

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



**INFLUENCIA DE DOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN EN DIFERENTES
TIEMPOS Y CUATRO MÉTODOS DE SECADO EN LA CALIDAD FÍSICA Y
SENSORIAL DEL *Coffea arábica* (CAFÉ) VARIEDAD CATUAÍ EN EL DISTRITO
DE HERMILO VALDIZÁN – LEONCIO PRADO**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PABLO RIOS PEREZ.

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 018-2024-FA-UNAS

BACHILLER : PABLO RIOS PEREZ

TÍTULO : "INFLUENCIA DE DOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN
EN DIFERENTES TIEMPOS Y CUATRO MÉTODOS DE
SECADO EN LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DEL
Coffea arabica (CAFÉ) VARIEDAD CATUAI EN EL DISTRITO
DE HERMILIO VALDIZAN -LEONCIO PRADO"

JURADO CALIFICADOR

PRESIDENTE : M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
VOCAL : Ing. MANUEL TITO VIERA HUIMAN
VOCAL : Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS

ASESOR : M.Sc. JAIME JOSSEPH CAHVEZ MATIAS

FECHA DE SUSTENTACIÓN : 11/09/2024

HORA DE SUSTENTACIÓN : 09:05 A.M.


LUGAR DE SUSTENTACIÓN : SALA AUDIVISUAL DE LA F.A

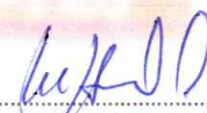
CALIFICATIVO : MUY BUENO

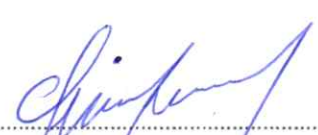
RESULTADO : APROBADO


OBSERVACIONES A LA TESIS : EN HOJA ADJUNTA

TINGO MARÍA, 11 DE SETIEMBRE DEL 2024


M.Sc. JORGE LUIS ADRIAZOLA DEL AGUILA
PRESIDENTE


Ing. MANUEL TITO VIERA HUIMAN
VOCAL


Ing. CARLOS MIGUEL MIRANDA ARMAS
VOCAL


M.Sc. JAIME JOSSEPH CHAVEZ MATIAS
ASESOR



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

CERTIFICADO DE SIMILITUD T.I. N° 220 - 2025 - CS-RIDUNAS

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

CERTIFICA QUE:

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

Programa de Estudio:

Agronomía

Tipo de documento:

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

TÍTULO	AUTOR	PORCENTAJE DE SIMILITUD
INFLUENCIA DE DOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN EN DIFERENTES TIEMPOS Y CUATRO MÉTODOS DE SECADO EN LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DEL Coffea arábica (CAFÉ) VARIEDAD CATUAÍ EN EL DISTRITO DE HERMILIO VALDIZÁN – LEONCIO PRADO	PABLO RIOS PEREZ	12 % Doce

Tingo María, 07 de julio de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
DIRECCIÓN DE GESTIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Dr. Tomas Menacho Malqui
JEFE

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



**“INFLUENCIA DE DOS SISTEMAS DE FERMENTACIÓN EN DIFERENTES
TIEMPOS Y CUATRO MÉTODOS DE SECADO EN LA CALIDAD FÍSICA Y
SENSORIAL DEL *Coffea arábica* (CAFÉ) VARIEDAD CATUAÍ EN EL DISTRITO
DE HERMILIO VALDIZAN – LEONCIO PRADO”**

Autor : Pablo Ríos Pérez.
Asesor : Ing. Jaime Josseph Chávez Matías
Programa de investigación : Agricultura moderna y tradicional
Línea de investigación : Agroecología
Eje temático : Poscosecha de cultivos agroecológicos
Lugar de ejecución : Finca Dorita, Distrito de Hermilio Valdizán.
Duración : Fecha de inicio: Mayo
: Termino: Setiembre
Financiamiento : S/. 5,940.20
FEDU : NO
Propio : SI
Otros : NO

Tingo María – Perú, 2024



**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
OFICINA DE INVESTIGACIÓN**

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA
REGISTRO DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DE TÍTULO**

I. DATOS GENERALES DE PREGRADO

Universidad : Universidad Nacional Agraria de la Selva
Facultad : Facultad de Agronomía
Título de Tesis : Influencia de dos sistemas de fermentación en diferentes tiempos y cuatro métodos de secado en la calidad física y sensorial del *Coffea arábica* (café) variedad catuaí en el Distrito de Hermilio Valdizán – Leoncio prado
Autor : Pablo Ríos Pérez.
Asesor : Ing. Jaime Josseph Chávez Matías
Escuela Profesional : Agronomía
Programa de Investigación : Agricultura moderna y tradicional
Línea (s) de Investigación : Agroecología
Eje temático de investigación : Poscosecha de cultivos agroecológicos
Lugar de Ejecución : Finca Dorita” Distrito de Hermilio Valdizán
Duración del trabajo : 6 meses
Fecha de Inicio : Mayo
Término : Setiembre
Financiamiento : S/. 5,940.20

.....
Pablo Ríos Pérez

Tesista

.....
Ing. Jaime Josseph Chávez Matías

Asesor

DEDICATORIA

A mi familia por su constante apoyo,
comprensión y dedicación en mi
formación profesional y vida.

A mi esposa e hijos, por el amor
incondicional y ser mi motor
de mi vida.

A mis amigos, por el apoyo
durante el transcurso de mi ejecución
y elaboración del trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

- A la Universidad Nacional Agraria de la Selva y en especial, a los docentes de la Facultad de Agronomía por transmitirme sus enseñanzas y experiencia para mi formación profesional como futuro Ingeniero Agrónomo.
- A mi asesor Ing. M. Sc. Jaime 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 los jurados de tesis: presidente Ing. M. Sc. Jorge Luis Adriazola del Águila, y miembros Ing. Carlos M. Miranda Armas e Ing. Manuel Tito Viera Huiman por la orientación y recomendaciones durante la investigación; pero, sobre todo, por las recomendaciones y sugerencias para mejorar el informe final de tesis.
- A los catadores por la evaluación de la calidad de café, Katy Natividad, Juan Carlos Balcázar y Jimmy Saldaña, aportes profesionales recibidos para el trabajo, y por las sabias enseñanzas.
- A todos mis amigos, amigas y profesionales que de una u otra manera apoyaron para hacer realidad el presente trabajo.
- Al caficultor Edwin Espíritu por brindar la disposición del material a evaluar (café), y por compartir sus experiencias en campo.

ÍNDICE GENERAL

	Página.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivo general.....	1
1.2. Objetivos específicos:.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. El cultivo de café	3
2.1.1. El cultivo de café en el Perú.....	3
2.1.2. Clasificación taxonómica	4
2.1.3. Cultivar de café catuaí.....	4
2.1.4. Cosecha y beneficio húmedo.....	5
2.1.4.1. Cosecha.....	5
2.1.4.2. Beneficio por vía húmeda.....	5
2.1.5. Poscosecha	6
2.1.5.1. Fermentación del café.....	6
2.1.5.2. Proceso de secado de café.....	8
2.1.5.3. Análisis físico de café	11
2.1.5.4. Café pergamino seco.....	11
2.1.5.5. Trillado del café pergamino seco.....	12
2.1.5.6. Tostado del café	12
2.1.5.7. Catación del café.....	12
2.1.6. Análisis sensorial del protocolo de puntuación de SCA	12
2.1.6.1. Calidad sensorial del café	13
2.1.6.2. Análisis sensorial (Catación).....	13
2.1.6.3. Atributos del café.....	13
2.1.6.4. Defectos del café.....	13
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	14
3.1. Lugar de ejecución.....	14
3.1.1. Ubicación	14
3.1.2. Ecología.....	14
3.1.3. Fisiografía.....	15
3.2. Materiales y equipos	15
3.2.1. Cosecha de café.....	15
3.2.2. Beneficiado.....	15

3.2.3. Evaluación física de café verde.....	15
3.2.4. Evaluación sensorial de café tostado.....	15
3.2.5. Herramientas de escritorio.....	16
3.3. Metodología.....	16
3.3.1. Diseño estadístico.....	16
3.3.2. Componentes en estudio.....	16
3.3.3. Tratamientos del estudio.....	16
3.3.4. Diseño experimental.....	17
3.3.5. Desarrollo de la investigación.....	18
3.3.5.1. Recolección del grano en cosecha plena.....	18
3.3.5.2. Beneficio húmedo.....	19
3.3.5.3. Almacenamiento.....	20
3.3.5.4. Calidad física del café.....	20
3.3.5.5. Tostado.....	21
3.3.5.6. Catación del café.....	22
3.3.6. Análisis estadístico.....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSION.....	25
4.1. Análisis de la calidad física.....	25
4.1.1. Humedad, peso cascarilla/trilla y peso café verde/trilla.....	25
4.1.2. Rendimiento de café verde/tamiz N° 16.....	28
4.2. Análisis sensorial.....	33
V. CONCLUSION.....	43
VI. PROPUESTAS A FUTURO.....	44
VII. BIBLIOGRAFÍA.....	45
ANEXO.....	49
1. Calificación del café en taza – catador 1.....	50
2. Calificación del café en taza – catador 2.....	51
3. Calificación del café en taza – catador 3.....	52
4. Calificación del café en taza – catador 4.....	53
5. Calificación del café en taza promedio de cuatro catadores.....	54
6. Formato de evaluación de rendimiento físico (PERHUSA).....	55
7. Formato de evaluación de calidad en taza según SCA.....	55
8. Distribución al azar de los tratamientos en estudio (tazas con café para el análisis sensorial).....	56
9. Panel Fotográfico.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla	Pág.
1. Descripción de los tratamientos en estudio.....	17
2. Clasificación según el tamaño del grano en tamices con un tamaño de agujero que va desde 12 hasta 20/64 de pulgada.....	20
3. Escala de calificación para los atributos sensoriales del café según el protocolo de puntuación de SCA.	22
4. Clasificación de acuerdo al puntaje de calificación sensorial, según la Specialty Coffee Association of América (SCAA).	23
5. Modelo del análisis de variancia.	24
6. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) de porcentaje de humedad, peso cascarilla/trilla y peso café verde/trilla.	25
7. Promedio de humedad (%), peso de cascarilla/trilla (g) y café verde/trilla (g).....	26
8. Promedio de porcentaje de humedad, peso de cascarilla y peso de café verde por tratamiento.....	27
9. Análisis de varianza ($\alpha = 0,05$) del rendimiento de café verde/tamiz n° 16.	28
10. Promedio de rendimiento de café verde/tamiz n° 16 por factores.....	29
11. Promedio de rendimiento de café verde/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 verde/tamiz n° 16 por tratamiento.	32
13. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento según catador.	33
14. Puntaje promedio de características organolépticas por interacción de los factores.	34
15. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento.	37
16. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por <i>catador</i>	38
17. Medias y coeficiente de correlación de Spearman (ρ) de la temperatura, grados Brix y pH, con el puntaje final promedio de taza.....	41

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Pag.
1. Ubicación de la “Finca Dorita” donde se realizó la cosecha de los cerezos de café.	14
2. Promedio de diferentes atributos sensoriales para el café procesado bajo el sistema abierto sólido.....	35
3. Promedio de diferentes atributos sensoriales para el café procesado bajo el sistema cerrado sólido.....	36
4. Puntaje en taza – catador 1, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido.	39
5. Puntaje en taza – catador 2, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido.	39
6. Puntaje en taza – catador 3, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido.	40
7. Puntaje en taza – catador 4, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido.	40
8. Cosecha de los cerezos de café en el lugar experimenta.....	57
9. Diagnóstico de los °brix de los cerezos de la parcela cafetalera.....	57
10. Selección de cerezos defectuosos, inmaduros hojas e impurezas para el despulpado.	58
11. Sistemas de Fermentación – (Abierto Solido, Cerrado Solido).....	58
12. Parámetro Humedad Relativa (Hr) y Temperatura (°C) del fermentado de café.	59
13. lavado y selección de restos de pulpa de café.	59
14. Habilidad de tarimas directo al sol.	60
15. Habilidad de tarimas con techo de calamina transparente y secador solar.....	60
16. Secado de café en tarimas con techo de calamina transparente.	61
17. Secado de café en secador Solar.....	61
18. Vista panorámica de la finca cafetalera de la variedad catuaí.....	62

RESUMEN

El estudio se realizó en la Finca Dorita, Hermilio Valdizán, Perú, con el objetivo de evaluar el efecto diferentes sistemas de fermentación, tiempo de fermentación y métodos de secado en la calidad del café Catuaí. La metodología se basó en un diseño experimental empleando estadístico factorial, bajo este diseño se evaluaron veinticuatro tratamientos por expertos catadores. Los resultados indicaron que los sistemas de fermentación, métodos de secado y tiempos de fermentación no afectaron significativamente la humedad, peso de la cascarilla y peso del café de oro. Sin embargo, las horas de fermentación impactó la calidad física de café verde/tamiz N° 16, mientras que los otros factores tuvieron efectos menores. En el análisis sensorial, se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, destacando la importancia de considerar las preferencias individuales. El tostado fue crucial para el aroma y sabor final. Se concluyó que los factores evaluados no afectaron significativamente la calidad física y sensorial del café, destacando la influencia de otros factores no examinados, es así que surge la necesidad de considerar aspectos adicionales en futuras investigaciones para comprender mejor los factores que afectan la calidad del café Catuaí en Hermilio Valdizán, Perú.

Palabras clave: Fermentación, secado, catadores, rendimiento y calidad.

ABSTRACT

The study was conducted at Finca Dorita, Hermilio Valdizán, Peru, with the aim of evaluating the effect of different fermentation systems, fermentation times, and drying methods on the quality of Catuaí coffee. The methodology was based on an experimental design using factorial statistics, under which twenty-four treatments were evaluated by expert tasters. The results indicated that fermentation systems, drying methods, and fermentation times did not significantly affect the moisture, husk weight, and weight of the green coffee. However, the hours of fermentation impacted the physical quality of green coffee/sieve No. 16, while the other factors had lesser effects. In the sensory analysis, significant differences were found between treatments, highlighting the importance of considering individual preferences. Roasting was crucial for the final aroma and flavor. It was concluded that the evaluated factors did not significantly affect the physical and sensory quality of the coffee, emphasizing the influence of other unexamined factors. Therefore, there is a need to consider additional aspects in future research to better understand the factors affecting the quality of Catuaí coffee in Hermilio Valdizán, Peru.

Keywords: Fermentation, drying, tasters, yield, and quality..

I. INTRODUCCIÓN

El café *Coffea arabica* es una de las bebidas más populares y consumidas a nivel mundial, con un mercado cada vez más exigente en términos de calidad y sabor. La variedad Catuaí, reconocida por su perfil sensorial único y su adaptabilidad a diferentes condiciones de cultivo, es ampliamente cultivada en el Distrito de Hermilio Valdizán – Leoncio Prado. La calidad de los granos de café Catuaí está explícita por múltiples componentes, entre ellos, el tiempo de fermentación y secado, que influyen de manera significativa en sus características físicas y sensoriales.

La fermentación es un proceso clave en la producción de café, que afecta la calidad final del producto. La duración y el método de fermentación pueden variar según la región y las prácticas locales. Por otro lado, el secado es fundamental para eliminar la humedad del grano y evitar la formación de sabores indeseables. Existen diversos métodos de secado, como el secado al sol y secado mecánico, entre otros, que pueden influir en la calidad final del café.

El presente estudio tiene como fin evaluar la influencia de dos sistemas de fermentación en diferentes tiempos y cuatro métodos de secado en la calidad física y sensorial del café Catuaí en el Distrito de Hermilio Valdizán – Leoncio Prado, Perú. Se estableció como un estudio experimental, en el que se analizó las variables de calidad físicas, como la morfología de los granos, y las variables sensoriales, mediante técnicas de catación y análisis sensorial. La relevancia de este estudio radicó en la importancia de optimizar los procesos de fermentación y secado para mejorar la calidad del café Catuaí, lo que podría traducirse en un aumento de su valor en el mercado y en una mayor rentabilidad para los productores. Además, contribuye al conocimiento científico en el campo de la producción de café, al proporcionar información actualizada y relevante sobre prácticas de fermentación y secado.

En este contexto, se planteó la siguiente hipótesis: los sistemas de fermentación, tiempos de fermentación y métodos de secado tienen un impacto significativo en la calidad física y sensorial del café Catuaí. Aportando información valiosa para los productores, tostadores y consumidores de café, contribuyendo así al desarrollo sostenible de la industria cafetalera en la región.

1.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de dos sistemas de fermentación, tiempos de fermentación y métodos de secado en la calidad física y sensorial del café variedad Catuaí.

1.2. Objetivos específicos:

- Determinar qué sistema de fermentación, tiempo de fermentación y método de secado influyen significativamente en la calidad física del café Catuaí.
- Evaluar la calidad sensorial del café Catuaí influenciada por los sistemas de fermentación, tiempo de fermentación y método de secado.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. El cultivo de café

2.1.1. El cultivo de café en el Perú

Según Marcelo et al. (2018), Perú tiene un gran potencial para convertirse en uno de los principales productores de café del mundo, gracias a sus condiciones climáticas y geográficas favorables. La calidad de sus productos orgánicos también les confiere un alto valor de marca a nivel global. En este contexto, se presenta un plan estratégico que analiza los factores internos y externos que impactan el sector cafetalero, con el objetivo de posicionar a Perú entre los seis mayores productores de café de alta calidad para 2028. Este plan busca aumentar la empleabilidad y la productividad por hectárea, beneficiando a los productores y sus familias, así como al país en general. Sin embargo, problemas como la informalidad, la desorganización y la falta de tecnificación han impedido su desarrollo.

Egas et al. (2018) señalan que en los últimos años Perú ha experimentado cambios económicos y sociales que han atraído inversiones privadas, aumentando el capital disponible y el gasto público. El crecimiento de la clase media, especialmente en Lima, ha incrementado la demanda de bienes y servicios, incluyendo café. El consumo ha evolucionado de productos solubles a café molido y en grano de mayor calidad. Sin embargo, a pesar de la creciente demanda mundial, las ventas y exportaciones peruanas de café no han crecido al mismo ritmo. La industria enfrenta desafíos como la escasez de mano de obra y la baja sostenibilidad de la oferta. Para abordar estos problemas, se propone un plan estratégico que busca reevaluar la industria del café, generando 720,000 empleos, alcanzando ventas anuales de US\$2,000 millones y una rentabilidad del 38%. Las estrategias incluyen posicionar el café peruano en el mercado internacional, penetrar nuevos mercados, invertir en investigación y desarrollo, y certificar la producción como orgánica (Egas et al., 2018).

