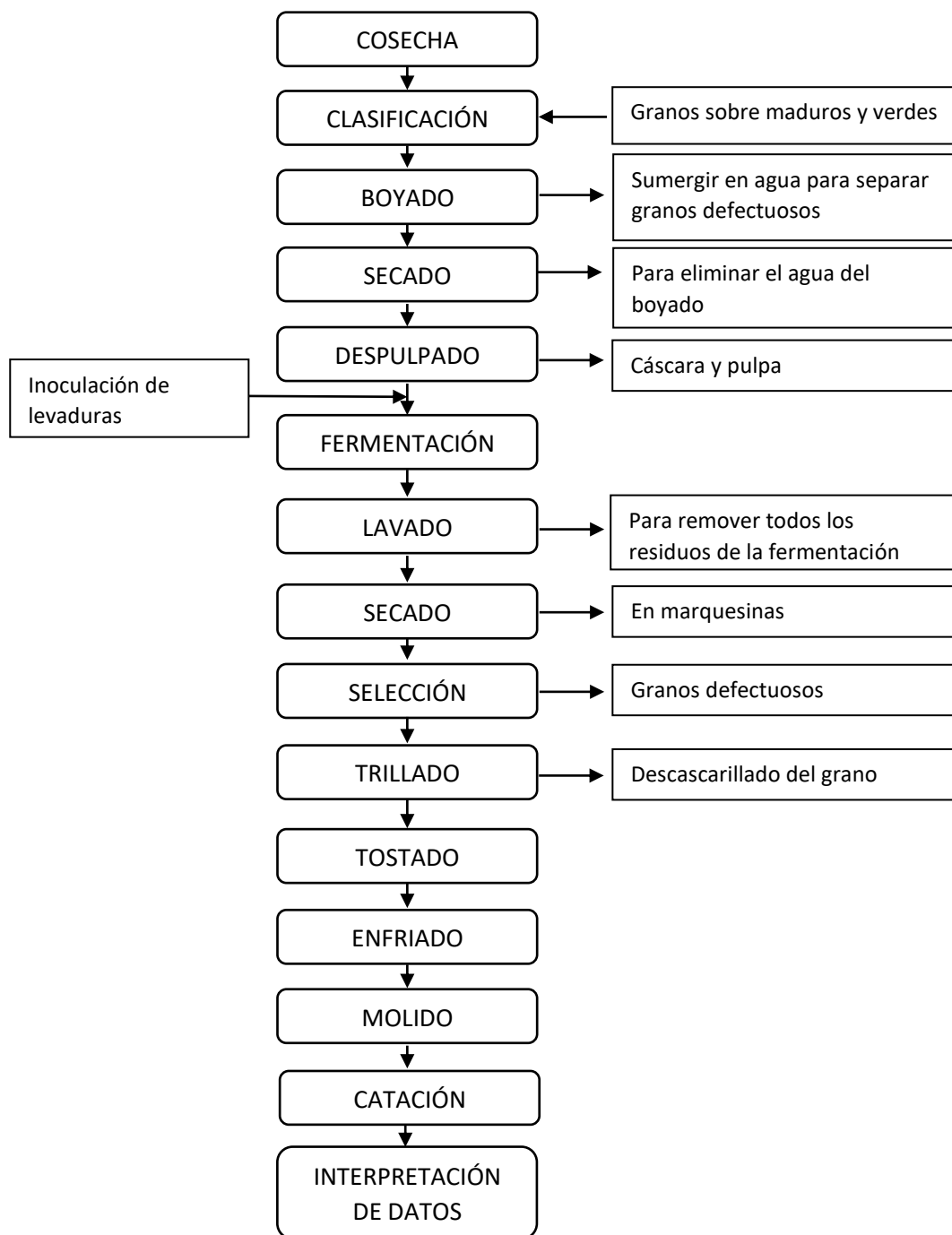
Los granos de café una vez trillados fueron seleccionados y clasificados por tamaños usando zarandas de madera número 15 con el fin de eliminar los granos defectuosos (defectos primarios y secundarios) y de menor tamaño y lograr un tueste más homogéneo (Anexo 1, figura 14A). La tabla de clasificaciones de la SCAA describe los defectos en el grano como defectos primarios y categoría 1 y defectos secundarios o categoría 2 (INEN, 2016) (Anexo 1, figura 14B).

Se pesó el resultante del mallaje bajo y de malla superior, se lo colocó en fundas con su respectiva etiqueta. Se procedió a la clasificación manual de los granos resultantes de la malla 15, de la cual se separaron y pesaron los granos en base a la clasificación dispuesta por la SCAA. Este proceso se efectuó con cada una de las muestras. Para el análisis sensorial o calidad de taza se procedió a realizar el proceso de tueste, para ello se tomó una muestra de 300 g de café verde por muestra, y se empleó una tostadora marca Mghall. El tiempo de tostado fue entre 8 a 10 minutos con una temperatura alrededor de los 200 °C a 220 °C.

Posteriormente, el café tostado fue molido en una moladora Ditting Maschinen AG CH-8184 Bachenbülach, en modalidad media (Anexo 1, figura 15A y 15B).

Terminado el molido del café se prepararon las tazas de café por muestra, agregando 14 g de café molido por taza y posteriormente se adicionó 100 ml de agua purificada a 93 °C a 95 °C de temperatura. Seguidamente cada catador empezó a determinar el aroma (Jumbo Benítez, 2022) (Anexo 1, figura 16A). Las evaluaciones sensoriales de cada tratamiento se analizaron por tres catadores certificados por la SCAA, ellos evaluaron las características organolépticas tales como: fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, uniformidad, taza limpia. Los catadores utilizaron una escala de evaluación de las características organolépticas de 1 a 10, donde 1 es el valor mínimo y 10 el máximo posible, en donde emplearon el protocolo, metodología y formato de la Asociación de Cafés Especiales. Los catadores basándose en su entrenamiento o experiencia dan a conocer la puntuación de cada una de las características encontradas o catadas, para luego establecer una nota final; con estos valores se puede realizar un análisis estadístico, mediante la ponderación de los resultados se obtiene un promedio de las calificaciones obtenidas por cada catador (Martinez Cumbicus, 2021).

Después de la determinación del aroma, se agregó 100 ml más de agua caliente a cada una de las tazas esperando un lapso de 3 a 4 minutos para quitar con un par de cucharas la espuma que se forma en la superficie de la bebida. Luego de dos minutos se inició la determinación del sabor, acidez, cuerpo, uniformidad, taza limpia y puntaje de catador, en ese orden para cada una de las muestras (Martinez Cumbicus, 2021) (Anexo 1, figura 17A y 17B).



**Figura 3.** Flujo de operaciones de postcosecha del café en beneficio húmedo hasta la interpretación de datos de los tratamientos de investigación.

## **5.6. Análisis estadístico.**

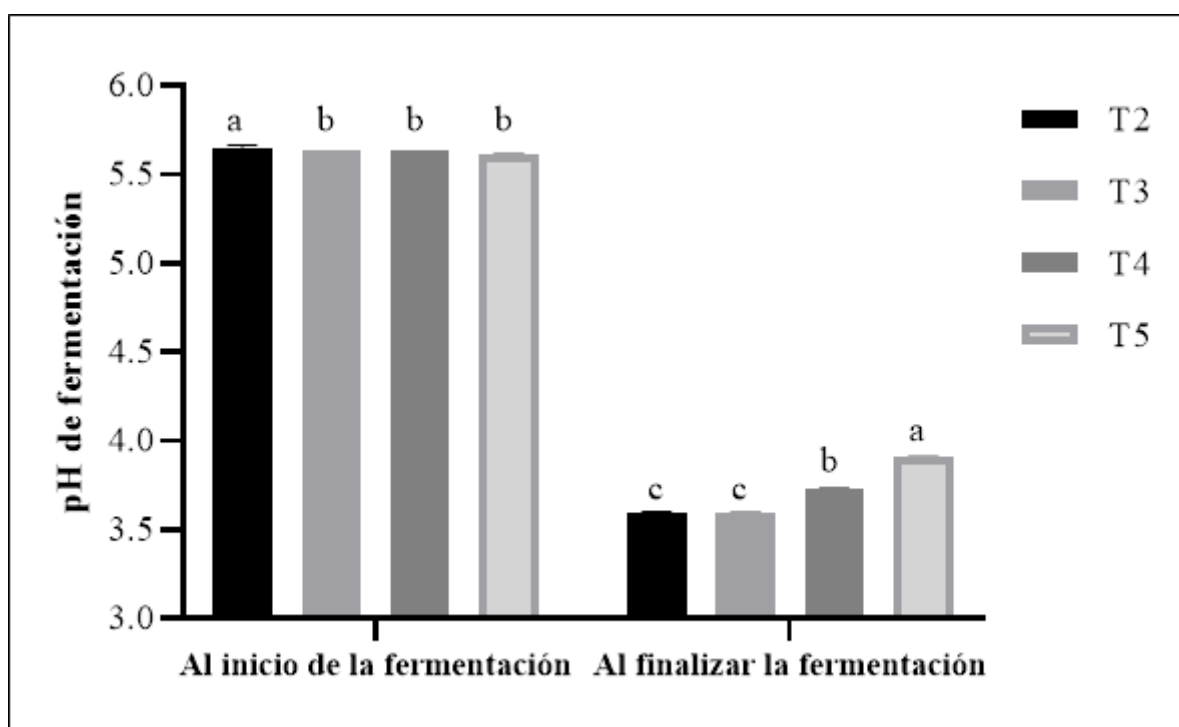
Se realizó un análisis tipo ANOVA para saber cómo influyen las variables tiempo y levaduras sobre la calidad sensorial del café, en todos los casos se comprobaron los supuestos de normalidad de los datos por la prueba de Shapiro-Wilks y homogeneidad de varianzas por la prueba de Levene, para ello se utilizó el Software estadístico InfoStat. Para analizar el nivel de calidad del café, se obtuvieron medias de cada uno de los atributos de la calidad de taza, se sumaron y se obtuvieron los puntajes finales, se realizaron gráficos radiales y tablas de estos datos, los cuales se realizaron en Microsoft Excel para una mejor interpretación.

