

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



CALIDAD SENSORIAL DEL *Coffea arabica* VARIEDAD CATURRA
INFLUENCIADO POR DIFERENTES PROCESOS Y TIEMPOS DE
FERMENTACIÓN EN EL DISTRITO DE MARIAS

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

EDGAR ENCALADA RAMIREZ

Asesor

M.Sc. JAIME JOSSEPH CHÁVEZ MATÍAS

Tingo María – Perú.

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE AGRONOMÍA



Km 1.21 carretera Tingo María. Telf. (062) 561136 E.mail: fagro@unas.edu.pe.

**"AÑO DEL BICENTENARIO, DE LA CONSOLIDACIÓN DE NUESTRA INDEPENDENCIA, Y DE LA
CONMEMORACIÓN DE LAS HEROICAS BATALLAS DE JUNÍN Y AYACUCHO"**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Nº 005-2024-FA-UNAS

BACHILLER : EDGAR ENCALADA RAMIREZ

TÍTULO : "CALIDAD SENSORIAL DEL *Coffea arabica* VARIEDAD
CATURRA INFLUENCIADO POR DIFERENTES
PROCESOS Y TIEMPOS DE FERMENTACIÓN EN EL
DISTRITO DE MARIAS"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : M. Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL : Ing. JORGE CERÓN CHAVEZ
VOCAL : Dra. SUSANA ELIZABETH ORDOÑEZ GÓMEZ

ASESOR : M. Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATÍAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 21/02/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 6:00 P.M.

LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

CALIFICATIVO : MUY BUENO


RESULTADO : APROBADO


OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 21 DE FEBRERO DE 2024


M. Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
PRESIDENTE


Ing. JORGE CERÓN CHAVEZ
VOCAL


Dra. SUSANA ELIZABETH ORDOÑEZ GÓMEZ
VOCAL


M. Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATÍAS
ASESOR



“Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho”

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 191 - 2024 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
CALIDAD SENSORIAL DEL Coffea arabica VARIEDAD CATURRA INFLUENCIADO POR DIFERENTES PROCESOS Y TIEMPOS DE FERMENTACION EN EL DISTRITO DE MARÍAS	EDGAR ENCALADA RAMIREZ	22 % Veintidós

Tingo María, 25 de junio de 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
UNIDAD DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
Dr. Tomas Monacho Matiqui
JEFE
C.C. Archivo

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**CALIDAD SENSORIAL DEL *Coffea arabica* VARIEDAD CATURRA
INFLUENCIADO POR DIFERENTES PROCESOS Y TIEMPOS DE
FERMENTACIÓN EN EL DISTRITO DE MARIAS**

Autor	: Edgar Encalada Ramirez
Asesor	: M.Sc. Jaime Joseph Chávez Matías. : Ing. Katty Giovanna Natividad Barreto.
Área de investigación	: Agricultura moderna y tradicional.
Línea de investigación	: Agroecología.
Eje temático	: Poscosecha de cultivos agroecológicos.
Lugar de ejecución	: Caserío Milagros, Distrito Marías, Provincia Dos De Mayo-Huánuco
Duración	: 06 meses
Financiamiento	: Propio

Tingo María – Perú, 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO

Universidad	:	Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad	:	Facultad de Agronomía
Título de Tesis	:	“Calidad sensorial del <i>Coffea arabica</i> variedad Caturra influenciado por diferentes procesos y tiempos de fermentación en el distrito de marías”
Autor	:	Edgar Encalada Ramirez
DNI	:	42495598
Correo electrónico	:	edgar.encalada@unas.edu.pe
Asesores	:	M.Sc. Jaime Josseph Chávez Matías. Ing. Katty Giovanna Natividad Barreto.
Escuela Profesional	:	Agronomía
Área de Investigación	:	Agricultura moderna y tradicional.
Línea (s) de Investigación	:	Agroecología.
Eje temático de investigación	:	Poscosecha de cultivos agroecológicos.
Lugar de Ejecución	:	Caserío Milagros, Distrito Marías, Provincia Dos De Mayo- Huánuco”
Duración del trabajo	:	06 meses
Inicio	:	Abril
Término	:	Octubre
Financiamiento	:	
FEDU	:	NO
Propio	:	SI
Otros	:	NO

Tingo María - Perú - Agosto, 2024

DEDICATORIA

A Dios: por bendecirme e iluminarme siempre
y por su amor incondicional.

A mi querido padre: Víctor Encalada Flores;
quien siempre me brinda su amor, atención y
apoyo en todo momento de mi vida.

A mi querida madre: Lorenza Ramirez Gomero;
quién siempre me da lo mejor para afrontar la
vida, me ilumina y protege cada día de mi vida.

A mis 4 hermanos: Víctor Gilber, Litman,
Lichner y Laly; por brindarme su amor y
apoyarme en todo momento de mi vida.

A mi esposa: Llessi Llanet Isuiza Tuanama; por
su amor y apoyo incondicional para afrontar
cada día de nuestras vidas.

A mis hijos: Diego Anderson, Fred Jeremy y
Kiara Thamara; por su amor sincero, puro y
profundo

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en especial, a la Facultad de Agronomía que con sus catedráticos me brindaron material físico e intelectual para mi formación profesional como Ingeniero Agrónomo; desde hoy en adelante me pongo al servicio de la población agrícola de todo el mundo.

A mi asesor M.Sc. Jaime J. Chávez Matías; por sus sugerencias y recomendaciones en este trabajo de investigación y, sobre todo, en la elaboración del informe de la presente tesis.

A mis jurados de tesis: al presidente M.Sc. Jorge Luis Adriazola del Águila, y a los miembros Dra. Susana Elizabeth Ordoñez Gómez e Ing. Jorge Cerón Chávez por la orientación y recomendaciones durante la investigación; pero, sobre todo, por las recomendaciones y sugerencias para mejorar el informe final de tesis.

A DEVIDA y al Cite Huallaga, instituciones que apoyaron durante el proceso de ejecución y evaluación de esta investigación

A mis familiares, amigos y a aquellas personas que colaboraron o participaron en la realización de esta investigación.

ÍNDICE GENERAL

	<i>Página</i>
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivo general:.....	2
1.2. Objetivos específicos:	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El cultivo de café (<i>Coffea arabica</i>).....	3
2.1.1. Producción de café en el Perú	3
2.1.2. Taxonomía.....	3
2.1.3. Variedad Caturra	4
2.1.4. Beneficio húmedo	4
2.1.5. Fermentación del café	7
2.2. Transformación y catación del café seco	9
2.2.1. Café pergamino seco	9
2.2.2. Trillado del café pergamino seco	10
2.2.3. Catación de café	10
2.3. Antecedentes de estudios realizados y/o relacionados.....	11
2.4. Prueba de Kruskal-Wallis	13
2.5. Refractómetro	14
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	16
3.1. Lugar del campo experimental.....	16
3.1.1. Ubicación	16
3.1.2. Ecología.....	16
3.1.3. Fisiografía	16
3.2. Materiales y equipos	16
3.2.1. Para la cosecha de café.....	16
3.2.2. Para el beneficiado	16
3.2.3. Para la evaluación física de café verde.....	17
3.2.4. Para evaluación sensorial de café tostado	17
3.2.5. Otros	17
3.3. Diseño estadístico	17
3.3.1. Componentes en estudio	17
3.3.2. Tratamientos en estudio	18

3.3.3.	Diseño experimental.....	18
3.3.4.	Análisis estadístico.....	19
3.4.	Metodología.....	20
3.4.1.	Recolección del grano en cosecha plena.....	20
3.4.2.	Beneficio húmedo.....	20
3.4.3.	Proceso del café para el análisis físico y sensorial.....	21
3.5.	Características a evaluar.....	22
3.5.1.	En la fermentación.....	22
3.5.2.	Análisis de calidad física.....	23
3.5.3.	Análisis sensorial.....	24
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1.	Análisis de la calidad física.....	26
4.1.1.	Humedad, peso cascarilla/trilla y peso café oro/trilla.....	26
4.1.2.	Rendimiento de café oro/tamiz N° 16.....	29
4.1.3.	Rendimiento de café oro/tamiz N° 15, N° 14 y N° 13.....	32
4.2.	Análisis sensorial.....	34
V.	CONCLUSIONES.....	52
VI.	PROPUESTAS A FUTURO.....	53
VII.	REFERENCIAS.....	54
	ANEXO.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla.	Página
1. Descripción de los tratamientos en estudio.....	18
2. Modelo del análisis de variancia.....	19
3. Clasificación según el tamaño del grano en tamices con un tamaño de agujero que va desde 12 hasta 20/64 de pulgada.....	23
4. Escala de calificación para los atributos sensoriales del café según el protocolo del Coffee Quality Institute.....	24
5. Clasificación según la Specialty Coffee Association of America (SCAA).....	25
6. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de porcentaje de humedad, peso cascarilla/trilla y peso café oro/trilla.....	26
7. Promedio de humedad (%), peso de cascarilla/trilla (g) y café oro/trilla (g).....	27
8. Promedio de porcentaje de humedad, peso de cascarilla y peso de café oro por tratamiento.....	28
9. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del rendimiento de café oro/tamiz n° 16.....	29
10. Rendimiento de café oro/tamiz n° 16 según la influencia de los factores.....	30
11. Promedio de rendimiento de café oro/tamiz n° 16 por tratamiento.....	30
12. Medias y coeficiente de correlación de Pearson (r) de la temperatura, grados Brix y pH, con el porcentaje de rendimiento de café oro/tamiz n° 16 por tratamiento.....	31
13. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) rendimiento de café oro/tamiz n° 15, n° 14 y n° 13.....	32
14. Rendimiento de café oro/tamiz n° 15, n° 14 y n° 13 por influencia de los factores.....	33
15. Promedio del rendimiento de café oro en el tamiz n° 15, tamiz n° 14 y tamiz n° 13.....	34
16. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de puntaje de catador.....	35
17. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento según catador.....	36
18. Puntaje promedio de características organolépticas por interacción de los factores.....	37
19. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza según catador.....	42
20. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por influencia de los factores.....	43
21. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento.....	44
22. Puntaje en taza promedio por tratamiento y catador.....	45
23. Medias y coeficiente de correlación de Spearman (ρ) de la temperatura, grados Brix y pH, con el puntaje final promedio de taza.....	48
24. Temperatura, grados Brix y pH por interacción de los factores.....	49
25. Datos obtenidos en humedad (%), peso de cascarilla/trilla y peso de café oro/trilla.....	59
26. Datos obtenidos de peso café oro mediante el tamiz n° 16 (café exportable).....	60

27.	Datos obtenidos de peso café oro mediante tamiz n°15, n° 14 y n° 13 (g).....	61
28.	Análisis de varianza de ($\alpha = 0,05$) la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), grados Brix y pH en los diferentes tratamientos.	62
29.	Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de temperatura, grados Brix y pH en la fermentación de granos de café.....	62
30.	Puntaje de características organolépticas por tratamiento.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura</i>	<i>Página</i>
1. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación abierto sólido (PFASo).	38
2. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu).	38
3. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo).	39
4. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación cerrado sumergido (PFCSu).	39
5. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por proceso de fermentación a las 20 horas.	40
6. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por proceso de fermentación a las 27 horas.	40
7. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por proceso de fermentación a las 36 horas.	41
8. Puntaje en taza – catador 1.	45
9. Puntaje en taza – catador 2.	46
10. Puntaje en taza – catador 3.	46
11. Puntaje en taza – Promedio de tres catadores.	46
12. Temperatura (°C) en la interacción del tiempo de fermentación y proceso de fermentación.	49
13. Grados Brix en la interacción del tiempo de fermentación y proceso de fermentación.	50
14. pH en la interacción del tiempo de fermentación y proceso de fermentación.	50
15. Visita del asesor de tesis a la parcela de extracción de cerezos de café Caturra.	65
16. Cosecha, selección manual y bajo agua de cerezos defectuosos.	65
17. Almacenado de cerezos de café y despulpado.	65
18. Distribución de muestras para la fermentación aeróbica y anaeróbica en estudio.	66
19. Evaluación de grados Brix, temperatura y pH de los tratamientos en estudio.	66
20. Preparación de tarima secador solar y distribución de tratamientos en estudio.	66
21. Secado de café pergamino en secador solar.	67
22. Evaluación del rendimiento físico del café oro en diferentes tamices.	67
23. Proceso de tostado y molido de las muestras de café para la catación.	67

24.	Preparación de muestras para el análisis sensorial de café.	68
25.	Catación sensorial del café por el equipo técnico.	68
26.	Equipo de especialistas en el análisis sensorial de café-OZTM-DEVIDA.....	68
27.	formato de análisis físico del café.....	69
28.	Formato de catación de cafés especiales.....	70
29.	Gráficos de dispersión: a) Temperatura (°C) vs Rendimiento (%), b) Grados Brix vs Rendimiento (%), c) pH vs Rendimiento (%).	71

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo determinar la calidad sensorial del *Coffea arabica* (café) variedad Caturra, influenciado por diferentes procesos y tiempos de fermentación, en el distrito de Marías; para esto se empleó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial de $4A \times 3B$, con un total de doce tratamientos con tres repeticiones, los tratamientos en estudio, son en base a la interacción de los procesos de fermentación con los tiempos de fermentación. Los granos maduros de *Coffea arabica* (café) variedad Caturra fue la variable dependiente pues estuvo influenciada por las siguientes variables independientes, procesos de fermentación (abierto sólido, abierto sumergido, cerrado sólido, cerrado sumergido) y tiempos de fermentación (20 horas, 27 horas, 36 horas). Los resultados detallan que la mayor temperatura, pH y grados Brix alcanzados en los procesos de fermentación del café Caturra se registró para el proceso abierto sólido factor (a_1) con $20,57^\circ\text{C}$ en el factor (b_3) con $21,56^\circ\text{C}$ a las 36 horas de fermentación; para grados Brix. se reflejan mejor resultado con un proceso cerrado sumergido (a_4) con 15,20 grados Brix en el factor (b_1) con 15,92 grados Brix a las 20 horas de fermentación y para pH los resultados obtenidos en el factor (a_4) con 4,53 en un proceso cerrado sumergido en cuanto al Factor (b_1) con 4,90 a las 20 horas de acides respectivamente. Se detallan también que el proceso de fermentación y tiempo de fermentación no influyen significativamente en la calidad física del café de la variedad Caturra dando los mayores valores aritméticos, donde el T_6 (a_2b_3) obtuvo un 83,20 % de café oro/trilla; para café oro de exportación al T_5 (a_2b_2) con 74,81 % de café oro/tamiz n°16 y para café de segunda el T_2 (a_1b_2) con el 79,45 % de grano oro/tamiz n°15 y por último los resultados detallan qué los procesos de fermentación y tiempos de fermentación si influyen significativamente en la calidad sensorial del café de la variedad Caturra donde el factor (a_4) con el proceso cerrado sumergido obtuvo una puntuación promedio de 84,74 % de los catadores y para el factor (b_3) tiempo de fermentación de 36 horas puntuación promedio de catación del 85,06 % de café en taza respectivamente.

Palabras clave: Calidad sensorial, *Coffea arabica*, procesos, tiempos de fermentación.

ABSTRAC

The objective of this research work was to determine the sensory quality of *Coffea arabica* (coffee) variety Caturra influenced by different processes and fermentation times in the district of Marias; for this, a completely randomized experimental design was used with a 4x3B factorial arrangement, with a total of twelve treatments with three repetitions. The treatments under study are based on the interaction of the fermentation processes with the fermentation times. The mature grains of *Coffea arabica* (coffee) variety Caturra were the dependent variable, since they were influenced by the following independent variables: fermentation processes (open solid, open submerged, closed solid, closed submerged) and fermentation times (20 hours, 27 hours, 36 hours). The results detail that the highest temperature, pH and Brix degrees reached in the Caturra coffee fermentation processes was recorded for the solid open process factor (a₁) with 20.57 °C in the factor (b₃) with 21.56 °C at 36 hours of fermentation; for degrees Brix. the best result is reflected with a closed submerged process (a₄) with 15.20 grades Brix in factor (b₁) with 15.92 grades Brix at 20 hours of fermentation and for pH the results obtained in factor (a₄) with 4.53 in a closed submerged process in terms of Factor (b₁) with 4.90 at 20 hours of acidity respectively. It is also detailed that the fermentation process and fermentation time do not significantly influence the physical quality of the coffee of the Caturra variety, giving the highest arithmetic values, where T₆ (a₂b₃) obtained 83.20 % of gold coffee/threshing; for gold coffee for export at T₅ (a₂b₂) with 74.81 % of gold coffee/sieve No. 16 and for second-hand coffee in T₂ (a₁b₂) with 79.45 % of gold grain/sieve No. 15 and finally The results detail which fermentation processes and fermentation times do significantly influence the sensory quality of the Caturra variety coffee where the factor (a₄) with the closed submerged process obtained an average score of 84.74 % of the tasters and for factor (b₃) fermentation time of 36 hours average cupping score of 85.06 % of coffee in the cup respectively.

Keywords: Sensory quality, *Coffea arabica*, processes, fermentation time.

I. INTRODUCCIÓN

El café es uno de los principales productos de agro exportación del Perú según el Ministerio de Agricultura (2015). Asimismo, la producción del café de la región Huánuco creció casi el 19 % en junio del 2017, por encima del promedio nacional que fue de 13,60 %, según un reporte del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2017). En el Centro poblado Milagros distrito de Marías región Huánuco se tiene como cultivo principal el café; y dentro de las variedades potenciales para la producción de cafés especiales, es Caturra. Pero, por lo general los productores carecen de conocimientos y técnicas de producción de los cafés especiales, donde el precio de venta no depende de lo que se fije en la bolsa de valores, sino que se están posicionando en el mercado mundial en base a su calidad organoléptica, por ciertas condiciones agronómicas o por su origen, que le dan un valor agregado que buscan los consumidores en el mercado. Ahora, dentro del marco de los cafés especiales; el mundo consumidor toma importancia el proceso de beneficio como un requerimiento comercial adicional porque está directamente relacionado con la conservación o deterioro de la calidad sensorial, lo que obliga al productor a entender como realmente producir lo que el consumidor percibe como un “café de calidad”.

La realidad es que el punto débil de los caficultores de este caserío sigue siendo el proceso de la post cosecha, porque han estandarizado las horas y el proceso de fermentación; con valores que oscilan entre 12 a 20 h, en un proceso abierto sólido (sin agua) para altitudes mayores a 1,000 msnm, lo que impide posiblemente mejorar los atributos y la calidad del grano de café. Además, según varios autores, cuando no se controlan los factores y no se conocen los cambios que ocurren durante la fermentación, se genera defectos en la calidad física, como el grano manchado y agrio, y defectos en taza como sabores a sobre fermento en la bebida.

Por lo cual, es muy necesario realizar estudios sobre tres tiempos y cuatro procesos de fermentación, con el objetivo de incrementar su valor comercial durante la etapa de beneficio, para asegurar una calidad del café en el tiempo. En este contexto, el conocimiento particular de cómo las horas y los procesos de fermentación influyen en la calidad física y sensorial del café; permitirá adoptar decisiones oportunas sobre este proceso y así se mejore el ingreso económico de productores de café. En tal sentido teniendo en cuenta lo anteriormente mencionado se ha elaborado los siguientes objetivos:

1.1. Objetivo general:

- Determinar la calidad sensorial del *Coffea arabica* (café) variedad Caturra influenciado por diferentes procesos y tiempos de fermentación en el distrito de Marías

1.2. Objetivos específicos:

- Determinar el proceso de fermentación y tiempo de fermentación que influyen en la calidad física del café de la variedad Caturra.

- Determinar qué proceso de fermentación y tiempo de fermentación que influyen en la calidad sensorial del café de la variedad Caturra.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de café (*Coffea arabica*)

2.1.1. Producción de café en el Perú

Durante la última década (2009-2018), la producción de café experimentó un aumento constante con una tasa de crecimiento anual promedio del 4,70 %. Este incremento se tradujo en un aumento de la producción, que pasó de 243 500 toneladas (t) a 369 600 t, principalmente debido al aumento de la superficie dedicada al cultivo de café y una ligera mejora en la productividad, con tasas de crecimiento promedio del 3,00 % y 1,70 %, respectivamente. A pesar de este aumento en la producción, el precio del café en el lugar de cultivo se mantuvo prácticamente estancado en ese mismo período, con una tasa de crecimiento promedio del 0,20 %. Las plantaciones de café se distribuyen en 17 regiones, 67 provincias y 338 distritos, y representan una fuente de subsistencia para aproximadamente 225 000 familias, de las cuales el 95 % son pequeños agricultores con propiedades de 5 hectáreas (ha) o menos. Perú se especializa en la producción de café Arábica, siendo la variedad Typica la más predominante, representando más del 70 % de la producción total, seguida de la variedad Caturra (20 %) y otras variedades (10 %). La mayoría de la producción de café en Perú se concentra en altitudes de entre 1 000 y 1 800 metros sobre el nivel del mar, según el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI) en 2019 (Villano, 2021).

2.1.2. Taxonomía

De acuerdo al Sistema Integrado de Información Taxonómica [ITIS] (2023), la clasificación taxonómica de café es la siguiente:

Reino	: Plantae.
División	: Tracheophyta.
Clase	: Magnoliopsida.
Orden	: Gentianales.
Familia	: Rubiaceae.
Género	: <i>Coffea</i>
Especie	: <i>C. arabica</i>
Nombre común	: Café.

2.1.3. Variedad Caturra

2.2.1.1. Origen

El origen del café es Etiopía asociado con la especie Arábica, que se caracteriza por producir un café de alta calidad, con un sabor suave y agradable aroma. Para su cultivo, se requieren terrenos de gran altitud, lo que generalmente resulta en un proceso de recolección más costoso y niveles de cafeína más bajos en comparación con otras variedades de café. En América Latina, esta variedad fue descubierta en el estado de Minas Gerais, Brasil, donde el grano de café experimentó una mutación genética única que causa un tipo de enanismo, convirtiéndola en la primera mutación natural de café documentada en el mundo. Esta característica de baja estatura ha demostrado ser una ventaja significativa en su proceso de cultivo, permitiendo plantar una mayor cantidad de arbustos de café por hectárea en comparación con variedades más altas como la Typica y el Bourbon. Como resultado, esta variedad se ha propagado exitosamente por América Central y del Sur (Velásquez, 2019).