El Ministerio de Agricultura y Riego (2018), propone el Plan Nacional de Acción del Café Peruano (PNA-Café) se enmarca en las prioridades de la política gubernamental, fomentando la competitividad y el crecimiento económico sostenible. Está alineado con los objetivos del MINAGRI, que buscan promover la asociatividad de los productores, incrementar la productividad y ampliar su acceso al mercado nacional e internacional. Además, el PNA-Café se coordina con otras políticas nacionales, lo que permite una intervención integral para abordar los problemas del sector cafetalero. El diseño del plan

involucró un proceso participativo multisectorial, con la contribución de actores de la sociedad civil, empresas privadas, gobiernos regionales y organizaciones internacionales. Este proceso permitió construir una visión compartida para el 2030, en la que Perú se convierta en un productor y exportador de café de calidad, bajo un enfoque de sostenibilidad económica, social y ambiental. El MINAGRI, a través del Consejo Nacional del Café, liderará la implementación de este plan, con el objetivo de mejorar los medios de vida de más de 200 mil familias cafetaleras en Perú.

2.1.2. Clasificación taxonómica

De acuerdo al Integrated Taxonomic Information System (ITIS, 2019), el cultivo de café presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	:	Plantae.
Superdivisión	:	Embryophyta.
División	:	Tracheophyta.
Clase	:	Magnoliopsida.
Orden	:	Gentianales.
Familia	:	Rubiaceae.
Género	:	Coffea L.
Especie	:	C. arabica L.

2.1.3. Cultivar de café catuai

Según Steiger et al. (2002), la mayoría de las variedades de *Coffea arabica* L. en el mundo son genéticamente similares, aunque morfológicamente presentan diferencias notables y sus frutos varían en calidad antes y después de la cosecha. En Perú, las variedades cultivadas son Typica (70%), Caturra (20%) y otras (10%), con el 90% de los cafetos creciendo a la sombra, a una densidad promedio de 2,000 plantas por hectárea. La variedad ‘catuai’, un cruce entre ‘Caturra’ y ‘Mundo Novo’ en Brasil, es conocida por su porte bajo, crecimiento rápido y alta producción. Se caracteriza por un tallo principal grueso y ramas laterales prolíficas, lo que le confiere una gran capacidad productiva y un rendimiento de grano bueno. Además, presenta un elevado vigor vegetativo, buena adaptabilidad a diferentes ambientes y un excelente comportamiento en zonas de altura. Sin embargo, su maduración tardía y la susceptibilidad a la enfermedad *Hemileia vastatrix* son desventajas a considerar (Ramírez, 2009; Santacreo et al., 2004).

2.1.4. Cosecha y beneficio húmedo

2.1.4.1. Cosecha

La cosecha de café marca el inicio del procesamiento poscosecha, siendo crucial para obtener granos de calidad. La maduración desigual de los frutos requiere una cuidadosa selección para garantizar un nivel óptimo de madurez. Este momento se identifica por una predominancia de frutos maduros, minimizando los inmaduros. Tras la cosecha, el procesamiento rápido es esencial para evitar la fermentación o el moho. Los métodos de procesamiento, ya sea en seco o húmedo, implican la eliminación de capas externas y la reducción del contenido de humedad hasta un nivel óptimo para el almacenamiento (Melo et al., 2018).

La cosecha implica la recolección cuidadosa de los granos maduros de cafeto, llevada a cabo por cosecheros que utilizan recipientes colgados del cuello o la cintura. Posteriormente, los granos se almacenan en sacos de polietileno antes de ser despulpados (Puerta et al., 2015).

2.1.4.2. Beneficio por vía húmeda

Según Gonzales (2017), indica que el café es producto de exportación de la Amazonía. El estudio realizado en Villa Rica (Oxapampa, Pasco, Perú) evaluó la influencia de las edades de plantas de café y el tipo de beneficio de poscosecha en la calidad del café var. Catimor. Se analizaron tres tipos de beneficio honey y natural, en cafetos con edades de 14, 6 y 2.5 años. Los resultados indicaron que la edad del cafeto no tiene un impacto significativo en la humedad, granulometría, rendimiento exportable, cascarilla, defectos y descarte del café pergamino y frutos secos. Sin embargo, el tipo de beneficio sí influye en estos factores. Además, ni la edad del cafeto ni el tipo de beneficio afectan los perfiles organolépticos del café Catimor, que fue evaluado como café de especialidad con puntuaciones de calidad de taza entre 81.28 y 83.20 puntos, según la Specialty Coffee Association of America (SCAA).

Según Vilca (2014), el sistema de procesamiento del café requiere un tratamiento rápido para evitar que los intensos procesos químicos en las cerezas y su parte viscosa deterioren la calidad del producto. Es crucial cosechar los granos completamente maduros y despulparlos el mismo día, ya que, después de 24 horas, el mucílago comienza a oxidarse y puede manchar el pergamino. Las semillas frescas despulpadas están

cubiertas por una capa de mucílago que debe eliminarse mediante fermentación antes de secarse. Este proceso de descomposición, que dura entre 12 y 20 horas según la temperatura y otros factores, se lleva a cabo sumergiendo las semillas en agua. Luego, se lavan varias veces para retirar el mucílago y se clasifican los granos en café tipo exportación, café corriente y pasilla. Después del lavado, los granos tienen un contenido de humedad del 52 al 55%, que se reduce al 10-12% durante el secado, que puede ser natural o mecánico. Finalmente, se almacenan como café pergamino o café verde, tras el proceso de trilla que elimina el pergamino.

Natividad (2012) señala que el café cultivado en el distrito de Hermilio Valdizán presenta variaciones en su perfil organoléptico según la altitud. A 1596 m.s.n.m. tenía un perfil a chocolate y albaricoque con toques de miel, mientras que el de 1279 msnm presentaba notas de chocolate y durazno, y el de 1010 m.s.n.m. exhibía un perfil cítrico con características achocolatado y vainilla. El promedio, los tres niveles de altitud obtuvieron una calificación de 90,5 puntos sobre 100, lo que clasifica este café como excepcional.

2.1.5. Poscosecha

2.1.5.1. Fermentación del café

a. **Fermentación aeróbica**, el impacto de los procesos tradicionales de fermentación en la calidad sensorial de las variedades de café Caturra y Castillo cultivadas en siete municipios del departamento de Nariño, clasificados en dos clústeres agroclimáticos (A: ≤ 1650 m y B: 1651–2100 m.s.n.m.). Se monitorizaron variables como temperatura, pH, concentración de ácido láctico y glucosa cada tres horas durante el proceso de fermentación. El tiempo promedio de fermentación fue de $18,75 \pm 3,2$ horas para Caturra y $18,94 \pm 3,4$ horas para Castillo, y se evaluó la calidad sensorial de las muestras al final del proceso. (Cordova & Guerrero, 2016).

Puerta (2015), investigador del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé), estudió cómo la fermentación del café puede generar bebidas con aromas y sabores únicos, como dulces, cítricos, frutales y tostados, aunque también puede dar lugar a defectos y sabores desagradables como vinagre, agrio, podrido y terroso. Las variaciones en la calidad se atribuyen a las condiciones de higiene y al control de factores como clasificación, temperatura y tiempo. Con café del mismo origen, finca y variedad, se pueden obtener diferentes cafés de calidad al variar estos parámetros. Para mejorar la calidad del café, es crucial adoptar cambios en las tecnologías actuales de fermentación, lavado y secado en las fincas.

El tiempo óptimo de fermentación fue de 16 horas, lo que resultó en una calificación de 83.78 ± 1.68 en la escala de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA). En conclusión, la variedad Borbón cultivada a 1688 msnm mostró mejores características sensoriales con este tiempo de fermentación en comparación con los 12 y 14 horas utilizados (Vilca, 2014).

En Puno, Vilca (2014) evaluó cómo los parámetros de fermentación afectan la calidad sensorial del café de valle de Inambari – Sandía. Los resultados mostraron que la variedad Borbón tiene mejores características en fragancia/aroma, sabor, sabor residual, acidez, balance y puntaje de cata en comparación con la variedad Caturra. Además, la altitud de 1688 m.s.n.m. destacó en todos los atributos en comparación con los 1524 m.s.n.m, y un tiempo de fermentación de 16 horas se mostró superior en la evaluación sensorial frente a los tiempos de 12 y 14 horas.

En particular, la velocidad y los compuestos formados en la fermentación del café dependen de la calidad del sustrato, madurez y sanidad del fruto que influyen en la composición química y microbiológica de los granos despulpados; de factores ambientales como la temperatura externa y la higiene de las instalaciones, ambientes y equipos; del tiempo, y del sistema mismo de fermentación (Puerta, 2012).

En Tingo María, Natividad (2012) analizó cómo el tiempo de fermentación afecta la calidad organoléptica del café a diferentes altitudes en el distrito de Hermilio Valdizán. Los resultados mostraron un porcentaje de granos manchados del 27.78% en altitudes bajas, 19.44% en altitudes medias, y 11.11% en altitudes altas, atribuido a la fermentación prolongada. Además, se observó un olor a fermento en el 16.67% de los granos a baja altitud, 13.89% a media altitud, y 11.11% a alta altitud. La humedad del pergamino no superó el 10.82% en ninguno de los niveles de altitud, y el 95% de los granos de café verde oro fue retenido en malla 15 hacia arriba, con defectos menores al 2.52% y rendimientos entre 74.42% y 74.73%. En la evaluación organoléptica, los puntajes obtenidos fueron 90.72, 90.17 y 90.67 puntos para las altitudes de 1010, 1279 y 1596 m.s.n.m. respectivamente, y el tiempo óptimo de fermentación fue de 15 horas a 1010 m.s.n.m., 18 horas a 1279 m.s.n.m., y 20 horas a 1596 m.s.n.m.

La baja calidad del café en la zona de San Ignacio se debe al cambio climático, lo que ha llevado a los productores a cultivar variedades más resistentes a plagas y enfermedades, aunque con atributos sensoriales inferiores. La investigación tuvo como

objetivo determinar el tiempo óptimo de fermentación del café (*Coffea arabica* L.) para mejorar su calidad organoléptica. Este tiempo se definió mediante un análisis sensorial realizado por un catador calificado de la Asociación Bosques Verdes. Los granos seleccionados se tostaron a 215 °C, alcanzando un color de tostado de ligero a ligero medio según la carta de color AGTRON/SCAA (grano: 58 a 63 +/-1; molido: 55 a 65 +/-1), con un tostado que duró entre 8 y 12 minutos. Las muestras reposaron al menos 8 horas en bolsas herméticas en un lugar oscuro, seco y fresco antes de la cata. Se utilizaron 8.25 g de café por cada 150 ml de agua, molido a un grado medio, y el agua fue limpia y sin olores, calentada a 93 °C, siguiendo el formato SCAA (Camizán, 2020).

La fermentación natural, es un proceso en el que el mucílago se descompone dentro de pozas de fermentación, las cuales deben estar protegidas de la intemperie para asegurar un proceso óptimo. Una fermentación excesivamente prolongada puede resultar en un sabor fuerte que reduce la calidad del café en taza. Natividad (2008) concluye que es importante controlar el tiempo de fermentación, aunque aclara que no existe una recomendación precisa sobre la duración ideal de este proceso.

b. Fermentación anaeróbica, El sistema de fermentación cerrado, donde predominan levaduras y bacterias de la familia Enterobacteriaceae, se utiliza para degradar compuestos en el café (Puerta & Echeverry, 2015). Según Alomia et al. (2022), se identifican tres grupos según el tiempo de fermentación anaeróbica, siendo 72 y 48 horas los que obtienen los puntajes más altos y no presentan diferencias estadísticas significativas. El tratamiento de 72 horas alcanza el puntaje máximo de calidad de 85,08 en una escala de 0 a 100, seguido por el de 48 horas, mientras que el tratamiento de 24 horas se ubica en tercer lugar. El testigo, con 0 horas de fermentación, obtiene el puntaje más bajo, evidenciando que la calidad del café mejora con el aumento del tiempo de fermentación.

2.1.5.2. Proceso de secado de café

Según Besora (2015), el secado es uno de los procesos más importantes en la producción de café, ya que la humedad afecta significativamente el almacenamiento de los granos. Un exceso de humedad puede permitir que microorganismos dañen y deterioren el grano. Un secado rápido tras la recolección previene el crecimiento de hongos y la producción de ocratoxina A, reduciendo la humedad del 55% al 12%. Un secado adecuado mejora la calidad del café, influenciando la apariencia, uniformidad de color, peso y sabor. El proceso de secado se clasifica en varias fases: a) Oreado, que elimina la humedad

superficial y reduce el contenido al 48%; b) Presecado, que evapora el agua entre el pergamino y el grano, alcanzando el 32%; y c) Secado, que elimina el agua ligada al grano, llegando a un 12.5%. Esta última fase depende del movimiento de humedad dentro del grano y no de las condiciones externas. Es crucial controlar la temperatura durante el secado, ya que temperaturas excesivas pueden causar daños irreversibles, como el "springer", que se manifiesta con un punto negro en el embrión y un color grisáceo en el grano. Se deben evitar temperaturas superiores a 65 °C en las fases de oreado y presecado, y más de 60 °C en el secado. Además, es fundamental remover los granos durante el proceso para lograr un secado uniforme, considerando también factores como la contaminación y el ataque de plagas

Giraldo et al. (2017) destacan que el proceso de secado en las fincas es crítico en el beneficio del café por varias razones. A menudo, no se considera el espesor de las capas de café, lo que lleva a amontonar el grano en capas gruesas, provocando mohos y malos olores. Además, los lugares de secado suelen ser inadecuados, ya que no están protegidos de contaminantes ni de la lluvia, lo que afecta la calidad del grano. También, la disposición de los sitios de secado no evita daños mecánicos en los granos, y muchas fincas carecen de herramientas para medir la humedad del café.

El secado es crucial para el beneficiado del café y la calidad del producto final. Un estudio realizado en la Finca Santa Rosa en Chalatenango, El Salvador, evaluó el efecto del secado en las características físico-químicas y sensoriales del café verde y tostado, así como los costos variables asociados. Se usaron dos tipos de exposición a la luz (sol y sombra) y dos superficies de secado (cama africana y patio), con tres repeticiones, sumando un total de 12 unidades experimentales. El secado bajo sombra tomó 29 días, el doble de tiempo en comparación con los tratamientos al sol, debido a una temperatura de superficie más baja (45 °C) y una reducción más rápida de la humedad. No se encontraron diferencias en las características físico-químicas ni en la evaluación sensorial entre panelistas nacionales e internacionales, aunque los panelistas internacionales otorgaron puntuaciones más altas en promedio (Lara, 2016).

Según Mejía (2022), evaluó diferentes variantes de un secador solar tipo invernadero para el secado del café arábica, comparándolos con el método tradicional en piso de cemento. Los tiempos de secado fueron significativamente reducidos en los secadores solares, variando entre aproximadamente tres y cinco días, mientras que el método tradicional llevó más de nueve días. La calidad fisicoquímica del café pergamino seco fue

óptima, con niveles de humedad, acidez y pH dentro de rangos aceptables. La evaluación sensorial según la normativa de la SCAA mostró que el mejor tratamiento fue el del secador tipo invernadero con extractor más calefactores, seguido por el secador con extractor, ambos clasificados como "especialidad" con puntuaciones altas. Además, los resultados microbiológicos fueron favorables, sin presencia de microorganismos que pudieran afectar la calidad sensorial del café.

Para un secado adecuado, los granos de café deben distribuirse en capas delgadas de 3 a 5 cm y ser removidos de tres a cuatro veces al día para aligerar y uniformar el proceso. La duración del secado al sol varía según las condiciones climáticas, el grosor de la capa de café y la frecuencia de movimiento de los granos. En general, el café pergamino necesita entre 40 y 50 horas de exposición al sol para secarse correctamente (Alarcón, 2016).

Puerta (2015) señala que para secar los granos de café es esencial contar con ambientes limpios, sin humo, olores, animales ni material particulado. Los secadores mecánicos deben tener intercambiadores para prevenir la combustión directa y la contaminación del café. Se sugiere secar el café en lotes separados. Al secar al sol, el grano debe extenderse en capas de 2 a 3 cm, utilizando de 15 a 20 kg de café pergamino húmedo por metro cuadrado. En secadores mecánicos estáticos, se debe llenar en capas delgadas y mantener temperaturas del aire entre 47 y 50 °C, además de intercambiar el flujo de aire varias veces durante el proceso de secado.

Después de lavar los granos de café en pergamino, se procede a su secado esparciéndolos en el piso del secador con un grosor de aproximadamente 2,5 cm, removiéndolos entre 4 y 6 veces al día. Dependiendo del brillo solar, el secado se completa en aproximadamente 6 días, reduciendo la humedad de los granos a un 11 - 12%. Este nivel de humedad permite almacenar los granos sin riesgo de ataques de hongos, especialmente en ambientes donde la actividad de agua es inferior a 0,68, lo que previene la formación de mohos. Para el secado, se pueden utilizar métodos naturales, como cabinas solares, bandejas o bastidores, y eras, o métodos artificiales (Natividad, 2007).

La Torre (2003) señala que el secado de los granos de café cerca de una cocina o en carreteras puede hacer que absorban olores indeseados. Tras el lavado, es esencial secar el café hasta alcanzar un contenido de humedad del 10 al 12% para garantizar un almacenamiento seguro y evitar la proliferación de microorganismos, así como la adquisición de malos olores y sabores (Duicela y Sotomayor, 1993). El secado al sol se realiza en tarimas,

parihuelas de madera, secadoras solares, lozas de cemento y mantas negras (Fischersworrning y Robkamp, 2001), y se obtiene una mejor calidad si los granos no se rehumedecen durante este proceso, por lo que es recomendable cubrir el café con lonas en caso de lluvia.

Secado solar, En el secado al sol, los granos de café se exponen directamente a la radiación solar y al aire hasta alcanzar la humedad deseada, aprovechando la energía solar y la temperatura ambiente. Este método, que dura de 7 a 8 días según las condiciones climáticas, es el más utilizado en países en desarrollo y es económico debido a que el calor del sol es gratuito (Fonseca et al., 2003). Las instalaciones para este tipo de secado pueden incluir terrazas de concreto, tablas de madera, terrazas móviles y lonas de plástico; los pisos de concreto ofrecen mejores resultados en el secado y presentan mejores condiciones de higiene (Rodríguez et al., 2012).