## 6. Resultados

### 6.1. Resultados para el primer objetivo

#### 6.1.1. pH del proceso de fermentación

El análisis estadístico indicó que existieron diferencias significativas entre tratamientos en el pH al inicio ( $P=0,0006$ ) y final ( $P=0,0001$ ) del proceso de fermentación (Anexo 2, figura 1A y 1B). En la figura 4 se visualiza que al inicio de la fermentación el pH en T2 (5,65) fue significativamente mayor al de T3 (5,63), T4 (5,63) y T5 (5,61) y al finalizar la fermentación se obtuvo que T5 (3,91) fue estadísticamente superior en comparación con los demás tratamientos. Se evidenció que el pH para ambas cepas tuvo un comportamiento decreciente durante todo el proceso de fermentación.

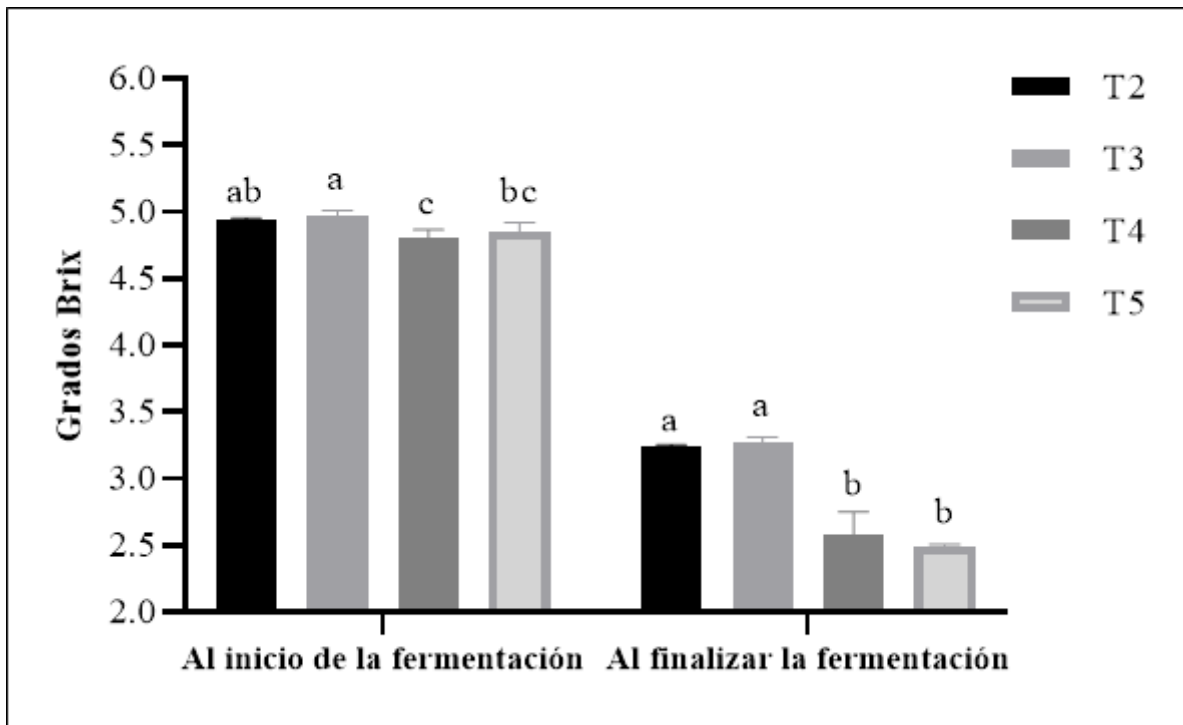


**Figura 4.** Comportamiento del pH al inicio y final de la fermentación en café (*Coffea arabica*) var. Típica con el uso de dos cepas de levaduras (S-04 y WB-06) a 4 y 6 días de fermentación. T1(Testigo), T2 (S-04 +4 días de fermentación), T3 (S-04+6 días de fermentación), T4 (WB-06 + 4 días de fermentación), T5 (WB-06 + 6 días de fermentación). Letras diferentes indican diferencias estadísticas significativas, Tukey ( $p<0,05$ ).

#### 6.1.2. Grados Brix

El análisis estadístico realizado indicó que existieron diferencias significativas entre tratamientos en °Bx al inicio ( $P=0,0019$ ) y al final ( $P=0,0001$ ) del proceso de fermentación

(Anexo 2, figura 3A Y 3B). En la figura 5 se observa que T3 (4,98) presentó mayor °Bx en comparación con los demás tratamientos y al finalizar el proceso de fermentación T2 (3,24) y T3 (3,28) fueron los tratamientos estadísticamente superiores en comparación con T4 y T5. El comportamiento de los °Bx disminuye conforme aumenta el tiempo de fermentación.



**Figura 5.** Comportamiento de °Bx al inicio y final de la fermentación en café (*Coffea arabica*) var. Típica con el uso de dos cepas de levaduras (S-04 y WB-06) a 4 y 6 días de fermentación. T1(Testigo), T2 (S-04 +4 días de fermentación), T3 (S-04+6 días de fermentación), T4 (WB-06 + 4 días de fermentación), T5 (WB-06 + 6 días de fermentación). Tukey ( $p < 0,05$ ). Se encontraron diferencias estadísticas significativas. Barras verticales indican el error estándar.

## 6.2. Resultados para el segundo objetivo

### 6.2.1. Puntaje del análisis sensorial

En la tabla 2 se observa el puntaje obtenido de la catación realizada a las muestras de café, en el análisis sensorial todos los tratamientos presentaron un puntaje de 10 para los atributos de uniformidad, taza limpia y dulzura, en cuanto al atributo de fragancia/aroma los tratamiento que obtuvieron los puntajes más altos fueron T3 (S04 + 6 días de fermentación) y T5 (WB-06 + 6 días de fermentación) con un valor de 8,33 para ambos tratamientos; en cuanto a sabor, *aftertaste*, balance e impresión global T5 se destacó de entre los demás tratamientos con puntajes de: 8,33, 8,08, 8,00 y 8,25 respectivamente, basándose en la escala



SCAA que puntúa hasta un máximo de 10; en cuanto al cuerpo T2 obtuvo el puntaje más alto (8,17) y en acidez T3 y T5 obtuvieron un puntaje de 8,25, superando a los demás tratamientos. ). Los dos tratamientos que tuvieron las notas más altas presentaron cualidades sensoriales suaves y de taza balanceada En general, T5 fue el tratamiento que más se destacó, ya que obtuvo puntajes altos en la mayoría de los atributos evaluados (Figura 6) (Anexo 3, figuras 1A, 1B, 1C, 1D y 1E).

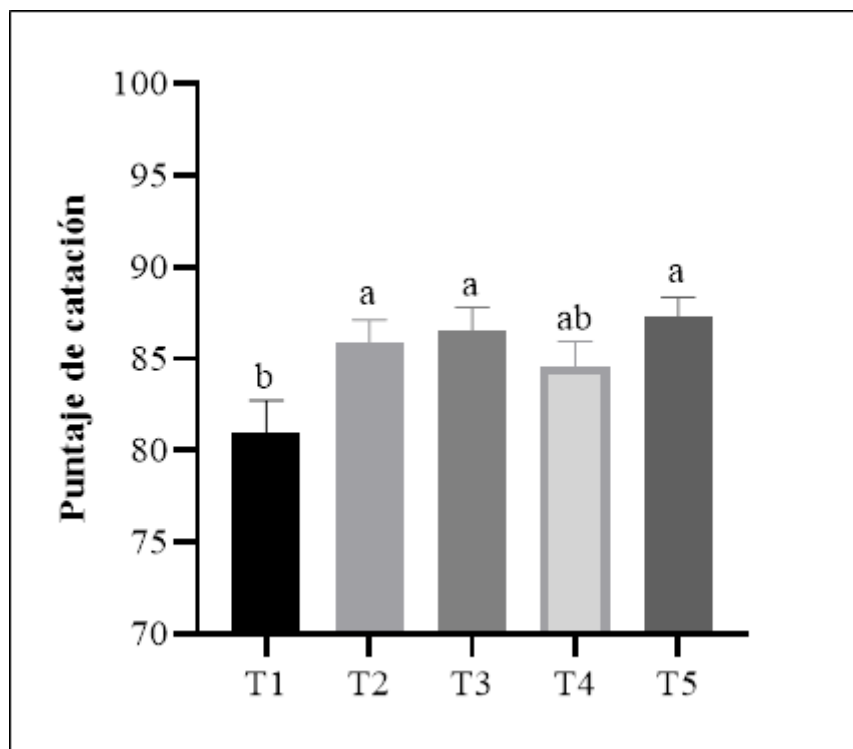
**Tabla 2.** Puntuación de los atributos otorgadas por los catadores a cada uno de los tratamientos aplicados en café (*Coffea arabica*) var. Típica con el uso de dos cepas de levaduras (S-04 y WB-06) a 4 y 6 días de fermentación. T1(Testigo), T2 (S-04 +4 días de fermentación), T3 (S-04+6 días de fermentación), T4 (WB-06 + 4 días de fermentación), T5 (WB-06 + 6 días de fermentación).

<b>Atributos</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>	<b>T5</b>
Fragancia/ aroma	7,25	7,92	8,33	8,00	8,33
Sabor	7,33	8,08	8,17	7,42	8,33
Aftertaste	7,17	7,92	7,92	7,50	8,08
Acidez	7,67	8,00	8,25	7,92	8,25
Cuerpo	7,42	8,10	8,08	8,08	8,08
Uniformidad	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Balance	7,17	7,92	7,92	7,92	8,00
Taza limpia	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Dulzura	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Impresión global	7,00	7,92	7,83	7,75	8,25
<b>TOTAL</b>	<b>81,00</b>	<b>85,92</b>	<b>86,50</b>	<b>84,58</b>	<b>87,33</b>

### 6.2.2. Nivel de calidad de la taza

El análisis sensorial presentó diferencia significativa entre tratamientos ( $P=0,0016$ ). El resultado de dicha catación determinó que los tratamientos T5, T2 y T3 tuvieron puntuaciones significativamente mayores al T1 (Testigo) (Anexo 2, figura 5A). Todos los tratamientos a excepción del T1 presentaron una evaluación final positiva (un puntaje final arriba de 84 puntos) y caracterización sensorial agradable. Sin embargo, los resultados indicaron que cada tratamiento presentó características sensoriales distintas, siendo T5 el

mejor evaluado con un puntaje final de 87,33 promedio de tres catadores, fue el mejor apreciado debido a su realce en los distintos atributos evaluados (figura 6).