2.2.1.2. Características generales

Esta variedad alcanza una altura promedio de alrededor de 1,80 m, tiene un tronco principal grueso, las ramas jóvenes emergen del tallo principal en un ángulo de aproximadamente 45 grados y su ramificación se distingue por tener entrenudos cortos y numerosas ramas secundarias; lo que le da a la planta una apariencia compacta. Las hojas de la variedad Caturra son de gran tamaño, tienen una forma lanceolada, anchas, de color verde oscuro, de textura poco áspera, con bordes ondulados y una ligera rigidez; las hojas nuevas o brotes tienen un tono de verde claro brillante y muestra un buen vigor en su crecimiento vegetativo. El fruto es de tamaño medio y presenta un potencial de rendimiento alto, el resultado de su cosecha es una bebida de café que destaca por su equilibrio, dulzura, acidez brillante y cuerpo medio; en general, la calidad del café obtenido es notablemente alta. El árbol de esta variedad produce menos que la variedad Bourbon, pero más que la Typica (Velásquez, 2019).

2.1.4. Beneficio húmedo

2.1.4.1. Cosecha del cerezo maduro

La cosecha en el momento adecuado es un factor clave, ya que durante la maduración del grano ocurren transformaciones importantes como la degradación de la clorofila y la síntesis de pigmentos (carotenoides, antocianinas), la disminución de la astringencia debido a la reducción de compuestos fenólicos y el aumento de los compuestos responsables del aroma. Los frutos plenamente maduros alcanzan su máxima calidad y que los procesos posteriores solo contribuyen a conservarla. Las cerezas maduras o sobre maduras producen una bebida afrutada, con sabor a levadura o vinoso; mientras que las cerezas negras

secadas en el cafeto producen una bebida con sabor a madera. Mezclar frutos maduros con más del 2,50 % de frutos verdes afecta negativamente la calidad sensorial del café y el rendimiento físico. Las cerezas inmaduras, ya sean verdes o pintonas, dan como resultado un grano descolorido y una bebida con sabor astringente y olor a hierba (Gonzales, 2017; Salazar, 2021).

2.1.4.2. Despulpado

Luego de la cosecha, el proceso de beneficio húmedo continúa con el despulpado, que implica la eliminación del epicarpio y parte del mesocarpio (pulpa) del fruto con el fin de descomponer el mucílago y evitar manchas en el café pergamino. Es crucial que esta operación se realice en las primeras 8 horas posteriores a la cosecha y cuando el café está en su punto de madurez (Gonzales, 2017). El retraso en la separación del epicarpio o una separación incompleta de la pulpa de los granos pueden resultar en un café con aroma a fermento, un defecto que se acentúa a medida que aumenta el porcentaje de granos sobremaduros o semidespulpados (Salazar, 2021). También es importante calibrar adecuadamente la despulpadora para lograr un despulpado eficiente. Un exceso de presión puede provocar roturas o mordeduras en los granos, lo que afecta la apariencia, el color y el tamaño del grano. Los granos dañados, si no tienen la oportunidad de secarse al sol pueden propiciar el desarrollo de hongos, lo que afectaría la calidad del café en términos de sabor y aroma, causando defectos relacionados con el moho. Además, esto también impactaría negativamente el rendimiento físico del café (Meza, 2019).

2.1.4.3. Desmucilaginado

El desmucilaginado es una etapa esencial en el proceso de beneficio húmedo del café, que tiene como objetivo eliminar cualquier resto de mucílago que permanezca adherido al pergamino. Esta operación es crucial para facilitar el secado del grano y evitar que la calidad del café se vea comprometida por sobrefermentos. La eliminación del mucílago puede llevarse a cabo de tres maneras: mediante fermentación natural, utilizando procesos químicos o mediante un desmucilaginado mecánico (Gonzales, 2017; Salazar, 2021). Si el mucílago no se elimina, puede formarse una capa oscura en el pergamino que puede llegar a propiciar el crecimiento de hongos debido a su contenido de azúcar, lo que a su vez reduce la calidad del café en términos de sabor. Es importante controlar el tiempo de fermentación, el cual debe ajustarse según el clima y la temperatura. En zonas de mayor altitud, el tiempo de fermentación suele ser más prolongado, mientras que, en regiones de menor altitud, es más corto. La sobrefermentación, o fermentación prolongada, puede dar lugar a un café con aromas y sabores no deseados, como el sabor a vinagre, piña madura, cebolla, rancio y nauseabundo (Meza, 2019).

2.1.4.4. Lavado

El lavado del café tiene como objetivo eliminar completamente las sustancias residuales del mucílago que aún están presentes en el pergamino del café. Un lavado deficiente puede dar lugar a fermentaciones secundarias, lo que resulta en manchas y malos olores en el café pergamino. Es crucial evitar el almacenamiento del pergamino húmedo antes del proceso de secado, ya que esto puede tener un impacto negativo en la calidad de la bebida, generando sabores a tierra, un cuerpo sucio, amargor intenso y una baja acidez en el café final (Gonzales, 2017; Salazar, 2021). Asimismo, el lavado debe llevarse a cabo en el punto óptimo de fermentación, ni antes ni después. Un lavado prematuro puede causar manchas en el pergamino y dar lugar a un sabor sucio, mientras que el uso de agua sucia puede originar un sabor a fermento contaminado. Además, el lavado parcial del grano puede dejar residuos de mucílago o ácidos formados durante la fermentación, lo que provoca un sabor a fermento en la bebida. En las primeras lavadas, es conveniente que el nivel del agua esté a aproximadamente 10 cm por encima de la masa, de manera que, al removerla, los granos vanos y otros de menor densidad floten y puedan ser retirados del flujo. Durante el proceso de lavado, también se aconseja realizar una clasificación, separando la pulpa que ha sido eliminada, los granos verdes (conocidos como “bola”) y los granos de menor densidad (Meza, 2019).

2.1.4.5. Secado

El proceso de secado del café puede llevarse a cabo de manera natural al sol, o mediante secado artificial. Sin embargo, la mejor calidad se obtiene a través del secado natural. Un secado inadecuado puede tener consecuencias graves, como resultar en un grano blanqueado o insuficientemente seco. Esto puede llevar a un grano de color gris oscuro y textura blanda, lo que a su vez crea condiciones que son propicias para el crecimiento de microorganismos que afectan negativamente la calidad del café. Asimismo, durante el proceso de secado, la humedad del grano pergamino disminuye desde alrededor del 55 % al 12 % en promedio (Gonzales, 2017; Salazar, 2021). La falta de control en el secado, la demora en comenzar el secado después del lavado de los granos, el apilamiento de café pergamino húmedo sin aireación adecuada y el embalaje antes de que el café esté completamente seco pueden dar lugar a una serie de defectos, como sabores a fermento, vinagre, cristalización, decoloración, manchas, apelmazamiento, textura floja y suciedad. Finalmente, las regulaciones vigentes para la comercialización del café pergamino establecen que el contenido de humedad debe estar entre el 10 % y 12 %. Cuando la humedad supera el 13 %, la apariencia del pergamino puede ser normal o sucia, pero el color de la almendra se deteriora, y pueden desarrollarse hongos que potencialmente produzcan Ocratoxina, una sustancia tóxica (Meza, 2019).

2.1.4.6. Almacenamiento

Un adecuado almacenamiento del café depende en gran medida de mantener la humedad de los granos en niveles apropiados. Se debe evitar el almacenamiento de granos con niveles de humedad superiores al 13 %. Además, no se debe almacenar el café por períodos prolongados, ya que su calidad organoléptica reduce después de aproximadamente tres meses. Almacenar café con humedad superior al 12 % en condiciones de alta humedad relativa (superior al 70 %) y temperaturas mayores a 20 °C promueve el deterioro rápido del producto (Gonzales, 2017; Salazar, 2021). Esto puede resultar en sabores a café rancio, en reposo o con notas fenólicas. En contraste, los granos con un contenido de humedad del 11 % pueden almacenarse a 30 °C sin experimentar cambios significativos, siempre que la humedad relativa sea inferior al 65 %. Para un almacenamiento adecuado, sugieren mantener el café en lugares protegidos, secos, con una ventilación adecuada pero no excesiva y almacenados sobre tarimas de madera para evitar que los granos se rehumedezcan. El lugar de almacenamiento debe ser limpio y estar libre de sustancias contaminantes como venenos, fertilizantes, combustibles o cualquier otro producto que emita sustancias volátiles que puedan ser absorbidas por los granos de café (que son higroscópicos) y afecten su calidad (Meza, 2019).

2.1.5. Fermentación del café

2.1.5.1. Concepto general

La fermentación del café es un proceso en el que se retira el mucílago que rodea los granos de café, y este proceso implica la acción de microorganismos (Puerta, 2012). La fermentación del café es un proceso complejo en el que las levaduras y bacterias presentes en el mucílago del café utilizan sus enzimas naturales para oxidar parcialmente los azúcares presentes en el mucílago. Durante este proceso se generan diversos productos, incluyendo energía en forma de ATP, etanol, ácido láctico, ácido acético y dióxido de carbono. También se producen otros compuestos como alcoholes (propanol, butanol), ácidos (succínico, fórmico, butírico) y sustancias aromáticas como aldehídos, cetonas y ésteres. Además, los lípidos presentes en el mucílago se degradan, lo que provoca cambios en el color, olor, densidad, acidez, pH, contenido de sólidos solubles, temperatura y composición química y microbiana del mucílago (Puerta y Echeverry, 2015). Se debe controlar de manera precisa los procesos de fermentación, lavado y secado para obtener bebidas de café con aromas y sabores de alta calidad y características especiales; Pero, cuando no se controlan adecuadamente los factores de fermentación, se excede el tiempo de fermentación o se desconocen los cambios que ocurren en este proceso, se pueden producir defectos en la calidad física y organoléptica

del café que incluyen granos manchados y con sabor a vinagre, agrios y a fermento en la bebida final (Peñuela et al., 2022).

2.1.5.2. Factores de la fermentación

Durante la fermentación natural del café, se producen diversos procesos bioquímicos en los que las enzimas generadas por levaduras y bacterias presentes en el mucílago del café descomponen y fermentan los azúcares, lípidos, proteínas y ácidos presentes. Esto da lugar a la formación de alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas. Estas sustancias recién formadas alteran las características de olor, color, pH y composición del mucílago, así como de los granos de café en sí (Pantoja et al., 2015). La velocidad y los tipos de productos generados durante la fermentación del café están influenciados por una serie de factores que afectan el metabolismo de los microorganismos presentes en el proceso. Estos factores incluyen la temperatura ambiente, el tipo de proceso de fermentación utilizado, la duración del proceso de fermentación, la calidad del café en baba, el nivel de acidez del sustrato (mucílago), la disponibilidad de oxígeno y las condiciones de higiene (Lee et al., 2016; Arcos y Riaño, 2017).

El tiempo de fermentación puede influir en la calidad del café, pero la relación exacta puede variar dependiendo de las condiciones específicas de cultivo y procesamiento del café, como la altitud, la temperatura y otros factores. Por lo tanto, es importante ajustar el tiempo de fermentación de acuerdo con las características de cada lote de café para lograr la calidad deseada en la taza (Peña et al., 2013; Pantoja et al., 2015). El pH del café durante el proceso de fermentación es un factor de interés. El pH del café fresco en baba es inicialmente ácido, y disminuye de manera más rápida durante las primeras 20 h de fermentación debido a la disociación de ácidos, en particular el ácido láctico. Luego, el pH del café aumenta debido a la fermentación del ácido láctico, eliminación de dióxido de carbono y producción de ácidos más débiles y sales. Un valor de pH fermentado entre 3,70 y 4,10 es adecuado para interrumpir la fermentación y proceder al lavado del café (Lee et al., 2016).

La fermentación del café puede llevarse a cabo mediante varios procesos. Los procesos de fermentación para el café pueden ser de dos tipos: fermentaciones sólidas y fermentaciones sumergidas (Pantoja et al., 2015; Arcos y Riaño, 2017). En las fermentaciones sólidas, el café despulpado se deposita en el fermentador sin agregar agua adicional. El desagüe del fermentador se mantiene cerrado. En las fermentaciones sumergidas, el café en baba se coloca en el fermentador, y luego se agrega agua en una cierta proporción a la masa de café a fermentar. Esta adición de agua modifica la composición química y microbiológica del sustrato (Lee et al., 2016; Puerta y Echeverry, 2015) Para el café, se recomiendan fermentaciones sumergidas al 30 %. El desagüe del fermentador se tapa, y se

adicionan 30 litros de agua limpia por cada 100 kg de café en baba (Puerta, 2012). En las fermentaciones de café abiertas, ocurren natural y simultáneamente las fermentaciones lácticas por *Lactobacillus* spp. y *Streptococcus* spp., y la fermentación alcohólica por las levaduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae* (Peña et al., 2013; Lee et al., 2016). Por otro lado, en los procesos cerrados, los fermentadores se tapan, lo que favorece el desarrollo de fermentaciones mixtas por las Enterobacteriaceae. Estos procesos de fermentación son fundamentales en el beneficio del café, ya que influyen en las características de sabor y aroma del café resultante. El tipo de fermentación utilizado y el control de los factores como el tiempo y la temperatura son aspectos críticos para la calidad del producto final (Pantoja et al., 2015).

El sustrato utilizado en la fermentación del café consiste en los granos de café despulpados que contienen el mucílago que será fermentado. La calidad de este sustrato depende de factores como la frescura y los controles aplicados en el proceso de beneficio y despulpado (Puerta, 2012). La presencia de pulpa y residuos de sustancias como insecticidas en los granos de café en baba puede influir en los productos de la fermentación, por lo tanto, en los sabores y aromas finales del café. La cantidad de mucílago presente en los frutos de café varía según su estado de madurez, la humedad y el tamaño de los frutos. En promedio, el café fresco verde contiene aproximadamente un 1,30 % de mucílago, mientras que los granos maduros despulpados pueden contener hasta un 18,80 % de mucílago (Peñuela et al., 2022). Las variedades de café, como Castillo, Caturra y Tabi, presentan diferencias insignificantes en la cantidad de mucílago, pero la cantidad de pulpa en la variedad Caturra es significativamente mayor, lo que resulta en un menor rendimiento en términos del peso del grano pergamino en comparación con el peso del fruto. Por ejemplo, 1,00 kg de frutos maduros de la variedad Caturra contiene 430 g de grano pergamino sin mucílago, mientras que Tabi contiene 450 g y Castillo contiene 460 g (Puerta y Echeverry, 2015).

2.2. Transformación y catación del café seco

2.2.1. Café pergamino seco

El café pergamino seco se obtiene a través del proceso de secado en la etapa de beneficio húmedo y se presenta con un color amarillo claro, una apariencia limpia y un agradable aroma a trigo. La capa exterior del grano de café, conocida como cascarilla de café, representa aproximadamente el 20 % de su peso en base seca y tiene un contenido de humedad del 12 % (Puerta y Echeverry, 2015; Peñuela et al., 2022).

2.2.2. Trillado del café pergamino seco

El café pergamino seco se somete a la operación de trilla, la cual tiene como fin separar la capa de pergamino del grano de café, proceso que se realiza con equipos como trilladoras. La trilla proporciona un rendimiento preliminar y determina la cantidad necesaria de café pergamino para un lote destinado a la exportación (Peñuela et al., 2022).

2.2.3. Catación de café

La catación del café se considera una prueba de calidad importante tanto para los compradores como para los consumidores, al mismo tiempo que ofrece información valiosa para los productores. Durante la catación, se identifican las características únicas de cada café, y el catador evalúa la consistencia y similitud entre las muestras. El proceso de catación de café involucra varias etapas (Puerta y Echeverry, 2015; Peñuela et al., 2022).

2.2.3.1. Café tostado

El café tostado es el producto obtenido al exponer el café oro al calor, generando la transformación de los almidones en azúcares a través de la caramelización debido a la deshidratación. Durante el tostado, se desarrolla el aroma y el sabor característico del café. Los tuestes de tipo claro resultan en bebidas con perfiles suaves en cuanto al aroma y cuerpo, además de presentar una alta acidez (Camizán, 2020; Parada et al., 2020).

2.2.3.2. Protocolo del Coffee Quality Institute

El Protocolo del Coffee Quality Institute se utiliza como estándar para todas las evaluaciones de la calidad de la bebida de café. La calificación se realiza en un rango que va desde seis hasta diez puntos, y en caso de que se identifique un defecto cualitativo en la muestra, se restarán dos puntos por taza (se utilizan cinco tazas para evaluar la limpieza, dulzura y uniformidad). Cada laboratorio puede emplear su propio formato de evaluación, considerando diez aspectos clave: Aroma, fragancia, sabor, cuerpo, posgusto, acidez, equilibrio, dulzura, apreciación general, uniformidad y limpieza (Camizán, 2020; Parada et al., 2020).

2.2.3.3. Norma técnica peruana de cafés especiales

La Norma Técnica Peruana, establecida en 2003 y modificada el 2018, define los propósitos de esta norma técnica específica para los cafés especiales. Debe tenerse en cuenta que todas las definiciones contenidas en la NTP 209.027 son aplicables, y esta norma proporciona definiciones adicionales y especificaciones para los cafés de calidad especial en el contexto peruano (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2021).

a. Cafés especiales

Estos cafés son aquellos que, debido a su origen, variedad y consistencia en términos de sus propiedades físicas, características sensoriales y métodos de cultivo, se destacan de los cafés convencionales y, por ende, son valorados en el mercado. Esta categoría también abarca a los cafés producidos de manera sostenible (INACAL, 2021).

b. Defectos primarios

Los defectos primarios hacen referencia a imperfecciones establecidas en la normativa NTP-ISO 10470, los cuales se originan tanto en el campo como durante el procesamiento inadecuado de los granos de café maduros. Conforme a esta norma, los defectos primarios se dividen cualitativamente en tres categorías principales: "VS" (muy grave), "S" (grave) y "MS" (moderadamente grave) (INACAL, 2021).

c. Defectos secundarios

Los defectos secundarios son aquellas anomalías definidas en la normativa NTP-ISO 10470 que se originan debido a un procesamiento deficiente de los granos de café maduros. Siguiendo la NTP, la mayoría de los defectos secundarios se califican cualitativamente como "M" (menor) (INACAL, 2021).

d. Perfil de taza

El perfil de taza se refiere a la combinación equilibrada de la acidez, el cuerpo y el aroma de un café, así como a las características de sabor distintivas y únicas que presentan los cafés especiales. A diferencia de los defectos en la taza (según la NTP 209.027), los cafés especiales se caracterizan por ofrecer sabores y aromas agradables que los diferencian de otros tipos de café. Estos pueden incluir notas de aromas y sabores florales, achocolatados, cítricos, acaramelados, entre otros (INACAL, 2021).

2.3. Antecedentes de estudios realizados y/o relacionados

En su estudio en Tingo María, Natividad (2011) investigó cómo el tiempo de fermentación influyó en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito de Hermilio Valdizán. Los resultados mostraron que la fermentación prolongada tuvo un impacto negativo en la calidad del café, con un 27,78 % de granos manchados en altitudes bajas, un 19,44 % en altitudes medias y un 11,11 % en altitudes altas. Se encontró que el olor a fermento también se vio afectado, con un 16,67 % de este defecto en altitudes bajas, un 13,89 % en altitudes medias y un 11,11 % en altitudes altas. En cuanto a las características físicas, se observó que la humedad en pergamino no superaba el 10,82 % en los tres niveles de altitud, y se retenía el 95 % de los granos de café verde oro, con una malla 15 o superior. Los defectos no superan el 2,52 %. Los rendimientos oscilaron entre 74,42 % y 74,73 %. En la evaluación

organoléptica, se obtuvieron altas calificaciones, con 90,72, 90,17 y 90,67 puntos, respectivamente, para los cafés producidos a 1010, 1279 y 1596 metros sobre el nivel del mar. El tiempo de fermentación óptimo varió según la altitud, siendo de 15 h para altitudes bajas, 18 h para altitudes medias y 20 h para altitudes altas. El café cultivado a altitudes más elevadas presentó atributos sensoriales superiores, con aroma y sabor a chocolate y durazno expresivos, así como toques de miel delicados.

En un estudio realizado por Caballero et al. (2016), se evaluó la calidad física de los granos y la calidad sensorial de la bebida del café procesada utilizando la fermentación natural y variantes de esta técnica que involucraban el uso de levadura y filtrado de mucílago (FM) para eliminar la pulpa del café. El café utilizado en el estudio fue de la variedad Bourbon, recolectado selectivamente y sometido a un proceso de beneficiado húmedo. Se encontró que en los tratamientos que involucraban levadura al 15 % (T₄) y FM al 25 % (T₅), se obtuvo un mayor rendimiento de los granos. Los defectos físicos de los granos y el perfil sensorial de la infusión variaron en función del tiempo de fermentación, que osciló entre 16 y 15 h en T₅ y T₄, siendo este último más rápido en comparación con el proceso de fermentación natural (T₁), que requeriría 20 h para eliminar el mucílago. Además, en términos de la impresión global de la bebida, el café procesado mediante fermentación (T₄ y T₅) obtuvo calificaciones de 83 puntos, significativamente altas que las calificaciones para el café sometido al tratamiento T₁. Estos tratamientos también presentaron el menor porcentaje de granos con defectos, lo que influyó positivamente en la calidad de la bebida. El proceso de fermentación T₄ permitió la degradación completa del mucílago en un período más corto y produjo café de alta calidad.