Se han desarrollado diferentes secadores solares para maximizar el aprovechamiento de la energía solar, utilizando la radiación solar para calentar el aire y deshidratar el producto en una cámara de secado. La energía solar puede utilizarse de forma indirecta, donde el aire se calienta en un colector sin que la radiación incida en el producto; de forma directa, donde la cámara de secado actúa como colector; o de forma mixta, combinando ambos métodos. Entre los tipos de secadoras destacan las marquesinas, los secadores parabólicos y los secadores de túnel o paseras solares (Cruz et al., 2010).

2.1.5.3. Análisis físico de café

La calidad física del café se refiere a la proporción de granos sanos, libres de defectos, que cumplen con los estándares para exportación. Se determina mediante un examen visual que evalúa los defectos del café pergamino seco y su apariencia general. Los aspectos clave incluyen el porcentaje de humedad, que debe estar entre 10-12%, y el porcentaje de almendra sana, es decir, la cantidad de granos sin defectos en una muestra específica. El precio del café depende de su calidad, y en Perú, el promedio de almendra sana es del 75%, mientras que el 25% restante corresponde a cisco y subproductos (SCAA, 2013).

2.1.5.4. Café pergamino seco

La Organización de las Naciones Unidas (FAO, 2006) advierte que, cuando la humedad del café pergamino supera el 13%, existe el riesgo de que los granos se blanqueen y desarrollen hongos que pueden producir Ocratoxina "A" (OTA). Mantener la humedad por debajo del 12,5% previene la proliferación de los hongos *Aspergillus ochrac*

geus y *Penicillium viridicatum*, principales productores de OTA. Según USAID (2005), el café pergamino seco, obtenido del proceso de secado en el beneficio húmedo, tiene un color amarillo claro, es limpio y posee un agradable aroma a trigo. Además, la cascarilla del café representa el 20% del peso del grano seco, con una humedad de 12%. Puerta (2011) señala que, tras la fermentación, los granos son lavados con agua limpia para eliminar los residuos del mucílago adheridos al pergamino.

2.1.5.5. Trillado del café pergamino seco

El café pergamino seco, pasa por un proceso de trilla para separar el pergamino del café verde, utilizando equipos especializados, lo que permite determinar el rendimiento preliminar y la cantidad necesaria de café pergamino para exportación (USAID, 2005). Natividad (2008) destaca que una fermentación prolongada puede generar un sabor fuerte en el grano, reduciendo su calidad en taza, y resalta la importancia de controlar el tiempo de fermentación.

2.1.5.6. Tostado del café

Según USAID (2005), el tostado del café verde implica aplicar calor para convertir almidones en azúcares y lograr la caramelización mediante la deshidratación. ICAFÉ (2006) añade que durante este proceso se desarrollan el aroma y el sabor del café, destacando que los tuestes claros producen bebidas suaves con un aroma y cuerpo ligeros, además de una alta acidez.

2.1.5.7. Catación del café

Según USAID (2005), la catación es una prueba de calidad que sirve tanto para el comprador o consumidor como para proporcionar retroalimentación al productor. Durante la cata, se identifican las características individuales de cada café, y el catador evalúa la consistencia y la similitud entre las muestras.

2.1.6. Análisis sensorial del protocolo de puntuación de SCA

USAID (2005), menciona que se utiliza este formato para todas las evaluaciones de la bebida del café; y se califica en un rango de seis a diez puntos, adicionalmente se restan dos puntos por taza (utilizando cinco tazas) para taza limpia, dulzura y uniformidad; cada laboratorio puede utilizar un formato propio, evaluando once aspectos:

Aroma, fragancia, sabor, cuerpo, posgusto, acidez, balance, dulzura, apreciación general, uniformidad y taza limpia.

2.1.6.1. Calidad sensorial del café

La calidad sensorial del café se refiere al análisis de las propiedades que impactan los sentidos del olfato y el gusto, generando sensaciones que permiten juzgar si el café es aceptable o no. La catación es el procedimiento utilizado para evaluar el aroma y las características de sabor de una muestra de café.

2.1.6.2. Análisis sensorial (Catación)

La metodología implica preparar café siguiendo una serie de pasos que permiten su degustación, con el objetivo de identificar defectos y fallas, así como atributos y sabores agradables, evaluando también su intensidad. Esto ayuda a determinar la calidad del café como buena, mala, regular o promedio, y a comunicar los resultados obtenidos para implementar acciones correctivas en el proceso productivo en la finca.

2.1.6.3. Atributos del café

La evaluación del café en cata incluye varios aspectos clave: la fragancia, que es el olor del café molido en seco, y el aroma, percibido al mezclar el café con agua caliente. El sabor combina estas impresiones y su persistencia en el paladar define el sabor residual. La acidez, que puede ser "brillante" o "agria", y el cuerpo, que es la sensación de pesadez en la boca, también son importantes. El equilibrio entre estos elementos, junto con la dulzura, la limpieza de la taza (ausencia de defectos) y la uniformidad en el sabor de las muestras, determinan la calidad general del café (SCAA, 2013).

2.1.6.4. Defectos del café

Los granos de café que presentan defectos como coloración negra, decoloración, malformaciones, aplastamiento, inmadurez, mordeduras, picaduras de insectos, fermentación o manchas, entre otros, se consideran de menor calidad. Estos defectos se pueden medir en porcentaje o cantidad. Existen dos tipos de defectos: los primarios, que afectan significativamente la calidad de la bebida al distorsionar las características organolépticas, y los secundarios, que también influyen en estas características, pero de manera menos pronunciada (Morales, 2014).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

3.1.1. Ubicación

El estudio se llevó a cabo durante los meses de mayo a setiembre del 2021 en la "Finca Dorita", propiedad del señor Edwin Espíritu Ramírez, situada en el caserío José María Ugarteche, dentro del distrito de Hermilio Valdizán, provincia de Huánuco, región Huánuco. Las coordenadas UTM de la ubicación son 407608 m E de longitud este y 8984204 m S de latitud norte, a una altitud de 1348 m.s.n.m.



Figura 1. Ubicación de la "Finca Dorita" donde se realizó la cosecha de los cerezos de café.

3.1.2. Ecología

Según Holdridge (1986), el distrito de Hermilio Valdizán se clasifica ecológicamente como una zona de bosque muy húmedo premontano tropical, con un clima tropical de selva alta. De acuerdo al Servicio Nacional de Meteorología del Perú (SENAMHI, 2021), la temperatura promedio varía entre 15 °C y 31 °C. Este clima, caracterizado por ser un sitio con lluvias intensas en promedio anual de 3 890 mm.

3.1.3. Fisiografía

La zona del distrito está compuesta en un 85% por una cadena de colinas. Aproximadamente el 25% del territorio es altamente susceptible a la erosión y está cubierto por vegetación arbórea natural. Los suelos son pobres y con pendientes pronunciadas, lo que los hace inadecuados para la agricultura intensiva. Sin embargo, son aptos para cultivos permanentes como frutales, té, café, pastizales y actividades forestales, que se adaptan a suelos con pH bajo (Proyecto Especial Alto Huallaga, 2002).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Cosecha de café

Para la cosecha de los cerezos de café se utilizaron materiales como: una canasta cosechera de 10 kg, 10 sacos de polipropileno (50kg) y una balanza de 50 kg.

3.2.2. Beneficiado

Esta actividad esta referido al despulpado de cerezos de café y para ello se utilizó una despulpadora manual de café, timbos de 100 litros para la fermentación, parihuela con tarimas, secador solar, secador con tarimas de techo calamina transparente, secador en terraza, sacos de yute, medidor de pH, termómetro, codificadores de muestras, brixómetro, termihigrómetro, determinador de humedad de granos, formatos, lapiceros y frascos de vidrio

3.2.3. Evaluación física de café verde

En la evaluación de café verde, se empleó Balanza de precisión, Tamices con perforaciones redondas, Trilladora, Determinador de humedad de granos, Bolsas de polipropileno, Lapicero indeleble, Codificadores de muestras y Formatos

3.2.4. Evaluación sensorial de café tostado

En la evaluación sensorial del café te tuvo en cuenta los materiales como; Tostadora para muestra, Molino, Mesas de catación, Balanza de precisión, Cronómetro, Mandil de catador, Tazas de porcelanas, Cucharas de acero inoxidable y/o plata, Escupideras, Bold N° 08, Tacho, Agua apta para catación de café, Formatos SCA para catación, Balón de gas, Hervidoras

3.2.5. Herramientas de escritorio

Desde el inicio de la investigación se empleó un Cuaderno de apuntes, lapicero, Cámara digital para la captura de imágenes, Laptop y un Gps.

3.3. Metodología

3.3.1. Diseño estadístico

Se realizó el diseño estadístico cuyas características están definidas por sus componentes en estudio los cuales comprenden a dos sistemas de fermentación, cuatro modos de secado en tres horas diferentes del cual resulta el arreglo factorial de $2A \times 4B \times 3C$ con 24 tratamientos evaluado por catadores en café.

3.3.2. Componentes en estudio

Los granos de café variedad catuaí serán influenciados por los componentes:

a. Sistemas de fermentación (A)

a_1 = Abierto sólido (aeróbica) (AS)

a_2 = Cerrado sólido (anaeróbica) (CS)

b. Modos de secado (B)

b_1 = Secado sobre tarimas directo al sol (TDS)

b_2 = Secado en secador solar (SS)

b_3 = Secado en terraza (T)

b_4 = Secado sobre tarimas con techo de calamina transparente (TTCT)

c. Tiempo de fermentación (C)

c_1 = 24 horas.

c_2 = 36 horas.

c_3 = 48 horas.

3.3.3. Tratamientos del estudio

Los tratamientos se basaron en la interacción de los sistemas de fermentación (A) con los modos de secado (B) y tiempo de fermentación (C) resultando 24 tratamientos en estudio (Tabla 1).

Tabla 1. Representación de los tratamientos.

Tratamientos		
Clave	Interacción	Descripción de los tratamientos en estudio
T ₁	a ₁ x b ₁ x c ₁	Sistema AS + secado sobre TDS por 24 horas de fermentación
T ₂	a ₁ x b ₁ x c ₂	Sistema AS + secado sobre TDS por 36 horas de fermentación
T ₃	a ₁ x b ₁ x c ₃	Sistema AS + secado sobre TDS por 48 horas de fermentación
T ₄	a ₁ x b ₂ x c ₁	Sistema AS + secado en SS por 24 horas de fermentación
T ₅	a ₁ x b ₂ x c ₂	Sistema AS + secado en SS por 36 horas de fermentación
T ₆	a ₁ x b ₂ x c ₃	Sistema AS + secado en SS por 48 horas de fermentación
T ₇	a ₁ x b ₃ x c ₁	Sistema AS + secado en terraza por 24 horas de fermentación
T ₈	a ₁ x b ₃ x c ₂	Sistema AS + secado en terraza por 36 horas de fermentación
T ₉	a ₁ x b ₃ x c ₃	Sistema AS + secado en terraza por 48 horas de fermentación
T ₁₀	a ₁ x b ₄ x c ₁	Sistema AS + secado sobre TTCT por 24 horas de fermentación
T ₁₁	a ₁ x b ₄ x c ₂	Sistema AS + secado sobre TTCT por 36 horas de fermentación
T ₁₂	a ₁ x b ₄ x c ₃	Sistema AS + secado sobre TTCT por 48 horas de fermentación
T ₁₃	a ₂ x b ₁ x c ₁	Sistema CS + secado sobre TDS por 24 horas de fermentación
T ₁₄	a ₂ x b ₁ x c ₂	Sistema CS + secado sobre TDS por 36 horas de fermentación
T ₁₅	a ₂ x b ₁ x c ₃	Sistema CS + secado sobre TDS por 48 horas de fermentación
T ₁₆	a ₂ x b ₂ x c ₁	Sistema CS + secado en SS por 24 horas de fermentación
T ₁₇	a ₂ x b ₂ x c ₂	Sistema CS + secado en SS por 36 horas de fermentación
T ₁₈	a ₂ x b ₂ x c ₃	Sistema CS + secado en SS por 48 horas de fermentación
T ₁₉	a ₂ x b ₃ x c ₁	Sistema CS + secado en terraza por 24 horas de fermentación
T ₂₀	a ₂ x b ₃ x c ₂	Sistema CS + secado en terraza por 36 horas de fermentación
T ₂₁	a ₂ x b ₃ x c ₃	Sistema CS + secado en terraza por 48 horas de fermentación
T ₂₂	a ₂ x b ₄ x c ₁	Sistema CS + secado sobre TTCT por 24 horas de fermentación
T ₂₃	a ₂ x b ₄ x c ₂	Sistema CS + secado sobre TTCT por 36 horas de fermentación
T ₂₄	a ₂ x b ₄ x c ₃	Sistema CS + secado sobre TTCT por 48 horas de fermentación

AS: abierto sólido;
CS: cerrado sólido;

SS: secador solar;
T: terraza;

TDS: sobre tarima directo al sol;
TTCT: tarima con techo con calamina transparente

3.3.4. Diseño experimental

Se realizó el diseño experimental, completamente al azar con arreglo factorial de 2Ax4Bx3C con veinticuatro tratamientos evaluados por catadores en café, cuyo modelo aditivo lineal es:

$$y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + C_k + (AC)_{ik} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijkl} \left\{ \begin{array}{l} i = 1 \dots a \\ j = 1 \dots b \\ k = 1 \dots c \\ l = 1 \dots r \end{array} \right.$$

Donde:

Y_{ijk} = Es el resultado obtenido de la k - ésima evaluación sensorial a la cual se empleó el j-ésimo modo de secado del i - ésimo sistema de fermentación en el tiempo de fermentación.

μ = Es el resultado de la media general.

α_i = Resultado del i - ésimo sistema de fermentación.

β_j = Es el resultado del j - ésimo modo de secado.

= Es el resultado del tiempo de fermentación

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Es el resultado de la interacción entre el i - ésimo sistema de fermentación con el j-ésimo modo del secado.

ϵ_{ijk} = Es el resultado aleatorio de error experimental obtenido de la k - ésima evaluación sensorial a la cual se aplicó el j-ésimo modo de secado del i - ésimo sistema de fermentación.

Para:

i = 1, 2 sistemas de fermentación de café.

j = 1, 2, ..., 5 modos de secado de café.

k = 1, 2, ..., 4 tiempo de fermentación

3.3.5. Desarrollo de la investigación

3.3.5.1. Recolección del grano en cosecha plena

La parcela de café en la Finca Dorita se demarcó utilizando un GPS para determinar las coordenadas UTM y la altitud (Figura 1). Esta parcela, donde se recolectaron las muestras de café Catuaí, tiene cinco años de edad desde la siembra y ha recibido controles regulares contra enfermedades y plagas, así como otras actividades de manejo. Sus colindantes son:

Por el Este : Bosque de Finca Dorita

Por el Oeste : Carretera Hermilio Valdizán

Por el Norte : Purma Finca Dorita

Por el Sur : Purma Finca Dorita

La cosecha selectiva de los cerezos de café se llevó a cabo durante la etapa plena de la campaña, entre los meses de mayo y junio de 2021. Para la recolección, se utilizó una canasta de bejuco con capacidad para 10 kg. Una vez llena, se pesó utilizando una balanza y se colocó en sacos de polipropileno marcados según el tratamiento en estudio (Tabla 1). En total, se cosecharon 10 canastas para los 24 tratamientos, el peso total de cerezo fue un aproximado de 100 Kg.

3.3.5.2. Beneficio húmedo

Se realizó el despulpado manualmente de los 100 kg de cerezo para los 24 tratamientos para separar la cascara del grano, el mismo que tuvo una merma de 40%; en este sentido, se realizó la fermentación de 60 kg de pergamino fresco, colocando luego cada muestra en bandejas de polipropileno de 5 L. En los tratamientos con sistema de fermentación abierta sólida, las bandejas se dejaron abiertas en contacto con el ambiente durante 24, 36 y 48 horas, mientras que, en los tratamientos con sistema de fermentación cerrada sólida, las bandejas se cerraron con plástico, con agujeros para el termómetro y el medidor de pH, también durante 24, 36 y 48 horas. Se registraron la temperatura, pH y grados Brix durante la fermentación, midiendo la temperatura cada tres horas con un termómetro incorporado en las bandejas, y el pH y los grados Brix al inicio y al final de la fermentación con un pHmetro y un refractómetro, respectivamente, para su posterior análisis estadístico. Los granos de café de cada tratamiento se lavaron individualmente con agua limpia para eliminar los residuos de mucílago, garantizando granos limpios y listos para el secado. Posteriormente, los granos se secaron según los tratamientos (tarimas, secador solar, terraza y techo de calamina) hasta alcanzar una humedad aproximada del 11,00 al 12,00 %, utilizando un hidrómetro y un termómetro. Una vez lograda la humedad deseada, se recolectaron, empaquetaron, rotularon y almacenaron en bolsas herméticas para su evaluación física y organoléptica posterior. Los métodos de secado empleados fueron:

- a) Secado STDS: sobre tarimas expuestas directamente al sol,
- b) Secado en secador solar: en un secador solar semicircular con mica especial,
- c) Secado en terraza: sobre una terraza para secado al sol.
- d) Secado sobre tarimas con techo de calamina transparente: en una secadora con techo de calamina transparente.

3.3.5.3. Almacenamiento

Los granos de café pergamino seco con humedad óptima (11.00 – 12.00%) se almacenaron en un ambiente fresco, donde previamente se pesó, empaquetó y rotuló por cada tratamiento, en bolsas herméticas ziploc y costal de yute, y sobre una tarima para evitar la ganancia de humedad al producto. Es preciso indicar, que el volumen de café almacenado ascendió 20 Kg.

3.3.5.4. Calidad física del café

Se empleó una trilladora de laboratorio con motor de 3/4 HP y 220 Voltios para la obtención de café verde, un determinador de humedad, una balanza digital de 5000g de capacidad, y unas mallas granulométricas de vibración manual N° 15 (5,95 mm) para determinar el rendimiento físico (% de grano limpio). Para el rendimiento físico, se pesaron 350 gramos de café pergamino seco en balanza eléctrica, registrando cada peso en un cuaderno de apuntes. Se utilizó la clasificación estándar recomendado por la Speciality Coffee Association of America (SCAA), que implica trillar cada muestra de 350 g para retirar la cascarilla, y luego clasificar los granos verdes por tamaño usando diferentes tamices. Luego, los granos verdes se clasificaron por tamaño utilizando diferentes tamices (Tabla 2). Según la SCAA, los granos retenidos por encima de la malla N° 16 hasta la N° 20 se consideran como "café exportable", mientras que los retenidos en las mallas N° 12 hasta la N° 15 se clasifican como "café de segunda". Cada muestra de café se separó en un recipiente de polietileno para retirar los granos defectuosos de los granos verdes retenidos por el tamiz.