**Figura 6.** Calificación sensorial del café (*Coffea arabica*) var. Típica con el uso de dos cepas de levaduras (S-04 y WB-06) a 4 y 6 días de fermentación. T1 (Testigo), T2 (S-04 +4 días de fermentación), T3 (S-04 +6 días de fermentación), T4 (WB-06 + 4 días de fermentación), T5 (WB-06 + 6 días de fermentación). Tukey ( $p < 0,05$ ). Se encontraron diferencias estadísticas significativas, Tukey ( $p < 0,05$ ). Barras verticales indican el error estándar.

### 6.2.3. Notas especiales de café

El análisis estadístico presentó diferencias significativas (Anexo 2, figura 6A) (El tratamiento con mejor puntuación (T5) presentó una aceptación completa por los tres catadores, destacando su cuerpo medio sedoso, sabor a maracuyá, mango, mandarina, naranja, cereal, nuez, frutos secos, manzana roja, durazno, té de rosas, uvas, uvas pasas, ciruela, caramelo, uva isabelina, escaramujo, galleta y *toffee*, considerando una apreciación general de balanceado, buen cuerpo, buenas condiciones de fragancia y aroma (Tabla 3).

Por otro lado, T1 fue el tratamiento con menos puntaje, los catadores lo clasificaron como un café con sabores a frutos amarillos, naranja, cereal, nuez, madera sutil, miel, durazno y haba (astringente), destacando que este café tiene gran potencial y se pueden aprovechar sus características.

**Tabla 3.** Notas encontradas por los catadores en cada uno de los tratamientos aplicados en café (*Coffea arabica*) var. Típica con el uso de dos cepas de levaduras (S-04 y WB-06) a 4 y 6 días de fermentación. T1(Testigo), T2 (S-04 +4 días de fermentación), T3 (S-04+6 días de fermentación), T4 (WB-06 + 4 días de fermentación), T5 (WB-06 + 6 días de fermentación). Tukey ( $p<0,05$ ).

<b>Tratamiento</b>	<b>Descriptorios</b>
<b>T1: Testigo</b>	Frutos amarillos, naranja, cereal, nuez, madera sutil, miel, durazno, haba (astringente).
<b>T2: S-04 + 4 días</b>	Almendra, dulce de leche, cedrón, naranja, madera sutil, avellana, chocolate, caramelo, ciruela, anís, azúcar morena, vainilla, hierba luisa, panela.
<b>T3: S-04 + 6 días</b>	Piña, frutos tropicales, champagne, frambuesa, chocolate blanco, vainilla, hibiscos, durazno, ciruela, manzana verde, uvas, caramelo, granadilla.
<b>T4: WB-06 + 4 días</b>	Frutos tropicales, mandarina, madera sutil, nuez, avellana, chocolate blanco, vainilla, hibiscos, hierba luisa, durazno, pistacho, té de rosas, té negro, pimienta rosa, sirope de almendras, hoja de naranja, caramelo.
<b>T5: WB-06 + 6 días</b>	Maracuyá, mango, mandarina, naranja, cereal, nuez, frutos secos, manzana roja, durazno, té de rosas, uvas, uvas pasas, ciruela, caramelo, uva isabelina, escaramujo, galleta, <i>toffee</i> .

## 7. Discusión

En el presente estudio, se utilizaron dosis de levaduras de la especie *Saccharomyces cerevisiae* cepas S-04 y Wb-06 como tratamiento, aplicadas en el proceso de fermentación de cerezas de café despulpado, para dilucidar los efectos de las levaduras sobre la calidad final de taza, en condiciones controladas.

Jackels & Jackels (2005) habla sobre la fermentación en granos de café, que este es un proceso que principalmente se utiliza como método para remover el mucílago del grano, sin embargo, este tiene como efecto un resultado favorecedor sobre el sabor de la taza de café. Esto dado por la acción de metabolitos microbianos que se producen durante este proceso, los que pueden llegar a difundirse dentro de los granos influenciando la calidad final de la bebida. Puerta Quintero (2012) concuerda y menciona que mediante la práctica de procesos tanto de fermentación, lavado y secado controlados se contribuye a la obtención de bebidas de café con aromas y sabores especiales y de buena calidad.

### 7.1. Comportamiento del pH durante el proceso de fermentación

En la evaluación de la variable pH, el promedio inicial (antes de la fermentación) corresponde a un valor de 5,65, estos datos tienen relación con el estudio realizado por Puerta Quintero (2012) en café variedades Caturra, Castillo y Tabi en donde observó que el pH inicial de café puede ubicarse en un promedio de 5,6 para cafés seleccionados rigurosamente, destacando que estos valores también dependen del estado de madurez, del tiempo entre la recolección y el despulpado y de la manipulación de los frutos. En cambio, el pH promedio al final del proceso de fermentación (cuando se retira para realizar el proceso de lavado) fue de 3,91, Jackels et al. (2005) y Valarezo Flores (2017) afirman que un pH final de 4,6 a 4,4 puede ser un valor óptimo utilizado como indicador para finalizar el proceso de fermentación en el tiempo adecuado sin generar problemas de sobrefermentación del grano. Puerta Quintero (2012) difiere y menciona que, en general, valores de pH del mucílago fermentado entre 3,7 y 4,1 son adecuados y seguros para interrumpir la fermentación y lavar el café. Esto contrasta con los resultados obtenidos, en el que el valor más bajo registrado fue de 3,59, lo que parece indicar que se inició un proceso de sobrefermentación y que este pudo influir en los perfiles de taza finales.

La tendencia descendente del pH durante el proceso de fermentación se debe a un aumento de la acidez de la masa, que coincide con la producción de ácidos a partir de los

azúcares y del rompimiento de las pectinas presentes en el mucílago de café (Peñuela Martínez, 2010) y que finalmente influye en los perfiles de taza (Córdoba-Castro & Guerrero-Fajardo, 2016). Esto concuerda con lo expuesto por Cruz Padilla & Pivaral Cruz (2018) quienes indican que la reducción del pH en sistemas cerrados se debe principalmente al dióxido de carbono producido por las levaduras el cual contribuye a la acidificación del mismo.

## **7.2. Comportamiento de los °Bx durante el proceso de fermentación**

Los °Bx en el proceso de fermentación, ya en dilución, tuvieron en promedio inicial 4,98 y en promedio final al concluir la fermentación 3,28; esto concuerda con lo reportado por Valarezo Flores (2017), en su investigación evidenció un descenso de la cantidad de sólidos solubles hasta un promedio de 3,35 °Bx, alegando que esta disminución se debe a la degradación y desdoblamiento de los diferentes azúcares y sustancias peptídicas, las cuales generan otras sustancias tales como alcoholes y ácidos orgánicos (IICA, 2010). Los resultados en el presente estudio realizados en la variedad Típica obtuvieron un valor más bajo a lo reportado lo que puede indicar que fue un efecto secundario de los bajos valores de pH registrados al final de la fermentación. Además, hay que indicar que los valores obtenidos pueden deberse a la técnica utilizada, la cual es una dilución de los azúcares en el mucílago por lo cual ya no tiene las condiciones de partida del grano. Se evidenció un comportamiento decreciente en el tiempo, esto concuerda con los datos reportados por Martínez Cumbicus (2021) quien asegura que los °Bx van disminuyendo con el paso de las horas de fermentación.

## **7.3. Puntaje del análisis sensorial**

Las características sensoriales del café dependen de diversos aspectos entre los que se encuentran los factores genéticos, ambientales y labores culturales (Arcos Ávila, 2017), mientras que el proceso de beneficio, la fermentación y el secado tienen una relación directa con la calidad física y organoléptica del grano de café (Banegas Romero, 2009). Haile & Kang (2019) concuerdan y aseveran que los tratamientos poscosecha y otros procesos como el grado de tueste son primordiales para determinar la constitución y cantidad del aroma del café y otras características sensoriales.

Todos los tratamientos tuvieron puntajes similares en la mayor parte de atributos, estos se encuentran en un rango de 8 (la calificación más baja) a 10 (la más alta). Según la

escala para la calificación y descripción de la calidad de café propuesta por Puerta y Echeverry (2015) (Anexo 2, figura 16), se encuentran dentro de la clasificación de “Calidad especial y superior”. En la investigación realizada por Ruta & Farcasanu (2021), evidenciaron que el proceso de adición de levaduras como cultivos iniciadores influyen en los tipos de compuestos que se producen durante la fermentación y después del tueste, y estas se correlacionan con las características sensoriales percibidas durante la prueba de cata (diferenciación sensorial). En cambio, Buffo & Cardelli-Freire (2004) expresan que las propiedades características de la bebida de café, como el sabor y el aroma, se desarrollan durante el proceso de tueste, cuando los granos de café tras una sucesión de reacciones provocan modificaciones en su composición química.

Durante el proceso de tostado los polisacáridos contenidos en los granos de café se degradan, se descompone la sacarosa completamente y se carameliza, esto genera los pigmentos que aportan el color caramelo y amargor a la bebida, además se forman ácidos como el fórmico, acético, láctico, glicólico y furanos (compuestos aromáticos) (Puerta Quintero, 2011). Mediante la reacción de Maillard o glicación se forman las meloninas producto de la reacción entre los azúcares reductores con los aminoácidos, que modifican las cualidades del color (pigmento café), sabor, aroma y amargor de la bebida. Además, se producen otras sustancias como tiofenos, pirroles, tiazoles, oxazoles y pirazinas (Puerta Quintero & Echeverri Giraldo, 2019).

Al finalizar la catación los granos de café tostados fueron analizados de forma visual por los catadores, al partir los granos a la mitad, estos evidenciaron que existieron problemas durante el proceso de tueste, la mitad del grano se encontraba en el tueste adecuado y la otra porción aun contenía humedad, lo que pudo influir en que la puntuación de los atributos se redujese, por lo que sugirieron ajustar el perfil de tueste.