En un estudio realizado por Córdova y Guerrero (2016), se investigó el impacto de los métodos tradicionales de fermentación del café en la calidad sensorial de las variedades Caturra y Castillo cultivadas en siete municipios del departamento de Nariño. Estos municipios se dividieron en dos grupos agroclimáticos: el clúster A, con altitudes de hasta 1650 m sobre el nivel del mar, y el clúster B, con altitudes entre 1651 y 2100 m sobre el nivel del mar. Los resultados revelaron que el tiempo promedio de fermentación fue de alrededor de 18,75 h para la variedad Caturra y 18,94 h para Castillo. El pH de las muestras disminuyó durante la fermentación, pasando de alrededor de 5,50 a 4,40 para Caturra y de 5,60 a 4,40 para Castillo, respectivamente. La temperatura ambiental se mantiene en un rango de 19,10 a 21,10 °C en el clúster A y de 17,9 a 20,1 °C en el clúster B. Se observó un aumento en la concentración de ácido láctico después de aproximadamente 12 h de fermentación, alcanzando valores de 6278,08 mg/L y 4435,60 mg/L para Caturra y Castillo, respectivamente. Por otro lado, la concentración de glucosa redujo con el tiempo, pasando de 7089,10 y 7025,00 mg/L a 2158,56

y 2766,00 mg/L para Caturra y Castillo, respectivamente. A pesar de las variaciones en estas variables, el estudio no encontró diferencias significativas en la calidad sensorial final de las muestras de café analizadas.

Camizán (2020), evaluó el tiempo de fermentación de café en relación a la calidad organoléptica y concluyó lo siguiente: 1) En este estudio se verifica que la duración de la fermentación en el café tiene un impacto significativo en la calidad sensorial del producto. Los resultados indican que los mejores tiempos de fermentación se encontraron a las 20 y 24 h para las variedades Catimor y Catuaí. Catuaí obtuvo un puntaje en taza de 83,77, mientras que Catimor alcanzó 82,33 puntos. 2) En cuanto al perfil organoléptico, la variedad Catuaí demostró ser la que logró el mejor perfil sensorial en comparación con Catimor. 3) En términos de análisis físico del café, ambas variedades presentaron un alto porcentaje de expulsión, con Catimor y Catuaí obteniendo un 75,42 %. 4) El contenido de humedad promedio en las muestras de ambas variedades se mantuvo relativamente constante, con un 12,39 % para Catimor y un 12,37 % para Catuaí. 5) Finalmente, se confirmó que existe una diferencia significativa en la calidad sensorial en relación al tiempo de fermentación. Además, se encontró una valoración positiva entre el puntaje total de la taza y las horas de fermentación, lo que significa que a medida que se incrementa el tiempo de fermentación en una unidad (hora), el puntaje total de la taza aumenta en 0,20 unidades.

2.4. Prueba de Kruskal-Wallis

Introducido por Wallis (1939) y Kruskal y Wallis (1952), sirve para probar la H_0 de que las m muestras autónomas provienen de poblaciones similares o de una misma población, aquí la variable que se estudia tiene una distribución continua, con escala mínimamente ordinal. Es una ampliación del estadístico U de Mann-Whitney, es la prueba equivalente al estadístico paramétrico del ANOVA de un factor completamente aleatorizado (Quispe et al., 2019).

En estadística, la prueba de Kruskal-Wallis (de William Kruskal y W. Allen Wallis) es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para 3 o más grupos. Ya que es una prueba no paramétrica, la prueba de Kruskal-Wallis no asume normalidad en los datos, en oposición al tradicional ANOVA. Sí asume, bajo la hipótesis nula, que los datos vienen de la misma distribución. Una forma común en que se viola este supuesto es con datos heterocedásticos (Quispe et al., 2019).

La prueba usa el método siguiente:

1. El estadístico esta dado por $H = (N - 1) \frac{\sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_{i.} - \bar{r})^2}{\sum_{i=1}^g \sum_{j=1}^{n_i} (r_{ij} - \bar{r})^2}$, donde:

- n_i es el número de observaciones en el grupo i
- r_{ij} es el rango (entre todas las observaciones) de la observacion j en el grupo i
- N es el número total de observaciones entre todos los grupos
- g es el número de grupos
- $\bar{r}_{i.} = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} r_{ij}}{n_i}$
- $\bar{r} = (N + 1) / 2$ es el promedio de r_{ij}

Note que el denominador de la expresion para H es exactamente $\frac{(N-1)N(N+1)}{12}$.

$$\text{Luego, } H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^g n_i (\bar{r}_{i.} - \bar{r})^2$$

2. Se puede realizar una correccion para los valores repetidos dividiendo H por

$$1 - \frac{\sum_{i=1}^G (t_i^3 - t_i)}{N^3 - N}, \text{ donde } G \text{ es el número de grupos de diferentes rangos repetidos, y } t_i \text{ es}$$

el número de observaciones repetidas dentro del grupo i que tiene observaciones repetidas para un determinado valor. Esta corrección hace cambiar a H muy poco al menos que existan un gran número de observaciones repetidas.

2.5. Refractómetro

Los refractómetros son instrumentos ópticos de precisión que miden en brix, en grados Oechsle, en babo; miden el contenido de azúcar, de alcohol o de sal (según el tipo) de pruebas de fluidos. Todos los aparatos disponen de una compensación de temperatura automática a 20 °C y están preparados para cantidades muy pequeñas. Su formato pequeño y ligero lo hacen propicio para realizar mediciones in situ.

Los grados Brix se definen como el porcentaje en peso que contiene una solución de sacarosa pura, la cual mide 1 gramo de sacarosa por cada 100 gramos de muestra. La escala está basada en la relación directamente proporcional que existe entre el índice de refracción a 20 °C y el porcentaje en masa de sólidos solubles totales de una solución acuosa pura de sacarosa, es decir, 50° Brix equivale a un contenido de azúcar del 50 %. Esta conversión está

normalizada por la Comisión Internacional para Métodos Uniformes de Análisis de Azúcar (ICUMSA, por sus siglas en inglés) (Amerine, 1976).

La escala Brix es la más utilizada para determinar el grado de madurez de frutas y verduras, el porcentaje de sacarosa contenido en jugos, en todo tipo de salsas, lácteos y sus derivados, en la elaboración del vino, en la apicultura y la producción de miel (Amerine, 1976).

Los rangos de medición varían según la sustancia a evaluar y en función de esta el equipo a utilizar:

- 0-32 % Brix: son usualmente utilizados para medir el contenido de azúcar en los jugos.
- 28-62 % Brix: frecuentemente utilizados para mermeladas y almíbares
- 85-92 % Brix: suelen emplearse en la apicultura.

Para realizar cualquier medida con el refractómetro portátil, es necesario asegurarse que la superficie del prisma porta muestra y la tapa estén bien limpios. Seguidamente, se debe calibrar el instrumento a cero ya sea con agua destilada o con una colusión calibradora Brix. Para realizar la medición debe dejar caer unas pocas gotas sobre el prisma, dispersar de forma uniforme, cubrir con la tapa y hacer la valoración a temperatura ambiente. Finalmente, debe limpiar bien el instrumento y guardarlo en su estuche en un lugar poco húmedo, fresco y oscuro. Para la medición es importante considerar la temperatura, el Brix de una muestra fría será más que el de la misma a 20°C, o por el contrario si se mide en caliente el Brix será menor (Amerine, 1976).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar del campo experimental

3.1.1. Ubicación

La presente investigación se realizó en la Finca Los Cedros del Sr. Raymundo Camacho Justo, entre los meses de abril y setiembre del 2022, que según coordenadas geográficas está ubicado en:

a. Ubicación política

Centro Poblado : Milagros.
Distrito : Marías.
Provincia : Dos de Mayo.
Región : Huánuco.

b. Ubicación geográfica

Longitud este : 344 510. m E.
Latitud norte : 8 964 463 m N.
Altitud : 1 677,86 msnm.

3.1.2. Ecología

De acuerdo a la clasificación de zonas de vida de Holdridge (1987), citado por Berríos (2013), la zona de estudio se encuentra en la zona: bosque muy húmedo- Subtropical (bmh - ST). Se caracteriza por presentar un promedio de la precipitación pluvial total anual de 3,500 mm; con una temperatura media anual de 21 °C en términos generales.

3.1.3. Fisiografía

Según Brack (2002), la zona se encuentra ubicada en selva alta y cuenta con pendientes moderadas, topografía ondulada accidentada, rodeada por colinas altas y una exuberante vegetación de ceja de selva.

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Para la cosecha de café

Se empleó Canasta cosechera de café, sacos de polipropileno de 50.00 kilogramos, balanza gramera y brixómetro.

3.2.2. Para el beneficiado

Se empleó una despulpadora manual de café, baldes de polietileno de 4 L para fermentación, Airlocks para la fermentación cerrada, secadora solar para el secado de granos, sacos de polipropileno, medidor de pH, termómetro, brixómetro, termohigrómetro, medidor de humedad, codificadores de muestras, formatos y lapiceros.

3.2.3. Para la evaluación física de café verde

Se empleó balanza de precisión, trilladora, tamices con perforaciones redondas, medidor de humedad, bolsas de polipropileno, lapicero indeleble, codificadores de muestras y formatos.

3.2.4. Para evaluación sensorial de café tostado

Se empleó balanza de precisión, tostadora de muestra, molino, termómetro, bolsas de polipropileno, mesas de catación, cronómetro, mandil de catador, tazas de porcelana, cucharas de catación, escupideras, bold n° 8, papel toalla, tacho, agua apta para catación de café, formatos, cocina a gas, hervidora eléctrica y teteras.

3.2.5. Otros

- Cuaderno de apuntes.
- Lapiceros y lápices.
- Cámara digital para la captura de imágenes.
- Laptop.
- Calculadora.
- GPS.

3.3. Diseño estadístico

3.3.1. Componentes en estudio

Los granos maduros de *Coffea arabica* (café) variedad Caturra fueron la variable dependiente pues estuvieron influenciadas por las siguientes variables independientes:

a. Procesos de fermentación (A)

a_1 = Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)

a_2 = Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)

a_3 = Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)

a_4 = Proceso de fermentación cerrado sumergido. (PFCSu)

b. Tiempos de fermentación (B)

b_1 = 20 horas.

b_2 = 27 horas.

b_3 = 36 horas.

Los procesos de fermentación aplicados consistieron en:

- PFASo: los baldes fermentadores no fueron cubiertos y estuvieron en contacto con el ambiente.
- PFASu: los baldes fermentadores no fueron cubiertos, estuvieron en contacto con el ambiente y se adicionaron el treinta por ciento de agua del peso de la masa.

- PFCS_o: los baldes fermentadores fueron cubiertas con material de plástico y sellados para evitar la entrada de oxígeno realizando mediciones de temperatura y pH.
- PFCS_u: los baldes fermentadores fueron cubiertos con material de plástico y sellados para evitar la entrada de oxígeno y se adicionaron el treinta por ciento de agua del peso de la masa.

3.3.2. Tratamientos en estudio

Los tratamientos en estudio (Tabla 1), son en base a la interacción de los procesos de fermentación (A) con los tiempos de fermentación (B).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en estudio.

Tratamientos		Descripción	
Clave	Interacción	Procesos de fermentación	Tiempo
T ₁	a ₁ x b ₁	Proceso de fermentación abierto sólido (PFAS _o)	20 horas
T ₂	a ₁ x b ₂	Proceso de fermentación abierto sólido (PFAS _o)	27 horas
T ₃	a ₁ x b ₃	Proceso de fermentación abierto sólido (PFAS _o)	36 horas
T ₄	a ₂ x b ₁	Proceso de fermentación abierto sumergido (PFAS _u)	20 horas
T ₅	a ₂ x b ₂	Proceso de fermentación abierto sumergido (PFAS _u)	27 horas
T ₆	a ₂ x b ₃	Proceso de fermentación abierto sumergido (PFAS _u)	36 horas
T ₇	a ₃ x b ₁	Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCS _o)	20 horas
T ₈	a ₃ x b ₂	Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCS _o)	27 horas
T ₉	a ₃ x b ₃	Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCS _o)	36 horas
T ₁₀	a ₄ x b ₁	Proceso de fermentación cerrado sumergido (PFCS _u)	20 horas
T ₁₁	a ₄ x b ₂	Proceso de fermentación cerrado sumergido (PFCS _u)	27 horas
T ₁₂	a ₄ x b ₃	Proceso de fermentación cerrado sumergido (PFCS _u)	36 horas

3.3.3. Diseño experimental

El diseño experimental empleado es el diseño completamente al azar con arreglo factorial de 4A x 3B, con un total de doce tratamientos con tres repeticiones, cuyo modelo aditivo lineal es:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la respuesta obtenida de la k - ésima evaluación sensorial a la cual se aplicó la j-ésima hora de fermentación del i - ésimo proceso de fermentación.

- μ = Es el efecto de la media general.
- α_i = Efecto del i – ésimo proceso de fermentación.
- β_j = Es el efecto de la j – ésima hora de fermentación.
- $(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el efecto de la interacción entre el i – ésimo proceso de fermentación con la j –ésima hora de fermentación.
- ϵ_{ijk} = Es el efecto aleatorio del error experimental obtenido de la k - ésima repeticiones a la cual se aplicó la j –ésima hora de fermentación del i – ésimo proceso de fermentación.

Para:

- i = 1, 2..., 4 procesos de fermentación de café.
- j = 1, 2..., 3 horas de fermentación de café.
- k = 1, 2,3 repeticiones

3.3.4. Análisis estadístico

Con el software InfoStat, se realizó el análisis de variancia (F. tab. = 0,01 y 0,05) (Tabla 2), coeficiente de variabilidad mediante la ecuación (1), y se hallaron las diferencias de las medias de los tratamientos en estudio de las diferentes evaluaciones realizadas mediante la prueba de DGC para los datos paramétricos (temperatura, ph, grados Brix) y la prueba de Kruskal-Walli para los datos no paramétricos (análisis sensorial).

Tabla 2. Modelo del análisis de variancia.

FV	GL	SC	CM	F Cal.	F Tab.
Tratamientos	$(a \times b) - 1$	SC_{trat}	$SC_{\text{trat}}/gl_{\text{trat}} = CM_{\text{trat}}$	$CM_{\text{trat}}/CM_{\text{ee}}$	$F_{\alpha}(gl_{\text{trat}}, gl_{\text{ee}})$
A	$a - 1$	SC_A	$SC_A/gl_A = CM_A$	CM_A/CM_{ee}	$F_{\alpha}(gl_A, gl_{\text{ee}})$
B	$b - 1$	SC_B	$SC_B/gl_B = CM_B$	CM_B/CM_{ee}	$F_{\alpha}(gl_B, gl_{\text{ee}})$
$A \times B$	$(a - 1) \times (b - 1)$	$SC_{A \times B}$	$SC_{A \times B}/gl_{A \times B} = CM_{A \times B}$	$CM_{A \times B}/CM_{\text{ee}}$	$F_{\alpha}(gl_{A \times B}, gl_{\text{ee}})$
Error exp.	$(a \times b) \times (r - 1)$	SC_{ee}	$SC_{\text{ee}}/gl_{\text{ee}} = CM_{\text{ee}}$		
Total	$(a \times b \times r) - 1$	SC_{total}			

a = procesos de fermentación, b = tiempos de fermentación, y r = repeticiones.

$$CM = \frac{\sqrt{CM_{\text{ee}}}}{Y_{\dots}} \times 100 \quad (1)$$

Donde:

CV = Coeficiente de variabilidad.

CM_{e} = Cuadrado medio del error.

Y_{\dots} = Promedio total de los tratamientos.

3.4. Metodología

3.4.1. Recolección del grano en cosecha plena

3.4.1.1. Historia de la parcela experimental

La plantación de café del señor Raymundo Camacho Justo, tiene alrededor de 25 años desde su siembra, renovado mediante la poda tipo zoca en el año 2020. Las plantas de café están dispuestas a 1,50 m entre ellas y 2,00 m entre hileras. Debido a la topografía del terreno, la plantación presenta curvas a nivel y cuenta con árboles de sombra como *Inga* sp. La variedad principal cultivada es Caturra, además se encuentran las variedades Catimor y Bourbon separadas entre sí. El manejo del cultivo sigue prácticas convencionales con algunos elementos orgánicos. Por ejemplo, a partir del año 2023 se fertiliza una vez al año con urea, superfosfato triple, cloruro de potasio y guano de isla. Finalmente, cabe mencionar que la plantación cuenta con instalaciones propias para el beneficio y secado de los granos.

3.4.1.2. Demarcación de la parcela de café

Con un GPS se determinaron las coordenadas UTM y altitud de la parcela de café en la Finca Los Cedros, la parcela de café donde se obtuvieron las muestras de café de la variedad Caturra.

3.4.1.3. Cosecha

La cosecha de las cerezas de café se realizó de forma selectiva en la etapa de cosecha plena (entre los meses de abril a junio del 2022). La recolección de los granos de café fueron recepcionadas en canastas cosecheras que, una vez lleno, los granos fueron colocados en sacos de polipropileno; se cosecharon 3 veces previamente, realizando la medición de grados Brix del cerezo (uno por repetición) para las posteriores evaluaciones.

3.4.2. Beneficio húmedo

3.4.2.1. Despulpado

El proceso de despulpado de las cerezas de café se realizó con una despulpadora manual calibrada (Anexo, Figura 17), que consistió en separar las semillas y la pulpa de los cerezos y luego se trasladaron a los baldes enmarcados por cada tratamiento.

3.4.2.2. Procesos de fermentación

Cada muestra de café despulpado por tratamiento fue puesta en baldes (4 L) (Anexo, Figura 18), distribuyendo los tratamientos como indica la Tabla 1 para tomar las respectivas medidas de temperatura y pH. El procedimiento se realizó de la siguiente manera:

- *Proceso de fermentación abierto sólido* (PFASo); los baldes fermentadores no fueron cubiertos y estuvieron en contacto con el ambiente según el tiempo de fermentación que les corresponde (20, 27 y 36 h).

- *Proceso de fermentación abierto sumergido* (PFASu); los baldes fermentadores no fueron cubiertos, estuvieron en contacto con el ambiente y se adicionaron el treinta por ciento de agua del peso de la masa según el tiempo fermentación que les corresponde (20, 27 y 36 h).

- *Proceso de fermentación cerrado sólido* (PFCSu); los baldes fermentadores fueron cubiertas con sus respectivas tapas y adaptadas con el Airlocks, dispositivo que sirve para evitar la entrada de oxígeno y permitir la salida de los gases producidos según el tiempo de fermentación que les corresponde (20, 27 y 36 h).

- *Proceso de fermentación cerrado sumergido* (PFCSu), los baldes fermentadores fueron cubiertas con sus respectivas tapas y adaptadas con el Airlocks, dispositivo que sirve para evitar la entrada de oxígeno y permitir la salida de los gases producidos durante la fermentación; y se adicionaron el treinta por ciento de agua del peso de la masa según el tiempo de fermentación que les corresponde (20, 27 y 36 h).

3.4.2.3. Lavado

el lavado de los granos de café por tratamiento y repetición fue por separado, se utilizó agua limpia, para eliminar los sub productos que resultaron de la degradación del mucílago en la fase de fermentación.

3.4.2.4. Secado solar

Después del lavado se realizó el secado del café por tratamiento y repetición, para tal efecto, se utilizó un secador solar tipo túnel cubierta con mica solar, adaptadas en su interior con tarimas cuya superficie fue implementado con marcos de madera y fondo de malla tipo diamante (Anexo, Figura 21). Durante el secado de los granos se realizó la remoción de los granos cada 2 horas para un secado uniforme. Cuando los granos por tratamiento alcanzaron el porcentaje de humedad requerido para el tostado de café (11 a 12 %), estos fueron empaquetados en bolsas herméticas previamente identificadas para el análisis físico y sensorial.

3.4.3. Proceso del café para el análisis físico y sensorial

Los análisis físico y sensorial de café se hicieron en un laboratorio de control de calidad de café en Tingo María, dicho laboratorio de control de calidad pertenece a la actividad café de DEVIDA-OZTM

3.4.3.1. Análisis físico

Para el análisis físico, se pesó 350 g de café pergamino seco por tratamiento, posteriormente estos granos fueron trillados para obtener el café oro (Anexo, Figura 22). Cada una de las muestras fue evaluada visualmente con el objetivo de separar los granos con defectos (granos mordidos, brocados, agrios, mantequilla, etc.). Luego los granos seleccionados por

tratamiento fueron pasados por un juego de mallas con agujeros que selecciona los granos por tamaño, dejando pasar los granos pequeños. Las mallas utilizadas van del número 13 al 16; sin embargo, sólo se tostaron los granos de café oro que quedaron en los tamices desde el número 15 hacia arriba, para obtener uniformidad en el tueste.

3.4.3.2. Análisis sensorial

- Tostado

Se hizo un día antes de la catación, cada muestra de café por tratamiento fue tostada en una tostadora de laboratorio de tambor rotatorio con capacidad de 120 g, a un nivel de tostado medio; para este fin se tomó en cuenta variables como: tiempo de tueste entre 8 a 12 minutos, temperatura inicial y final de tueste entre 170 a 200 °C respectivamente (Figura 23).

- Catación del café

Se requirieron los servicios de tres catadores Q GRADER ARABICA de la ciudad de Tingo María (Anexo, Figura 25). A los catadores se les presentaron las muestras tostadas y codificadas, para no crear sesgo en cuanto a la calificación dada a los atributos de cada muestra de café por tratamiento. Las cataciones se realizaron de acuerdo a los protocolos del Coffee Quality Institute (CQI), conjuntamente con la Specialty Coffee Association (SCA).

Se usaron 5 pirex por tratamiento conteniendo cada uno 11,00 g de café tostado y molido con 200 ml de agua. Se comenzó con la evaluación de la fragancia con el café recién molido, en el minuto cero del cronómetro en marcha se adicionó el agua a una temperatura de 93 °C aproximadamente, Inmediatamente después se esperó un lapso de tres a cinco minutos para que los catadores realicen el proceso de “romper taza” (remoción superficial de la bebida) con el fin de aspirar los vapores sueltos por la muestra en combinación con el agua; los cuales pueden determinar la fragancia y aroma, cuyos descriptores están relacionadas a la rueda de sabores como los enzimáticos (florales, frutales y herbales), caramelizados (acaramelizados, achocolatado y frutos secos) y destilación seca (maderosos resinosos, especias y tostadas). Luego se procedió con la limpieza de las tazas, finalmente desde el minuto 10 hasta el minuto 30 se calificaron los demás atributos como: sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor y puntaje del catador. Por último, se realizó la sumatoria de los puntajes por atributos.