Tabla 2. Clasificación según el tamaño del grano en tamices con un tamaño de agujero que va desde 12 hasta 20/64 de pulgada.

Calidad de café	N° de tamiz ^{1/64}	Dimensiones ISO (mm)
De exportación	20	8,00
	19	7,50
	18	7,10
	17	6,70
	16	6,30
De segunda	15	6,00
	14	5,60
	13	5,00
	12	4,75

Fuente: Becker y Freytag (1992)

Después del tamizar los 350 g de café pergamino seco, se determinaron los siguientes aspectos: a) Porcentaje de humedad, b) Porcentaje del peso de la cascarilla, c) Porcentaje del peso de los granos descartados y retenidos en las mallas 12, y d) Porcentaje del peso de los granos retenidos en las mallas 18, 17, 16, 15, 14 y 13 (Tabla 2). Finalmente, se calculó el rendimiento exportable de café utilizando la fórmula (1) propuesta por la SCAA.

$$PRE = 100 - (PPC + PPD + PPDe) \dots \dots \dots (1)$$

Donde:

- 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.

Además, se evaluó la densidad del café verde (g/ml) mediante la trilla de cuatro muestras de café pergamino seco por cada tratamiento para obtener café verde. Para determinar la densidad, se colocó una probeta de 100 ml en una balanza y se taró a 0 g; luego, se agregó café verde hasta alcanzar los 100 ml marcados en la probeta y se registró el peso del café verde de la variedad en 100 ml. La densidad se calculó utilizando la fórmula (2):

$$DCO = \frac{PCO}{VCO} \dots \dots \dots (2)$$

Donde:

- DCO = Densidad de café verde.
 PCO = Peso de café verde en 100 ml.
 VCO = Volumen de café verde (100 ml).

Finalmente, se extrajeron 350 g de muestra por cada tratamiento para determinar la humedad. Estas muestras, que habían sido almacenadas durante un mes, fueron tostadas antes de realizar el análisis sensorial.

3.3.5.5. Tostado

Un día antes de la catación, se tostó el café en una escala Agtron de 58,00 a 63,00 según la Specialty Coffee Association (SCA), lo que equivale a un tueste

ligero-medio, para resaltar su calidad. Se utilizó una tostadora de tambor de muestra con capacidad de 120 g por lote, con placas de niveles de escala Agtron. Posteriormente, los granos tostados se colocaron en bolsas herméticas rotuladas según cada tratamiento y se almacenaron en un lugar fresco, permitiendo un reposo mínimo de 8 horas antes de la evaluación sensorial (catación).

3.3.5.6. Catación del café

Se utilizó un molino de tolva de 900 g con motor 1/3 HP para la obtención de café molido, para cada tratamiento se codificó con el fin de evitar sesgos en la evaluación de los atributos del café por parte de los catadores. Se prepararon cinco pírex por tratamiento, pesando 8.25 g cada uno, y se molieron a una molienda media-fina para la catación. Tres panelistas certificados Q-Grade (SCA) evaluaron y describieron 6 muestras codificadas por sesión de cata, utilizando el formato de catación de la SCA.

Se evaluó la fragancia en seco y después de la infusión del café molido, se realizó la acción de "romper taza" para evaluar la fragancia. Posteriormente, se retiraron las partículas que flotaban en la infusión y se cata el café sorbiendo para evaluar los atributos del café según la ficha de la SCAA. Se realizó un análisis sensorial del café tostado por un panel de cuatro catadores, utilizando el protocolo de puntuación de SCA para evaluar atributos como acidez, cuerpo, aroma, fragancia, posgusto, sabor, balance, dulzura, taza limpia y uniformidad con un puntaje máximo de 10 puntos (Tabla 3).

Tabla 3. Escala de calificación para los atributos sensoriales del café según el protocolo de puntuación de SCA.

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

Al concluir las evaluaciones individuales de cada atributo primario por parte de cada panelista, se sumaron las calificaciones de los atributos para obtener el resultado de puntaje para cada muestra (Tabla 4).

Tabla 4. Clasificación sensorial, según la Specialty Coffee Association of América (SCAA).

Puntaje	Descripción	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

3.3.6. Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó la versión en español de Microsoft Office Excel 2013. Se llevó a cabo un análisis de varianza (con F tab. = 0.01 y 0.05) (Tabla 2) para calcular el coeficiente de variabilidad de los ensayos utilizando la ecuación (3). También se evaluaron las diferencias entre las medias de los tratamientos mediante la prueba de Duncan ($\alpha = 0.05$).

Tabla 5. Modelo del análisis de variancia.

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

a = sistemas de fermentación, b = tiempos de fermentación, y r = catador.

$$CM = \frac{\sqrt{CMe}}{Y \dots} \times (100). \dots\dots\dots(3)$$

Donde:

- CV = Coeficiente de variabilidad.
- CMe = Cuadrado medio del error.
- Y... = Promedio total de los tratamientos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Análisis de la calidad física

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

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) muestran que no hay diferencias estadísticamente significativas en la humedad, peso de la cascarilla y peso del café de oro debido a los diferentes sistemas de fermentación (A), tipos de secado (B) y tiempos de fermentación (C) utilizados en el estudio ($p > 0,05$). A partir de esto, queda demostrado que estos factores no tuvieron un impacto significativo en estas variables. Además, las interacciones entre los factores (A*B, A*C, B*C, A*B*C) tampoco fueron significativas ($p > 0,05$), lo que indica que la combinación de los factores no influyó en la humedad, peso de la cascarilla y peso del café de oro de manera significativa (Tabla 6).

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

F.V.	SC	GL	Humedad (%)			Peso de cascarilla (g)			Peso café de oro (g)		
			CM	Sig	p-valor	CM	Sig	p-valor	CM	Sig	p-valor
A	0,29	1	0,29	ns	0,2801	0,12	ns	0,6089	0,12	ns	0,6089
B	0,17	3	0,06	ns	0,8707	0,41	ns	0,4305	0,41	ns	0,4305
C	0,91	2	0,46	ns	0,1672	0,5	ns	0,3321	0,5	ns	0,3321
A*B	0,05	3	0,02	ns	0,9772	0,09	ns	0,8932	0,09	ns	0,8932
A*C	0,29	2	0,14	ns	0,5614	0,02	ns	0,9482	0,02	ns	0,9482
B*C	2,7	6	0,45	ns	0,1137	0,19	ns	0,8567	0,19	ns	0,8567
A*B*C	0,49	6	0,08	ns	0,9161	0,11	ns	0,9588	0,11	ns	0,9588
Error	11,8	48	0,25			0,44			0,44		
Total	16,7	71									
CV			4,59			1,11			0,23		
R ²			0,29			0,17			0,17		

A: sistema de fermentación

B: tipo de secado

C: tiempo de fermentación

ns: no existe diferencia estadísticamente significativa

Ahora bien, los resultados de los promedios muestran que los diferentes sistemas de fermentación, métodos de secado y tiempos de fermentación no tuvieron un efecto significativo en la humedad (%), peso de cascarilla (g) y peso de café verde (g) del café. Para destacar, en cuanto a la humedad, no se encontraron diferencias significativas entre los sistemas a1 y a2 ($p > 0,05$). Del mismo modo, todos los métodos de secado (b1, b2, b3, b4) mostraron una humedad similar, al igual que los tiempos de fermentación (c1, c2, c3). En relación al peso de cascarilla, no hubo diferencias significativas entre los sistemas de fermentación ni entre los

métodos de secado o los tiempos de fermentación. Finalmente, para el peso de café verde, no se observaron diferencias significativas entre los sistemas de fermentación, métodos de secado o tiempos de fermentación. Dicho de otro modo, los diferentes factores evaluados no tuvieron un impacto estadísticamente significativo en la humedad, peso de cascarilla y peso de café verde (Tabla 7).

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

Humedad (%)			Peso de cascarilla (g)			Peso café verde (g)		
Sistema de fermentación	Media	Sig	Sistema	Media	Sig	Sistema	Media	Sig
a1	10,88	a	a2	59,91	a	a1	290,18	a
a2	10,75	a	a1	59,83	a	a2	290,09	a
Método de secado	Media	Sig	Secado	Media	Sig	Secado	Media	Sig
b4	10,88	a	b3	60,08	a	b1	290,25	a
b1	10,83	a	b4	59,85	a	b2	290,22	a
b3	10,78	a	b2	59,78	a	b4	290,15	a
b2	10,76	a	b1	59,75	a	b3	289,92	a
Tiempo de fermentación	Media	Sig	Fermentación	Media	Sig	Fermentación	Media	Sig
c2	10,94	a	c2	59,96	a	c3	290,3	a
c3	10,83	a	c1	59,93	a	c1	290,07	a
c1	10,67	a	c3	59,7	a	c2	290,04	a

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

a₁ = abierto sólido

a₂ = cerrado sólido

b₁ = tarima directo al sol

b₂ = secado solar

b₃ = secado en terraza

b₄ = tarima con techo con calamina transparente

c₁ = 24 horas

c₂ = 36 horas

c₃ = 48 horas

En cuanto a los promedios por tratamientos, los resultados muestran que no hay diferencias significativas entre los tratamientos en cuanto a la humedad, el peso de la cascarilla, el peso del café verde y el porcentaje de grano defectuoso ($p > 0,05$). Los tratamientos presentan una humedad promedio entre 10,40% y 11,23%, un peso de cascarilla entre 59,40 g y 60,23 g, un peso de café verde entre 289,77 g y 290,60 g, y un porcentaje de grano defectuoso entre 0,81% y 1,15%. Esto afirma que los diferentes tratamientos utilizados no tuvieron un impacto significativo en estas variables, lo que podría indicar que los sistemas de fermentación y métodos de secado evaluados no afectaron de manera importante la calidad física del café en términos de humedad, peso de cascarilla, peso del café verde y porcentaje de grano defectuoso (Tabla 8).

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

Humedad (%)			Peso de cascarilla (g)				Peso café verde (g)				Grano defectuoso	
Tto	Media	Sig	Tto	Media	%	Sig	Tto	Media	%	Sig	(g)	(%)
T1	11,23	a	T17	60,23	17,21	a	T18	290,60	83,03	a	3,40	0,97
T11	11,20	a	T21	60,13	17,18	a	T6	290,60	83,03	a	3,40	0,97
T23	11,20	a	T19	60,13	17,18	a	T5	290,43	82,98	a	3,27	0,93
T21	11,13	a	T7	60,13	17,18	a	T24	290,43	82,98	a	3,93	1,12
T8	11,13	a	T20	60,13	17,18	a	T13	290,40	82,97	a	4,00	1,14
T9	11,00	a	T8	60,13	17,18	a	T12	290,37	82,96	a	3,47	0,99
T2	10,97	a	T22	60,10	17,17	a	T1	290,30	82,94	a	3,47	0,99
T13	10,93	a	T11	60,07	17,16	a	T10	290,27	82,94	a	3,83	1,10
T5	10,93	a	T16	60,07	17,16	a	T15	290,27	82,93	a	3,40	0,97
T12	10,93	a	T23	60,00	17,14	a	T14	290,23	82,92	a	3,90	1,11
T6	10,87	a	T4	60,00	17,14	a	T2	290,20	82,91	a	3,63	1,04
T24	10,83	a	T3	59,90	17,11	a	T9	290,17	82,91	a	3,67	1,05
T17	10,83	a	T9	59,83	17,09	a	T3	290,10	82,89	a	3,40	0,97
T14	10,77	a	T2	59,80	17,09	a	T4	290,00	82,86	a	3,37	0,96
T18	10,77	a	T14	59,77	17,08	a	T23	290,00	82,86	a	3,50	1,00
T4	10,70	a	T10	59,73	17,07	a	T11	289,93	82,84	a	4,03	1,15
T15	10,67	a	T15	59,73	17,06	a	T16	289,93	82,84	a	3,37	0,96
T10	10,63	a	T1	59,70	17,06	a	T22	289,90	82,83	a	3,87	1,10
T7	10,50	a	T12	59,63	17,04	a	T7	289,87	82,82	a	2,83	0,81
T20	10,50	a	T13	59,60	17,03	a	T8	289,87	82,82	a	3,87	1,11
T22	10,50	a	T24	59,57	17,02	a	T19	289,87	82,82	a	3,27	0,93
T16	10,43	a	T5	59,57	17,02	a	T20	289,87	82,82	a	3,80	1,09
T19	10,40	a	T6	59,40	16,97	a	T21	289,87	82,82	a	2,83	0,81
T3	10,40	a	T18	59,40	16,97	a	T17	289,77	82,79	a	3,27	0,93

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

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

En definitiva, las variaciones en los procesos de fermentación y secado no impactaron de manera significativa la calidad física del café, referidos a la humedad, peso de cascarilla y peso de café verde. Al comparar estos resultados coinciden con las observaciones de USAID (2005), que menciona que el café pergamino seco, producido en el proceso de secado en el beneficio húmedo, presenta una coloración amarillo claro, limpio y un aroma agradable a trigo, características que no parecen ser afectadas por las variaciones en los métodos de procesamiento. Además, indica que el endocarpio de café es aproximadamente el 20% del peso del de café seco, pero este estudio no encontró diferencias significativas en el peso de la cascarilla entre los diferentes tratamientos de fermentación y secado.

Además, al considerar los resultados detallados de las medias de humedad, peso de la cascarilla y peso del café de oro para los diferentes sistemas de fermentación, tipos de secado y tiempos de fermentación, se observa que no hay diferencias significativas entre los tratamientos. Demostrando que no se produjeron cambios sustanciales en las características físicas del café.

4.1.2. Rendimiento de café verde/tamiz N° 16

Los resultados del análisis de varianza (ANOVA) muestran que los factores A y B no presentan diferencias significativas en la respuesta (p -valores > 0.05), lo que afirma que estos factores no tienen efectos significativos. Por otro lado, el factor C y la interacción B*C muestra una diferencia significativa (p -valor = 0.0003, $0.0356 < 0.05$), lo que indica que este factor sí tiene un impacto relevante en el rendimiento de café verde, como lo confirma su valor de CM (55.69). Ahora, respecto a las interacciones A*B y A*C, así como la interacción A*B*C, no resultan significativas (todos los p -valores > 0.05), afirmando que estas combinaciones de factores no afectan de manera significativa el rendimiento de café verde. El error, cuya magnitud se refleja en $CM = 5.79$, representa la variabilidad en la respuesta que no puede ser explicada por los factores considerados en el modelo. (Tabla 9).

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

F.V.	SC	gl	CM	Sig	p-valor
A	1,05	1	1,05	ns	0,6721
B	29,5	3	9,83	ns	0,1802
C	111,39	2	55,69	as	0,0003
A*B	6,23	3	2,08	ns	0,7831
A*C	5,19	2	2,6	ns	0,6415
B*C	86,47	6	14,41	s	0,0356
A*B*C	37,43	6	6,24	ns	0,3898
Error	278,15	48	5,79		
Total	555,41	71			

CV: 0,95%

R2: 0,5

A: sistema de fermentación

B: tipo de secado

C: tiempo de fermentación

ns: no existe diferencia estadísticamente significativa

as: Altamente significativo

s: Significativo

En cuanto a los promedios del rendimiento de café verde muestran que el factor A (sistema de fermentación) no tiene un efecto significativo en el peso del café, siendo las medias para los sistemas a1 (abierto sólido) y a2 (cerrado sólido) son 253,95 y 254,19 respectivamente. El factor B (tipo de secado) tampoco parece tener un efecto significativo, ya que las medias para los tipos de secado b1, b2, b3 y b4 no difieren significativamente. Por otro lado, el factor C (tiempo de fermentación) sí parece tener un efecto significativo. Las medias para los tiempos de fermentación c1 (24 horas), c2 (36 horas) y c3 (48 horas) son 254,58, 255,28 y 252,36 respectivamente. Las letras comunes entre c1 y c2 indican que no hay diferencias significativas entre estos grupos. Sin embargo, la diferencia entre c3 afirma que el tiempo de fermentación afecta al peso del café (Tabla 10).

Tabla 10. Promedio de rendimiento de café verde/tamiz n° 16 por factores.

Factor A			Factor B			Factor C		
Sistema de fermentación	Media	Sig	Tipo de Secado	Media	Sig	Tiempo de Fermentación	Media	Sig
a2	254,19	a	b2	254,87	a	c2	255,28	a
a1	253,95	a	b3	254,51	a	c1	254,58	a
			b1	253,63	a	c3	252,36	b
			b4	253,28	a			

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

a1 = abierto sólido

a2 = cerrado sólido

b1 = tarima directo al sol

b2 = secado solar

b3 = secado en terraza

b4 = tarima con techo con calamina transparente

c1 = 24 horas

c2 = 36 horas

c3 = 48 horas

Además, los tratamientos que presentan medias no significativamente diferentes ($p > 0,05$) son: T5, T17, T19, T20, T14, T2, T22, T10, T7, T8, T11, T13, T24, T1, T18, T6, T4, T16, T21, T9, T3, T23, T12 y T15. Estos tratamientos tienen un rendimiento de café verde/tamiz n° 16 que varía entre 257,43 y 250,60 gramos, con porcentajes de granos que van desde 73,55% hasta 71,60%. Sin embargo, los tratamientos que presentan diferencias significativas ($p \leq 0,05$) son T21 (Sistema cerrado sólido + secado en terraza por 48 horas de fermentación), T9 (Sistema abierto sólido + secado en terraza por 48 horas de fermentación), T3 (Sistema abierto sólido + secado sobre tarima directo al sol por 48 horas de fermentación), T23 (Sistema cerrado sólido + secado sobre tarima con techo con calamina transparente por 36 horas de fermentación), T12 (Sistema abierto sólido + secado sobre tarima con techo con calamina transparente por 48 horas de fermentación) y T15 (Sistema cerrado sólido + secado sobre tarima directo al sol por 48 horas de fermentación). De estos resulta que T15 es el

tratamiento con el rendimiento más bajo (250,60 gramos) y T5, T17 y T19 los tratamientos con los rendimientos más altos (257,43 y 256,87 gramos respectivamente). Estas diferencias pueden deberse a los diferentes sistemas de fermentación, métodos de secado y tiempo de fermentación, demostrando que estos aspectos pueden tener un impacto significativo en el rendimiento de café verde (Tabla 11).