#### **7.4. Nivel de la calidad de la taza de café**

El resultado de la catación determinó que el T2 (85,92), T3 (86,50), T4 (84,58) y T5 (87,33) presentaron diferencia significativa con respecto al tratamiento testigo (método del productor) que obtuvo un puntaje total de 81, lo cual concuerda con la investigación realizada por Martínez Cumbicus (2021) en donde aplicó 20 ml de *Saccharomyces cerevisiae* cepa Lalcafé Cima durante 48 horas, en tres variedades distintas de *Coffea arabica*, obteniendo el mejor resultado en café variedad Bourbon despulpado y con beneficio húmedo con un puntaje final de 87,50, en comparación al tratamiento que realizaba el productor. En cambio,

en la investigación realizada por Titisunta Vaca (2023), en café de la variedad Típica en sistema anaerobio con la aplicación de 20 ml de *Saccharomyces cerevisiae* durante un periodo de tiempo de 21 horas de fermentación, obtuvo un puntaje de catación de 84,5. Todo esto concuerda con lo expuesto por Haile & Kang (2019), que afirma que el café procesado en húmedo tiene cualidades aromáticas superiores debido a los compuestos aromáticos producidos durante la eliminación de la capa de mucílago en el procesamiento húmedo. Con la utilización del método húmedo se homogenizan las levaduras distribuyéndose de una forma adecuada permitiendo un óptimo desarrollo del proceso de fermentación. La selección de microorganismos apropiados para la fermentación es fundamental para que estos tengan un impacto positivo en el sabor y el aroma del café; esto se logra controlando el proceso de fermentación como temperatura, pH, °Bx, tasa de inoculación de levaduras y tiempo. Puerta y Echeverry (2015) evaluaron distintos sistemas de fermentación con varios tiempos de fermentación, en su investigación lograron identificar que los cafés fermentados durante 36 horas en ambiente cerrado y sumergido tenían un 65 % de probabilidades de obtener sabores especiales en comparación a otros métodos como el abierto sumergido, el cual en el mismo periodo solamente presentó notas superiores a las convencionales.

Según los resultados obtenidos el tratamiento con el puntaje más alto fue T5 en el que se aplicó la cepa de levadura WB-06 con un tiempo de fermentación de 6 días, T3 fue otro de los tratamientos que obtuvo un puntaje alto, al cual se le aplicó la cepa S-04 con un tiempo de fermentación de 6 días, a comparación de los tratamientos sometidos a las mismas cepas de levaduras, pero en menor tiempo de fermentación (4 días). Sí se observó un efecto positivo en cuanto al tiempo, lo que implica que a mayor tiempo de fermentación se obtiene un impacto positivo en la calidad de taza final. En cuanto al tiempo de fermentación este está en dependencia de las características y condiciones de cada Finca, con sugerencia de un tiempo de 16 a 24 horas (Arcos Ávila, 2017). Como indica esto, frente a los resultados obtenidos se debería a que ellos usan una tasa de inoculación muy elevada por lo cual reducen los tiempos de fermentación.

## **7.5. Notas especiales de café**

El tratamiento con mejor puntaje obtenido por parte de los catadores obtuvo notas agradables, cítricas, frutales, a rosas, entre otras, resultado que concuerda con lo expuesto por Puerta Quintero & Echeverry Molina (2015), quienes observaron que en fermentaciones sólidas se producen bebidas complejas con diversidad de notas principalmente cítricas,

frutales y chocolates; además, según la escala para la calificación y descripción de la calidad de la bebida de café, el tratamiento mejor puntuado (T5) con un puntaje obtenido de 87,33 se encuentra en la clasificación de “Calidad especial y superior”, estos datos concuerdan con lo obtenido en la investigación realizada por Sánchez de la Cruz & Olivares Muñoz (2019) en el que aplicaron de 60 mL de *S. cerevisiae* en diferentes tiempos (4, 8 y 12h) en donde el mejor tratamiento obtuvo un puntaje de 84 y lo catalogaron con notas dulces, frutales y de frutos secos. En cambio, el T1 (testigo) de la presente investigación obtuvo notas no deseadas como astringentes, sabor a habas y amaderado. Arcos Ávila (2017) explica que ciertos sabores pueden llegar a ser desagradables para el consumidor, estos se consideran como defectos, sabores como a fermento, fungoso y rancio. Basada en esta información Peñuela Martínez (2010) afirma que la etapa de fermentación es un proceso delicado en el proceso de generación de valor agregado, fermentaciones prolongadas e incompletas pueden generar defectos en el sabor como: grano negro, cardenillo y vinagre, produciendo defectos sensoriales de sabores a fermento, cebolla, vinagre, rancio y *stinker* (Nauseabundo).

Los resultados en el presente estudio realizado en café variedad Típica demostraron que la aplicación de levaduras de la especie *S. cerevisiae* con varios tiempos de fermentación tuvieron resultados significativos, todos sobrepasando los 84 puntos, lo cual los cataloga como cafés especiales, se observó que se presentó un incremento de sabores especiales distintivos, variables y agradables. Se recomienda el uso de estos tipos de levaduras, en especial la cepa WB-06 que presentó la mejor puntuación en comparación con el tratamiento testigo que correspondía al método de fermentación utilizado por el productor. A pesar de que el cultivo no tuvo las condiciones adecuadas, pues se encontraron problemas de nutrición y daños causados por broca (*Hypothenemus hampei*), se obtuvieron resultados favorables, demostrando su efecto positivo en la taza final de café, lo cual aporta nuevo conocimiento para futuras investigaciones como posibles opciones para generar perfiles sensoriales diferentes mediante el mejoramiento de las características organolépticas del café.



## 8. Conclusiones

- Con base en dichos resultados se puede argumentar que la fermentación es un proceso crucial en el procesamiento del café, si esta se controla de forma adecuada puede crear características superiores en la calidad sensorial, lo que se logró evidenciar en esta investigación; el mejor tratamiento obtuvo un puntaje de 87,33 en la catación, con la aplicación de la cepa WB-06, en comparación con el tratamiento testigo que obtuvo un puntaje de 81, demostrando en la evaluación final de taza que el uso de levaduras favoreció y potenció sabores distintivos y de alta calidad sensorial, desarrollando perfiles frutales, cítricos, dulces muy agradables que se distinguieron del método tradicional usado por el productor.
- Se concluye que el efecto del tiempo aplicado tuvo una influencia positiva a los 6 días de fermentación, que variables como el pH y °Bx sirven como indicadores del proceso de fermentación para interrumpirla en los tiempos adecuados sin presentar problemas de sobrefermentación de los granos.

## 9. Recomendaciones

- Se sugieren llevar otros estudios con la utilización de otros tipos de levaduras, diferentes tiempos (mayores o menores) y en café sin lavar. Se sugiere que las condiciones de pH, °Bx, temperatura y concentración de azúcares fermentables sean óptimas para realizar comparaciones y comprobar si existen diferencias en los descriptores y notas finales de taza.
- Es necesario que las condiciones del cultivo sean óptimas y que el cultivo no tenga presencia de plagas y enfermedades como la broca que afectan directamente a la calidad del grano para la obtención de mejores resultados.

## 10. Bibliografía

- Arcos Ávila, C. A. A. (2017). Monografía: Efecto de la fermentación aerobia del grano de café orgánico, en el desarrollo de características sensoriales de la bebida en el Municipio de Pitalito. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/13481/83042763.pdf?sequence=3&isAllowed=y#:~:text=El%20caf%C3%A9%20es%20susceptible%20de,de%20los%20microorganismos%20en%20las>
- Banegas Romero, K. Y. (2009). Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad del café (coffea arabica) en los municipios de El Paraiso y Alauca, Honduras. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/5207>
- Buendía Espinoza, J. C., Maldonado Torres, R., Amador Atlahua, L., & Álvarez Sánchez, M. E. (2020). Identificación de elementos discriminatorios para caracterizar el Coffea arabica L. empleando componentes principales. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 11(1), 1-12. <https://doi.org/10.29312/remexca.v11i1.2207>
- Buffo, R. A., & Cardelli-Freire, C. (2004). Coffee flavour: An overview. *Flavour and Fragrance Journal*, 19(2), 99-104. <https://doi.org/10.1002/ffj.1325>
- Castro, P., Contreras, Y., Laca, D., & Nakamatsu, K. (2004). Café de especialidad: Alternativa para el sector cafetalero peruano. *ESAN*, 9(17), 65.
- Chango Yosa, M. A., & García Regalado, J. O. (2021). Análisis de la competitividad de las exportaciones de café de Ecuador versus Colombia y Brasil hacia el mercado de USA. *X-Pedientes Económicos*, 5(12), 65-80.
- Cocinista. (2022). Levadura para cerveza SafAle S-04—11,5 gr Fermentis | [www.cocinista.es](http://www.cocinista.es). <https://www.cocinista.es/web/es/levadura-para-cerveza-safale-s-04-11-5-gr-1099.html>
- Córdoba-Castro, N. M., & Guerrero-Fajardo, J. E. (2016). CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS TRADICIONALES DE FERMENTACIÓN DE CAFÉ EN EL DEPARTAMENTO DE NARIÑO. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 75-83. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)75-83](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)75-83)
- Cruz Padilla, J. E., & Pivaral Cruz, R. O. (2018). Evaluación del efecto de *Saccharomyces cerevisiae* sobre la caracterización sensorial del café en dos sistemas de fermentación. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/41078b23-0459-42fd-afaa-7887c9f2c892/content>
- Cuya Curo, E. (2013). ASISTENCIA TÉCNICA DIRIGIDA EN COSECHA Y POSTCOSECHA EN EL CULTIVO DE CAFE - Infocafes. <http://infocafes.com/portal/biblioteca/asistencia-tecnica-dirigida-en-cosecha-y-postcosecha-en-el-cultivo-de-cafe/>
- Elena Pérez-Urria Carril. (2014). Café I (G. Coffea). 113-132, 2. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27835/1/1757-2066-1-PB.pdf>
- Galindo Páez, H. S. (2013). ANÁLISIS DEL MERCADO ESPAÑOL PARA LA EXPORTACIÓN DE CAFÉ ECUATORIANO DE ESPECIALIDAD PRODUCIDO EN CARIAMANGA CON CERTIFICACIONES ORGÁNICAS Y DE COMERCIO JUSTO. [Universidad de las Américas].