3.5. Características a evaluar

3.5.1. En la fermentación

3.5.1.1. Temperatura

Mediante el uso de un termómetro, se realizó la lectura de la temperatura de la masa de café durante el inicio de la fermentación y al finalizar el proceso de la misma por

tratamiento (Anexo, Figura 19). Los datos de temperatura registrados sirvieron para un posterior análisis estadístico y análisis de comparación entre los tratamientos en estudio.

3.5.1.2. pH y grados Brix

Al inicio y al final de la fermentación por tratamiento en estudio; se midieron el pH y grados Brix de las muestras de café con un pHmetro y refractómetro respectivamente (Anexo, Figura 19). Los datos de pH y grados Brix registrados sirvieron para un posterior análisis estadístico y análisis de comparación entre los tratamientos en estudio.

3.5.2. Análisis de calidad física

La calidad física se hizo de acuerdo al método de clasificación estándar de la Specialty Coffee Association of América (SCAA). Para eso se realizó el pesado de 350 g de café pergamino seco por tratamiento, luego se procedió al realizar el trillado (expulsión de cascarilla). Luego los granos verdes se clasificaron por tamaño en tamices con agujeros que retiene granos de mayor tamaño sobre medida determinada, y dejando pasar los granos pequeños al siguiente tamiz (Tabla 3).

Tabla 3. Clasificación según el tamaño del grano en tamices con un tamaño de agujero que va desde 12 hasta 20/64 de pulgada.

Clasificación	Nº de tamiz ^{1/64}	Dimensiones ISO (mm)
Café de exportación	20	8,00
	19	7,50
	18	7,10
	17	6,70
	16	6,30
Café de segunda	15	6,00
	14	5,60
	13	5,00
	12	4,75

Fuente: Becker y Freytag (1992).

De acuerdo al SCAA, los granos retenidos en la malla N° 16, 17, 18, 19, y 20, son considerados como café exportable; y los granos retenidos por las mallas N° 15, 14, 13, y 12, se consideran como café de segunda. Cada muestra de café se separó en recipientes de polietileno; luego se retiraron los granos con defectos de los granos verdes retenidos por cada tamiz.

Después del pesado, trillado, tamizado y selección, de una muestra inicial de 350 g de café pergamino seco, se halló lo siguiente: porcentaje de humedad, porcentaje del peso de la cascarilla, porcentaje del peso de los granos descartados y retenidos en las mallas 12, y porcentaje del peso de los granos retenidos en las mallas 18, 17, 16, 15, 14 y 13. Finalmente, se halló el porcentaje de rendimiento exportable de café según la fórmula (3) propuesta por el SCAA de la siguiente manera:

$$PRE = 100 - (PPC + PPD + PPDe) \quad \dots (3)$$

Leyenda:

PRE = Porcentaje de rendimiento exportable.

PPC = Porcentaje del peso de la cascarilla.

PPD = Porcentaje del peso de café descartado.

PPDe = Porcentaje del peso de café con defectos.

3.5.3. Análisis sensorial

Se realizó el análisis sensorial del café tostado, por un panel de tres catadores; para la evaluación sensorial se procedió mediante el protocolo de catación de la Coffee Quality Institute (Tabla 4) de los atributos sensoriales: fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, sabor residual, uniformidad, balance, limpieza, dulzor y puntaje de catador. A los atributos uniformidad, limpieza y dulzor se le puso 10 puntos por no tener defectos en ninguno de las tazas por tratamiento. Puntuaciones por debajo de 5,75; se les atribuye como regulares, pésimos, malo y muy malo.

Tabla 4. Escala de calificación para los atributos sensoriales del café según el protocolo del Coffee Quality Institute.

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

Fuente: Specialty Coffee Association of America (SCAA). 2015

Una vez finalizado las evaluaciones, las cuentas individuales dadas para cada uno de los atributos por panelista (catador) fueron sumados y se calificó de acuerdo a la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Clasificación según la Specialty Coffee Association of América (SCAA)

Puntaje Total	Descripción de la Especialidad	Clasificación
95-100	Ejemplar o único	Especialidad Súper Premio
90-94	Extraordinario	Premio a la Especialidad
85-89	Excelente	“Especialidad’
80-84	Muy Bueno	"Premio”
75-79	Bueno	Calidad Usual Buena
70-74	Pasable	Calidad Media
60-70		Grado de Cambio
50-60		Comercial
40-50		Abajo del grado
<40		Fuera de grado

Fuente: Specialty Coffee Association of America (SCAA). 2015

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de la calidad física

4.1.1. Humedad, peso cascarilla/trilla y peso café oro/trilla

En la Tabla 6 se presenta la prueba de F del análisis de varianza ($\alpha=0,05$) correspondiente a las variables humedad (%), peso de cascarilla/trilla (g) y peso de café oro (g). No se detectó ninguna diferencia estadísticamente significativa ni en los factores ni en la interacción entre ellos, lo que significa que ni los distintos tipos de procesos de fermentación (Factor A) ni los diversos intervalos de tiempo de fermentación (Factor B) muestran resultados estadísticamente superiores. entre sí (Salazar y Del Castillo, 2018).

El bajo coeficiente de variación obtenido en cada variable refleja la confiabilidad de los datos recopilados y la similitud en los resultados entre las unidades experimentales de cada tratamiento. En otras palabras, la humedad, el peso de la cascarilla/trilla y el peso del café oro/trilla presentan promedios muy parecidos en general (Romaina, 2012).

Tabla 6. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de porcentaje de humedad, peso cascarilla/trilla y peso café oro/trilla.

F.V.	GL	Humedad (%)		Peso de cascarilla (g)		Peso café de oro (g)	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
A	3	0,03	NS	0,9278	0,23	NS	0,6505
B	2	0,34	NS	0,2470	0,13	NS	0,7454
A*B	6	0,28	NS	0,3221	0,11	NS	0,9466
Error	24	0,23			0,42		0,42
Total	35						
CV		4,53			1,10		0,22

A: Proceso de fermentación.
 B: Tiempo de fermentación.
 NS: No existe diferencia significativa

La Tabla 7 presenta los promedios obtenidos de acuerdo a la influencia del Factor A y Factor B en las variables humedad (%), peso de cascarilla/trilla (g) y peso café oro/trilla (g). Los promedios son muy similares entre sí, por lo que no existe diferencia significativa; sin embargo, existe diferencia aritmética mediante la cual se observa que el mayor promedio en humedad se dio en el proceso cerrado sumergido (a_4) y 27 horas de fermentación

(b₂). Asimismo, se obtuvo mayor promedio de peso café oro (g) bajo la influencia del proceso abierto sumergido (a₂) y 36 horas de fermentación (b₃).

Tabla 7. Promedio de humedad (%), peso de cascarilla/trilla (g) y café oro/trilla (g).

Humedad (%)			Peso cascarilla (g)			Peso café oro (g)		
Proceso	Medias	Sig.	Proceso	Medias	Sig.	Proceso	Medias	Sig.
a ₄	10,68	a	a ₃	59,43	a	a ₂	290,94	a
a ₃	10,58	a	a ₁	59,20	a	a ₄	290,86	a
a ₁	10,57	a	a ₄	59,14	a	a ₁	290,80	a
a ₂	10,53	a	a ₂	59,06	a	a ₃	290,57	a
Tiempo	Medias	Sig.	Tiempo	Medias	Sig.	Tiempo	Medias	Sig.
b ₂	10,78	a	b ₁	59,28	a	b ₃	290,91	a
b ₃	10,50	a	b ₂	59,25	a	b ₂	290,75	a
b ₁	10,48	a	b ₃	59,09	a	b ₁	290,72	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

a₁ = Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)

b₁ = 20 horas.

a₂ = Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)

b₂ = 27 horas.

a₃ = Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)

b₃ = 36 horas.

a₄ = Proceso de fermentación cerrado sumergido. (PFCSu)

Como muestra la Tabla 8, respecto a los tratamientos, se ha encontrado mayor contenido de humedad en T₁₁ (proceso de fermentación cerrado sumergido por 27 horas); por otro lado, se ha obtenido mayor peso de café oro/trilla (g) con el tratamiento T₆ (proceso de fermentación abierto sumergido por 36 horas). Asimismo, se calculó un promedio de 2,06 g de peso de café oro defectuoso en cada tratamiento. También se observa que el porcentaje de humedad no supera el 11 % en ninguno de los casos, lo cual corresponde a un café de calidad. Según Arcos y Riaño (2017), los granos de café con un contenido de humedad que oscila entre el 10 % y 12 % se consideran de buena calidad para su posterior procesamiento. Este rango de humedad evita que hongos, como *Aspergillus ochraceus* y *Penicillium viridicatum*, que son responsables de la producción de la micotoxina Ocratoxina "A" (OTA), puedan proliferar. En humedades superiores al 12,50 %, estos hongos encuentran un ambiente propicio para su desarrollo, lo que puede afectar la calidad del café. Por otra parte, Pantoja et al. (2015), recomiendan que el nivel de humedad no supere el 12 % con el propósito de proteger los granos de café de la humedad, especialmente durante el almacenamiento, dado que estos granos poseen propiedades higroscópicas que los hacen susceptibles a la absorción de humedad. Por último, ya que el café se comercializa por peso, la humedad cumple un rol delicado respecto a la cantidad de dinero que se puede obtener por un saco. Cualquier incumplimiento de esta norma

tendrá alguna consecuencia en el futuro; un intermediario que siente que el contenido de humedad de un envío es muy elevado puede cortar los lazos con el productor.

Tabla 8. Promedio de porcentaje de humedad, peso de cascarilla y peso de café oro por tratamiento.

Humedad (%)			Peso de cascarilla/trilla (g)				Peso de café oro/trilla (g)				Defec. (g)
Trat	Media	Sig	Trat	Media	%	Sig	Trat	Media	%	Sig	Media
T ₁₁	11,00	a	T ₇	59,53	17,01	a	T ₆	291,20	83,20	a	2,00
T ₁	10,93	a	T ₈	59,53	17,01	a	T ₅	291,03	83,15	a	1,87
T ₈	10,83	a	T ₄	59,40	16,97	a	T ₁₂	290,97	83,13	a	2,07
T ₉	10,70	a	T ₁₁	59,30	16,94	a	T ₁	290,90	83,11	a	2,60
T ₂	10,67	a	T ₃	59,30	16,94	a	T ₁₀	290,90	83,11	a	2,47
T ₅	10,63	a	T ₉	59,23	16,92	a	T ₂	290,80	83,09	a	2,50
T ₁₂	10,63	a	T ₂	59,20	16,91	a	T ₉	290,77	83,08	a	1,43
T ₆	10,57	a	T ₁	59,10	16,89	a	T ₁₁	290,70	83,06	a	2,20
T ₄	10,40	a	T ₁₀	59,10	16,89	a	T ₃	290,70	83,06	a	2,00
T ₁₀	10,40	a	T ₁₂	59,03	16,87	a	T ₄	290,60	83,03	a	1,97
T ₇	10,20	a	T ₅	58,97	16,85	a	T ₈	290,47	82,99	a	2,20
T ₃	10,10	a	T ₆	58,80	16,80	a	T ₇	290,47	82,99	a	1,43

Defect: Peso de café oro defectuoso/trilla (g)

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En cuanto al defecto del café, los resultados muestran que hubo un promedio de 0.59 %, lo cual corresponde al 2,06 g del total de 350g contenido en cada muestra. Sin embargo, estos resultados son similares en comparación de lo obtenido por Natividad (2011), quien reporta un promedio de 0,15 % en muestras de 400 g. Esto puede deberse a los cuidados realizados durante la cosecha y beneficio del café pergamino, y el tener porcentajes de defectos tan bajos evita la necesidad de seleccionar pues el café ya está apto para el trillado.

Los defectos del café se ven conformados por materias extrañas, granos negros, agrio total y parcial, picado o brocado, mordido e inmaduros; aunque también se han encontrado granos vanos en menor cantidad, debido al cuidado en la cosecha selectiva. La aparición de granos vanos se atribuye a la falta de nutrientes en la planta y también a la pésima operación durante el beneficio húmedo (Puerta, 2012; Puerta y Echeverry, 2015).

Sin embargo, es importante destacar que el porcentaje promedio de defectos obtenidos en la investigación cumple con los requisitos establecidos por los mercados japonés y europeo. Estos mercados limitan el contenido de defectos al 8 % para el café verde oro y al 5 % para el café gourmet (Instituto Nacional de Calidad [INACAL], 2021).

4.1.2. Rendimiento de café oro/tamiz N° 16

En la Tabla 9 se presenta la prueba de F del análisis de varianza ($\alpha=0,05$) correspondiente al rendimiento de café oro/tamiz n° 16, donde se muestra que no existe diferencia significativa en el Factor A (proceso de fermentación) ni en su interacción con el Factor B (tiempo de fermentación) (A*B). Respecto al Factor B, se ha encontrado diferencia significativa estadísticamente, lo cual quiere decir que al menos uno de los tiempos de fermentación tuvo influencia para obtener mejores resultados en cuanto al rendimiento de café oro/tamiz n° 16.

El bajo coeficiente de variación obtenido sugiere que los datos recopilados son confiables (Salazar y Del Castillo, 2018). Además, demuestra que existe homogeneidad entre los resultados de las unidades experimentales de cada tratamiento, es decir, que los rendimientos de café oro/tamiz n° 16 presentan una media de gran similitud (Romaina, 2012).

Tabla 9. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del rendimiento de café oro/tamiz n° 16.

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	112,46	11	10,22 NS	1,44	0,2179
A	11,42	3	3,81 NS	0,54	0,6613
B	73,73	2	36,86 S	5,20	0,0133
A*B	27,31	6	4,55 NS	0,64	0,6957
Error	170,11	24	7,09		
Total	282,57	35			

CV: 1,03 %

A: Proceso de fermentación

B: Tiempo de fermentación

NS: No existe diferencia estadísticamente significativa

S : Existe diferencia significativa al 5 %.

En la Tabla 10 se observan los promedios obtenidos de acuerdo a la influencia del Factor A y Factor B en la variable rendimiento de café oro/tamiz n° 16. Se observa que, estadísticamente, los niveles del Factor A tienen similar comportamiento. Por otro lado, se tiene mejores resultados estadísticamente en los niveles b_2 (27 horas de fermentación) y b_1 (20 horas de fermentación). La Tabla 11 muestra los promedios obtenidos respecto a los tratamientos, encontrándose mayor rendimiento de café oro/tamiz n° 16 en T_5 (proceso de fermentación abierto sumergido por 27 horas). Asimismo, se observa que los tratamientos que fueron sometidos a 36 horas de fermentación (b_3) tuvieron menor rendimiento.

Tabla 10. Rendimiento de café oro/tamiz n° 16 según la influencia de los factores.

Proceso	Medias	Sig	Tiempo	Medias	Sig
a ₂	259,27	a	b ₂	259,93	a
a ₃	258,28	a	b ₁	258,65	a
a ₁	258,11	a	b ₃	256,47	b
a ₄	257,74	a			

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

a₁ = Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)

b₁ = 20 horas.

a₂ = Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)

b₂ = 27 horas.

a₃ = Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)

b₃ = 36 horas.

a₄ = Proceso de fermentación cerrado sumergido. (PFCSu)

Tabla 11. Promedio de rendimiento de café oro/tamiz n° 16 por tratamiento.

Tratamiento	Clave	Rendimiento de café oro/tamiz n° 16		
		Gramos	Porcentaje	Sig
T ₅	a ₂ b ₂	261,83	74,81	a
T ₂	a ₁ b ₂	260,07	74,31	a
T ₁₀	a ₄ b ₁	259,43	74,12	a
T ₇	a ₃ b ₁	259,13	74,04	a
T ₈	a ₃ b ₂	259,03	74,01	a
T ₁₁	a ₄ b ₂	258,80	73,94	a
T ₁	a ₁ b ₁	258,27	73,79	a
T ₆	a ₂ b ₃	258,20	73,77	a
T ₄	a ₂ b ₁	257,77	73,65	a
T ₉	a ₃ b ₃	256,67	73,33	a
T ₃	a ₁ b ₃	256,00	73,14	a
T ₁₂	a ₄ b ₃	255,00	72,86	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

a₁ = Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)

b₁ = 20 horas.

a₂ = Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)

b₂ = 27 horas.

a₃ = Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)

b₃ = 36 horas.

a₄ = Proceso de fermentación cerrado sumergido. (PFCSu)

El porcentaje de rendimiento en el café oro tamiz n° 16 (café exportable) se sometió a la prueba de correlación de Pearson para determinar si existe relación significativa con las variables temperatura, grados Brix y pH (Tabla 12).

Tabla 12. Medias y coeficiente de correlación de Pearson (r) de la temperatura, grados Brix y pH, con el porcentaje de rendimiento de café oro/tamiz n° 16 por tratamiento.

Tratamiento	Clave	Temperatura	Grados Brix	pH	Rendimiento (%)
T ₁	a ₁ b ₁	18,17	12,27	4,67	73,79
T ₂	a ₁ b ₂	21,17	9,27	4,10	74,31
T ₃	a ₁ b ₃	22,37	6,23	3,46	73,14
T ₄	a ₂ b ₁	17,67	13,10	4,82	73,65
T ₅	a ₂ b ₂	20,10	10,37	4,33	74,81
T ₆	a ₂ b ₃	20,10	7,03	3,55	73,77
T ₇	a ₃ b ₁	18,43	19,03	5,00	74,04
T ₈	a ₃ b ₂	20,63	14,00	4,47	74,01
T ₉	a ₃ b ₃	21,27	12,03	3,71	73,33
T ₁₀	a ₄ b ₁	18,03	19,27	5,10	74,12
T ₁₁	a ₄ b ₂	20,37	14,33	4,73	73,94
T ₁₂	a ₄ b ₃	22,50	12,00	3,74	72,86
Coefficiente de correlación (r)		-0,37	0,23	0,52	
p-valor		0,2337ns	0,4688ns	0,0852ns	

Respecto al rendimiento, los resultados obtenidos son similares a lo reportado por Natividad (2013), quien obtuvo 74,73 % de rendimiento a una altitud de 1 596 msnm. Se puede concluir que el café de la variedad Caturra producido en Marías, Huánuco, exhibe un mejor rendimiento, posiblemente debido a la cosecha selectiva, así como a la subsiguiente selección y clasificación de los granos; pero, además, se puede atribuir a otros factores como la variedad, manejo del cultivo, etc. (Arcos y Riaño, 2017). Meza (2019) y Salazar (2021), indican que, en términos generales, la calidad del café es satisfactoria, pero esto puede deteriorarse debido a una cosecha deficiente y un procesamiento inadecuado.

De acuerdo a la interpretación de Romaina (2012), el coeficiente de correlación (r) de la temperatura indica una correlación negativa débil; en el caso de los grados Brix, se presenta correlación positiva muy débil, mientras que en el pH se determinó una correlación positiva media. Sin embargo, el p-valor muestra que en ninguno de los casos existe una correlación significativa entre las variables y el rendimiento. Asimismo, las ecuaciones lineales indican mínima influencia de cada variable; en la Figura 29c, por ejemplo, por cada

unidad de pH el porcentaje de rendimiento aumenta en 0,46 ($y=0,4692x + 71,794$); a su vez, el pH constituye a 26 % de la variación del rendimiento ($R^2 = 0,2673$) (Anexo, Figura 29).

4.1.3. Rendimiento de café oro/tamiz N° 15, N° 14 y N° 13.

En la Tabla 13 se presenta la prueba de F del análisis de varianza ($\alpha=0,05$) correspondiente al rendimiento de café oro/tamiz n° 15, rendimiento de café oro/tamiz n° 14 y rendimiento de café oro/tamiz n° 13. En ninguno de los casos se encontró diferencia estadística significativa en el Factor A (proceso de fermentación), en el Factor B (tiempos de fermentación) ni en la interacción entre los mismos. Esto significa que no hubo diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los niveles de los factores (Salazar y Del Castillo, 2018)

El bajo coeficiente de variación obtenido en cada variable indica que los datos recopilados son confiables (Romaina, 2012) y que existe uniformidad en los resultados entre las unidades experimentales de cada tratamiento. En otras palabras, los rendimientos de café oro/trilla son muy similares en promedio en relación a las diferentes medidas de tamiz.

Tabla 13. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) rendimiento de café oro/tamiz n° 15, n° 14 y n° 13.

F.V.	GL	Tamiz n° 15		Tamiz n° 14		Tamiz n° 13	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Tratamiento	11	3,06 NS	0,7055	0,58 NS	0,7946	0,45 NS	0,7014
A	3	0,56 NS	0,9395	0,02 NS	0,9946	0,59 NS	0,4245
B	2	5,67 NS	0,2797	0,01 NS	0,9855	0,83 NS	0,2759
A*B	6	3,43 NS	0,5705	1,04 NS	0,3812	0,24 NS	0,8720
Error	24	4,22		0,93		0,61	
Total	35						

CV:

0,74

1,43

1,05

A: Proceso de fermentación

NS: No existe diferencia estadísticamente significativa

B: Tiempo de fermentación

La Tabla 14 presenta los promedios obtenidos de acuerdo a la influencia del Factor A y Factor B en la variable rendimiento de café oro/trilla (g). Se observa que los rendimientos son muy similares y, estadísticamente, en ningún caso se observa comportamiento estadísticamente diferente.

Tabla 14. Rendimiento de café oro/tamiz n° 15, n° 14 y n° 13 por influencia de los factores.

Tamiz n° 15			Tamiz n° 14			Tamiz n° 13		
Proceso	Medias	Sig	Proceso	Medias	Sig	Proceso	Medias	Sig
a ₁	276,53	a	a ₁	285,17	a	a ₂	289,00	a
a ₄	276,09	a	a ₄	285,16	a	a ₃	288,88	a
a ₂	276,04	a	a ₂	285,11	a	a ₄	288,61	a
a ₃	275,99	a	a ₃	285,06	a	a ₁	288,43	a
Tiempo	Medias	Sig	Tiempo	Medias	Sig	Tiempo	Medias	Sig
b ₂	276,89	a	b ₁	285,16	a	b ₃	289,03	a
b ₁	276,08	a	b ₃	285,12	a	b ₁	288,60	a
b ₃	275,53	a	b ₂	285,09	a	b ₂	288,56	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

a₁ = Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)

a₂ = Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)

a₃ = Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)

a₄ = Proceso de fermentación cerrado sumergido. (PFCSu)

b₁ = 20 horas.

b₂ = 27 horas.

b₃ = 36 horas.