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

Tratamiento	Clave	Rendimiento de café verde/tamiz n° 16		
		Gramos	Porcentaje	Sig
T5	a2b2c2	257,43	73,55	a
T17	a1b2c2	257,43	73,55	a
T19	a2b3c1	256,87	73,39	ab
T20	a2b3c2	256,27	73,22	abc
T14	a2b1c2	255,67	73,05	abc
T2	a1b1c2	255,67	73,05	abc
T22	a1b4c1	255,03	72,86	abcd
T10	a2b4c1	255,03	72,86	abcd
T7	a1b3c1	254,73	72,78	abcd
T8	a1b3c2	254,63	72,75	abcd
T11	a1b4c2	254,40	72,69	abcd
T13	a2b1c1	254,37	72,68	abcd
T24	a2b4c3	253,93	72,55	abcd
T1	a1b1c1	253,87	72,53	abcd
T18	a2b2c3	253,80	72,51	abcd
T6	a1b2c3	253,80	72,51	abcd
T4	a1b2c1	253,37	72,39	abcd
T16	a2b2c1	253,37	72,39	abcd
T21	a1b3c3	252,27	72,08	bcd
T9	a2b3c3	252,27	72,08	bcd
T3	a1b1c3	251,60	71,88	cd
T23	a2b4c2	250,70	71,63	d
T12	a2b1c3	250,60	71,60	d
T15	a1b4c3	250,60	71,60	d

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

a₁ = abierto sólido

a₂ = cerrado sólido

b₁ = tarima directo al sol

b₂ = secado solar

b₃ = secado en terraza

b₄ = tarima con techo con calamina transparente

c₁ = 24 horas

c₂ = 36 horas

c₃ = 48 horas

El coeficiente de correlación mostró que el Grado Brix y el pH están moderadamente correlacionados positivamente con el rendimiento físico del café, mientras que la temperatura tiene una correlación negativa débil. Los valores de p-valor indican que la correlación entre la temperatura y el rendimiento, así como entre el Grado Brix y el rendimiento, no es estadísticamente significativa, pero la correlación entre el pH y el rendimiento sí lo es.

Es preciso resaltar, que el tratamiento T19 (Sistema cerrado sólido + secado en terraza por 24 horas de fermentación) tuvo la temperatura más baja (17,91°C), el mayor contenido de sólidos solubles (13,47% grados Brix), un pH relativamente alto (4,71) y un rendimiento del 73,39%. Este tratamiento se destacó por su alto contenido de sólidos solubles, lo cual podría indicar una mayor concentración de compuestos solubles en el café, lo que a menudo se asocia con una mejor calidad del café. Por otro lado, el tratamiento T6 (Sistema abierto sólido + secado en secador solar por 48 horas de fermentación) tuvo la temperatura más alta (22,77°C), el menor contenido de sólidos solubles (5,69% grados Brix), el pH más bajo (3,56) y un rendimiento del 72,51%. Este tratamiento mostró valores menos favorables en términos de calidad de café (Tabla 12).

En otras palabras, el sistema de fermentación (factor A), los resultados no mostraron diferencias significativas en los rendimientos de café verde/tamiz n° 16, esto concuerda con lo reportado por Vilca (2014), quien menciona que la calidad del café puede no verse afectada significativamente por diferentes sistemas de fermentación. En cuanto al tipo de secado (factor B), los resultados muestran diferencias significativas en el rendimiento de café verde/tamiz n° 16; sin embargo, Giraldo et al. (2017) indica que el secado rápido del café puede influir en la calidad del grano, este hallazgo podría indicar que, si bien el tipo de secado afecta el rendimiento, puede no ser un factor determinante en la calidad final del café. Por último, en el tiempo de fermentación (factor C), se observaron diferencias significativas en el rendimiento de café verde/tamiz n° 16, esto es consistente con el estudio realizado por Natividad (2012), que encontró que diferentes tiempos de fermentación pueden influir en la calidad organoléptica del café.

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

Tratamiento	Clave	Temperatura °C	Grados Brix de sólidos solubles (%)	pH	Rendimiento físico (%)
T1	a1b1c1	17,91	13,30	4,44	72,53
T2	a1b1c2	21,75	8,23	4,10	73,05
T3	a1b1c3	22,49	5,92	3,16	71,88
T4	a1b2c1	17,89	13,20	4,70	72,39
T5	a2b2c2	22,08	8,02	4,31	73,55
T6	a1b2c3	22,77	5,69	3,56	72,51
T7	a1b3c1	18,43	12,73	4,64	72,78
T8	a1b3c2	22,06	8,38	3,99	72,75
T9	a2b3c3	22,65	5,74	3,50	72,08
T10	a2b4c1	18,11	13,53	4,98	72,86
T11	a1b4c2	22,22	7,93	4,31	72,69
T12	a2b1c3	22,43	6,00	3,47	71,60
T13	a2b1c1	18,59	13,39	4,42	72,68
T14	a2b1c2	22,22	8,68	3,86	73,05
T15	a1b4c3	22,36	6,06	3,41	71,60
T16	a2b2c1	18,29	13,54	4,42	72,39
T17	a1b2c2	22,19	7,50	4,02	73,55
T18	a2b2c3	22,16	5,85	3,13	72,51
T19	a2b3c1	17,91	13,47	4,71	73,39
T20	a2b3c2	22,26	7,56	3,92	73,22
T21	a1b3c3	22,40	6,34	3,46	72,08
T22	a1b4c1	18,62	13,08	4,58	72,86
T23	a2b4c2	22,09	8,78	4,26	71,63
T24	a2b4c3	22,41	6,25	3,26	72,55
Coefficiente de correlación (r)		-0,16	0,20	0,31	
p-valor		0,1834	0,0852	0,0083	

a₁ = abierto sólido

a₂ = cerrado sólido

b₁ = tarima directo al sol

b₂ = secado solar

b₃ = secado en terraza

b₄ = tarima con techo con calamina transparente

c₁ = 24 horas

c₂ = 36 horas

c₃ = 48 horas

4.2. Análisis sensorial

Los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis, para comparar las calificaciones de cuatro catadores en diferentes tratamientos de café, resultó que los catadores 1 y 2 no percibieron diferencias significativas entre los tratamientos, con p-valores superiores a 0,05, demostrando que no pudieron distinguir entre las calidades de café evaluadas. En cambio, los catadores 3 y 4 sí detectó diferencias estadísticamente significativas, con un p-valor menor a 0,05, siendo la magnitud de la diferencia mínima y no relevante en la práctica. En resumen, el catador 4 fue más sensible a las variaciones en los tratamientos, destacando la importancia de considerar la subjetividad en las evaluaciones sensoriales. Finalmente, respecto a la escala de clasificación del protocolo de puntuación de SCA, el café de variedad catuaí fue considerada "Muy bueno", ya que obtuvo un puntaje en el rango de 7,00 a 8,00 (Tabla 13).

Tabla 13. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento según catador.

Tto	Catador 1		Catador 2		Catador 3		Catador 4		Prom X
	Media	Sig	Media	Sig	Media	Sig	Media	Sig	
T1	7,75	ab	7,75	a	7,5	b	7,75	bcd	7,69
T2	7,83	ab	7,50	a	7,67	a	7,92	abcd	7,73
T3	7,25	abc	7,00	a	7,75	a	7,00	d	7,25
T4	7,75	ab	7,58	a	7,75	a	8,00	ab	7,77
T5	7,75	ab	7,83	a	7,83	a	8,08	ab	7,87
T6	7,5	abc	7,75	a	7,75	a	7,00	d	7,50
T7	7,67	abc	7,67	a	7,67	a	7,92	abcd	7,73
T8	7,92	ab	7,92	a	7,92	a	8,17	a	7,98
T9	7,5	abc	7,50	a	7,25	b	7,75	bcd	7,50
T10	7,75	ab	7,75	a	7,67	a	7,92	abcd	7,77
T11	7,75	ab	7,75	a	7,75	a	8,00	ab	7,81
T12	7,25	bc	7,50	a	7,25	b	7,17	cd	7,29
T13	7,75	ab	7,75	a	7,5	b	7,75	bcd	7,69
T14	7,75	ab	7,83	a	7,67	a	7,92	abcd	7,79
T15	7,75	ab	7,58	a	7,75	a	7,00	d	7,52
T16	7,75	ab	7,58	a	7,75	a	8,00	ab	7,77
T17	7,75	ab	7,83	a	7,83	a	8,08	ab	7,87
T18	7,83	ab	7,25	a	7,75	a	7,75	bcd	7,65
T19	7,67	abc	7,67	a	7,67	a	7,83	abcd	7,71
T20	7,67	ab	7,92	a	7,92	a	8,17	a	7,92
T21	7,5	abc	7,25	a	7,25	b	8,17	a	7,54
T22	7,75	ab	7,75	a	7,67	a	7,92	abcd	7,77
T23	7,75	ab	7,75	a	7,75	a	8,00	ab	7,81
T24	7,00	c	7,83	a	7,25	b	7,75	bcd	7,46
p-valor	0,0178		0,1184		0,0085		0,0001		

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

Los promedios de las características sensoriales no difirieron significativamente entre los tratamientos, sin patrones claros de variación. Sin embargo, se destacan tendencias: a) Fragancia y sabor residual: mejores en sistema cerrado sólido y tarima con techo de calamina transparente, especialmente a 36 horas de fermentación. b) Sabor: sistema cerrado sólido obtuvo calificaciones más altas, especialmente a 36 horas. c) Acidez: sistema abierto sólido a 36 horas tuvo las calificaciones más altas. d) Cuerpo: sistema cerrado sólido y tarima con techo de calamina transparente obtuvieron las calificaciones más altas, especialmente a 36 horas. e) Uniformidad, balance, taza limpia y dulzura no mostraron patrones claros de variación con sistemas de secado y tiempos de fermentación (Tabla 14).

Tabla 14. Puntaje promedio de características organolépticas por interacción de los factores.

Factor			Fragancia	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzura
A	B	C									
Sistema abierto sólido	TDS	24 h	7,58	7,71	7,71	7,56	7,65	10,00	7,73	10,00	10,00
		36 h	7,73	7,83	7,79	7,69	7,67	10,00	7,83	10,00	10,00
		48 h	7,54	7,65	7,50	7,58	7,65	10,00	7,44	10,00	10,00
	SS	24 h	7,67	7,79	7,71	7,79	7,85	10,00	7,73	10,00	10,00
		36 h	7,79	7,85	7,83	7,90	7,88	10,00	7,88	10,00	10,00
		48 h	7,33	7,48	7,52	7,52	7,46	10,00	7,67	10,00	10,00
	T	24 h	7,67	7,69	7,60	7,67	7,85	10,00	7,77	10,00	10,00
		36 h	7,81	7,77	7,71	7,73	7,83	10,00	7,56	10,00	10,00
		48 h	7,65	7,56	7,54	7,52	7,38	10,00	7,38	10,00	10,00
	TTCT	24 h	7,69	7,77	7,71	7,75	7,63	10,00	7,73	10,00	10,00
		36 h	7,83	7,88	7,85	7,85	7,83	10,00	7,77	10,00	10,00
		48 h	7,27	7,42	7,58	7,77	7,56	10,00	7,69	10,00	10,00
Sistema cerrado sólido	TDS	24 h	7,54	7,69	7,56	7,71	7,63	10,00	7,75	10,00	10,00
		36 h	7,69	7,81	7,77	7,73	7,79	10,00	7,75	10,00	10,00
		48 h	7,63	7,52	7,54	7,56	7,58	10,00	7,65	10,00	10,00
	SS	24 h	7,54	7,75	7,54	7,67	7,67	10,00	7,75	10,00	10,00
		36 h	7,71	7,83	7,79	7,88	7,88	10,00	7,81	10,00	10,00
		48 h	7,58	7,40	7,56	7,27	7,29	10,00	7,56	10,00	10,00
	T	24 h	7,63	7,75	7,60	7,79	7,85	10,00	7,71	10,00	10,00
		36 h	7,67	7,77	7,71	7,77	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00
		48 h	7,46	7,42	7,67	7,48	7,33	10,00	7,44	10,00	10,00
	TTCT	24 h	7,63	7,71	7,77	7,75	7,75	10,00	7,60	10,00	10,00
		36 h	7,75	7,85	7,94	7,81	7,83	10,00	7,81	10,00	10,00
		48 h	7,04	7,60	7,67	7,67	7,52	10,00	7,69	10,00	10,00

SS: secador solar;
T: terraza;

TDS: sobre tarima directo al sol;
TTCT: tarima con techo con calamina transparente

De manera grafica se muestran las calificaciones promedio de diferentes atributos sensoriales para el café procesado bajo el sistema abierto sólido, con variaciones en la duración de la fermentación (24 h, 36 h, 48 h) y el tipo de secado (TDS, SS, T, TTCT). En definitiva, se observa que la fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y dulzura tienden a mantenerse en niveles altos y consistentes en la mayoría de las condiciones evaluadas. Sin embargo, se destaca una ligera variabilidad en algunas combinaciones, como en el sistema SS a las 48 horas de fermentación, donde se observan calificaciones ligeramente más bajas en varios atributos. Estos resultados muestran en general que el sistema abierto sólido puede producir café de alta calidad sensorial, con variaciones menores dependiendo de la duración de la fermentación y el tipo de secado (Figura 2).

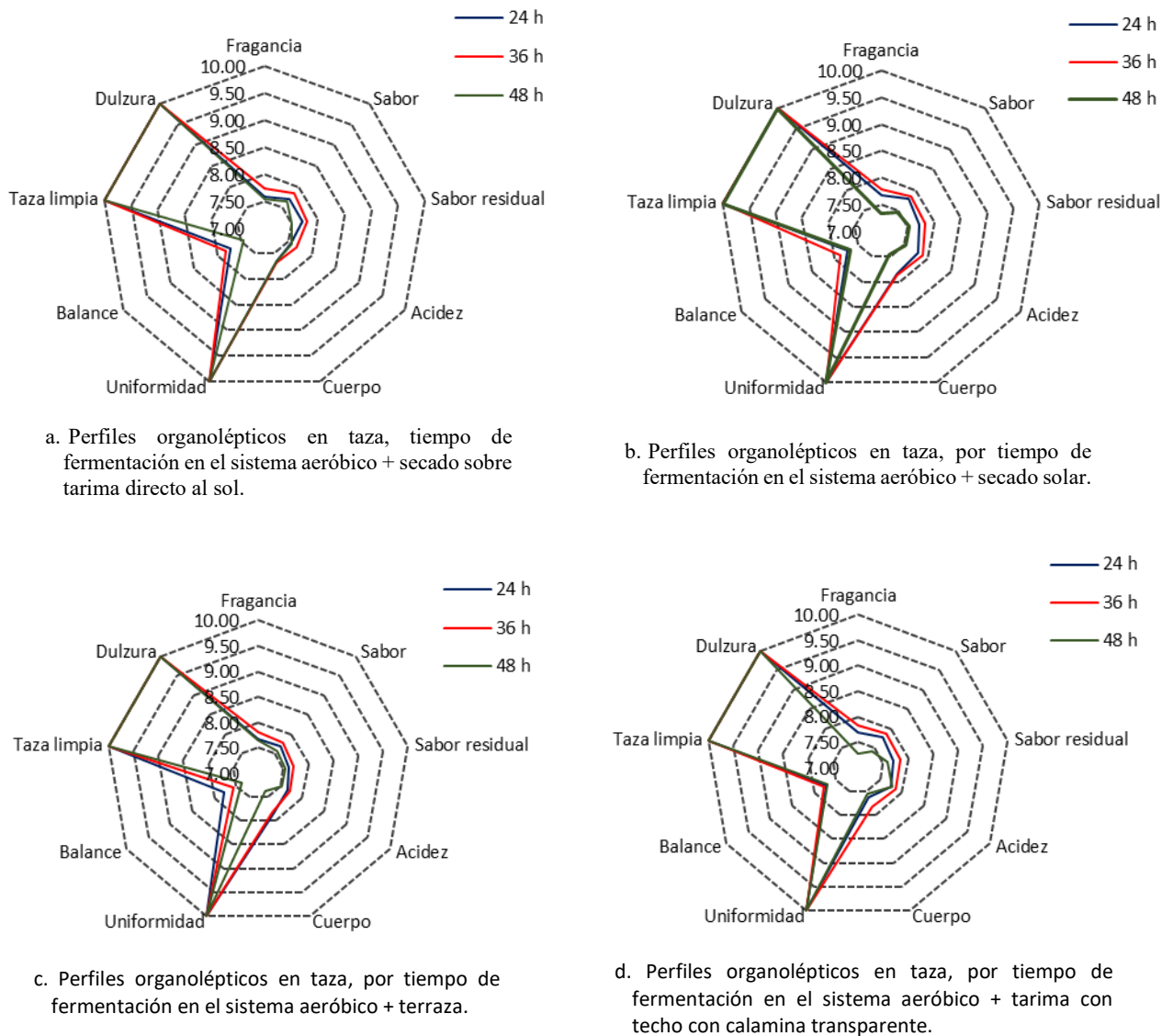


Figura 2. Promedio de diferentes atributos sensoriales para el café procesado bajo el sistema abierto sólido.

Por otro lado, los resultados muestran las calificaciones promedio de diferentes atributos sensoriales para el café procesado bajo el sistema cerrado sólido, con variaciones en la duración de la fermentación (24 h, 36 h, 48 h) y el tipo de secado (TDS, SS, T, TTCT). En resumen, se observa que la fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y dulzura se mantienen en niveles altos y consistentes en la mayoría de las condiciones evaluadas. Sin embargo, se detectan algunas variaciones en las calificaciones, particularmente en el sistema SS a las 48 horas de fermentación, donde se observan calificaciones ligeramente más bajas en varios atributos, de esta manera se afirma que el sistema cerrado sólido también puede producir café de alta calidad sensorial, con variaciones mínimas dependiendo de la duración de la fermentación y el tipo de secado (Figura 3).