<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/3053/1/UDLA-EC-TLNI-2013-05%28S%29.pdf>

- Haile, M., & Kang, W. H. (2019). The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. *Journal of Food Quality*, 2019, 1-6. <https://doi.org/10.1155/2019/4836709>
- IICA. (2010). Guía técnica para el beneficiado de café protegido bajo una indicación geográfica o denominación de origen. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). <https://repositorio.iica.int/handle/11324/14124>
- INEN. (2016). CAFÉ TOSTADO EN GRANO O MOLIDO. REQUISITOS. 1123. [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_1123-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_1123-2.pdf)
- Jackels, S., & Jackels, C. (2005). Characterization of the Coffee Mucilage Fermentation Process Using Chemical Indicators: A Field Study in Nicaragua. *Journal of Food Science*, 70(5), C321-C325. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.tb09960.x>
- Jackels, S., Jackels, C., Vallejos, C., Kleven, S., Rivas, R., & Fraser-Dauphinee, S. (2005). Control of the Coffee Fermentation Process and Quality of Resulting Roasted Coffee: Studies in the Field Laboratory and on Small Farms in Nicaragua During the 2005-06 Harvest. <https://faculty.washington.edu/jackels/research/ASICPaperFinalV2.8.pdf>
- Jiménez Torres, A., & Massa Sánchez, P. (2015). Producción de café y variables climáticas: El caso de Espíndola, Ecuador. *Economía*, XL(40), 117-137.
- Jumbo Benítez, N. del C. (2022). INFLUENCIA DE LA VARIEDAD, ALTURA Y PROCESOS TECNOLÓGICOS EN LA CALIDAD Y SUSTENTABILIDAD DEL CAFÉ DE CHAGUARPAMBA, LOJA, ECUADOR [Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5233/jumbo-benitez-nohemi-del-carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lozano, P. (2002). Los tipos de bosque en el sur del Ecuador (pp. 29-50).
- MAG. (2021). Loja inicia la cosecha de uno de los mejores cafés del Ecuador – Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://www.agricultura.gob.ec/loja-inicia-la-cosecha-de-uno-de-los-mejores-cafes-del-ecuador/>
- Maltosaa. (2022). Levadura Fermentis Safbrew WB-06. Maltosaa. <https://maltosaa.com.mx/producto/levadura-safbrew-wb-06-fermentis/>
- Martínez Álvarez, M. (2019). La cata de café. Fórum del Café. [https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-35\\_la\\_cata\\_de\\_cafe.pdf](https://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/f-35_la_cata_de_cafe.pdf)
- Martinez Cumbicus, M. L. (2021). EFECTO DEL USO DE *Saccharomyces cerevisiae* BAJO CONDICIONES FERMENTATIVAS EN LA CALIDAD DE TAZA DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN EL CANTÓN LOJA [Univerisdad Nacional de Loja]. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/23995/1/Marjorie%20Lizabeth%20Martinez%20Cumbicus.pdf>
- Murthy, P. S., & Madhava Naidu, M. (2012). Sustainable management of coffee industry by-products and value addition—A review. *Resources, Conservation and Recycling*, 66, 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.06.005>

- Organización Internacional del café. (2019). Informe de la OIC sobre desarrollo cafetero de 2019 (Crecer para prosperar: viabilidad económica como catalizador de un sector cafetero sostenible, pp. 4-5). OIC. <http://www.ico.org/documents/cy2018-19/ed-2318c-overview-flagship-report.pdf>
- Ortega Bardellini, J. (2003). ANALISIS SECTORIAL DEL CAFE. Apunte de Economía, 40. <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/PublicacionesNotas/Catalogo/Apuntes/ae40.pdf>
- Pabón Usaquén, J. P., & Osorio Pérez, <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/4227/1/Cap07.pdf>. (2019). Factores e indicadores de la calidad física, sensorial y química del café. “APLICACIÓN DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN EN EL CULTIVO DEL CAFÉ AJUSTADO A LAS CONDICIONES PARTICULARES DEL HUILA”, 7, 27.
- Peñuela, A. E., & Sanz-Urbe, J. R. (2021). Obtenga café de calidad en el proceso de beneficio. En Centro Nacional de Investigaciones de Café, Guía más agronomía, más productividad, más calidad (3.a ed., pp. 189-218). Cenicafé. [https://doi.org/10.38141/10791/0014\\_11](https://doi.org/10.38141/10791/0014_11)
- Peñuela Martínez, A. E. (2010). ESTUDIO DE LA REMOCIÓN DEL MUCÍLAGO DE CAFÉ A TRAVÉS DE FERMENTACIÓN NATURAL. [https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1072/Pe%C3%Bluela\\_Martinez\\_Aida\\_Esther\\_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1072/Pe%C3%Bluela_Martinez_Aida_Esther_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez Santofimio, E. A., & Osso Bolaños, J. B. (2021). Análisis de la calidad de taza y el factor de rendimiento de las variedades de café (coffea arabica L.) Castillo y Bourbon Rosado, bajo las mismas condiciones de fermentación en la finca la primavera de la vereda Betania del municipio Pitalito-Huila. <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/44837/jbossob.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ponce Vaca, L. A., Orellana Suarez, K. D., Acuña Velásquez, I. R., Alfonso Alemán, J. L., & Fuentes Figueroa, T. (2018). Situación de la caficultura ecuatoriana: Perspectivas. Revista Estudios del Desarrollo Social: Cuba y América Latina, 6(1), 307-325.
- Puerta Quintero, G. I. (2011). COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA TAZA DE CAFÉ. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/340/1/avt0414.pdf>
- Puerta Quintero, G. I. (2012). FACTORES, PROCESOS Y CONTROLES EN LA FERMENTACIÓN DEL CAFÉ. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/327/1/avt0422.pdf>
- Puerta Quintero, G. I., & Echeverry Molina, J. G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. Avances técnicos, 454. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0454.pdf>
- Puerta Quintero, G. I., & Echeverri Giraldo, L. F. (2019). RELACIONES ENTRE LAS CONCENTRACIONES DE COMPUESTOS QUÍMICOS DEL CAFÉ Y LAS TEMPERATURAS DE TORREFACCIÓN. <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc070%2802%29067-080.pdf>
- Ruta, L. L., & Farcasanu, I. C. (2021). Coffee and Yeasts: From Flavor to Biotechnology. Fermentation, 7(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fermentation7010009>

- Sánchez de la Cruz, I. G., & Olivares Muñoz, S. V. (2019). Efecto de la adición de levadura (*Saccharomyces* sp) en el proceso de fermentación de café (*Coffea arabica*). *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, 3(1), 28. <https://doi.org/10.25127/aps.20191.480>
- Sistema de Información Pública Agropecuaria. (2021). Boletín Situacional Café 2021. <https://online.fliphtml5.com/ijia/hubn/>
- Suárez Machín, C., Garrido Carralero, N. A., & ; Guevara Rodríguez, C. A. (2016). Levadura *Saccharomyces cerevisiae* y la producción de alcohol. Revisión bibliográfica. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, 50(1), 20-28.
- Toledo-Macas, R.-K., Zumba Zúñiga, M., & Fernández, V.-A. (2019). La denominación de origen como estrategia de comercialización de productos agroalimentarios. El caso del café de altura de la provincia de Loja, Ecuador (pp. 401-413).
- Vázquez Osorio, Y., Vuelta Lorenzo, D., & Rizo Mustelier, M. (2020). ESTUDIOS SOBRE CALIDAD DEL CAFÉ (*COFFEA ARABICA*) EN LA LOCALIDAD DE FILÉ, MUNICIPIO TERCER FRENTE, SANTIAGO DE CUBA, CUBA. *Ciencia en su PC*, 1(2), 66-81.
- Valarezo Flores, D. X. (2017). Efecto del proceso de beneficiado húmedo en características físico-químicas y sensoriales de café verde especial (var. Pacamara). <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/433c8214-1b05-400b-8f2c-6c1f3185d1dd/content>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Evidencias fotográficas



Anexo 1. figura 1. Desarrollo de la investigación. A) Finca Agroloja. B) Lojanías tostadería y cafetería.



Anexo 1. figura 2. A) Estado de madurez de las cerezas recolectadas. B) Lote representativo en el que se realizó la cosecha.



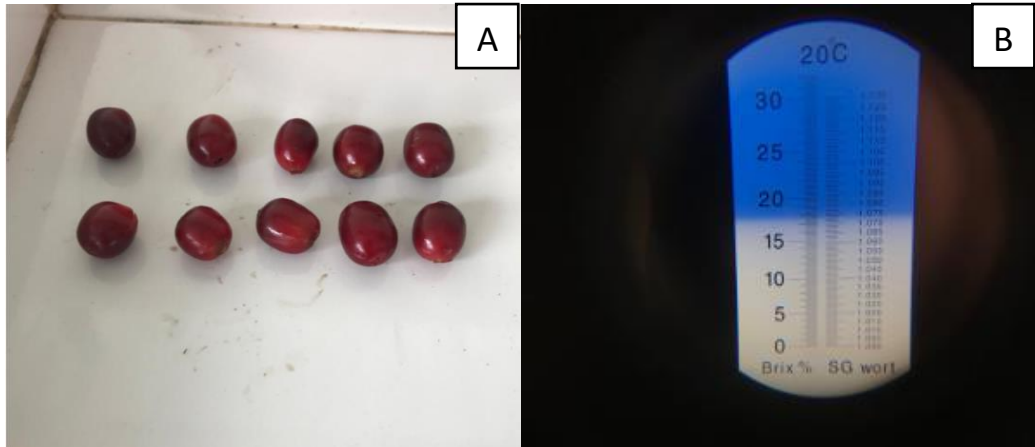


**Anexo 1. figura 3.** Pesaje de la cosecha de cerezas.



**Anexo 1. figura 4.** A) Proceso de boyado. B) Eliminación de agua sobre malla marquesina pos boyado.

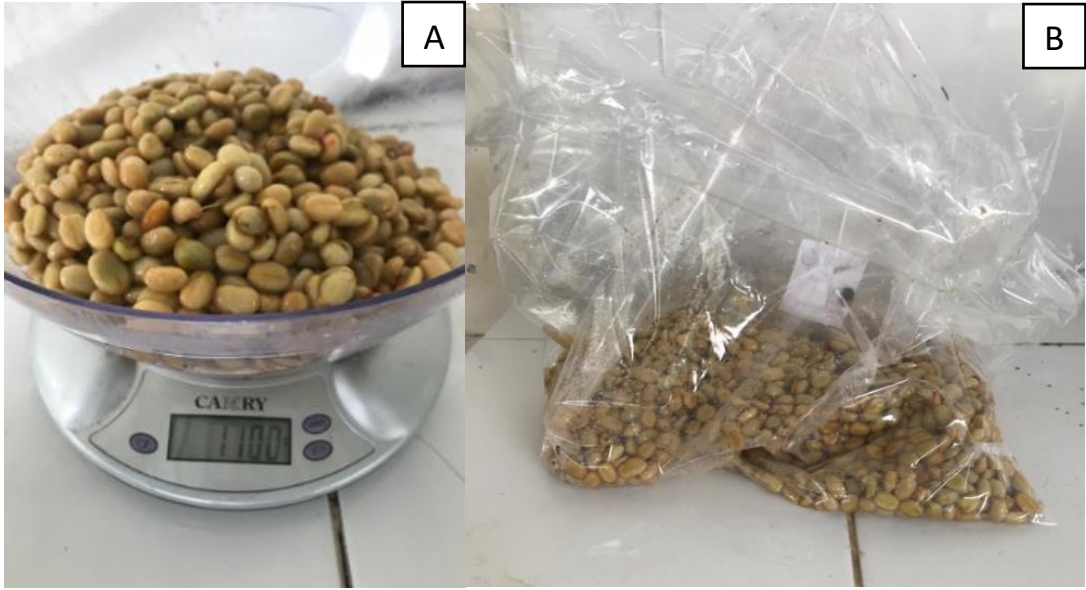




**Anexo 1. figura 5.** A) Cerezas seleccionadas para toma de datos de °Brix. B) Mediciones registradas en el refractómetro.