El rendimiento, como el tamaño del grano, son características propiamente físicas y relacionadas entre sí. A comparación de la Tabla 11, los resultados presentados en la Tabla 14 son más altos debido al menor tamaño de los tamices usados en este último caso. De acuerdo con lo planteado Gonzales (2017) y Salazar (2021), indican que el rendimiento se determina utilizando una malla con un número 14, la cual tiene un diámetro de 55,56 mm. En este contexto, aquellos granos que tienen un tamaño menor a esta medida no se consideran aptos para ser considerados como café comercial y, en cambio, son clasificados como cafés de segunda calidad. Sin embargo, en la presente investigación se ha considerado café de exportación a los obtenidos en el tamiz n° 16, mientras que para el tamiz de menor tamaño se consideró café de segunda. No obstante, además de la altitud, este rendimiento es influenciado por otros factores como la zona de cultivo, el manejo agronómico y el correcto proceso de beneficiado. Por último, existe una variabilidad entre las observaciones de los granos, pues en esta última evaluación se encontraron granos con defectos secundarios leves y brocados.

La Tabla 15 se presenta los promedios obtenidos de acuerdo a los tratamientos, los rendimientos de café oro han sido diferentes según el número de tamiz. Se tiene que para el tamiz n°15 se encontró mayor rendimiento con el tratamiento T2 (Proceso de fermentación abierto sólido por 27 h); con el tamiz n° 14 hubo mayor rendimiento con T1 (proceso de fermentación abierto sólido por 20 h); mientras que con el tamiz n° 13 se obtuvo un rendimiento mayor con T9 (proceso de fermentación cerrado sólido por 36 h).

Tabla 15. Promedio del rendimiento de café oro en el tamiz n° 15, tamiz n° 14 y tamiz n° 13.

Tamiz n° 15				Tamiz n° 14				Tamiz n° 13			
Trat	g	%	Sig	Trat	g	%	Sig	Trat	g	%	Sig
T ₂	278,07	79,45	a	T ₁	285,83	81,67	a	T ₉	289,33	82,67	a
T ₅	277,77	79,36	a	T ₆	285,47	81,56	a	T ₆	289,20	82,63	a
T ₁	276,73	79,07	a	T ₇	285,43	81,55	a	T ₅	289,17	82,62	a
T ₇	276,50	79,00	a	T ₁₁	285,40	81,54	a	T ₇	289,03	82,58	a
T ₁₁	276,23	78,92	a	T ₅	285,37	81,53	a	T ₁₂	288,90	82,54	a
T ₁₀	276,20	78,91	a	T ₉	285,27	81,51	a	T ₃	288,70	82,49	a
T ₉	275,97	78,85	a	T ₁₂	285,20	81,49	a	T ₄	288,63	82,47	a
T ₁₂	275,83	78,81	a	T ₂	285,13	81,47	a	T ₁₁	288,50	82,43	a
T ₆	275,50	78,71	a	T ₁₀	284,87	81,39	a	T ₁₀	288,43	82,41	a
T ₈	275,50	78,71	a	T ₃	284,53	81,29	a	T ₁	288,30	82,37	a
T ₄	274,87	78,53	a	T ₄	284,50	81,29	a	T ₂	288,30	82,37	a
T ₃	274,80	78,51	a	T ₈	284,47	81,28	a	T ₈	288,27	82,36	a

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

4.2. Análisis sensorial

En la Tabla 16 se presenta el análisis de varianza de atributos ($\alpha=0,05$) correspondiente al puntaje de catador. No existe diferencia significativa respecto al puntaje brindado por el catador 1 y el catador 2 en ninguno de los factores; sin embargo, respecto al catador 3 se encuentran diferencias altamente estadísticas en el Factor A (proceso de fermentación), Factor B (tiempo de fermentación) y la interacción entre ambos ($A*B$), lo que quiere decir que al menos uno de los niveles tuvo influencia en los mejores resultados de la fermentación de granos de café.

Tabla 16. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de puntaje de catador.

F.V.	GL	Catador 1		Catador 2		Catador 3	
		CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Tratamiento	11	0,01 NS	0,4484	0,02 NS	0,1439	0,05 AS	0,0217
A	3	0,01 NS	0,2007	0,01 NS	0,5265	0,06 AS	0,0072
B	2	0,01 NS	0,1952	0,01 NS	0,3827	0,12 AS	0,0009
A*B	6	0,03 NS	0,8606	0,03 NS	0,0645	0,02 NS	0,2624
Error	24	0,01		0,01		0,01	
Total	35						
CV:		1,08		1,41		1,42	

NS: No existe diferencia estadísticamente significativa

AS: Existe diferencia estadística altamente significativa al 5 %.

La prueba de Kruskal-Wallis realizada para los tratamientos (Tabla 17) muestra que no se formaron subgrupos heterogéneos estadísticamente en los casos del catador 1 y catador 2, lo que confirma que no existe diferencia significativa. Sin embargo, en los datos obtenidos a partir del catador 3 se han formado dos subgrupos, de los cuales T₁ es el menos recomendado por tener menor valor. Sin embargo, de acuerdo a la escala de clasificación para los atributos sensoriales del café según el protocolo del Coffee Quality Institute (Tabla 4), el producto se considera “*Muy bueno*”, ya que el puntaje obtenido se encuentra en el rango de 7,00 y 8,00.

El tratamiento T8 ha obtenido el mayor puntaje según los datos correspondientes al catador 2 y catador 3. En ambos casos percibieron la acidez melosa, postgusto duradero con base de chocolate y caramelo. Asimismo, la acidez del café podría verse afectada por la presencia de sustancias como el trimetil-1,1,3-ciclohexano o el vinil-2 dihidro 3,4-pirano, que aportan cualidades de vitalidad, frescura y elegancia a la bebida (Lee et al., 2016). Además, los catadores también señalaron la percepción de notas dulces, como la miel y la panela, así como matices florales en el café. De igual manera, los catadores también describieron la sensación de miel, panela y toques florales. En el café evaluado en La Divisoria por Natividad (2011), el atributo resaltante fue el floral.

Tabla 17. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento según catador.

Catador 1			Catador 2			Catador 3		
Tratamiento	Medias	Sig	Tratamiento	Medias	Sig	Tratamiento	Medias	Sig
T ₁₂	7,83	a	T ₈	7,92	a	T ₈	7,92	a
T ₉	7,75	a	T ₄	7,92	a	T ₉	7,92	a
T ₆	7,75	a	T ₃	7,92	a	T ₁₂	7,92	a
T ₁₀	7,75	a	T ₁₂	7,83	a	T ₅	7,83	ab
T ₁₁	7,75	a	T ₅	7,83	a	T ₁₁	7,75	ab
T ₄	7,75	a	T ₂	7,83	a	T ₆	7,75	ab
T ₃	7,75	a	T ₁₀	7,75	a	T ₃	7,75	ab
T ₂	7,75	a	T ₁₁	7,75	a	T ₄	7,75	ab
T ₅	7,75	a	T ₉	7,75	a	T ₂	7,67	ab
T ₁	7,67	a	T ₁	7,75	a	T ₁₀	7,67	ab
T ₇	7,67	a	T ₆	7,75	a	T ₇	7,67	ab
T ₈	7,67	a	T ₇	7,67	a	T ₁	7,50	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Es fundamental prestar una atención especial al proceso de tostado del café, ya que este desempeña un papel crucial en la preservación y realce de las cualidades sensoriales. El tostado debe ser diseñado para potenciar la dulzura y el aroma al máximo, mientras se minimiza la presencia de notas amargas y ácidas. Es importante destacar que un tostado excesivamente oscuro puede llevar a la pérdida de aroma y dulzura, lo que resulta en la disminución de las características distintivas del café (Parada et al., 2020). Durante el proceso de tostado del café, se generan diversas reacciones químicas y térmicas, como descarboxilación, la deshidratación de los grupos ácidos, el fraccionamiento, la isomerización, la polimerización y las reacciones del azúcar (Lee et al., 2016). Las características de sabor y aroma del café se originan principalmente a partir de las reacciones de los componentes como los monosacáridos y la sacarosa, los ácidos clorogénicos, los aminoácidos libres y la trigonelina (Caballero et al., 2016; Arcos y Riaño, 2017; Camizán, 2020).

Tabla 18. Puntaje promedio de características organolépticas por interacción de los factores.

Factor	Factor	Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Unifor- midad	Balance	Taza limpia	Dulzura
PFASo	20 h	7,58	7,75	7,58	7,75	7,75	10,00	7,67	10,00	10,00
	27 h	7,67	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	36 h	7,83	7,75	7,92	7,75	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00
PFCSo	20 h	7,58	7,75	7,75	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	27 h	7,67	7,92	7,83	7,75	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00
	36 h	7,92	7,83	7,83	7,92	8,08	10,00	7,83	10,00	10,00
PFASu	20 h	7,67	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	27 h	7,67	7,83	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	36 h	8,00	7,83	7,92	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
PFCSu	20 h	7,67	7,75	7,92	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	27 h	7,75	7,83	8,00	7,92	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00
	36 h	7,83	7,92	8,00	7,92	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00
20 horas	PFASo	7,58	7,75	7,58	7,75	7,75	10,00	7,67	10,00	10,00
	PFCSo	7,58	7,75	7,75	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	PFASu	7,67	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	PFCSu	7,67	7,75	7,92	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
27 horas	PFASo	7,67	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	PFCSo	7,67	7,92	7,83	7,75	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00
	PFASu	7,67	7,83	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	PFCSu	7,75	7,83	8,00	7,92	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00
36 horas	PFASo	7,83	7,75	7,92	7,75	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00
	PFCSo	7,92	7,83	7,83	7,92	8,08	10,00	7,83	10,00	10,00
	PFASu	8,00	7,83	7,92	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	PFCSu	7,83	7,92	8,00	7,92	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00

PFASo: Proceso de fermentación abierto sólido.

PFASu: Proceso de fermentación abierto sumergido.

PFCSo: Proceso de fermentación cerrado sólido.

PFCSu: Proceso de fermentación cerrado sumergido.

La Tabla 19 resume el promedio del puntaje obtenido por tres catadores en cada característica organoléptica (Anexo, Tabla 30); del mismo y, para su visualización gráfica, la Figura 1,2, 3 y 4 presentan estos perfiles de atributos organolépticos de café en taza, correspondiente a cada uno de los cuatro procesos de fermentación y los tres tiempos de fermentación estudiados.

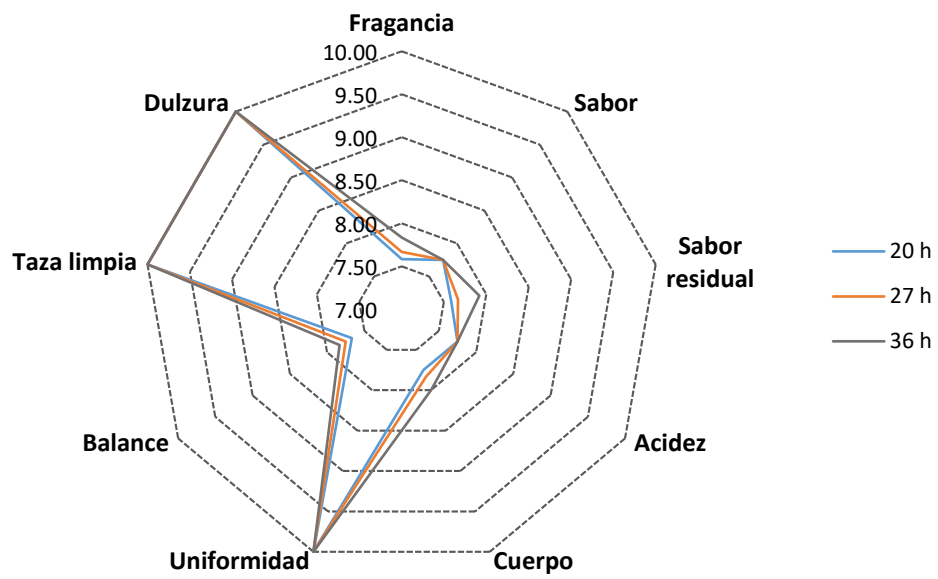


Figura 1. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación abierto sólido (PFASo).

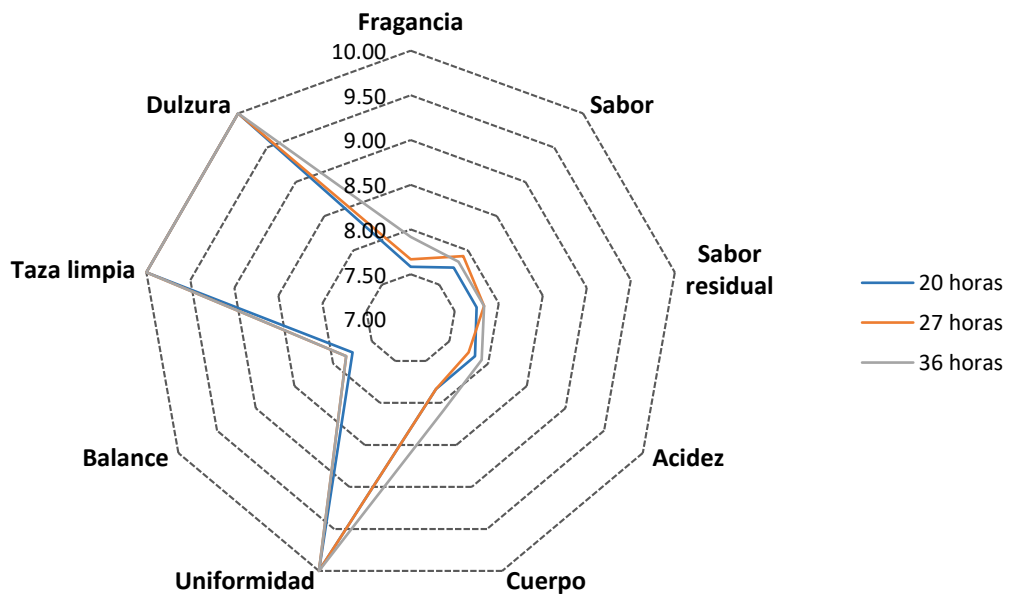


Figura 2. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu).

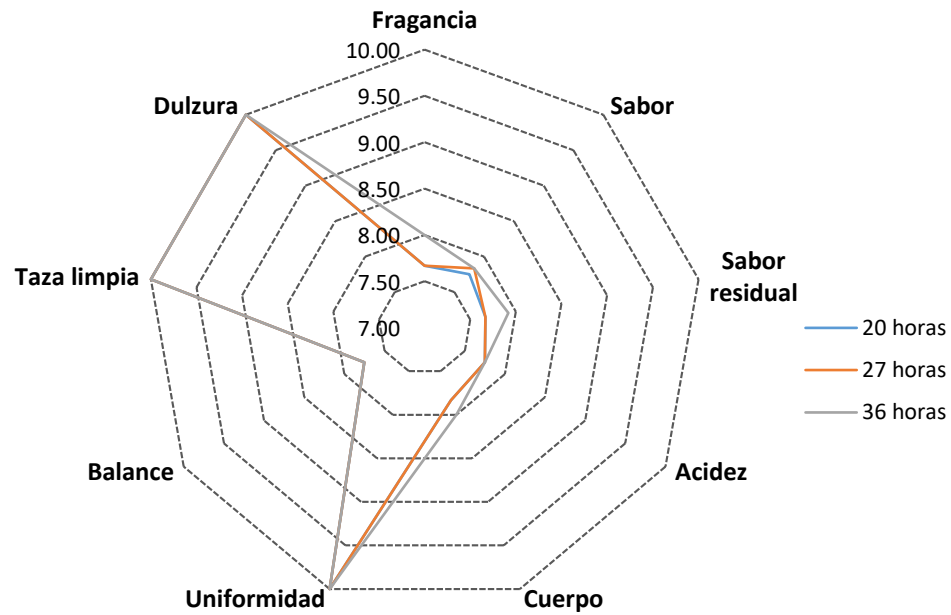


Figura 3. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSO).

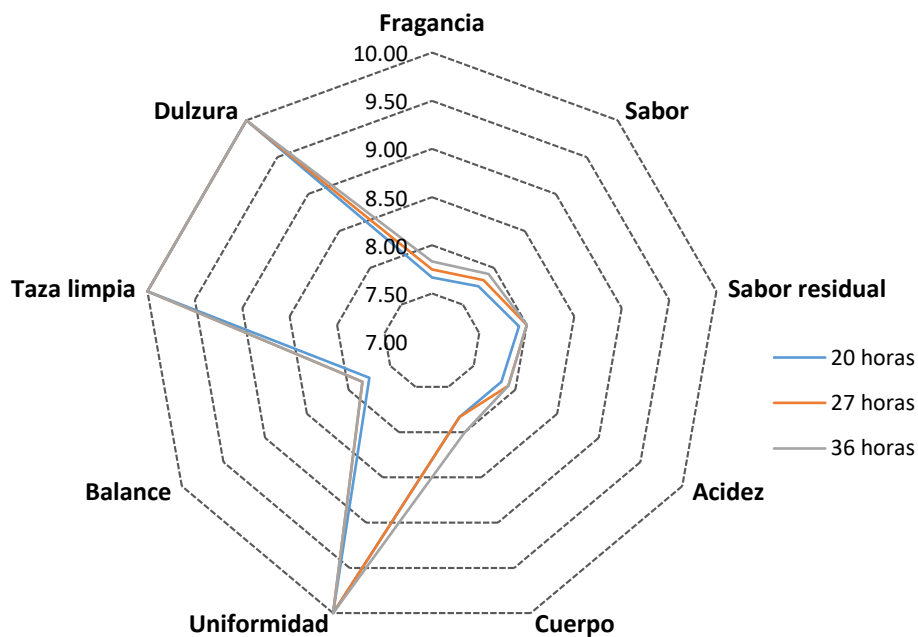


Figura 4. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por tiempo de fermentación en el proceso de fermentación cerrado sumergido (PFCSu).

De igual manera, en la Figura 5, 6 y 7 se presentan los perfiles de atributos organolépticos de café en taza correspondiente a cada uno de los tres tiempos de fermentación (20, 27 y 36 horas, respectivamente) en interacción con los cuatro procesos de fermentación estudiados (Anexo, Tabla 27).

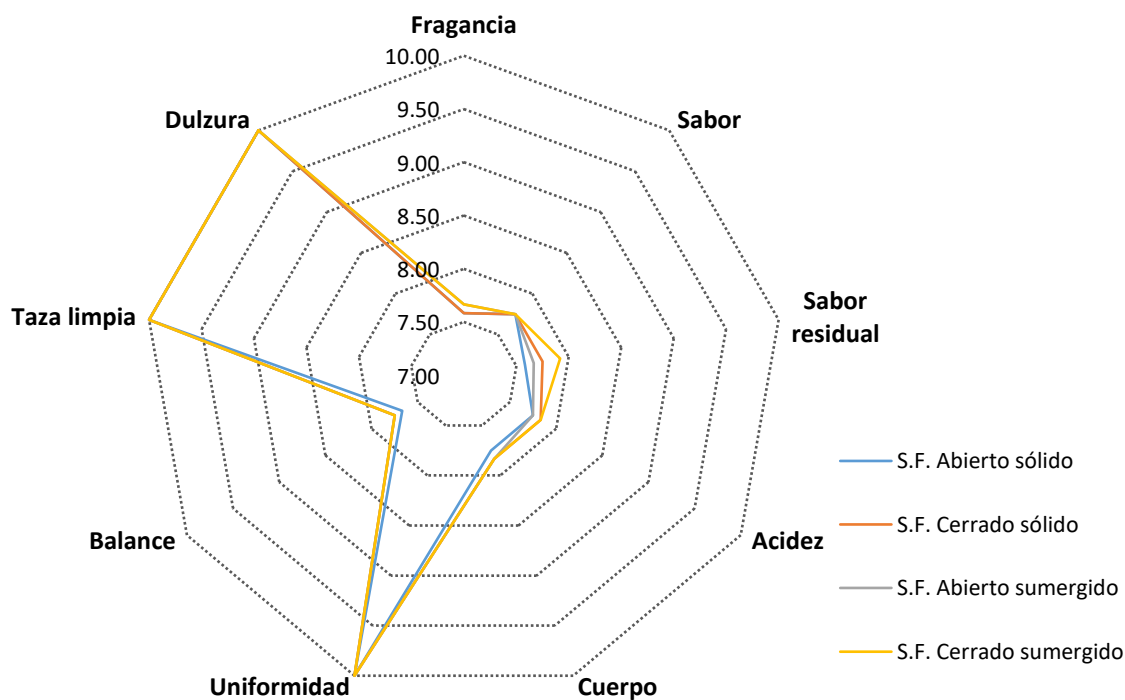


Figura 5. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por proceso de fermentación a las 20 horas.