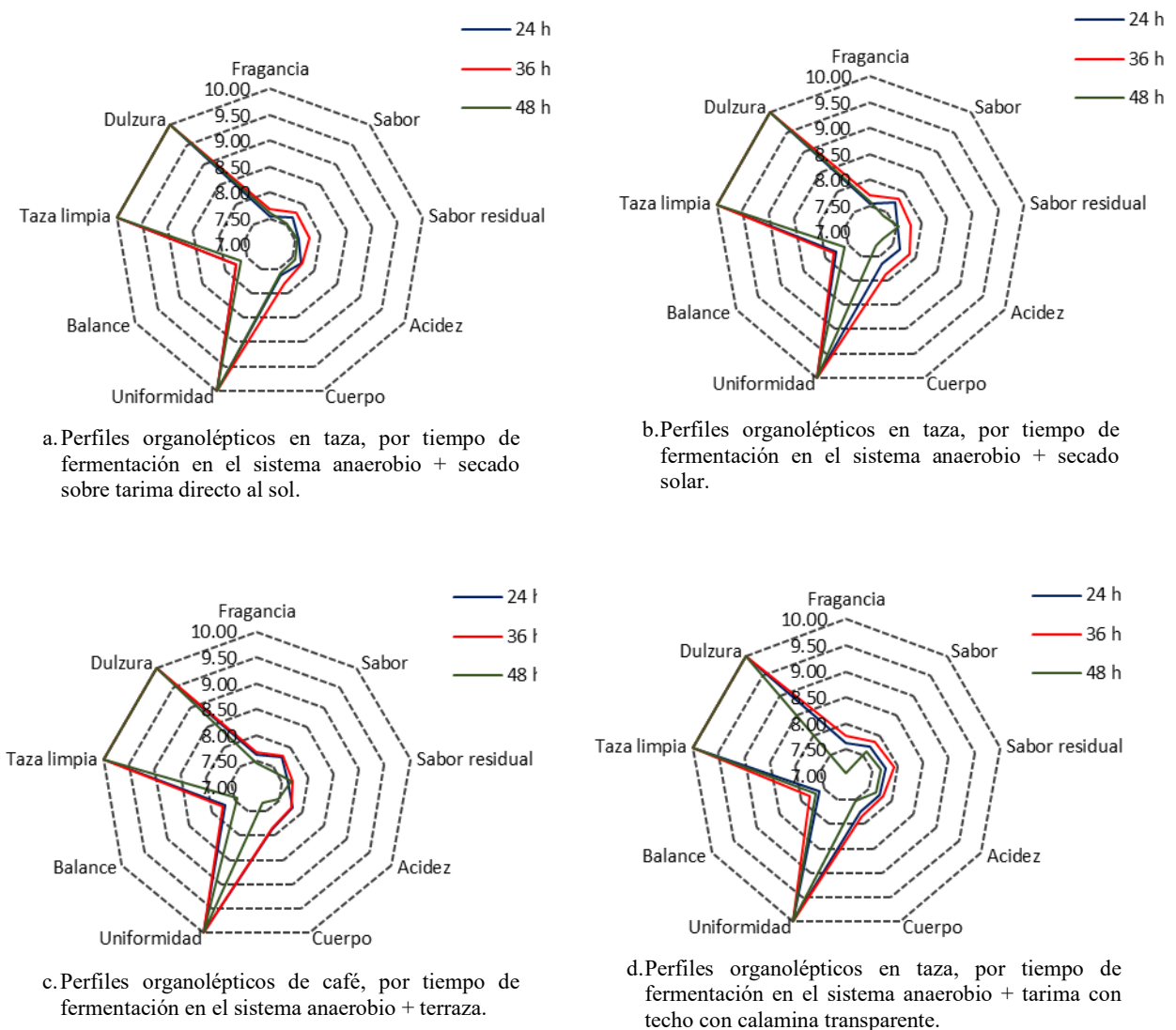


Figura 3. Promedio de diferentes atributos sensoriales para el café procesado bajo el sistema cerrado sólido.

Ahora bien, los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las calificaciones de cuatro catadores en diferentes tratamientos de café, reflejaron diferencias significativas en las calificaciones entre los tratamientos para todos los catadores, con p-valores menores a 0,0025. Esto indica que al menos un tratamiento tiene un efecto significativo en las calificaciones de los catadores. Al observar las medias de los tratamientos, se puede ver que hay variaciones en las calificaciones asignadas por cada catador a los diferentes tratamientos. Por ejemplo, el tratamiento T11 (Sistema AS + secado sobre TTCT por 36 horas de fermentación) tiene la calificación más alta para el Catador 1, mientras que para el Catador 2, el tratamiento T5 (Sistema AS + secado en SS por 36 horas de fermentación) tiene la calificación más alta, estos resultados afirman que los catadores tienen preferencias y percepciones diferentes sobre los tratamientos evaluados (Tabla 15).

Tabla 15. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por tratamiento.

Trat	Catador 1		Catador 2		Catador 3		Catador 4		Prom
	Media	Sig	Media	Sig	Media	Sig	Media	Sig	X
T1	83,25	b	83,83	b	83,58	b	83,83	a	83,62
T2	84,67	a	83,50	b	84,08	a	84,83	a	84,27
T3	83,17	b	82,33	b	82,42	c	82,50	b	82,61
T4	84,17	a	83,67	b	84,92	a	84,50	a	84,32
T5	84,83	a	85,00	a	85,17	a	85,00	a	85,00
T6	82,50	b	82,17	b	82,83	c	82,42	b	82,48
T7	83,58	b	83,67	b	84,42	a	84,25	a	83,98
T8	84,50	a	83,92	b	84,83	a	84,33	a	84,40
T9	82,67	b	82,25	b	82,08	c	83,08	b	82,52
T10	84,50	a	83,25	b	83,83	b	84,58	a	84,04
T11	85,08	a	84,75	a	84,75	a	84,75	a	84,83
T12	82,08	b	82,58	b	82,58	c	83,08	b	82,58
T13	83,83	a	83,17	b	83,33	b	83,92	a	83,56
T14	84,08	a	84,50	a	84,33	a	84,42	a	84,33
T15	84,58	a	82,58	b	82,25	c	82,58	b	83,00
T16	84,00	a	83,17	b	83,75	b	83,83	a	83,69
T17	84,33	a	84,92	a	84,83	a	85,00	a	84,77
T18	82,00	b	82,08	b	82,58	c	82,58	b	82,31
T19	83,83	a	83,92	b	84,25	a	84,17	a	84,04
T20	83,92	a	84,50	a	84,58	a	84,67	a	84,42
T21	83,00	b	82,33	b	81,50	d	82,50	b	82,33
T22	84,25	a	83,00	b	84,33	a	84,33	a	83,98
T23	84,75	a	84,83	a	84,75	a	84,92	a	84,81
T24	81,83	b	82,83	b	83,17	b	82,75	b	82,65
p-valor	<0,0025		<0,0001		<0,0001		<0,0001		

En cuanto a los resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para comparar las calificaciones de cuatro catadores en diferentes tratamientos de café, considerando sistemas aerobio y anaerobio, modos de secado y diferentes tiempos de fermentación (24 h, 36 h, 48 h), Se observó que muestran diferencias significativas en las calificaciones entre los tratamientos para todos los catadores y tiempos de secado, con p-valores menores a 0,05, Esto afirma que al menos un tratamiento tiene un efecto significativo en las calificaciones de los catadores, Al observar las medias de los tratamientos para cada catador, se pueden identificar patrones interesantes, Por ejemplo, para el Catador 1, el sistema anaerobio parece tener calificaciones más altas en general en comparación con el sistema aerobio, Sin embargo, cada catador muestra preferencias y percepciones diferentes (Tabla 16).

Tabla 16. Prueba de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0,05$) de puntaje en taza por *catador*,

		Factores	24 horas	36 horas	48 horas
Catador 1	Sistema Aerobio	TDS	83,25	84,67	83,17
		SS	84,17	84,83	82,50
		T	83,58	84,50	82,67
		TTCT	84,50	85,08	82,08
	Sistema Anaerobio	TDS	83,83	84,08	84,58
		SS	84,00	84,33	82,00
		T	83,83	83,92	83,00
		TTCT	84,25	84,75	81,83
Catador 2	Sistema Aerobio	TDS	83,83	83,50	82,33
		SS	83,67	85,00	82,17
		T	83,67	83,92	82,25
		TTCT	83,25	84,75	82,58
	Sistema Anaerobio	TDS	83,17	84,50	82,58
		SS	83,17	84,92	82,08
		T	83,92	84,50	82,33
		TTCT	83,00	84,83	82,83
Catador 3	Sistema Aerobio	TDS	83,58	84,08	82,42
		SS	84,92	85,17	82,83
		T	84,42	84,83	82,08
		TTCT	83,83	84,75	82,58
	Sistema Anaerobio	TDS	83,33	84,33	82,25
		SS	83,75	84,83	82,58
		T	84,25	84,58	81,50
		TTCT	84,33	84,75	83,17
Catador 4	Sistema Aerobio	TDS	83,83	84,83	82,50
		SS	84,50	85,00	82,42
		T	84,25	84,33	83,08
		TTCT	84,58	84,75	83,08
	Sistema Anaerobio	TDS	83,92	84,42	82,58
		SS	83,83	85,00	82,58
		T	84,17	84,67	82,50
		TTCT	84,33	84,92	82,75

SS: secador solar;
T: terraza;

TDS: sobre tarima directo al sol;
TTCT: tarima con techo con calamina transparente

De manera grafica se presenta el puntaje en taza correspondiente a cada uno de los cuatro catadores en la interacción de los factores, así como el puntaje promedio a partir de la puntuación individual por catador (Figura 4,5,6 y 7),

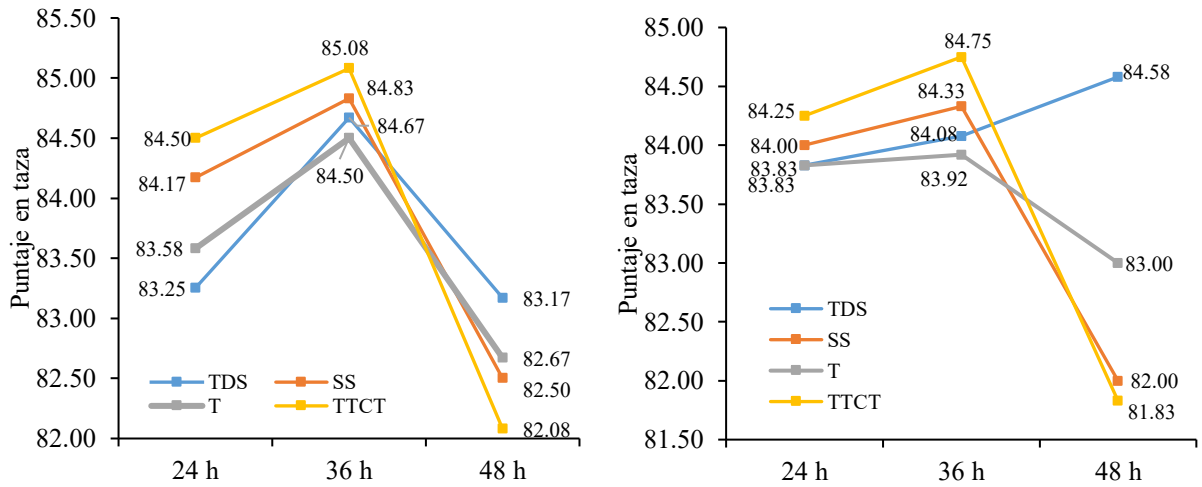


Figura 4, Puntaje en taza – catador 1, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido,

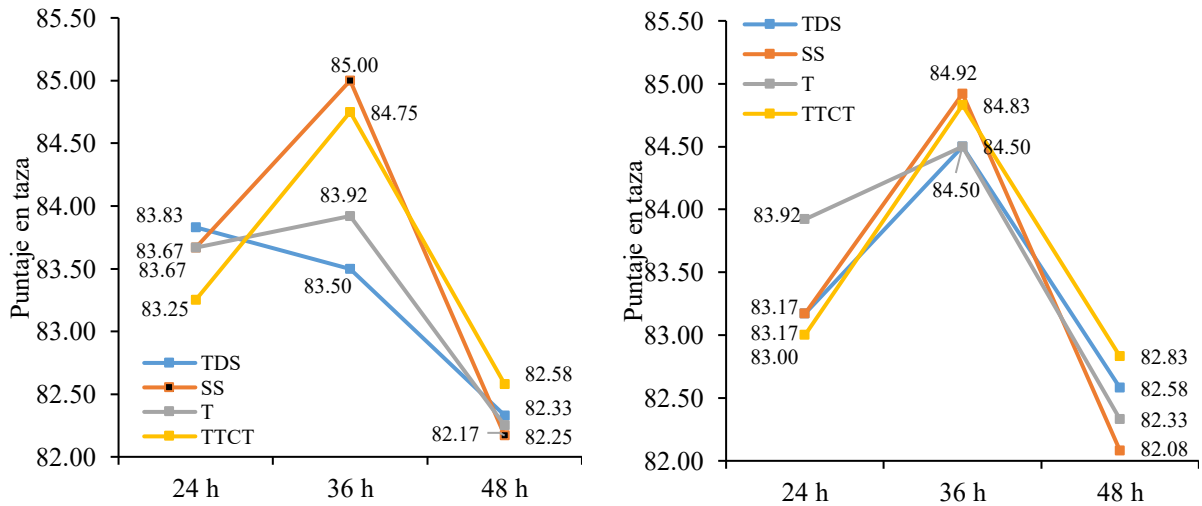


Figura 5, Puntaje en taza – catador 2, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido,

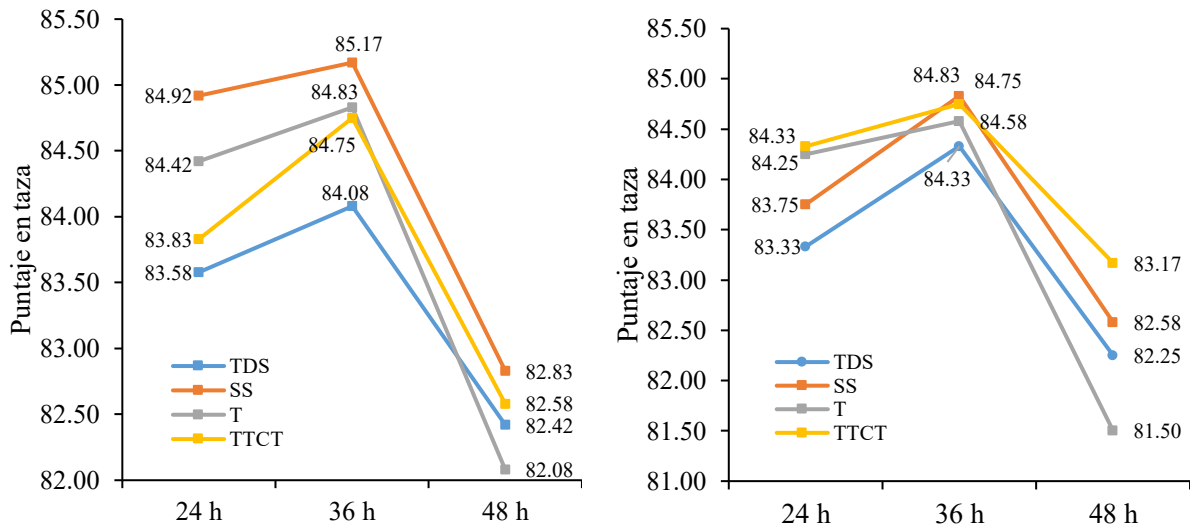


Figura 6, Puntaje en taza – catador 3, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido,

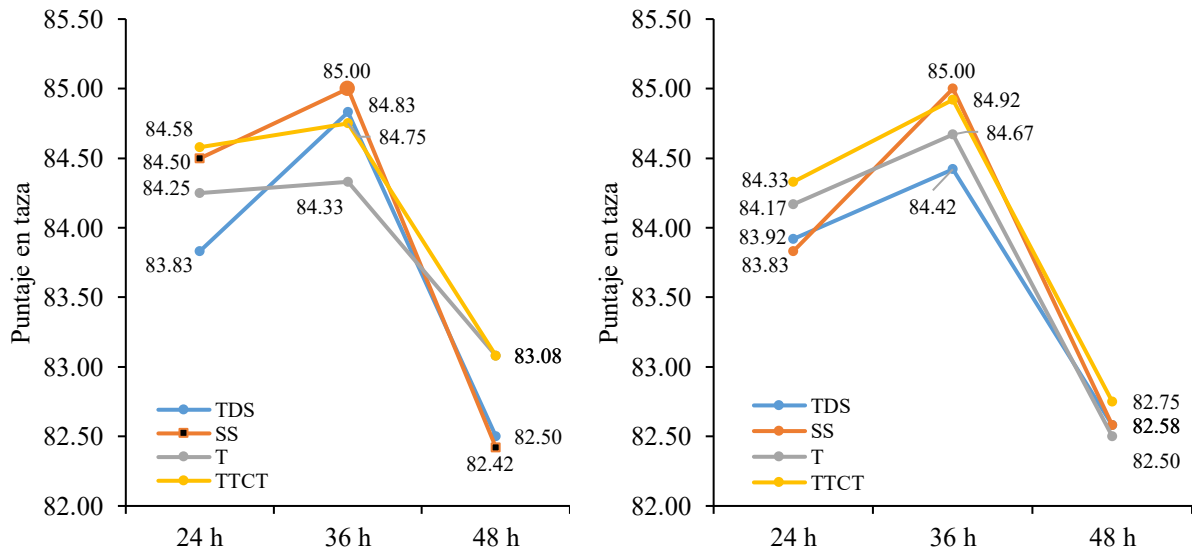


Figura 7, Puntaje en taza – catador 4, sistema abierto sólido y sistema cerrado sólido,

El coeficiente de correlación de Spearman se emplea para evaluar la relación monótonica entre variables ordinales o de intervalo, En este estudio, se calculó para analizar la relación entre la temperatura, los grados Brix, el pH y el puntaje final promedio de tratamientos de café, Los resultados revelaron una correlación positiva y significativa entre la temperatura y los grados Brix con el puntaje final, indicando que un aumento en estos parámetros se relaciona con un mayor puntaje, En contraste, el pH no mostró una correlación significativa, Estos hallazgos sugieren que la temperatura y los grados Brix son factores clave para mejorar la calidad del café, aunque se necesitan más estudios para confirmar estos resultados, Los puntajes finales promedio variaron de 85,00 a 82,31, siendo los tratamientos a2b2c2, a1b4c2 y a2b4c2

los más altos, mientras que a1b1c3, a2b1c3 y a2b3c3 obtuvieron los puntajes más bajos (Tabla 17),

Tabla 17, Medias y coeficiente de correlación de Spearman (*rho*) de la temperatura, grados Brix y pH, con el puntaje final promedio de taza,