**Anexo 1. figura 6.** A) Modelo de despulpadora utilizada. B) Cerezas de café despulpadas



**Anexo 1. figura 7.** Pesaje de los granos despulpados para la aplicación de los tratamientos.  
B) Colocación de las muestras sobre las fundas.



**Anexo 1. figura 8.** Adecuación de las botellas utilizadas como trampas de oxígeno.



**Anexo 1. figura 9.** Levaduras utilizadas para el proceso de fermentación. **B)** Pesaje de las levaduras para cada uno de los tratamientos.



**Anexo 1. figura 10.** **A)** Adición de agua a las fundas. **B)** Incorporación de las levaduras a cada una de las muestras. **C)** Medición de pH y °Brix.





**Anexo 1. figura 11.** A) Colocación de las mangueras de venoclisis en cada una de las fundas. B) Cubrimiento de los biorreactores con fundas negras para propiciar la fermentación adecuadamente.



**Anexo 1. figura 12.** A) Medición de °Brix pos-fermentación. B) Proceso de beneficio lavado.



Anexo 1. figura 13. Proceso de secado de los granos de café sobre mallas marquesinas.



Anexo 1. figura 14. A) Trillado del café pergamino. B) Mallaje y clasificación del café trillado.

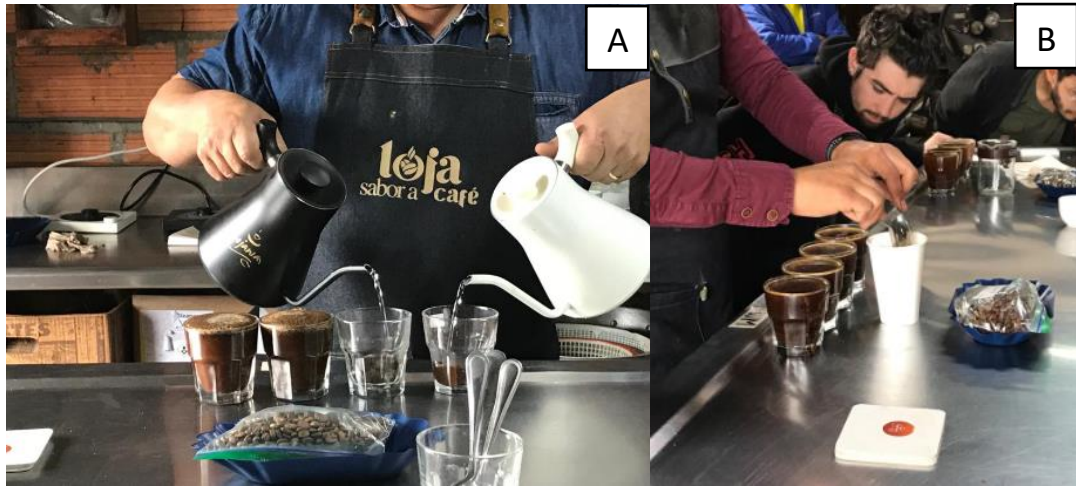




**Anexo 1. figura 15.** A) Pesaje de los 300 gr para el proceso de tueste. B) Molido de las muestras de café.



**Anexo 1. figura 16.** Análisis del aroma del café realizado por los catadores.



**Anexo 1. figura 17.** A) Colocación del agua en las muestras para el análisis gustativo. B) Eliminación de la costra superior en la taza de café.



**Anexo 1. figura 18.** Catadores, tesista, director de tesis y docentes invitados a la catación.

## Anexo 2. Análisis estadístico en diferentes variables

### Análisis de la varianza

A

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Al inicio de la fermentaci..	20	0.65	0.59	0.18

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.9E-03	3	9.8E-04	10.03	0.0006
Tratamientos	2.9E-03	3	9.8E-04	10.03	0.0006
Error	1.6E-03	16	9.8E-05		
Total	4.5E-03	19			

### Análisis de la varianza

B

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Al finalizar la fermentaci..	20	0.99	0.99	0.39

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.34	3	0.11	536.28	<0.0001
Tratamientos	0.34	3	0.11	536.28	<0.0001
Error	3.4E-03	16	2.1E-04		
Total	0.35	19			

Anexo 2. figura 1. A) Análisis estadístico de la variable pH al inicio de la fermentación. B) Análisis estadístico de la variable pH al inicio de la fermentación.

ANOVA pH al inicio de la fermentación		
Tratamientos	Medias	
T2:S-04 + 4 días	5.65	A
T4:WB-06 + 4 días	5.63	B
T3:S-04 + 6 días	5.63	B
T5:WB-06 + 6 días	5.61	B

ANOVA pH al finalizar la fermentación		
Tratamientos	Medias	
T5:WB-06 + 6 días	3.91	A
T4:WB-06 + 4 días	3.73	A
T3:S-04 + 6 días	3.59	B
T2:S-04 + 4 días	3.59	B

Anexo 2. figura 2. Anova del análisis estadístico de la variable pH al inicio y al final de la fermentación.



**Análisis de la varianza**

A

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Al inicio de la fermentaci..	20	0.60	0.52	1.37

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.11	3	0.04	7.85	0.0019
Tratamientos	0.11	3	0.04	7.85	0.0019
Error	0.07	16	4.5E-03		
Total	0.18	19			

**Análisis de la varianza**

B

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Al finalizar la fermentaci..	20	0.88	0.86	5.09

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.63	3	0.88	40.34	<0.0001
Tratamientos	2.63	3	0.88	40.34	<0.0001
Error	0.35	16	0.02		
Total	2.98	19			

**Anexo 2. figura 3. A)** Análisis estadístico de la variable °Brix al inicio de la fermentación.  
**B)** Análisis estadístico de la variable °Brix al final de la fermentación.

ANOVA °Brix al inicio de la fermentación	
Tratamientos	Medias
T3:S-04 + 6 días	4.98 <b>A</b>
T2:S-04 + 4 días	4.94 <b>AB</b>
T5:WB-06 + 6 días	4.84 <b>BC</b>
T4:WB-06 + 4 días	4.80 <b>C</b>

ANOVA °Brix al finalizar la fermentación	
Tratamientos	Medias
T3:S-04 + 6 días	3.28 <b>A</b>
T2:S-04 + 4 días	3.24 <b>A</b>
T4:WB-06 + 4 días	2.60 <b>B</b>
T5:WB-06 + 6 días	2.48 <b>B</b>

**Anexo 2. figura 4.** Anova del análisis estadístico de la variable °Brix al inicio y al final de la fermentación.

### Análisis de la varianza

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
TOTAL	15	0.80	0.72	1.60

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	74.06	4	18.51	10.01	0.0016
Tratamientos	74.06	4	18.51	10.01	0.0016
Error	18.50	10	1.85		
Total	92.56	14			

Anexo 2. figura 5. Análisis estadístico de las puntuaciones totales obtenidas de la catación de café.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Fragancia/ aroma	15	0.73	0.62	3.71

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.36	4	0.59	6.74	0.0067
Tratamientos	2.36	4	0.59	6.74	0.0067
Error	0.88	10	0.09		
Total	3.23	14			

### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.79487

Error: 0.0875 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5: WB-06 + 6 días	8.33	3	0.17 A
T3: S-04 + 6 días	8.33	3	0.17 A
T4: WB-06 + 4 días	8.00	3	0.17 A B
T2: S-04 + 4 días	7.92	3	0.17 A B
T1: Testigo	7.25	3	0.17 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 2. figura 6. Análisis estadístico del atributo fragancia/aroma.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Sabor	15	0.81	0.74	3.07

### Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.53	4	0.63	10.82	0.0012
Tratamientos	2.53	4	0.63	10.82	0.0012
Error	0.58	10	0.06		
Total	3.11	14			

### Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.64901

Error: 0.0583 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5: WB-06 + 6 días	8.33	3	0.14 A
T3: S-04 + 6 días	8.17	3	0.14 A
T2: S-04 + 4 días	8.08	3	0.14 A
T4: WB-06 + 4 días	7.42	3	0.14 B
T1: Testigo	7.33	3	0.14 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

Anexo 2. figura 7. Análisis estadístico del atributo sabor.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Aftertaste	15	0.76	0.66	3.02

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.69	4	0.42	7.81	0.0040
Tratamientos	1.69	4	0.42	7.81	0.0040
Error	0.54	10	0.05		
Total	2.23	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.62540**

Error: 0.0542 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5: WB-06 + 6 días	8.08	3	0.13 A
T3: S-04 + 6 días	7.92	3	0.13 A
T2: S-04 + 4 días	7.92	3	0.13 A
T4: WB-06 + 4 días	7.50	3	0.13 A B
T1: Testigo	7.17	3	0.13 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 2. figura 8. Análisis estadístico del atributo aftertaste.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Acidez	15	0.47	0.25	3.60

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.73	4	0.18	2.18	0.1455
Tratamientos	0.73	4	0.18	2.18	0.1455
Error	0.83	10	0.08		
Total	1.56	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.77572**