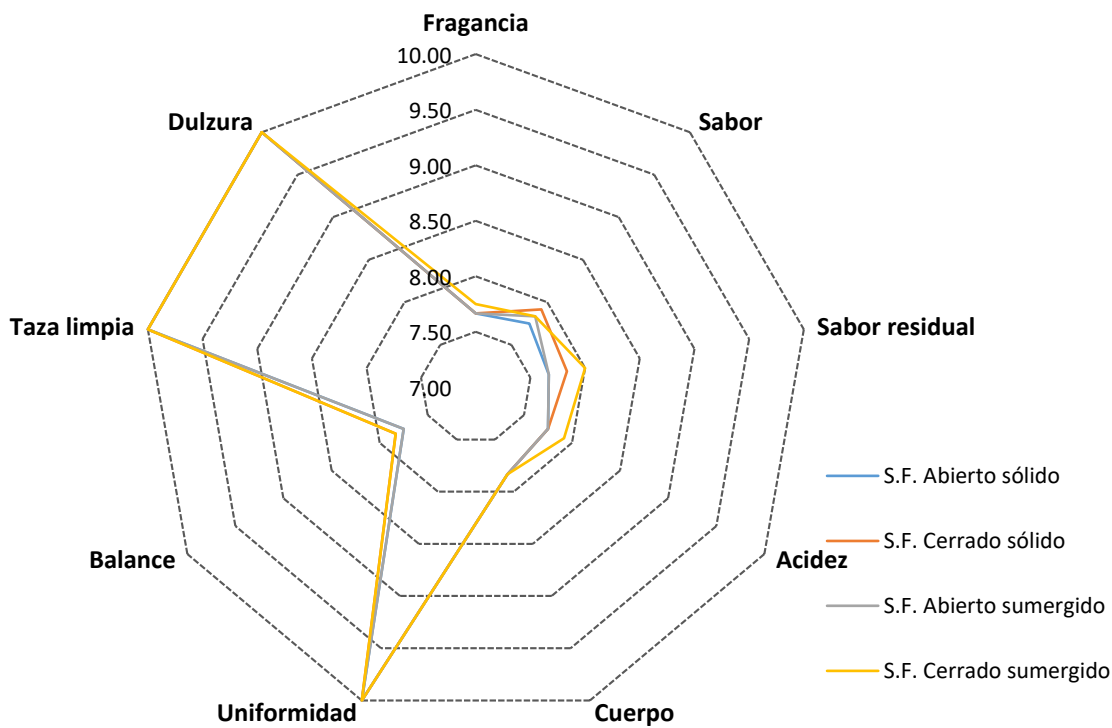


Figura 6. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por proceso de fermentación a las 27 horas.

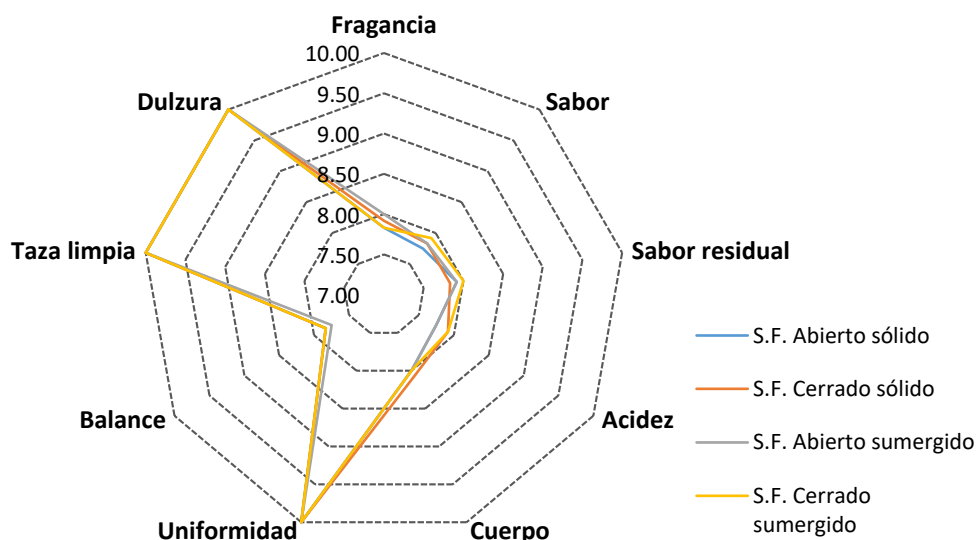


Figura 7. Perfil de atributos organolépticos de café en taza por proceso de fermentación a las 36 horas.

Los perfiles de atributos mostrados tienden a recibir una calificación similar, probablemente porque la buena calidad del café se empieza a definir desde el campo y depende de factores biofísicos, agronómicos y poscosecha. Los factores genéticos de la planta determinan las características como la forma, tamaño y color de los granos, además de sus propiedades organolépticas por su composición química. En términos generales, no se observan diferencias significativas en la calidad entre los cafés arábigos que se cultivan en condiciones similares (Gonzales, 2017; Salazar, 2021). Asimismo, la temperatura óptima para el cultivo debe situarse entre 17 y 23 °C, y que una disminución en la temperatura conlleva a un desarrollo más lento de los frutos, lo que resulta en granos con una acidez, cuerpo y aroma más acentuados (Puerta y Echeverry, 2015). En el caso de esta investigación, la temperatura en el lugar de recolección se encuentra en el rango recomendado (21 °C) y a una altitud de 1,677 metros sobre el nivel del mar. Finalmente, se ha comprobado, que la altitud en la que se cultiva el café tiene un impacto significativo en la acidez, con mayores altitudes conduciendo a una mayor acidez y, en última instancia, a una mejor calidad, lo que se traduce en un sabor y calidad de bebida superiores (Puerta, 2012; Peña, 2013; Pantoja et al., 2015; Peñuela et al., 2022).

En la Tabla 19 se presenta el análisis de varianza ($\alpha=0,05$) correspondiente al puntaje de taza de acuerdo a la calificación de tres catadores. Los resultados muestran que hubo diferencia estadística altamente significativa en el Factor A (proceso de fermentación), Factor B (tiempos de fermentación) y la interacción entre ambos ($A*B$), lo que indica que al

Tabla 20. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por influencia de los factores.

Catador 1			Catador 2			Catador 3		
Factor A	Medias	Sig	Factor A	Medias	Sig	Factor A	Medias	Sig
a ₄	84,92	a	a ₂	84,86	a	a ₄	84,78	a
a ₂	84,67	a	a ₄	84,53	b	a ₃	84,75	a
a ₃	84,42	b	a ₃	84,50	b	a ₂	84,69	a
a ₁	84,25	b	a ₁	84,42	b	a ₁	84,08	b
Factor B	Medias	Sig	Factor B	Medias	Sig	Factor B	Medias	Sig
b ₃	85,08	a	b ₃	84,94	a	b ₃	85,15	a
b ₂	84,46	b	b ₂	84,58	b	b ₂	84,48	b
b ₁	84,15	c	b ₁	84,21	c	b ₁	84,10	c

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

a₁ = Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)

b₁ = 20 horas.

a₂ = Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)

b₂ = 27 horas.

a₃ = Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)

b₃ = 36 horas.

a₄ = Proceso de fermentación cerrado sumergido. (PFCSu)

De igual manera, en los resultados de Natividad (2011), se observa un incremento directamente proporcional de tiempo de fermentación respecto al puntaje obtenido, que van desde las 13 hasta las 20 horas para obtener valores desde los 75,00 hasta 90,67 respectivamente, a una altitud de 1 596 msnm; sin embargo, desde las 20 hasta las 24 horas de fermentación, los puntajes que obtuvo disminuyeron progresivamente. En altitud media, a 1 279 msnm, alcanzó el punto álgido a las 18 horas (90,17) para descender con los mayores tiempos de fermentación y, finalmente, hubo el mismo comportamiento a una altitud baja de 1 010 msnm, donde el mayor puntaje fue a las 15 horas (90,72).

Lo mencionado demuestra la gran importancia que tiene el tiempo para encontrar el punto óptimo de fermentación en el cultivo de café. Si el objetivo es obtener un café con las características organolépticas que respondan a las exigencias de calidad internacional, es necesario encontrar el tiempo óptimo y, de acuerdo a lo obtenido por Natividad (2011), el tiempo de fermentación está en función de la altitud donde se fermentan los granos de café.

Respecto a los tratamientos, la Tabla 21 muestra la prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha=0,05$), mediante la cual se determinó que existen hasta cinco subgrupos en el puntaje de taza del catador 3.

En cuanto a los valores del puntaje en taza, los mayores resultados se han obtenido en los tratamientos T₆, T₉ y T₁₂. Estos tres tratamientos tienen en común un subnivel del Factor B; es decir, se sometieron a un tiempo de fermentación de 36 horas, lo cual corrobora la mejor influencia de b₃ como se indica en la Tabla 20.

Tabla 21. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento.

Catador 1			Catador 2			Catador 3		
Trat	Media	Sig	Trat	Media	Sig	Trat	Media	Sig
T ₁₂	85,33	a	T ₆	85,17	a	T ₉	85,42	a
T ₆	85,17	a	T ₉	85,08	a	T ₁₂	85,25	ab
T ₉	85,00	ab	T ₅	84,92	ab	T ₃	85,00	abc
T ₁₁	84,92	abc	T ₁₂	84,83	abc	T ₆	84,92	abc
T ₃	84,83	abc	T ₃	84,67	abcd	T ₁₁	84,75	abcd
T ₅	84,58	abc	T ₈	84,50	abcd	T ₅	84,67	abcd
T ₁₀	84,50	abc	T ₄	84,50	abcd	T ₈	84,58	abcde
T ₄	84,25	bcd	T ₁₁	84,50	abcd	T ₄	84,50	bcde
T ₈	84,17	bcd	T ₂	84,42	bcd	T ₁₀	84,33	cde
T ₂	84,17	bcd	T ₁₀	84,25	cd	T ₇	84,25	cde
T ₇	84,08	cd	T ₁	84,17	d	T ₂	83,92	de
T ₁	83,75	d	T ₇	83,92	d	T ₁	83,33	e

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En la Tabla 22 como en la Figura 8, 9 y 10, se presenta el puntaje en taza correspondiente a cada uno de los tres catadores en la interacción de los factores, así como el puntaje promedio a partir de la puntuación individual por catador (Figura 11).

Tabla 22. Puntaje en taza promedio por tratamiento y catador.

		Factores	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
Catador 1	20 h		83,75	84,25	84,08	84,50
	27 h		84,17	84,58	84,17	84,92
	36 h		84,83	85,17	85,00	85,33
Catador 2	20 h		84,17	84,50	83,92	84,25
	27 h		84,42	84,92	84,50	84,50
	36 h		84,67	85,17	85,08	84,83
Catador 3	20 h		83,33	84,50	84,25	84,33
	27 h		83,92	84,67	84,58	84,75
	36 h		85,00	84,92	85,42	85,25
Promedio	20 h		83,75	84,42	84,08	84,36
	27 h		84,17	84,72	84,42	84,72
	36 h		84,83	85,09	85,17	85,14

a₁: Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)
a₂: Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)
a₃: Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)
a₄: Proceso de fermentación cerrado sumergido (PFCSu)

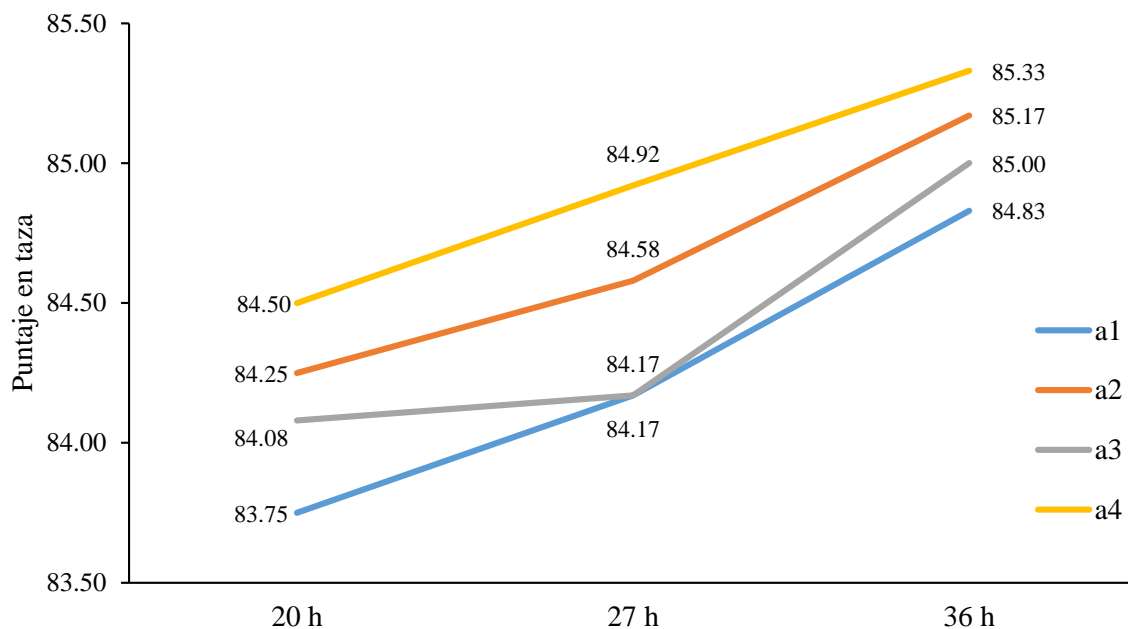


Figura 8. Puntaje en taza – catador 1.

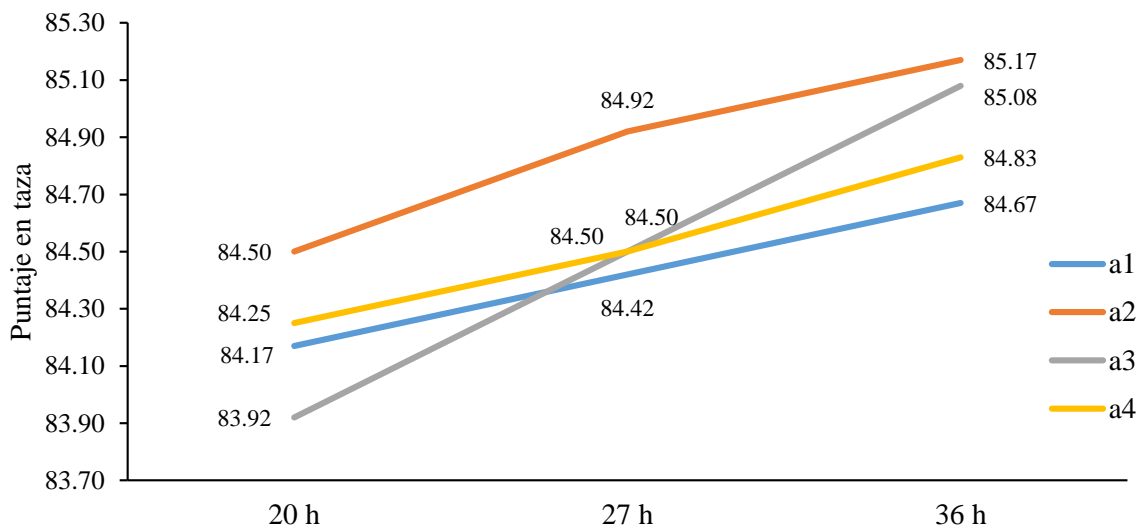


Figura 9. Puntaje en taza – catador 2.

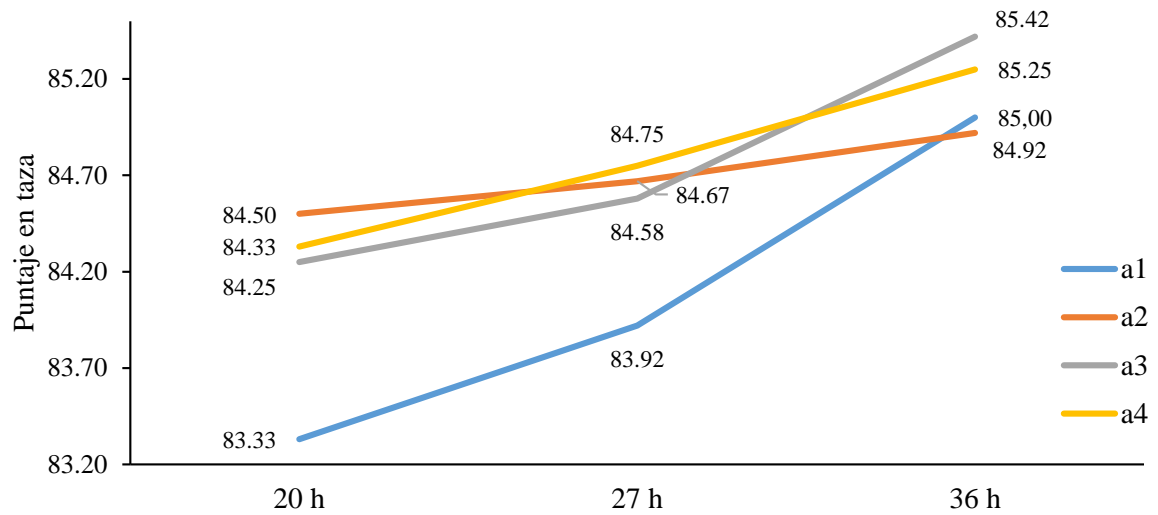


Figura 10. Puntaje en taza – catador 3.

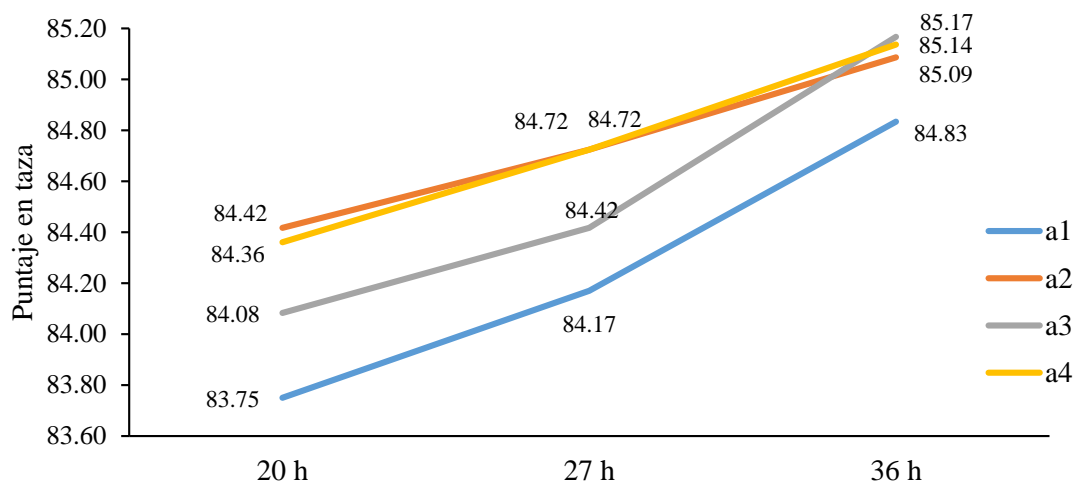


Figura 11. Puntaje en taza – Promedio de tres catadores.

De acuerdo a Tabla 21, se presenta los promedios obtenidos según puntuación de los tres catadores y de acuerdo a la clasificación de la Specialty Coffee Association of America (SCAA) (Tabla 5), en su mayoría, el producto de los tratamientos se clasifica como “Premio”, cuya calidad se describe como “muy bueno”, pues los puntajes obtenidos están por encima de 80 y por debajo de 85. Asimismo, en cada uno de los catadores también se logró clasificar por lo menos dos tratamientos como “Especialidad”, cuya calidad se describe como “excelente”.

En general, se ha obtenido buenos resultados de acuerdo al ordenamiento sobre los 100 puntos de la ficha de excelencia y, con base a la Figura 11, se puede concluir que los mejores puntajes se obtuvieron con una fermentación de 36 horas, que es el factor que tuvo mayor repercusión en los resultados. En el mercado internacional, los tostadores suelen preferir granos de cafés de excelentes características físicas y organolépticas, lo que a su vez permite obtener excelentes resultados en taza sin que los componentes de aroma y sabor se pierdan.

Guerrero (2019) indica que los mejores puntajes de catación se dan a las 39 horas de fermentación, obteniendo un valor de 83,25 en una altitud de 1 507 msnm. Asimismo, respecto a los puntos óptimos de fermentación para cada piso altitudinal, ha logrado determinar que para la zona baja el punto óptimo es de 24 horas de fermentación, logrando un puntaje de 83,17, y para la zona media el punto óptimo es de 24 horas de fermentación con un puntaje de 83,33, y para la zona alta el punto óptimo también es de 24 horas de fermentación alcanzando un puntaje de 84,76 siendo uno de los mejores cafés, al cual se puede ofertar como cafés especiales; por lo tanto, cabe mencionar que en la parte alta a mayor tiempo de fermentación la calidad en taza será mejor.

Una puntuación en el rango de 80-90 permite catalogar a los cafés como cafés finos (OIC, 2010); en este mismo sentido, Meza (2019) obtuvo calificación de 83,13 puntos en un tratamiento sin defecto, mientras que, en el tratamiento similar, sin defectos, obtuvo 81,75 puntos; en la misma investigación, reporta tratamientos con puntajes entre 59,25 y 71,25, debido a que correspondían a una calidad Fuera de grado. Al respecto, Puerta (2016) señala que la calidad del café se deteriora a pesar de que los granos defectuosos se eliminen antes de tostarlo, por lo tanto, es necesario realizar buenas prácticas de clasificación desde la finca en las etapas de procesamiento, con el fin de mejorar la consistencia en la calidad del café.

También, otros componentes que podrían influir en la percepción sensorial del café y por consiguiente en el puntaje final estimado son la temperatura, grados Brix y pH previo en cada tratamiento. En la Tabla 23 se muestran los valores promedios para las variables

mencionadas, así como los coeficientes de correlación de Spearman (ρ) para determinar la relación existente entre cada variable y el puntaje final promedio.

Tabla 23. Medias y coeficiente de correlación de Spearman (ρ) de la temperatura, grados Brix y pH, con el puntaje final promedio de taza.