Tratamiento	Clave	Temperatura °C	Grados Brix de sólidos solubles (%)	pH	Puntaje final promedio
T5	a2b2c2	22,08	8,02	4,31	85,00
T11	a1b4c2	22,22	7,93	4,31	84,83
T23	a2b4c2	22,09	8,78	4,26	84,81
T17	a1b2c2	22,19	7,50	4,02	84,77
T20	a2b3c2	22,26	7,56	3,92	84,42
T8	a1b3c2	22,06	8,38	3,99	84,40
T14	a2b1c2	22,22	8,68	3,86	84,33
T4	a1b2c1	17,89	13,20	4,70	84,32
T2	a1b1c2	21,75	8,23	4,10	84,27
T10	a2b4c1	18,11	13,53	4,98	84,04
T19	a2b3c1	17,91	13,47	4,71	84,04
T7	a1b3c1	18,43	12,73	4,64	83,98
T22	a1b4c1	18,62	13,08	4,58	83,98
T16	a2b2c1	18,29	13,54	4,42	83,69
T1	a1b1c1	17,91	13,30	4,44	83,62
T13	a2b1c1	18,59	13,39	4,42	83,56
T15	a1b4c3	22,36	6,06	3,41	83,00
T24	a2b4c3	22,41	6,25	3,26	82,65
T3	a1b1c3	22,49	5,92	3,16	82,61
T12	a2b1c3	22,43	6,00	3,47	82,58
T9	a2b3c3	22,65	5,74	3,50	82,52
T6	a1b2c3	22,77	5,69	3,56	82,48
T21	a1b3c3	22,40	6,34	3,46	82,33
T18	a2b2c3	22,16	5,85	3,13	82,31

a₁ = abierto sólido
a₂ = cerrado sólido
b₁ = tarima directo al sol
b₂ = secado solar
b₃ = secado en terraza
b₄ = tarima con techo con calamina transparente
c₁ = 24 horas
c₂ = 36 horas
c₃ = 48 horas

Concretando los resultados del análisis sensorial, se observó que los tratamientos T8 (Sistema AS + secado en terraza por 36 horas de fermentación) y T20 (Sistema CS + secado

en terraza por 36 horas de fermentación) obtuvieron las puntuaciones más altas en general, con un puntaje promedio de 7,92, siendo significativamente superiores a otros tratamientos en la mayoría de los casos, Por otro lado, los tratamientos T12 (Sistema abierto sólido + secado sobre tarima con techo con calamina transparente por 48 horas de fermentación), T21 (Sistema cerrado sólido + secado en terraza por 48 horas de fermentación) y T6 (Sistema abierto sólido + secado en secador solar por 48 horas de fermentación) obtuvieron los puntajes más bajos, con valores en torno a 7,00, En cuanto a los factores establecidos, se observó que el sistema cerrado sólido tuvo un desempeño ligeramente mejor que el sistema abierto sólido, con puntajes promedio más altos en la mayoría de los casos,

El tostado del café fue un proceso crucial que influyó en el aroma y sabor final del café, Esto concuerda que según USAID (2005), afirma que durante el tostado se generan los aromas y sabores característicos del café, siendo los tuestes claros los responsables de producir bebidas suaves en aroma y cuerpo, pero con alta acidez, Respecto a la catación del café fue fundamental para determinar su calidad, Según USAID (2005), confirma que la catación es una prueba de calidad tanto para el comprador como para el productor, ya que permite identificar las características distintivas de cada café y asegurar su consistencia y calidad,

Además, el análisis sensorial del protocolo de puntuación de SCA utilizado, ayudo a calificar la calidad del café en un rango de seis a diez puntos, evaluando aspectos como aroma, fragancia, sabor, cuerpo, acidez, balance, dulzura, uniformidad y taza limpia, Esta metodología proporciona información detallada sobre las cualidades sensoriales del café y su aceptabilidad en el mercado, Quedando demostrado que el proceso de fermentación y secado, así como el tostado, son aspectos críticos que afectan la calidad sensorial del café,

Finalmente, para la calidad sensorial, se observó que todos los tratamientos presentaron puntajes variados en fragancia, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia y dulzura, Estos resultados concuerdan con lo mencionado por USAID (2005) sobre la importancia del tostado en la generación de aroma y sabor, así como con la influencia de los tuestes claros en la suavidad de la bebida y la alta acidez,

V. CONCLUSION

1. El análisis de la calidad física del café mostró que los sistemas de fermentación, métodos de secado y tiempos de fermentación no afectaron significativamente la humedad, peso de la cascarilla y peso del café verde. Sin embargo, el tiempo de fermentación fue el único factor que impactó significativamente el rendimiento del café verde, mientras que el sistema de fermentación y el tipo de secado tuvieron efectos menores o nulos.
2. En el análisis sensorial, los tratamientos T5 y T11 destacaron con las mejores puntuaciones, mientras que T6, T21 y T18 obtuvieron las más bajas. Se observó que el sistema abierto sólido superó ligeramente al sistema cerrado sólido. El proceso de tostado fue crucial para el aroma y sabor final, y la catación permitió evaluar la calidad sensorial, destacando la importancia de la fermentación, secado y tostado en la calidad del café.
3. Finalmente, los resultados en Hermilio Valdizán, Perú, mostraron que los diferentes sistemas de fermentación, tipos de secado y tiempos de fermentación influyeron significativamente en la calidad física y sensorial del café. Aunque un tiempo de fermentación más largo mejora el rendimiento, esto no garantiza una mejor calidad. El sistema de fermentación fue determinante en la calidad del café.

VI. PROPUESTAS A FUTURO

1. Dado que las horas de fermentación impacta significativamente el rendimiento del café verde, se recomienda realizar estudios adicionales para determinar el tiempo óptimo que maximice el rendimiento sin comprometer la calidad sensorial,
2. Se sugiere explorar factores adicionales que puedan influir en la calidad del café, como el tipo de terreno, altitud de la plantación, madurez de los granos al momento de la cosecha, temperatura y humedad durante el secado, y prácticas agronómicas, ya que estos también pueden afectar la calidad,
3. Para futuros estudios similares, se recomienda realizar pruebas de catación con un mayor número de catadores, La prueba de Kruskal-Wallis reveló que algunos catadores fueron más sensibles a las variaciones en los tratamientos que otros, por lo que contar con más catadores permitirá obtener una evaluación más completa del café sobre su perfil sensorial.
4. Se sugiere investigar cómo diferentes métodos de tostado pueden influir en la calidad sensorial del café Catuaí en Hermilio Valdizán, El tostado juega un papel crucial en la calidad del café y podría ser un área de estudio interesante para futuras investigaciones,
5. Se recomienda realizar estudios comparativos entre diferentes variedades de café y métodos de procesamiento para determinar cómo estas variables afectan la calidad física y sensorial, Esto podría incluir variedades como Caturra, Bourbon u otras, y métodos de procesamiento como el lavado, natural o honey,

VII. BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID), 2005, Normas y estándares de catación para la región de Centroamérica, República Dominicana, 30 p.
- Alomia, J; Rojas, D; Perez, L; Estrada, H; Cañari, M; Mamani, G, (2022), Tiempo de fermentación anaeróbica en la calidad de *Coffea arabica L*, var, Catimor con proceso Honey, en Satipo-Perú, *Revista Agrotecnológica Amazónica*, , 2(2).
<https://doi.org/10,51252/raa,v2i2,359>.
- Alarcón, G, 2016, Comportamiento de tres variedades de café (*Coffea arabica L*,) en el valle del Perené, Junín-Perú, [Tesis para optar el título de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria La Molina], Lima, Perú, 120 p.
- Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA), 2013, Specialty Coffee Association of American, Protocols, Disponible em: <http://www,scaa,org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>.
- Besora, J, (2015), Secador solar del café: Informe técnico para la construcción de un secador solar de café, Economía Solidaria y Sostenibilidad Ambiental para el Desarrollo Económico Local en el norte de Cajamarca, Perú – Ingeniería sin fronteras, Cajamarca, Perú, 39 p.
- Camizán Jaramillo, R, E, (2020), Evaluación del tiempo de fermentación de café (*Coffea Arábica L*,), en relación a la calidad organoléptica.
- Cordova, C,; Guerrero, F, 2016, Caracterización De Los Procesos Tradicionales de Fermentación de Café en el Departamento De Nariño, Universidad Mariana, Grupo de investigación GIIDOP, Ingeniera Agroindustrial, MSc, Diseño y Gestión de Procesos, Pasto, Colombia, Vol 14 No, 2 (75-83).
- Cruz, D,; Lopez, E,; Pascual, L, y Battaglia, M, 2010, Guía técnica de construcción y funcionamiento de secadoras solares tipo domo, *Journal of Agriculture and Environment for International Development*, 104 (3-4): 125–138.
- Egas Mínuche, C, M,, Gálvez Flores, R, E,, García Cusicanqui, C, R,, & Granda Sánchez, L, E, (2018), Planeamiento estratégico para el Café en el Perú.
- Fischersworing, B,, y Roskamp R, 2001, Guía para la caficultura ecológica, Tercera edición, Lima, Perú, 153 p.

- Fonseca, S.; Abdala, L.; Ferrero, V.; Pantoja, J., y Torres, A, 2003, Estudio comparativo del secado solar del café en plazoleas tradicionales y ennegrecidas, *Tecnología química*, 23 (3): 48–54.
- Giraldo, J.; Ñigo, C., y Vianchá, Z, 2017, Análisis de buenas prácticas en el proceso de beneficio del café: experiencia de estudio en el municipio de Viotá, *Ingeniería Solidaria*, 13 (22): 121-135.
- Gonzales, W, (2017), Influencia de la edad del Cafeto (*Coffea arabica L.*) var, catimor y tipo de beneficio en la calidad física y organoléptica en Villa Rica. Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María – Perú, 108 p.
- Holdridge, L, 1986, Ecología basada en zonas de vida, San José, Costa Rica, IICA, 216 p,
- Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE), 2006, Manual básico para la preparación de café, Costa Rica, Pp, 5 – 6.
- Integrated Taxonomic Information System (ITIS), 2019, ITIS Report, *Coffea arabica L.*, Número de serie taxonómico: 35190, [En línea]: (<https://goo.gl/Fnu9mP>, documento en línea revisado el 22 de marzo del 2023).
- Lara, R,C,P, 2016, Efecto del proceso de secado en las características físico-químicas y sensoriales de café especial (var, Pacamara), Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras, 43 p.
- La Torre, C, 2003, Programa selva central sabor a café: una experiencia de Desarrollo con pequeños productores cafetaleros de la selva central, DESCO- PERÚ.
- Marcelo López, W, R., Nakamine Higa, E, C., Palomino Reynaga, F, d, S., & Rodriguez Mendoza, G, I, (2018), Planeamiento estratégico para la industria peruana del Café.
- Mejía García, S, M, (2022), Evaluación del secado de café (*Coffea arabica L.*) en diferentes prototipos de secadores solares y su efecto en el tiempo, calidad e inocuidad, en condiciones de Selva Central.
- Melo Pereira, G, V, De, Carvalho Neto, D, P, De, Magalhães Júnior, A, I., Vásquez, Z, S., Medeiros, A, B, P., Vandenberghe, L, P, S., y Soccol, C, R, 2018, Exploring the impacts of postharvest processing on the aroma formation of coffee beans – A review, *Food Chemistry*, Brasil.
- Ministerio de Agricultura y Riego (2018). Plan Nacional de Acción del Café Peruano 2018 – 2030. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/migration/pe/171150f8db2f56991220e159b93803d9910f725a445c153bf9b2f998d2fb8a12.pdf>

- Morales, A,M,A, 2014, Análisis del proceso de beneficiado húmedo de café en fraijanes, Guatemala, Tesis Ingeniero Agrónomo, Guatemala, Universidad Rafael Landívar, 47p.
- Natividad B, Katty G, 2012, "Influencia del tiempo de fermentación en la calidad organoléptica del café en diferentes altitudes Del Distrito De Hermilio Valdizán - Leoncio Prado", Tesis, Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María – Perú,106 p.
- Natividad, R, 2008, Medio Ambiente y Calidad del Café en el ámbito de la Cooperativa Agraria Cafetalera Divisoria Ltda,- Perú, Tingo María - Perú, pág, 16; 72; 79 – 80.
- Natividad, R, 2007, Tecnología de Pos cosecha del Café, En: Cultivos industriales tropicales: Café, Cacao y palma aceitera, Diplomado, Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María - Perú, 115 p.
- Organización de las Naciones Unidas (FAO), Buenas prácticas de higiene en la cadena productiva de café: (CDRom,Coffee - OTA, 2006) ó [En línea]: FAO, (www,coffee-ota.org, CDRom).
- Proyecto Especial Del Alto Huallaga (PEAH), 2002, Dirección del medio ambiente y desarrollo productivo, 111 p.
- Puerta, G, 2015, Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad, Avances técnicos CENICAFÉ N° 454, Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), Manizales, Colombia, 12 p.
- Puerta, G, 2012, Factores, procesos y controles en la fermentación del café, Avances técnicos CENICAFÉ N° 422, Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), Manizales, Colombia, 12 p.
- Puerta, G, I, 2011, Factores de origen y proceso en la calidad y la química del café, Universidad de Córdoba, Caldas – Colombia.
- Puerta, G., & Echeverry, J, 2015, Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad, Manizales: Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ), Obtenido de <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0454.pdf>.
- Rodríguez, C,; Meira, F,; Angelo, M,, y Carvalho, E, 2012, Qualidade do Café Secado em Terreiros com Difertes Pavimentações e Espessuras de Camada, Coffee Science, Lavras, 7(3): 223–237.
- Ramírez, R, J, 2009, Hacia la caficultura sostenible, Instituto del café de Costa Rica, ICAFE, SAN JOSÉ, COSTA RICA, 240 p.

- Santacreo R, Carvalho A., Moraes F,P., Monaco L,C., Arruda H,V, El mejoramiento genético del café en América Central, R,C, “Desafíos de la caficultura centroamericana”, Producción de Café ed, IICA, Costa Rica, 2004, Pág.: 224-286.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), (15 de diciembre del 2021). Boletín hidroclimático regional dirección zonal 10, Huánuco (noviembre 2021). <https://hdl.handle.net/20.500.12542/1702>
- Steiger, D.; Nagai, C.; Moore, P.; Morden, C.; Osgood, R, and Ming, R, 2002, Aflp analysis of genetic diversity within and among *Coffea arabica* cultivars, Theoretical and Applied Genetics, 105 (1): 209-215.
- Vilca, R, 2014, Evaluación de la influencia de parámetros de fermentación en la calidad sensorial del café (*Coffea arábica L.*) del valle de Inambari – Sandia, Tesis para optar título de Ingeniero Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú, 141 p.

ANEXO

Anexo 1, Calificación del café en taza – catador 1,

Trat	Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzura	Puntaje Catador	Puntaje En Taza
T1	7,42	7,58	7,58	7,58	7,58	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	83,25
T2	7,58	7,92	7,75	7,83	7,83	10,00	7,92	10,00	10,00	7,83	84,67
T3	7,50	7,75	7,25	7,50	8,00	10,00	7,92	10,00	10,00	7,25	83,17
T4	7,58	7,75	7,50	7,83	7,83	10,00	7,92	10,00	10,00	7,75	84,17
T5	7,83	7,92	7,83	7,83	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00	7,75	84,83
T6	7,25	7,50	7,83	7,25	7,67	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	82,50
T7	7,67	7,75	7,67	7,25	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,67	83,58
T8	7,75	7,83	7,83	7,58	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,92	84,50
T9	8,00	7,58	7,25	7,50	7,33	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	82,67
T10	7,67	7,75	7,92	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	84,50
T11	7,83	7,92	8,00	7,92	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00	7,75	85,08
T12	7,50	7,92	7,00	7,92	7,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,25	82,08
T13	7,33	7,75	7,75	7,75	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	83,83
T14	7,42	7,75	7,75	7,75	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00	7,75	84,08
T15	7,58	7,75	7,92	7,75	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00	7,75	84,58
T16	7,33	7,75	7,75	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	84,00
T17	7,42	7,92	7,83	7,75	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00	7,75	84,33
T18	7,42	7,50	7,50	7,25	7,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,83	82,00
T19	7,42	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,67	83,83
T20	7,42	7,83	7,67	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,67	83,92
T21	7,50	7,58	7,92	7,50	7,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	83,00
T22	7,42	7,75	7,92	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	84,25
T23	7,58	7,83	8,00	7,92	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00	7,75	84,75
T24	7,17	7,92	7,33	7,92	7,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,00	81,83

Anexo 2, Calificación del café en taza – catador 2,

Trat	Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzura	Puntaje Catador	Puntaje En Taza
T1	7,58	7,75	7,83	7,42	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	83,83
T2	7,67	7,75	7,83	7,42	7,50	10,00	7,83	10,00	10,00	7,50	83,50
T3	7,83	7,25	7,75	7,50	7,75	10,00	7,25	10,00	10,00	7,00	82,33
T4	7,75	7,58	7,75	7,75	7,75	10,00	7,50	10,00	10,00	7,58	83,67
T5	7,75	7,83	7,75	8,00	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00	7,83	85,00
T6	7,25	7,25	7,50	7,67	7,00	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	82,17
T7	7,75	7,50	7,58	7,75	7,75	10,00	7,67	10,00	10,00	7,67	83,67
T8	7,75	7,75	7,67	7,75	7,83	10,00	7,25	10,00	10,00	7,92	83,92
T9	7,33	7,25	7,58	7,50	7,58	10,00	7,50	10,00	10,00	7,50	82,25
T10	7,50	7,75	7,75	7,50	7,25	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	83,25
T11	7,92	7,83	7,75	7,83	7,92	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	84,75
T12	7,33	7,25	7,75	7,50	7,50	10,00	7,75	10,00	10,00	7,50	82,58
T13	7,50	7,50	7,50	7,67	7,50	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	83,17
T14	7,75	7,83	7,75	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,83	84,50
T15	7,50	7,50	7,50	7,50	7,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,58	82,58
T16	7,50	7,58	7,50	7,75	7,50	10,00	7,75	10,00	10,00	7,58	83,17
T17	7,75	7,75	7,75	8,00	8,00	10,00	7,83	10,00	10,00	7,83	84,92
T18	7,58	7,58	7,50	7,33	7,33	10,00	7,50	10,00	10,00	7,25	82,08
T19	7,75	7,75	7,58	7,75	7,75	10,00	7,67	10,00	10,00	7,67	83,92
T20	7,75	7,75	7,75	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,92	84,50
T21	7,33	7,58	7,50	7,83	7,58	10,00	7,25	10,00	10,00	7,25	82,33
T22	7,50	7,50	7,75	7,50	7,50	10,00	7,50	10,00	10,00	7,75	83,00
T23	7,83	7,83	7,92	7,75	7,92	10,00	7,83	10,00	10,00	7,75	84,83
T24	7,00	7,25	7,75	7,75	7,50	10,00	7,75	10,00	10,00	7,83	82,83