Error: 0.0833 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5: WB-06 + 6 días	8.25	3	0.17 A
T3: S-04 + 6 días	8.25	3	0.17 A
T2: S-04 + 4 días	8.00	3	0.17 A
T4: WB-06 + 4 días	7.92	3	0.17 A
T1: Testigo	7.67	3	0.17 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 2. figura 9. Análisis estadístico del atributo acidez.**

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Cuerpo	15	0.55	0.36	3.89

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.15	4	0.29	3.00	0.0723
Tratamientos	1.15	4	0.29	3.00	0.0723
Error	0.96	10	0.10		
Total	2.11	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.83186**

Error: 0.0958 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T2: S-04 + 4 días	8.17	3	0.18 A
T5: WB-06 + 6 días	8.08	3	0.18 A
T4: WB-06 + 4 días	8.08	3	0.18 A
T3: S-04 + 6 días	8.08	3	0.18 A
T1: Testigo	7.42	3	0.18 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 2. figura 10.** Análisis estadístico del atributo cuerpo.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Uniformidad	15	sd	sd	0.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.00	4	0.00	sd	sd
Tratamientos	0.00	4	0.00	sd	sd
Error	0.00	10	0.00		
Total	0.00	14			

**Anexo 2. figura 11.** Análisis estadístico del atributo uniformidad.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> Aj	CV
Balance	15	0.78	0.69	2.62

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	1.44	4	0.36	8.65	0.0028
Tratamientos	1.44	4	0.36	8.65	0.0028
Error	0.42	10	0.04		
Total	1.86	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.54851**

Error: 0.0417 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5: WB-06 + 6 días	8.00	3	0.12 A
T4: WB-06 + 4 días	7.92	3	0.12 A
T3: S-04 + 6 días	7.92	3	0.12 A
T2: S-04 + 4 días	7.92	3	0.12 A
T1: Testigo	7.17	3	0.12 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

**Anexo 2. figura 12.** Análisis estadístico del atributo Balance.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Taza limpia	15	sd		sd	0.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.00	4	0.00	sd	sd
Tratamientos	0.00	4	0.00	sd	sd
Error	0.00	10	0.00		
Total	0.00	14			

**Anexo 2. figura 13.** Análisis estadístico del atributo Taza limpia.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Dulzura	15	sd		sd	0.00

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	0.00	4	0.00	sd	sd
Tratamientos	0.00	4	0.00	sd	sd
Error	0.00	10	0.00		
Total	0.00	14			

**Anexo 2. figura 14.** Análisis estadístico del atributo Dulzura.

Variable	N	R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup>	Aj	CV
Impresión global	15	0.70	0.58	4.25	

**Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)**

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	2.54	4	0.64	5.87	0.0107
Tratamientos	2.54	4	0.64	5.87	0.0107
Error	1.08	10	0.11		
Total	3.63	14			

**Test: Tukey Alfa=0.05 DMS=0.88445**

Error: 0.1083 gl: 10

Tratamientos	Medias	n	E.E.
T5: WB-06 + 6 días	8.25	3	0.19 A
T2: S-04 + 4 días	7.92	3	0.19 A
T3: S-04 + 6 días	7.83	3	0.19 A B
T4: WB-06 + 4 días	7.75	3	0.19 A B
T1: Testigo	7.00	3	0.19 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0.05$ )

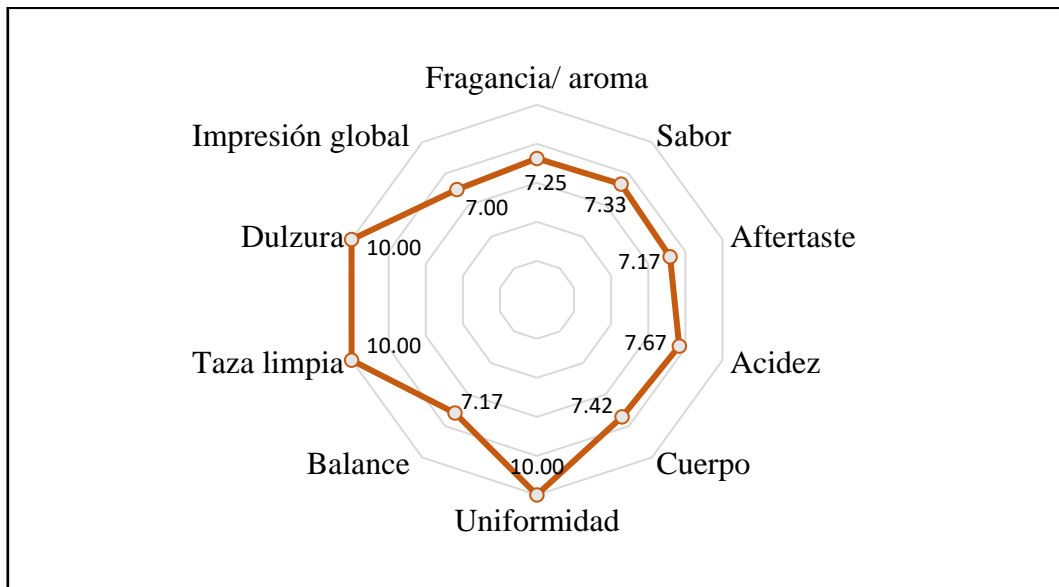
**Anexo 2. figura 15.** Análisis estadístico del atributo Impresión global.

Calidad especial y superior			Calidad media			Rechazo		
9	8	7	6	5	4	3	2	1
La mejor	Muy buena	Buena	Tolerable	Media	Baja	Rechazo	Rechazo	Rechazo
Tostado, avellana, frutal, dulce, almendra, cítrico, malta, moras, caramelo, vino, clavos, vainilla, herbal			Fique	Verde, astringente, banano, césped	Acidez baja	Maíz, pronunciado amargo, madera, cereal, quemado	Fermento, flores, pulpa, sucio, plátano, grasa, áspero, cebolla, húmedo, agrio, coco	Vinagre, picante, tierra, ahumado, cuero, moho, podrido, hediondo, fenol

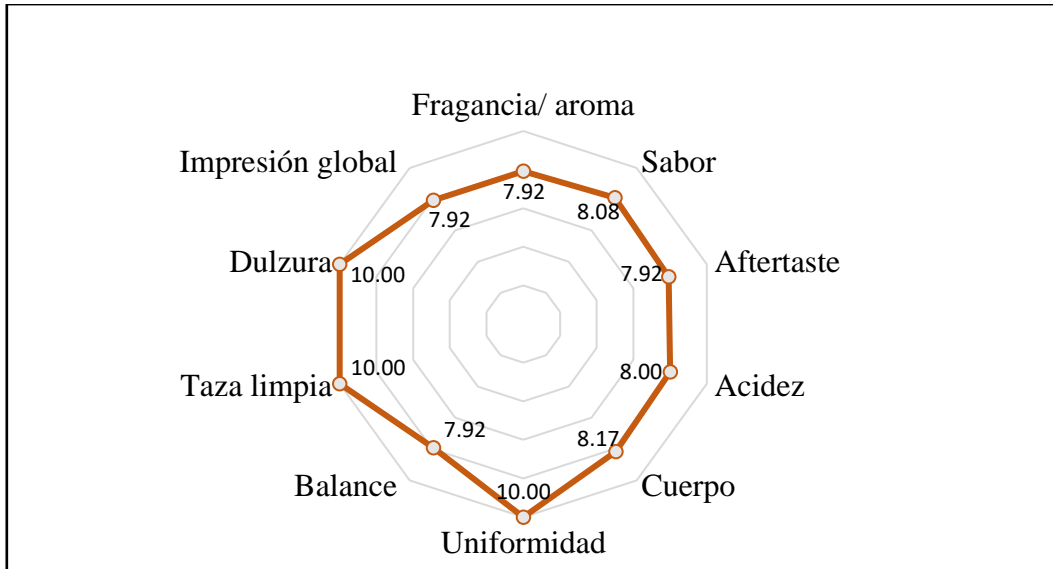
Anexo 2. figura 16. Análisis estadístico del atributo Impresión global.

### Anexo 3. Gráficos radiales

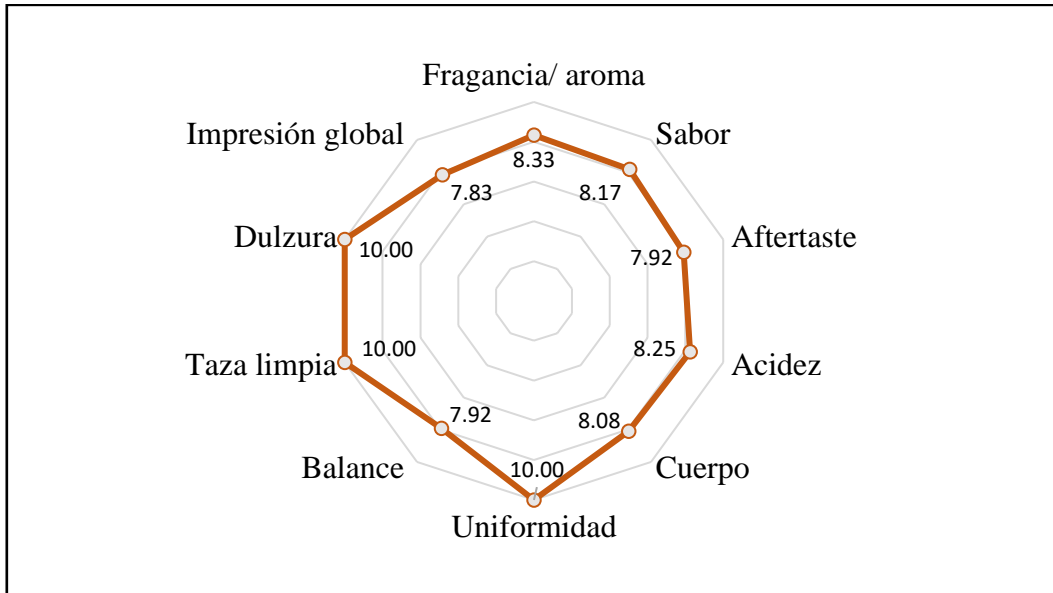
Gráficos radiales que muestran puntuaciones de los atributos de la calidad de taza de cada uno de los tratamientos y el testigo.