Tratamiento	Clave	Temperatura	Grados	Puntaje final		Clasificación
		(°C)	Brix	pH	promedio	
T ₁	a ₁ b ₁	18,17	12,27	4,67	83,75	Bueno
T ₂	a ₁ b ₂	21,17	9,27	4,10	84,17	Bueno
T ₃	a ₁ b ₃	22,37	6,23	3,46	84,83	Bueno
T ₄	a ₂ b ₁	17,67	13,10	4,82	84,42	Bueno
T ₅	a ₂ b ₂	20,10	10,37	4,33	84,72	Bueno
T ₆	a ₂ b ₃	20,10	7,03	3,55	85,09	Muy bueno
T ₇	a ₃ b ₁	18,43	19,03	5,00	84,08	Bueno
T ₈	a ₃ b ₂	20,63	14,00	4,47	84,42	Bueno
T ₉	a ₃ b ₃	21,27	12,03	3,71	85,17	Muy bueno
T ₁₀	a ₄ b ₁	18,03	19,27	5,10	84,36	Bueno
T ₁₁	a ₄ b ₂	20,37	14,33	4,73	84,72	Bueno
T ₁₂	a ₄ b ₃	22,50	12,00	3,74	85,14	Muy bueno
Coef. de correlación		0,51	-0,47	-0,71		
p-valor		0,087ns	0,126ns	0,012*		

Por medio del análisis de correlación de Spearman (ρ) podemos interpretar que no existe relación significativa entre la temperatura (p-valor=0,087) y el puntaje final, como tampoco entre los grados Brix (p-valor=0,126) y el puntaje final. Sin embargo, se encontró que el coeficiente es significativo y existe correlación negativa media entre las variables pH y puntaje final de taza.

En la Tabla 24 se observa la temperatura (°C), grados Brix y pH obtenidos en las interacciones de cada tiempo de fermentación y proceso de fermentación.

Tabla 24. Temperatura, grados Brix y pH por interacción de los factores.

		Factores	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄
Temperatura (°C)	20 h		18,17	17,67	18,43	18,03
	27 h		21,17	20,10	20,63	20,37
	36 h		22,37	20,10	21,27	22,50
Grados Brix	20 h		12,27	13,10	19,03	19,27
	27 h		9,27	10,37	14,00	14,33
	36 h		6,23	7,03	12,03	12,00
pH	20 h		4,67	4,82	5,00	5,10
	27 h		4,10	4,33	4,47	4,73
	36 h		3,46	3,55	3,71	3,74

a₁: Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)
a₂: Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)
a₃: Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)
a₄: Proceso de fermentación cerrado sumergido (PFCSu)

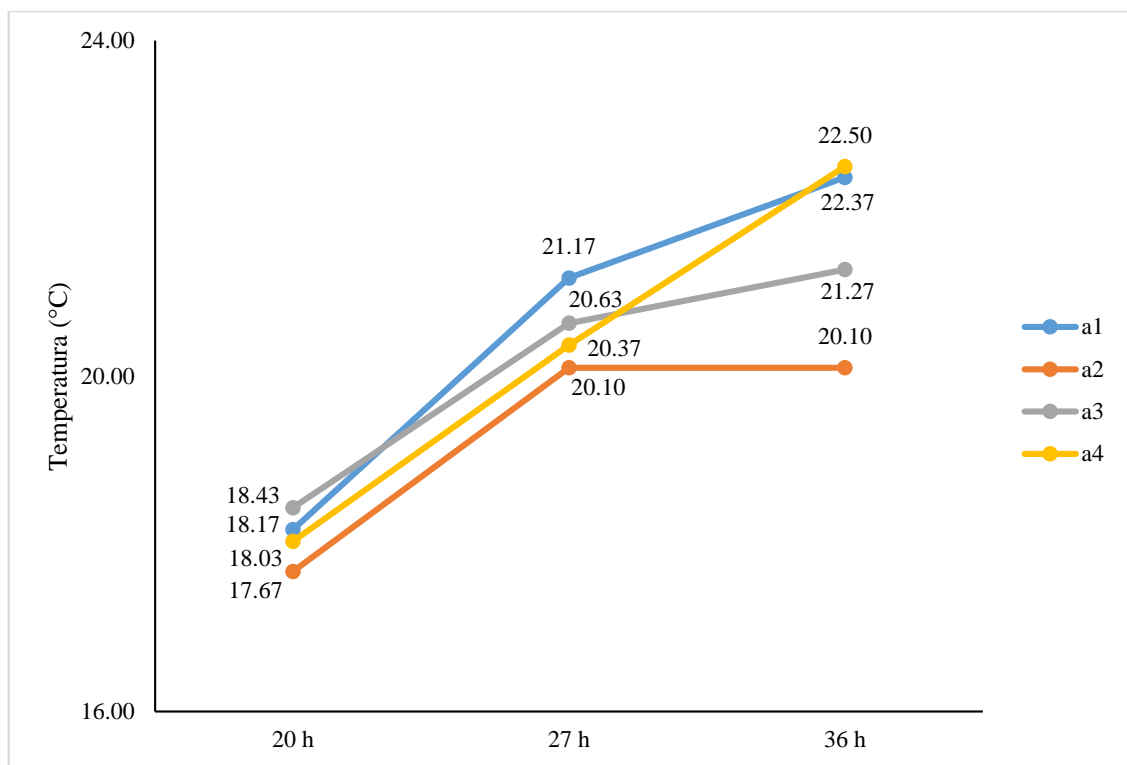


Figura 12. Temperatura (°C) en la interacción del tiempo de fermentación y proceso de fermentación.

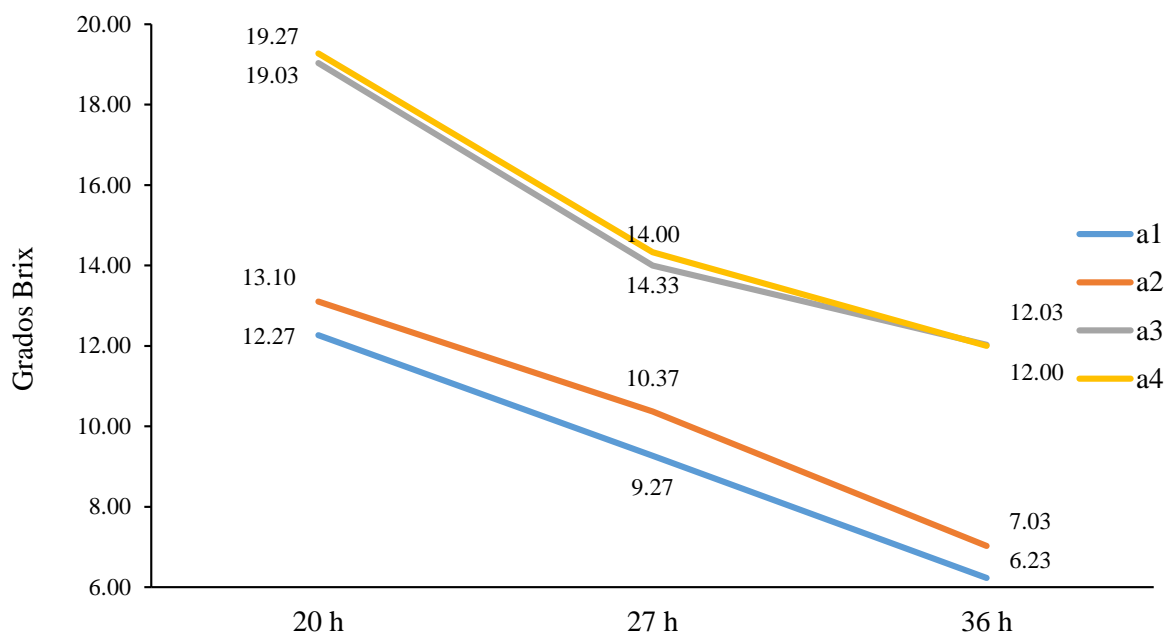


Figura 13. Grados Brix en la interacción del tiempo de fermentación y proceso de fermentación.

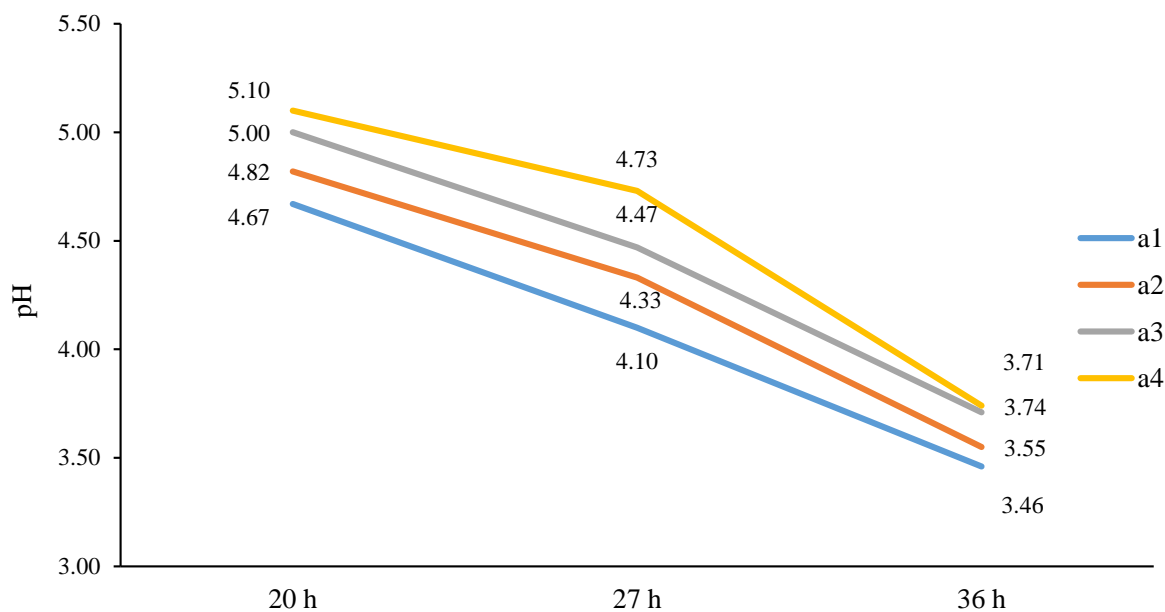


Figura 14. pH en la interacción del tiempo de fermentación y proceso de fermentación.

De acuerdo con lo representado en la Figura 12, la temperatura es mayor a medida que aumenta el tiempo de fermentación. Por otra parte, los valores obtenidos en cuanto a la variable grados Brix (Figura 13) tienden a disminuir a medida que el tiempo de fermentación es mayor. Esta última tendencia se refleja también en el pH (Figura 14),

Respecto a la temperatura (Figura 12), Partida (2018), menciona que existen altos valores de correlación de la variable temperatura con la puntuación final, así como con los atributos de acidez, balance, dulzor y puntaje general, llegando a la conclusión de que las muestras que provienen de fincas cafetaleras con temperaturas más bajas, presentan mayor calificación en los jueces expertos y resulta en una puntuación final mayor. De igual manera, autores como Galtier *et al.* (2013) y Oberthür *et al.* (2011), encontraron relación entre la temperatura, la acidez de la bebida y el consiguiente puntaje final en otras regiones cafetaleras del mundo. Factores como el olor, flavor y regusto, seguido del frutal, también se ven relacionadas con la temperatura de manera significativa, de modo que cuando la temperatura disminuye, las frecuencias de las notas a avellanas ($r=0,58$) decrece, mientras que las que pertenecen al grupo floral ($-0,47$) y a vainilla ($r=0,42$) aumentan (Partida, 2018).

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó que el proceso de fermentación y tiempo de fermentación no influyen significativamente en la calidad física del café de la variedad Caturra dando los mayores valores aritméticos, donde el T₆ (a₂b₃) obtuvo un 83,20 % de café oro/trilla; para café oro de exportación al T₅ (a₂b₂) con 74,81 % de café oro/tamiz n°16 y para café de segunda el T₂ (a₁b₂) con el 79,45 % de grano oro/tamiz n°15. Además, se encontró influencia significativa para la variable pH en el rendimiento de café oro de exportación, mas no así para las variables temperatura y grados Brix.
2. Se determinó que los procesos de fermentación o tiempos de fermentación sí influyen significativamente en la calidad sensorial del café de la variedad Caturra donde el factor (a₄) con el proceso cerrado sumergido obtuvo una puntuación promedio de 84,74 % de los catadores y para el factor (b₃) tiempo de fermentación de 36 horas puntuación promedio de catación del 85,06 % de café en taza respectivamente. No se encontró influencia significativa de las variables temperatura, grados Brix y pH para el puntaje final en taza.
3. Se determinó que la mayor temperatura, pH y grados Brix alcanzados en los procesos de fermentación del café Caturra se registró para el proceso abierto sólido factor (a₁) con 20,57 °C en el factor (b₃) con 21,56 °C a las 36 horas de fermentación; para grados Brix. se reflejan mejor resultado con un proceso cerrado sumergido (a₄) con 15,20 grados Brix en el factor (b₁) con 15,92 grados Brix a las 20 horas de fermentación y para pH los resultados obtenidos en el factor (a₄) con 4,53 en un proceso cerrado sumergido en cuanto al Factor (b₁) con 4,90 a las 20 horas de acides respectivamente.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Realizar trabajos de investigación para determinar el grado de influencia de los distintos procesos de fermentación y tiempo de fermentación en distintas variedades de café y zonas altitudinales.
2. Realizar trabajos de investigación para determinar el grado de influencia de los distintos procesos de fermentación y tiempo de fermentación en distintas variedades de café y tipo de proceso.
3. Realizar trabajos de investigación para determinar el grado de influencia de los distintos procesos de fermentación y tiempo de fermentación con plantas de café que fueron fertilizadas de manera orgánica e inorgánica.
4. Realizar trabajos de investigación para determinar el grado de influencia que tienen distintos tipos de suelo sobre la calidad física de exportación y sensorial del café.

VII. REFERENCIAS

- Amerine, M A. Y Ough C.S. 1976 “Análisis De Vinos Y Mostos” Editorial Acribia, S.A. Zaragoza España Pág. 18.
- Arcos, C., y Riaño, C. (2017). *Efecto de la fermentación aerobia del grano de café orgánico, en el desarrollo de características sensoriales de la bebida en el Municipio de Pitalito* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/13481>
- Caballero, J., Zacarías, A., Ichimura, A. y Ovalle, J. (2016). Relación del tipo de fermentación con la calidad física y de taza del café. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, México*, 9(11), 94-100.
- Caján, E. (2020). *Evaluación de la calidad sensorial del café (Coffea arabica) por su altitud y horas de fermentación en tres pisos ecológicos del distrito de Tabaconas*”. [Tesis de pregrado, Universidad de Ingeniería y Arquitectura]. Repositorio Institucional UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50686>
- Camizán, R. (2020). *Evaluación del tiempo de fermentación de café (Coffea arabica), en relación a la calidad organoléptica* [Tesis de pregrado, Universidad Señor de Sipán]. Repositorio Institucional USS. <https://repositorio.uss.edu.pe/handle/20.500.12802/7349>
- Córdova, N., y Guerrero, J. (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. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v14n2/v14n2a09.pdf>
- Galtier, F., Belletti, G. y Marescotti, A. (2013). Factors constraining building effective and fair geographical indications for coffee: Insights from Dominican case study. *Development Policy Review* 31 (5), 597-615. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/dpr.12027>
- Gonzales, W. (2017). *Influencia de la edad del cafeto (Coffea arabica) var. Catimor y tipo de beneficio en la calidad física y organoléptica en Villa Rica* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1237>
- Guerrero, (2019) Fermentación del Café y Calidad de Taza Según Pisos Altitudinales en la Cuenca Urumba, Tabaconas–San Ignacio. 2019 [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Jaén]. Repositorio Institucional Digital. <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/125>

- Instituto Nacional de Calidad, (2021). Guía de Implementación de la Norma Técnica Peruana NTP 209.027:2018 CAFÉ. Café verde. Requisitos. *Instituto Nacional de Calidad [INACAL]*.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2223203/GIP%20101.pdf.pdf>
- Lee, L., Cheong, M., Curran, P., Yu, B., y Liu, S. (2016). Modulation of coffee aroma via the fermentation of green coffee beans with *Rhizopus oligosporus*: II. Effects of different roast levels. *Food chemistry*, 211, 924-936. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27283713/>
- Meza, M. (2019). *Factores que inciden en las características físicas y organolépticas del café fuera de grado comparada al café especial* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1496>
- Ministerio de Agricultura. 2015. Situación actual del café en el país. *Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI)*. <https://goo.gl/n62dAQ>
- Natividad, K. (2011). *Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes del distrito de Hermilio Valdizán - Leoncio Prado* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/275>
- Oberthür, T., Läderach, P., Posada, H., Fisher, M. J., Samper, L. F., Illera, J., Collet, L., Moreno, E., Alarcón, R., Villegas, A., Usma, H., Perez, C., Jarvis, A. (2011). Regional relationships between inherent coffee quality and growing environment for denomination of origin labels in Nariño and Cauca, Colombia. *Food Policy*, 36, 783–794. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306919211000923>
- Puerta, G. 2016. Calidad física del café de varias regiones de Colombia según altitud, suelos y buenas prácticas de beneficio. *Rev. Canicafé. Colombia*. 67(1): 7-40. <https://www.cenicafe.org/es/publications/1.Calidad.pdf>
- Pantoja, C., Rojas, P., Montaña, L., Tovar, E., Ome, Y., Arcos, C., Ordoñez, C., y Vega, G. (2015). Estudio de algunas variables en el proceso de fermentación de café y su relación con la calidad de taza en el sur de Colombia. *Revista Agroecología Ciencia y Tecnología*, 3(1), 22-27. <https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/6735?show=full>
- Parada, M., Caballero, L., y Rivera, M. (2020). Selección y entrenamiento de jueces en cata de café. *LIMENTECH: Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 18(1), 104 – 124. https://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/ALIMEN/article/view/447

- Partida, J. (2018). *Caracterización y diferenciación de cafés mediante análisis sensorial*. [Tesis de posgrado, Universidad de Santiago de Compostela]. Repositorio Institucional DA USC. <http://hdl.handle.net/10347/17270>
- Peña, N., Barrera, O., y Gutiérrez, N. (2013). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza del café. *Revista Ingeniería y Región*, 10, 111-116. <https://journalusco.edu.co/index.php/iregion/article/view/762/1462>
- Peñuela, A., Guerrero, A. y Sanz, J. (2022). Cromacafé: Herramienta para identificar los estados de madurez de las variedades de café de fruto rojo. *Avances Técnicos CENICAFÉ* 535, 1-8. <https://doi.org/10.38141/10779/0535>
- Puerta, G. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café. *Avances Técnicos CENICAFÉ*, 422, 1-12. <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/327/1/avt0422.pdf>
- Puerta, G., y Echeverry, J. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad. *Avances Técnicos CENICAFÉ*, 454, 1-12. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/558>
- Quispe, A., Calla, K., Yangali, J., Rodríguez, J., Pucamayo, I. (2019). Estadística no paramétrica aplicada a la investigación científica con software SPSS, MINITAB Y EXCEL (Vol. 1). *Colombia*. <https://www.editorialeidec.com/wp-content/uploads/2020/01/Estad%C3%ADstica-no-param%C3%A9trica-aplicada.pdf>
- Romana, J. (2012). Estadística experimental: Herramientas para investigación. *Universidad Privada de Tacna*. <https://tinyurl.com/yck8hwft>
- Salazar, C., y Del Castillo, S. (2018). Fundamentos básicos de estadística. *Quito, Ecuador: Del Castillo Galarza, Raúl Santiago*. <https://isbn.cloud/9789942306166/fundamentos-basicos-de-estadistica/>
- Salazar, L. (2021). *Caracterización química funcional y sensorial de la pulpa seca de dos variedades de Coffea arabica en dos tipos de beneficio* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva]. Repositorio Institucional UNAS. <https://repositorio.unas.edu.pe/handle/20.500.14292/1963>
- Villano, A. (2021). *Producción de café (Coffea arabica): experiencias en el centro poblado San Juan de Ubiriki Chanchamayo – Perene* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4734>
- Velásquez, R. (2019). Guía de variedades de café Guatemala. Segunda edición. *Asociación Nacional del Café (Anacafé)*.

<https://www.anacafe.org/uploads/file/9a4f9434577a433aad6c123d321e25f9/Gu%C3%ADa-de-variedades-Anacaf%C3%A9.pdf>

ANEXO

Tabla 25. Datos obtenidos en humedad (%), peso de cascarilla/trilla y peso de café oro/trilla).

Tratamiento	Proceso de fermentación	Tiempo de fermentación	Humedad (%)	Peso de cascarilla/trilla (g)	Peso de café Oro/trilla (g)
T ₁	a ₁	b ₁	10,60	59,70	290,30
T ₁	a ₁	b ₁	11,00	58,50	291,50
T ₁	a ₁	b ₁	11,20	59,10	290,90
T ₂	a ₁	b ₂	9,90	59,40	290,60
T ₂	a ₁	b ₂	10,80	59,70	290,30
T ₂	a ₁	b ₂	11,30	58,50	291,50
T ₃	a ₁	b ₃	10,00	59,30	290,70
T ₃	a ₁	b ₃	10,10	59,50	290,50
T ₃	a ₁	b ₃	10,20	59,10	290,90
T ₄	a ₂	b ₁	10,90	58,90	291,10
T ₄	a ₂	b ₁	10,00	59,80	290,20
T ₄	a ₂	b ₁	10,30	59,50	290,50
T ₅	a ₂	b ₂	11,20	57,50	292,50
T ₅	a ₂	b ₂	10,60	59,80	290,20
T ₅	a ₂	b ₂	10,10	59,60	290,40
T ₆	a ₂	b ₃	10,80	58,60	291,40
T ₆	a ₂	b ₃	10,60	58,90	291,10
T ₆	a ₂	b ₃	10,30	58,90	291,10
T ₇	a ₃	b ₁	10,30	59,80	290,20
T ₇	a ₃	b ₁	10,70	58,70	291,30
T ₇	a ₃	b ₁	9,60	60,10	289,90
T ₈	a ₃	b ₂	10,80	59,80	290,20
T ₈	a ₃	b ₂	11,10	58,60	291,40
T ₈	a ₃	b ₂	10,60	60,20	289,80
T ₉	a ₃	b ₃	10,00	59,50	290,50
T ₉	a ₃	b ₃	11,00	58,70	291,30
T ₉	a ₃	b ₃	11,10	59,50	290,50
T ₁₀	a ₄	b ₁	10,40	58,60	291,40
T ₁₀	a ₄	b ₁	10,70	58,90	291,10
T ₁₀	a ₄	b ₁	10,10	59,80	290,20
T ₁₁	a ₄	b ₂	11,00	59,80	290,20
T ₁₁	a ₄	b ₂	10,80	59,60	290,40
T ₁₁	a ₄	b ₂	11,20	58,50	291,50
T ₁₂	a ₄	b ₃	10,20	59,10	290,90
T ₁₂	a ₄	b ₃	11,60	58,70	291,30
T ₁₂	a ₄	b ₃	10,10	59,30	290,70

Tabla 26. Datos obtenidos de peso café oro mediante el tamiz n° 16 (café exportable).