Anexo 3, Calificación del café en taza – catador 3,

Trat	Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzura	Puntaje Catador	Puntaje En Taza
T1	7,58	7,75	7,58	7,67	7,58	10,00	7,92	10,00	10,00	7,50	83,58
T2	7,83	7,75	7,75	7,58	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	7,67	84,08
T3	7,58	7,67	7,25	7,58	7,25	10,00	7,33	10,00	10,00	7,75	82,42
T4	7,58	7,92	7,83	7,83	8,00	10,00	8,00	10,00	10,00	7,75	84,92
T5	7,83	7,83	8,00	7,83	7,83	10,00	8,00	10,00	10,00	7,83	85,17
T6	7,33	7,67	7,25	7,67	7,50	10,00	7,67	10,00	10,00	7,75	82,83
T7	7,58	7,75	7,58	7,92	7,92	10,00	8,00	10,00	10,00	7,67	84,42
T8	7,83	7,75	7,67	7,75	7,92	10,00	8,00	10,00	10,00	7,92	84,83
T9	7,50	7,67	7,75	7,33	7,58	10,00	7,00	10,00	10,00	7,25	82,08
T10	7,83	7,83	7,42	7,92	7,50	10,00	7,67	10,00	10,00	7,67	83,83
T11	7,83	7,92	7,92	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	84,75
T12	7,00	7,00	7,83	7,92	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,25	82,58
T13	7,58	7,75	7,50	7,67	7,58	10,00	7,75	10,00	10,00	7,50	83,33
T14	7,83	7,83	7,83	7,67	7,83	10,00	7,67	10,00	10,00	7,67	84,33
T15	7,67	7,00	7,25	7,25	7,58	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	82,25
T16	7,58	7,92	7,42	7,33	8,00	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	83,75
T17	7,92	7,83	7,83	7,83	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,83	84,83
T18	7,50	7,00	7,75	7,00	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	82,58
T19	7,67	7,75	7,58	7,92	7,92	10,00	7,75	10,00	10,00	7,67	84,25
T20	7,83	7,75	7,67	7,75	7,92	10,00	7,75	10,00	10,00	7,92	84,58
T21	7,50	7,00	7,75	7,00	7,25	10,00	7,75	10,00	10,00	7,25	81,50
T22	7,83	7,83	7,67	7,92	7,75	10,00	7,67	10,00	10,00	7,67	84,33
T23	7,83	7,92	7,92	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	84,75
T24	7,00	7,75	7,83	7,75	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,25	83,17

Anexo 4, Calificación del café en taza – catador 4,

Trat	Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzura	Puntaje Catador	Puntaje En Taza
T1	7,75	7,75	7,83	7,58	7,67	10,00	7,50	10,00	10,00	7,75	83,83
T2	7,83	7,92	7,83	7,92	7,58	10,00	7,83	10,00	10,00	7,92	84,83
T3	7,25	7,92	7,75	7,75	7,58	10,00	7,25	10,00	10,00	7,00	82,50
T4	7,75	7,92	7,75	7,75	7,83	10,00	7,50	10,00	10,00	8,00	84,50
T5	7,75	7,83	7,75	7,92	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00	8,08	85,00
T6	7,50	7,50	7,50	7,50	7,67	10,00	7,75	10,00	10,00	7,00	82,42
T7	7,67	7,75	7,58	7,75	7,92	10,00	7,67	10,00	10,00	7,92	84,25
T8	7,92	7,75	7,67	7,83	7,75	10,00	7,25	10,00	10,00	8,17	84,33
T9	7,75	7,75	7,58	7,75	7,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,75	83,08
T10	7,75	7,75	7,75	7,75	7,92	10,00	7,75	10,00	10,00	7,92	84,58
T11	7,75	7,83	7,75	7,92	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	8,00	84,75
T12	7,25	7,50	7,75	7,75	7,92	10,00	7,75	10,00	10,00	7,17	83,08
T13	7,75	7,75	7,50	7,75	7,67	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	83,92
T14	7,75	7,83	7,75	7,75	7,67	10,00	7,75	10,00	10,00	7,92	84,42
T15	7,75	7,83	7,50	7,75	7,25	10,00	7,50	10,00	10,00	7,00	82,58
T16	7,75	7,75	7,50	7,75	7,33	10,00	7,75	10,00	10,00	8,00	83,83
T17	7,75	7,83	7,75	7,92	7,83	10,00	7,83	10,00	10,00	8,08	85,00
T18	7,83	7,50	7,50	7,50	7,00	10,00	7,50	10,00	10,00	7,75	82,58
T19	7,67	7,75	7,58	7,75	7,92	10,00	7,67	10,00	10,00	7,83	84,17
T20	7,67	7,75	7,75	7,83	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	8,17	84,67
T21	7,50	7,50	7,50	7,58	7,00	10,00	7,25	10,00	10,00	8,17	82,50
T22	7,75	7,75	7,75	7,75	7,92	10,00	7,50	10,00	10,00	7,92	84,33
T23	7,75	7,83	7,92	7,83	7,75	10,00	7,83	10,00	10,00	8,00	84,92
T24	7,00	7,50	7,75	7,25	7,75	10,00	7,75	10,00	10,00	7,75	82,75

Anexo 5, Calificación del café en taza promedio de cuatro catadores,

Trat	Fragancia	Sabor	Sabor residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Taza Limpia	Dulzura	Puntaje Catador	Puntaje En Taza
T1	7,58	7,71	7,71	7,56	7,65	10,00	7,73	10,00	10,00	7,69	83,63
T2	7,73	7,83	7,79	7,69	7,67	10,00	7,83	10,00	10,00	7,73	84,27
T3	7,54	7,65	7,50	7,58	7,65	10,00	7,44	10,00	10,00	7,25	82,60
T4	7,67	7,79	7,71	7,79	7,85	10,00	7,73	10,00	10,00	7,77	84,31
T5	7,79	7,85	7,83	7,90	7,88	10,00	7,88	10,00	10,00	7,88	85,00
T6	7,33	7,48	7,52	7,52	7,46	10,00	7,67	10,00	10,00	7,50	82,48
T7	7,67	7,69	7,60	7,67	7,85	10,00	7,77	10,00	10,00	7,73	83,98
T8	7,81	7,77	7,71	7,73	7,83	10,00	7,56	10,00	10,00	7,98	84,40
T9	7,65	7,56	7,54	7,52	7,38	10,00	7,38	10,00	10,00	7,50	82,52
T10	7,69	7,77	7,71	7,75	7,63	10,00	7,73	10,00	10,00	7,77	84,04
T11	7,83	7,88	7,85	7,85	7,83	10,00	7,77	10,00	10,00	7,81	84,83
T12	7,27	7,42	7,58	7,77	7,56	10,00	7,69	10,00	10,00	7,29	82,58
T13	7,54	7,69	7,56	7,71	7,63	10,00	7,75	10,00	10,00	7,69	83,56
T14	7,69	7,81	7,77	7,73	7,79	10,00	7,75	10,00	10,00	7,79	84,33
T15	7,63	7,52	7,54	7,56	7,58	10,00	7,65	10,00	10,00	7,52	83,00
T16	7,54	7,75	7,54	7,67	7,67	10,00	7,75	10,00	10,00	7,77	83,69
T17	7,71	7,83	7,79	7,88	7,88	10,00	7,81	10,00	10,00	7,88	84,77
T18	7,58	7,40	7,56	7,27	7,29	10,00	7,56	10,00	10,00	7,65	82,31
T19	7,63	7,75	7,60	7,79	7,85	10,00	7,71	10,00	10,00	7,71	84,04
T20	7,67	7,77	7,71	7,77	7,83	10,00	7,75	10,00	10,00	7,92	84,42
T21	7,46	7,42	7,67	7,48	7,33	10,00	7,44	10,00	10,00	7,54	82,33
T22	7,63	7,71	7,77	7,75	7,75	10,00	7,60	10,00	10,00	7,77	83,98
T23	7,75	7,85	7,94	7,81	7,83	10,00	7,81	10,00	10,00	7,81	84,81
T24	7,04	7,60	7,67	7,67	7,52	10,00	7,69	10,00	10,00	7,46	82,65

Anexo 6, Formato de evaluación de rendimiento físico (PERHUSA)

PH-FR-CG-CC-09
VERSION 04



ANÁLISIS DE CAFÉ MATERIA PRIMA - FÍSICO - SENSORIAL

Nº 063251

Nº GUÍA: _____ FECHA: _____

TIPO DE CAFÉ: _____ Nº TICKET: _____

PROCEDENCIA: _____ C. SACOS: _____

PROVDAGRIC: _____ C. KG/QQ: _____

ANÁLISIS FÍSICO DE RENDIMIENTO			EVALUACIÓN VISUAL OLFATIVA CAFÉ PERGAMINO	EVALUACIÓN SENSORIAL CARACTERÍSTICA EN TAZA			
	GR	%		INTENSIDAD	ALTA	MEDIA	BAJA
PROD. DE EXP.			CARACTERÍSTICA FÍSICA CAFÉ EN ORO (VERDE)	AROMA			
SUB. PROD.				ACIDEZ			
COCO				SABOR			
CÁSCARA				SABOR RESD.			
IMPUREZAS				UNIFORMIDAD			
TOTAL							

% HUMEDAD		
% CAFÉ MANCHA		
% SOBRE MALLA	15	16
	17	18

TAZA LIMPIA ESTADO DE LA CALIDAD

TAZA CON DEFECTO ACEPTADO

REZACHADO

PTJ.TAZA

CÓDIGO DEL PRODUCTO: _____

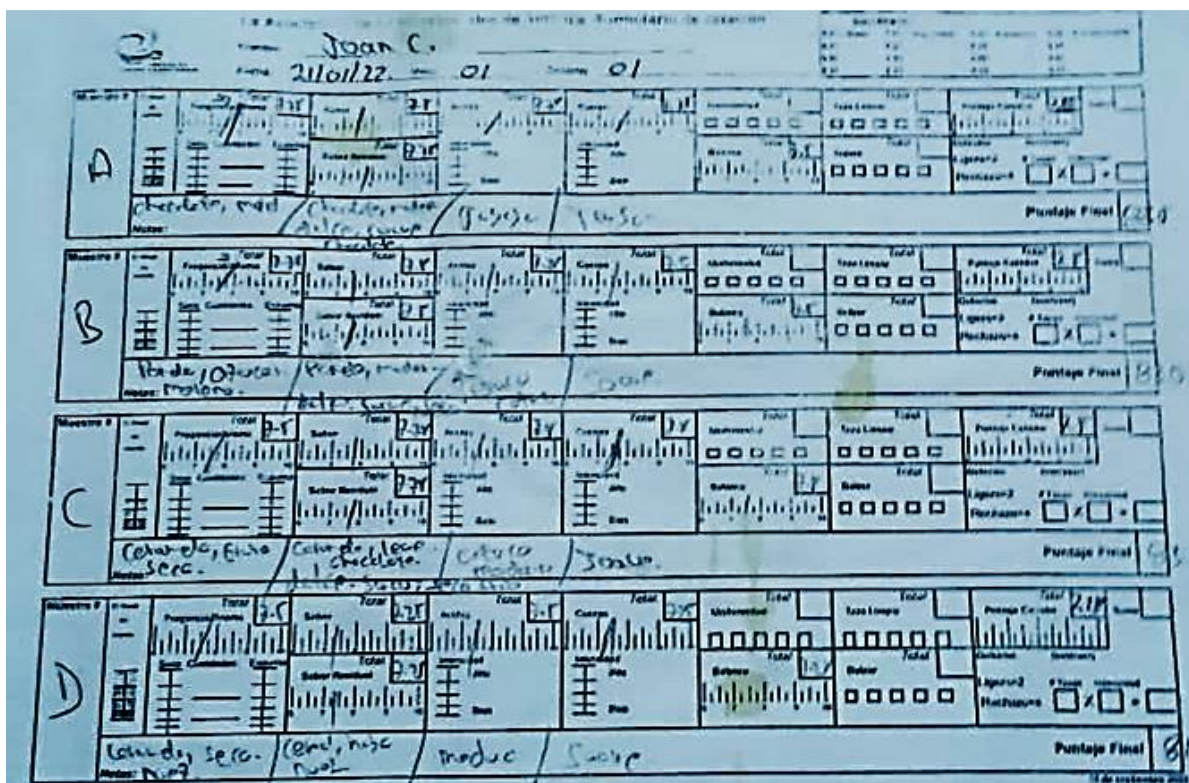
Producto NO conforme: _____

Tratamiento: _____

Observaciones: _____

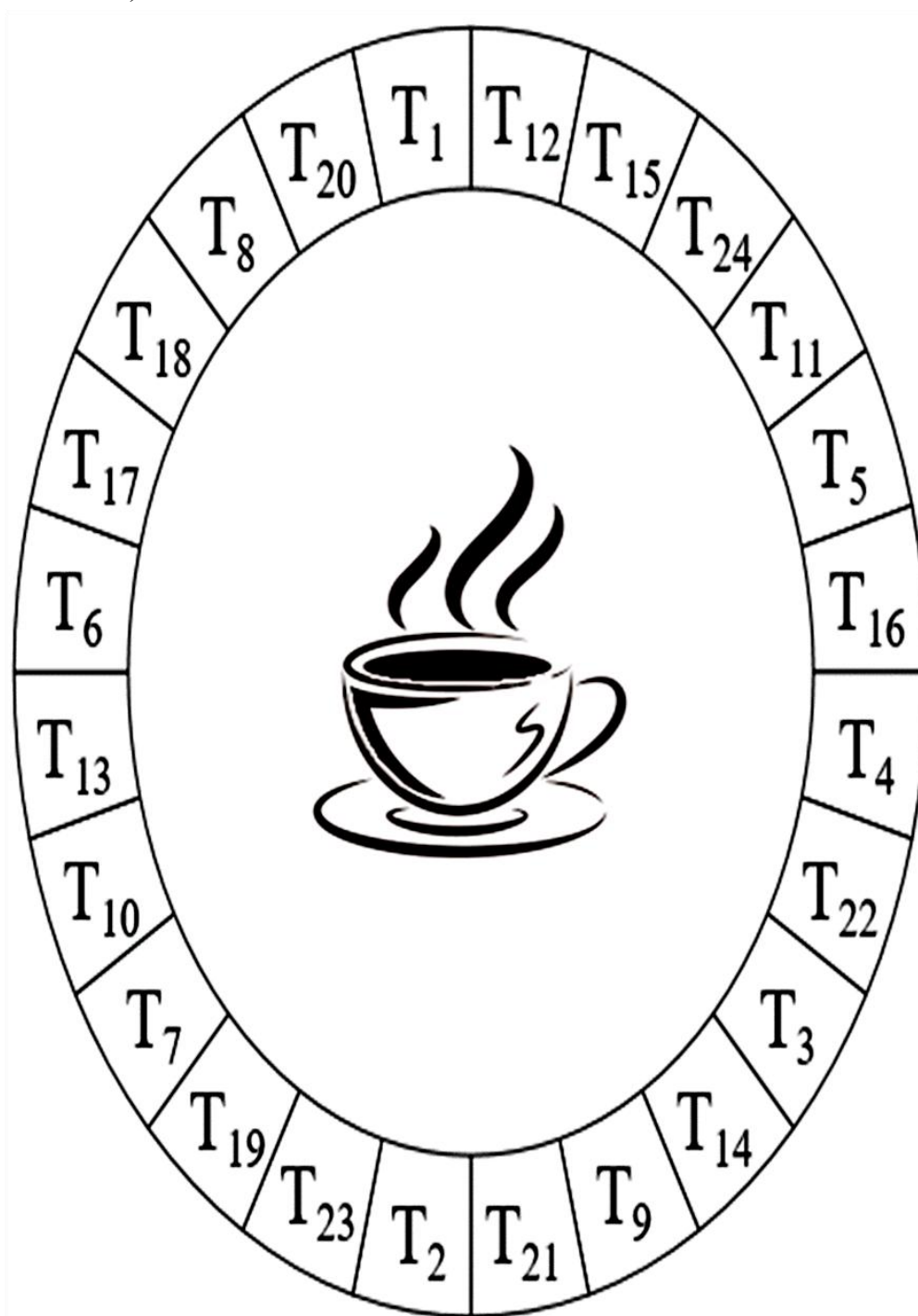
ANALISTA DE CONTROL DE CALIDAD

Anexo 7, Formato de evaluación de calidad en taza según SCA



Handwritten SCA coffee cupping form. The form is filled with data for four samples (A, B, C, D). The evaluator's name is 'Joan C.' and the date is '21/01/22'. The form includes columns for 'Fragrance', 'Flavor', 'Mouthfeel', 'Body', 'Balance', 'Acidity', and 'Sweetness'. Each attribute is evaluated using a scale of 0-10. The final scores for each sample are: A (82), B (80), C (85), and D (81). The form also includes a 'Puntaje Final' column and a 'Total' column. The evaluator's signature and name are visible at the top.

Anexo 8, Distribución al azar de los tratamientos en estudio (tazas con café para el análisis sensorial),



Leyenda:

T1 = a1xb1xc1	T7 = a1xb3xc1	T13 = a2xb1xc1	T19 = a2xb3xc1
T2 = a1xb1xc2	T8 = a1xb3xc2	T14 = a2xb1xc2	T20 = a2xb3xc2
T3 = a1xb1xc3	T9 = a1xb3xc3	T15 = a2xb1xc3	T21 = a2xb3xc3
T4 = a1xb2xc1	T10 = a1xb4xc1	T16 = a2xb2xc1	T22 = a2xb4xc1
T5 = a1xb2xc2	T11 = a1xb4xc2	T17 = a2xb2xc2	T23 = a2xb4xc2
T6 = a1xb2xc3	T12 = a1xb4xc3	T18 = a2xb2xc3	T24 = a2xb4xc3

Anexo 9, Panel Fotográfico,



Figura 8, Cosecha de los cerezos de café en el lugar experimenta,



Figura 9, Diagnóstico de los °brix de los cerezos de la parcela cafetalera,



Figura 10, Selección de cerezos defectuosos, inmaduros hojas e impurezas para el despulpado,



Figura 11, Sistemas de Fermentación – (Abierto Solido, Cerrado Solido)



Figura 12, Parámetro Humedad Relativa (Hr) y Temperatura (°C) del fermentado de café,



Figura 13, lavado y selección de restos de pulpa de café,



Figura 14, Habilitación de tarimas directo al sol,



Figura 15, Habilitación de tarimas con techo de calamina transparente y secador solar,



Figura 16, Secado de café en tarimas con techo de calamina transparente,



Figura 17, Secado de café en secador Solar,



Figura 18, Vista panorámica de la finca cafetalera de la variedad catuái,