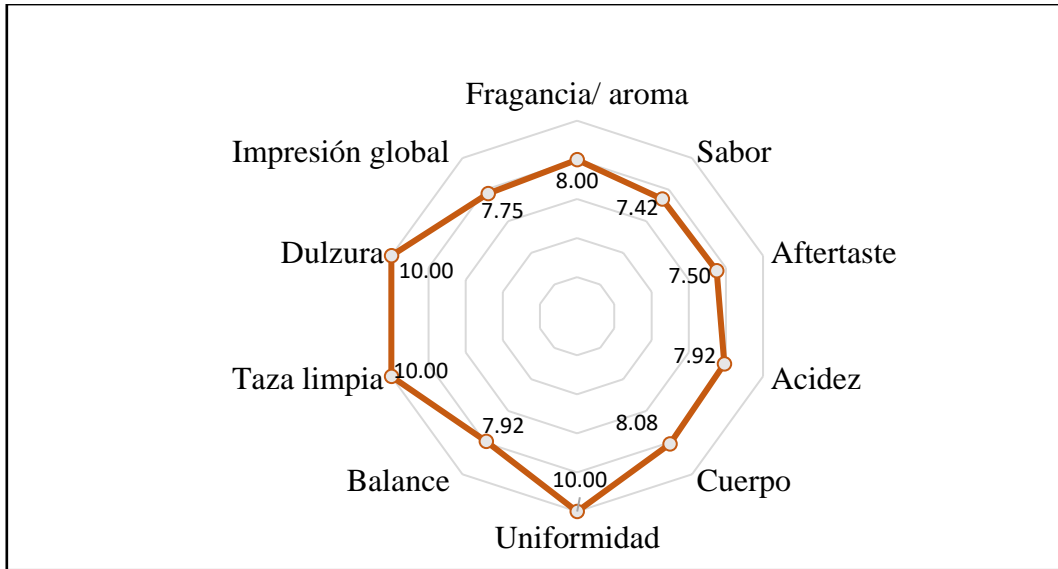
Anexo 3. figura 1. Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café natural T1 (Testigo).



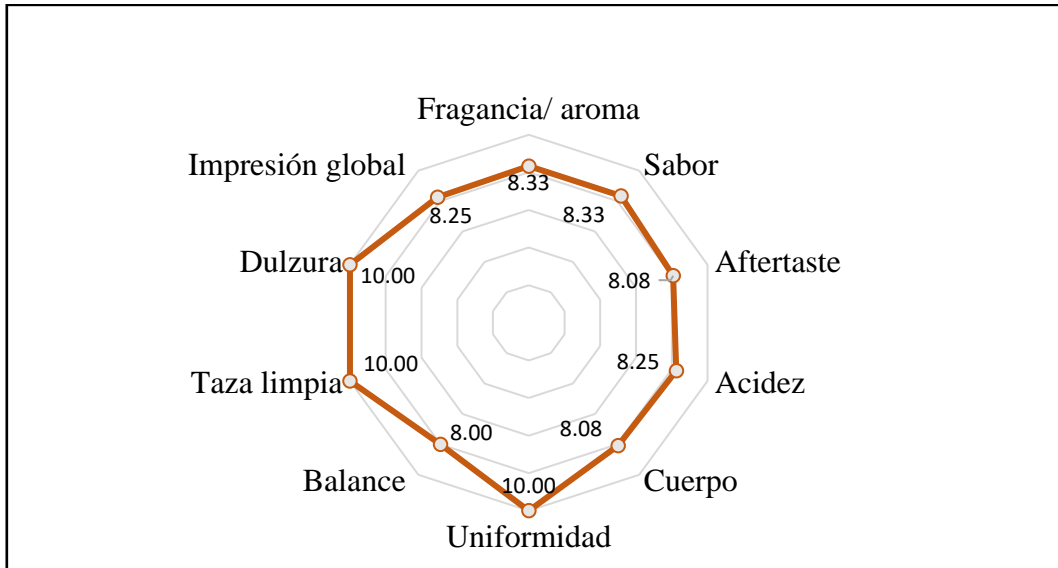
**Anexo 3. figura 2.** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T2: S-04 + 4 días.



**Anexo 3. figura 3.** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T3: S-04 + 6 días.



**Anexo 3. figura 4.** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T4: WB-06 + 4 días.



**Anexo 3. figura 5.** Gráfico radial que muestra puntuaciones medias consensuadas en análisis sensorial de café T5: WB-06 + 6 días.



**Formulario de catación. Asociación Americana de Cafés Especiales**

Nombre: Ricardo Grando

Fecha: 10-02-2023. Mesa: 1 Sesión: Tesis Cristina Barba

**Clasificación:**

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

Muestra #	Nivel de uste de muestra	Fragancia/Aroma	Sabor	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Taza Limpia	Impresión Global	Total
WN		Total: 4 1 2 3 4 4	Total: 7.5 1 2 3 4 7.5	Total: 3.5 1 2 3 4 3.5	Total: 7.5 1 2 3 4 7.5	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 7.75 1 2 3 4 7.75	Total: 83
		Seco: <input checked="" type="checkbox"/> <u>Plumero</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>Coronado</u>	Espuma: <input type="checkbox"/> Aftertaste: Total: 3.5 1 2 3 4 3.5	Intensidad: <input checked="" type="checkbox"/> <u>Alta</u> <input type="checkbox"/> <u>Baja</u>	Nivel: <input checked="" type="checkbox"/> <u>Pesado</u> <input type="checkbox"/> <u>Ligero</u>	Balance: Total: 7.75 1 2 3 4 7.75	Dulzura: Total: 10 1 2 3 4 10	Defectos (sustraer): Ligero=2 # Tazas Intensidad Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	Notas: <u>Carneles, sapor de almendra, leche de coco, ligero, dulce, frutos maduros, dulce, limón, azúcar, melón, cuerpo moderado, aromas resaca dulce, acidez moderada pero seca, en frío se torna ácida y ahumado, se desbolca en frío.</u>
NE		Total: 6.75 1 2 3 4 6.75	Total: 7.5 1 2 3 4 7.5	Total: 8 1 2 3 4 8	Total: 7.5 1 2 3 4 7.5	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 6.5 1 2 3 4 6.5	Total: 80
		Seco: <input checked="" type="checkbox"/> <u>Frío</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>Leche</u>	Espuma: <input type="checkbox"/> Aftertaste: Total: 7 1 2 3 4 7	Intensidad: <input type="checkbox"/> <u>Alta</u> <input type="checkbox"/> <u>Baja</u>	Nivel: <input type="checkbox"/> <u>Pesado</u> <input type="checkbox"/> <u>Ligero</u>	Balance: Total: 7 1 2 3 4 7	Dulzura: Total: 10 1 2 3 4 10	Defectos (sustraer): Ligero=2 # Tazas Intensidad Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	Notas: <u>Mal, frutos amarillos, frutos de hueso, limón, papaya, chocolate, papaya, leche 1 y 4 y sabor a papaya, especias saladas, cítricos, queso, acidez cítrica brillante, cuerpo bajo, jugoso, residual dulce a papaya pero papaya a medida que se fría.</u>
SE		Total: 2.5 1 2 3 4 2.5	Total: 3 1 2 3 4 3	Total: 6.75 1 2 3 4 6.75	Total: 6 1 2 3 4 6	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 3 1 2 3 4 3	Total: 80
		Seco: <input checked="" type="checkbox"/> <u>Frío</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>Papa</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>Cueta</u>	Espuma: <input type="checkbox"/> Aftertaste: Total: 7.5 1 2 3 4 7.5	Intensidad: <input type="checkbox"/> <u>Alta</u> <input type="checkbox"/> <u>Baja</u>	Nivel: <input type="checkbox"/> <u>Pesado</u> <input type="checkbox"/> <u>Ligero</u>	Balance: Total: 7.75 1 2 3 4 7.75	Dulzura: Total: 10 1 2 3 4 10	Defectos (sustraer): Ligero=2 # Tazas Intensidad Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	Notas: <u>Flor cítricos, chocolate, muy dulce o caramelado, mermelada, papa, muy buena acidez, cítricos, papaya, y melón con frutos rojos, cuerpo moderado, residual dulce y seco como a cascara de limón, luego papaya en frío.</u>
WE		Total: 8.5 1 2 3 4 8.5	Total: 8.75 1 2 3 4 8.75	Total: 8.75 1 2 3 4 8.75	Total: 7.5 1 2 3 4 7.5	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 10 1 2 3 4 10	Total: 8.75 1 2 3 4 8.75	Total: 86.5
		Seco: <input checked="" type="checkbox"/> <u>Dulce</u> <input checked="" type="checkbox"/> <u>Frutos rojos</u>	Espuma: <input type="checkbox"/> Aftertaste: Total: 7.5 1 2 3 4 7.5	Intensidad: <input type="checkbox"/> <u>Alta</u> <input type="checkbox"/> <u>Baja</u>	Nivel: <input checked="" type="checkbox"/> <u>Pesado</u> <input type="checkbox"/> <u>Ligero</u>	Balance: Total: 7.75 1 2 3 4 7.75	Dulzura: Total: 10 1 2 3 4 10	Defectos (sustraer): Ligero=2 # Tazas Intensidad Rechazo=4 <input type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> =	Notas: <u>Manguo, cítricos, manzana roja, frutos secos caramelado, residual, acidez cítrica y melón brillante, cuerpo caramelado pero ligero, residual muy dulce al estado a mercurio pero seco como a cascara de naranja, mejor modo en frío.</u>

Anexo 4. figura 1. Formato de evaluación sensorial de atributos según SCAA, de los catadores.

## CERTIFICADO DEL RESUMEN

Yo, **Maholy Katherine Morocho Merino**, portadora de la cedula de Identidad N°:1104677131. Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés. Certifico la traducción al idioma inglés el resumen de la tesis denominada: "**Influencia de la aplicación de dos tipos de levaduras y el tiempo de fermentación, en la calidad organoléptica de taza de Coffea arabica var. típica de la finca Agroloja.**", perteneciente a la señorita **Cristina Elizabeth Barba Rios**, esta corresponde al texto original en español.

A la parte interesada muy atentamente,



---

**Maholy Katherine Morocho Merino**

Licenciada en Ciencias de la Educación Especialidad Idioma Inglés  
Registro N° 1008-2016-1695982 SENECYT.