Tratamiento	Proceso de fermentación	Tiempo de fermentación	Peso café Oro/Tamiz n° 16 (g)	Peso inicial
T ₁	a ₁	b ₁	256,50	350,00
T ₁	a ₁	b ₁	258,50	350,00
T ₁	a ₁	b ₁	259,80	350,00
T ₂	a ₁	b ₂	258,00	350,00
T ₂	a ₁	b ₂	259,40	350,00
T ₂	a ₁	b ₂	262,80	350,00
T ₃	a ₁	b ₃	257,20	350,00
T ₃	a ₁	b ₃	255,40	350,00
T ₃	a ₁	b ₃	255,40	350,00
T ₄	a ₂	b ₁	255,30	350,00
T ₄	a ₂	b ₁	257,80	350,00
T ₄	a ₂	b ₁	260,20	350,00
T ₅	a ₂	b ₂	260,90	350,00
T ₅	a ₂	b ₂	262,70	350,00
T ₅	a ₂	b ₂	261,90	350,00
T ₆	a ₂	b ₃	259,00	350,00
T ₆	a ₂	b ₃	258,20	350,00
T ₆	a ₂	b ₃	257,40	350,00
T ₇	a ₃	b ₁	260,10	350,00
T ₇	a ₃	b ₁	263,20	350,00
T ₇	a ₃	b ₁	254,10	350,00
T ₈	a ₃	b ₂	257,00	350,00
T ₈	a ₃	b ₂	261,10	350,00
T ₈	a ₃	b ₂	259,00	350,00
T ₉	a ₃	b ₃	258,10	350,00
T ₉	a ₃	b ₃	255,00	350,00
T ₉	a ₃	b ₃	256,90	350,00
T ₁₀	a ₄	b ₁	261,90	350,00
T ₁₀	a ₄	b ₁	262,40	350,00
T ₁₀	a ₄	b ₁	254,00	350,00
T ₁₁	a ₄	b ₂	254,20	350,00
T ₁₁	a ₄	b ₂	262,00	350,00
T ₁₁	a ₄	b ₂	260,20	350,00
T ₁₂	a ₄	b ₃	254,20	350,00
T ₁₂	a ₄	b ₃	255,90	350,00
T ₁₂	a ₄	b ₃	254,90	350,00

Tabla 27. Datos obtenidos de peso café oro mediante tamiz n°15, n° 14 y n° 13 (g).

Tratamiento	Proceso	Tiempo	Peso café Oro/Tamiz n° 15 (g)	Peso café Oro/Tamiz n° 14 (g)	Peso café Oro básico/Tamiz n° 13 (g)
T ₁	a ₁	b ₁	274,30	284,10	288,10
T ₁	a ₁	b ₁	277,00	286,80	289,10
T ₁	a ₁	b ₁	278,90	286,60	287,70
T ₂	a ₁	b ₂	277,10	284,80	288,00
T ₂	a ₁	b ₂	277,20	284,30	287,50
T ₂	a ₁	b ₂	279,90	286,30	289,40
T ₃	a ₁	b ₃	276,60	285,60	288,80
T ₃	a ₁	b ₃	274,90	284,00	288,80
T ₃	a ₁	b ₃	272,90	284,00	288,50
T ₄	a ₂	b ₁	273,30	283,10	288,60
T ₄	a ₂	b ₁	275,70	285,30	289,20
T ₄	a ₂	b ₁	275,60	285,10	288,10
T ₅	a ₂	b ₂	279,00	286,90	289,90
T ₅	a ₂	b ₂	277,30	285,20	289,00
T ₅	a ₂	b ₂	277,00	284,00	288,60
T ₆	a ₂	b ₃	276,50	285,20	289,00
T ₆	a ₂	b ₃	274,40	285,10	288,10
T ₆	a ₂	b ₃	275,60	286,10	290,50
T ₇	a ₃	b ₁	278,20	286,00	289,40
T ₇	a ₃	b ₁	279,20	286,20	289,70
T ₇	a ₃	b ₁	272,10	284,10	288,00
T ₈	a ₃	b ₂	276,00	285,00	289,20
T ₈	a ₃	b ₂	276,20	284,00	287,60
T ₈	a ₃	b ₂	274,30	284,40	288,00
T ₉	a ₃	b ₃	275,60	284,60	288,60
T ₉	a ₃	b ₃	274,20	285,20	289,90
T ₉	a ₃	b ₃	278,10	286,00	289,50
T ₁₀	a ₄	b ₁	277,70	285,10	288,20
T ₁₀	a ₄	b ₁	277,90	285,50	289,30
T ₁₀	a ₄	b ₁	273,00	284,00	287,80
T ₁₁	a ₄	b ₂	273,40	285,20	288,30
T ₁₁	a ₄	b ₂	276,70	285,00	288,20
T ₁₁	a ₄	b ₂	278,60	286,00	289,00
T ₁₂	a ₄	b ₃	275,40	284,90	288,10
T ₁₂	a ₄	b ₃	276,90	285,50	289,90
T ₁₂	a ₄	b ₃	275,20	285,20	288,70

Tabla 28. Análisis de varianza de ($\alpha = 0,05$) la temperatura ($^{\circ}\text{C}$), grados Brix y pH en los diferentes tratamientos.

F.V.	SC	GL	Temperatura		Grados Brix		pH	
			CM	p-valor	CM	p-valor	CM	p-valor
Trat.	179,54	11	16,32 NS	0,1006	48,83 AS	<0,0001	1,01 AS	<0,0001
A	26,80	3	8,93 NS	0,4044	88,77 AS	<0,0001	0,34 AS	<0,0001
B	77,30	2	38,65 NS	0,0239	131,93 AS	<0,0001	5,00 AS	<0,0001
A*B	75,44	6	12,57 NS	0,2462	1,15 AS	<0,0001	0,02 AS	0,0005
Error	211,78	24	8,82		0,02		0,003	
Total	391,32	35						

CV:

15,18

1,09

1,21

A: proceso de fermentación.

S : Existe diferencia estadística significativa

B: tiempos de fermentación.

AS: Existe diferencia estadística altamente significativa

NS: no existe diferencia estadística significativa

Tabla 29. Prueba de DGC ($\alpha = 0,05$) de temperatura, grados Brix y pH en la fermentación de granos de café.

A	B	T ($^{\circ}\text{C}$)	Sig	A	B	Grados Brix	Sig	A	B	pH	Sig
a ₄	b ₃	22,50	a	a ₄	b ₁	19,27	a	a ₄	b ₁	5,10	a
a ₁	b ₃	22,37	a	a ₃	b ₁	19,03	a	a ₃	b ₁	5,00	b
a ₃	b ₃	21,27	a	a ₄	b ₂	14,33	b	a ₂	b ₁	4,82	c
a ₁	b ₂	21,17	a	a ₃	b ₂	14,00	c	a ₄	b ₂	4,73	d
a ₃	b ₂	20,63	a	a ₂	b ₁	13,10	d	a ₁	b ₁	4,67	d
a ₄	b ₂	20,37	a	a ₁	b ₁	12,27	e	a ₃	b ₂	4,47	e
a ₂	b ₃	20,10	a	a ₃	b ₃	12,03	f	a ₂	b ₂	4,33	f
a ₂	b ₂	20,10	a	a ₄	b ₃	12,00	f	a ₁	b ₂	4,10	g
a ₃	b ₁	18,43	a	a ₂	b ₂	10,37	g	a ₄	b ₃	3,74	h
a ₁	b ₁	18,17	a	a ₁	b ₂	9,27	h	a ₃	b ₃	3,71	h
a ₄	b ₁	18,03	a	a ₂	b ₃	7,03	i	a ₂	b ₃	3,55	i
a ₂	b ₁	17,67	a	a ₁	b ₃	6,23	j	a ₁	b ₃	3,46	i

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

a₁ = Proceso de fermentación abierto sólido (PFASo)

b₁ = 20 horas.

a₂ = Proceso de fermentación abierto sumergido (PFASu)

b₂ = 27 horas.

a₃ = Proceso de fermentación cerrado sólido (PFCSo)

b₃ = 36 horas.

a₄ = Proceso de fermentación cerrado sumergido. (PFCSu)

Tabla 30. Puntaje de características organolépticas por tratamiento.

	Tiempo	Repetición	Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza limpia	Dulzura	
Proceso de fermentación abierto sólido	20 h	T ₁	7,75	7,75	7,50	7,75	7,75	10,00	7,50	10,00	10,00	
		T ₁	7,50	7,75	7,75	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	
		T ₁	7,50	7,75	7,50	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	
	Media			7,58	7,75	7,58	7,75	7,75	10,00	7,67	10,00	10,00
	27 h	T ₂	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	
		T ₂	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₂	7,50	7,75	7,50	7,75	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media			7,67	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	36 h	T ₃	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₃	8,00	7,75	8,00	7,75	7,75	8,00	10,00	8,00	10,00	10,00
		T ₃	7,75	7,75	8,00	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media			7,83	7,75	7,92	7,75	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00
Proceso de fermentación abierto sumergido	20 h	T ₄	7,50	7,75	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00	
		T ₄	7,50	7,75	7,75	7,75	8,00	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₄	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media			7,58	7,75	7,75	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	27 h	T ₅	7,75	8,00	7,75	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	
		T ₅	7,75	8,00	8,00	7,75	7,75	10,00	8,00	10,00	10,00	
		T ₅	7,50	7,75	7,75	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media			7,67	7,92	7,83	7,75	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00
	36 h	T ₆	8,00	8,00	7,75	8,00	8,00	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₆	8,00	7,75	8,00	8,00	8,00	8,25	10,00	8,00	10,00	10,00
		T ₆	7,75	7,75	7,75	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media			7,92	7,83	7,83	7,92	8,08	10,00	7,83	10,00	10,00

Proceso de fermentación cerrado sólido	20 h	T ₇	7,75	7,75	7,50	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₇	7,50	7,75	7,50	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₇	7,75	7,75	8,00	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media		7,67	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	27 h	T ₈	7,75	7,75	7,50	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₈	7,50	7,75	7,75	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₈	7,75	8,00	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media		7,67	7,83	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	36 h	T ₉	8,00	8,00	8,00	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₉	8,00	7,75	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₉	8,00	7,75	8,00	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media		8,00	7,83	7,92	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
Proceso de fermentación cerrado sumergido	20 h	T ₁₀	7,75	7,75	8,00	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₁₀	7,50	7,75	7,75	7,75	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₁₀	7,75	7,75	8,00	8,00	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media		7,67	7,75	7,92	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
	27 h	T ₁₁	7,75	7,75	8,00	8,00	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₁₁	7,75	8,00	8,00	7,75	7,75	10,00	8,00	10,00	10,00
		T ₁₁	7,75	7,75	8,00	8,00	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media		7,75	7,83	8,00	7,92	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00
	36 h	T ₁₂	7,75	8,00	8,00	8,00	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
		T ₁₂	7,75	8,00	8,00	7,75	8,00	10,00	8,00	10,00	10,00
		T ₁₂	8,00	7,75	8,00	8,00	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00
	Media		7,83	7,92	8,00	7,92	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00



Figura 15. Visita del asesor de tesis a la parcela de extracción de cerezos de café Caturra.



Figura 16. Cosecha, selección manual y bajo agua de cerezos defectuosos.



Figura 17. Almacenado de cerezos de café y despulpado.



Figura 18. Distribución de muestras para la fermentación aeróbica y anaeróbica en estudio.



Figura 19. Evaluación de grados Brix, temperatura y pH de los tratamientos en estudio.



Figura 20. Preparación de tarima secador solar y distribución de tratamientos en estudio.

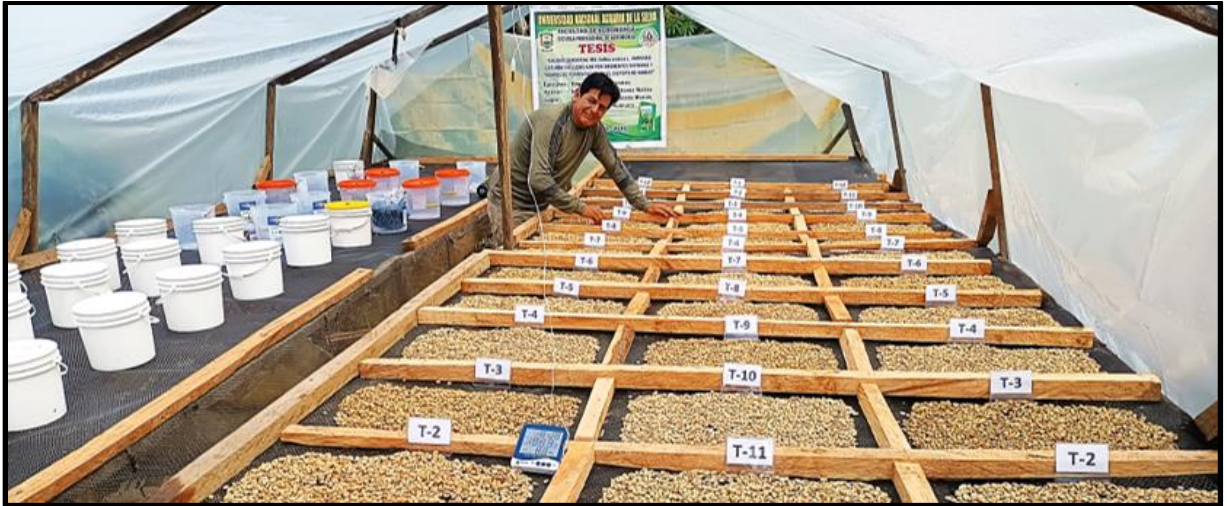


Figura 21. Secado de café pergamino en secador solar.



Figura 22. Evaluación del rendimiento físico del café oro en diferentes tamices.



Figura 23. Proceso de tostado, reposo y molido de las muestras de café para la catación.



Figura 24. Preparación de muestras para el análisis sensorial de café.



Figura 25. Catación sensorial del café por el equipo técnico.



Figura 26. Equipo de especialistas en el análisis sensorial de café-OZTM-DEVIDA.

ANÁLISIS FÍSICO DEL CAFÉ PERGAMINO

FECHA			TIPO DE PROCESO	
IDENTIFICACION DE LA MUESTRA	PRODUCTOR		VARIEDAD	
	UBICACIÓN		CERTIFICACIONES	
	ALTURA		CODIGO DE MUESTRA	

CAFÉ VERDE

PESO DE LA MUESTRA	350 gr.	Peso en oro		gr.	Rendimiento en oro				%			
APARIENCIA GENERAL		Bajo zaranda 15		gr.		%	Tamaño de grano	Z20		gr.		%
COLOR		Defectos		gr.		%		Z19		gr.		%
OLOR		Oro limpio		gr.		%		Z18		gr.		%
HUMEDAD		Rendimiento Neto						Z17		gr.		%
DENSIDAD								Z16		gr.		%
OBSERVACIONES:								Z15		gr.		%
								Z14		gr.		%
							Base		gr.		%	

Figura 27. formato de análisis físico del café



Formato de Catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales

Nombre : _____

Fecha : _____ Mesa : _____ Sesión : _____

Clasificación :			
6.00 - Bueno	7.00 - Muy Bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25
6.5	7.5	8.5	9.5
6.75	7.75	8.75	9.75

Muestra #	Nivel de Tueste	Fragancia / Aroma <small>Puntaje</small>		Sabor <small>Puntaje</small>		Acidez <small>Puntaje</small>		Cuerpo <small>Puntaje</small>		Uniformidad <small>Puntaje</small>		Taza Limpia <small>Puntaje</small>		Puntaje Catador <small>Puntaje</small>		Puntaje Total	
		Seco <small>Puntaje</small>		Calidad <small>Puntaje</small>		Espuma <small>Puntaje</small>		Sabor Residual <small>Puntaje</small>		Intensidad <small>Puntaje</small>		Intensidad <small>Puntaje</small>		Balance <small>Puntaje</small>			Dulzor <small>Puntaje</small>
Notas :															PUNTAJE FINAL		
Muestra #	Nivel de Tueste	Fragancia / Aroma <small>Puntaje</small>		Sabor <small>Puntaje</small>		Acidez <small>Puntaje</small>		Cuerpo <small>Puntaje</small>		Uniformidad <small>Puntaje</small>		Taza Limpia <small>Puntaje</small>		Puntaje Catador <small>Puntaje</small>		Puntaje Total	
		Seco <small>Puntaje</small>		Calidad <small>Puntaje</small>		Espuma <small>Puntaje</small>		Sabor Residual <small>Puntaje</small>		Intensidad <small>Puntaje</small>		Intensidad <small>Puntaje</small>		Balance <small>Puntaje</small>			Dulzor <small>Puntaje</small>
Notas :															PUNTAJE FINAL		
Muestra #	Nivel de Tueste	Fragancia / Aroma <small>Puntaje</small>		Sabor <small>Puntaje</small>		Acidez <small>Puntaje</small>		Cuerpo <small>Puntaje</small>		Uniformidad <small>Puntaje</small>		Taza Limpia <small>Puntaje</small>		Puntaje Catador <small>Puntaje</small>		Puntaje Total	
		Seco <small>Puntaje</small>		Calidad <small>Puntaje</small>		Espuma <small>Puntaje</small>		Sabor Residual <small>Puntaje</small>		Intensidad <small>Puntaje</small>		Intensidad <small>Puntaje</small>		Balance <small>Puntaje</small>			Dulzor <small>Puntaje</small>
Notas :															PUNTAJE FINAL		

Figura 28. Formato de catación de cafés especiales.

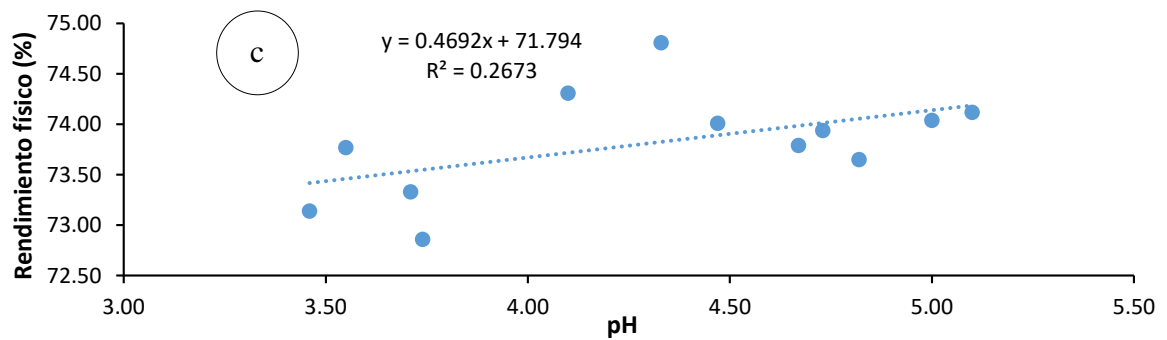
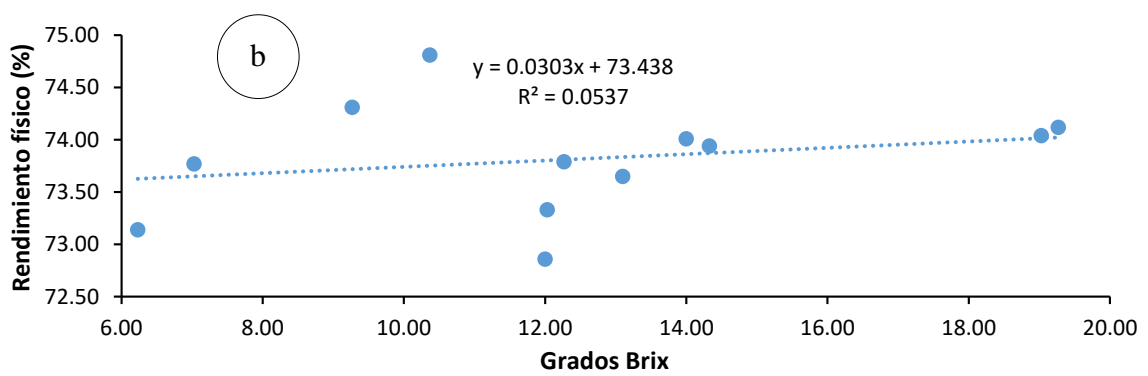
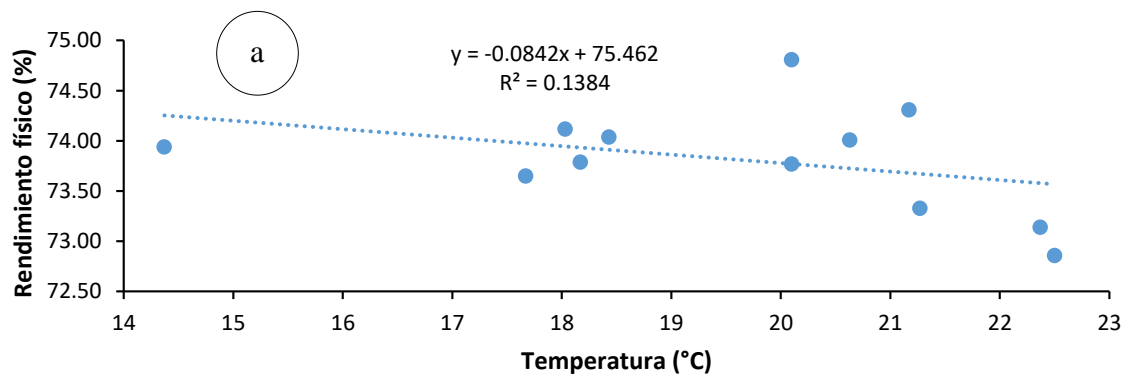


Figura 29. Gráficos de dispersión: a) Temperatura (°C) vs Rendimiento (%), b) Grados Brix vs Rendimiento (%), c) pH vs Rendimiento (%).