

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE AGRONOMÍA Y ZOOTECNIA

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA TROPICAL



TESIS

**INFLUENCIA DE DOS TIPOS DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD
FÍSICA Y SENSORIAL DE TRES VARIEDADES DE CAFETO (*Coffea
arabica L.*) EN EL SECTOR DE BOMBOHUACTANA, DISTRITO DE
QUELLOOUNO - LA CONVENCIÓN - CUSCO**

PRESENTADO POR:

Br. JUAN CARLOS QUISPE HUAMAN

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AGRÓNOMO TROPICAL**

ASEORES:

Dra. CATALINA JIMÉNEZ AGUILAR

Dra. ANALI LIZÁRRAGA FARFÁN

CUSCO – PERÚ

2025



Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

INFORME DE SIMILITUD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-321-2025-UNSAAC)

El que suscribe, el Asesor CATOLINA JIMENEZ AGUILAR.....
..... quien aplica el software de detección de similitud al
trabajo de investigación/tesis titulada: INFLUENCIA DE DOS TIPOS DE FERMENTACIÓN
EN LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DE TRES VARIEDADES DE CAFETO (coffee arabica
L.) EN EL SECTOR DE BOMBOHUICAN, DISTRITO DE QUELLOUNO - LA CONVENCIÓN - CUSCO.

Presentado por: JUAN CARLOS QUISPE HUAMAN..... DNI N° 48040249 ;

presentado por: DNI N°:

Para optar el título Profesional/Grado Académico de INGENIERO AGRÓNOMO TROPICAL.

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software de Similitud, conforme al Art. 6º del *Reglamento para Uso del Sistema Detección de Similitud en la UNSAAC* y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 1 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No sobrepasa el porcentaje aceptado de similitud.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las subsanaciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, conforme al reglamento, quien a su vez eleva el informe al Vicerrectorado de Investigación para que tome las acciones correspondientes; Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de Asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto las primeras páginas del reporte del Sistema de Detección de Similitud.

Cusco, 04 de Diciembre de 2025.....

Firma

Post firma CATOLINA JIMÉNEZ AGUILAR

Nro. de DNI 23936715

ORCID del Asesor 0000-0002-1813-7756

ASESOR2: 0000-0003-2673-5841

Se adjunta:

DNI: 46340155

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.

2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema de Detección de Similitud: oid: 27259-536329461

JUAN CARLOS QUISPE HUAMAN

INFLUENCIA DE DOS TIPOS DE FERMENTACIÓN EN LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DE TRES VARIEDADES DE CA...

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::27259:536329461

169 páginas

Fecha de entrega

4 dic 2025, 10:08 a.m. GMT-5

37.983 palabras

Fecha de descarga

4 dic 2025, 10:11 a.m. GMT-5

214.072 caracteres

Nombre del archivo

TESIS JUAN CARLOS QUISPE HUAMAN.pdf

Tamaño del archivo

5.4 MB

1% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)
- ▶ Trabajos entregados
- ▶ Fuentes de Internet

Fuentes principales

0%	Fuentes de Internet
1%	Publicaciones
0%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi soporte y guía en todo momento y la fortaleza espiritual para tomar buenas decisiones.

Con profundo cariño y afecto a mis padres REGINA Y MAURO, por sus sabios consejos y apoyo en todo momento que me permitieron ser profesional y cumplir las metas en la vida.

Con mucho cariño a mis hermanos Luis, Anibal, Rodrigo, Mariela, por los gratos momentos compartidos en familia. De igual manera a mis amigos y demás familiares que me acompañaron en todo momento.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por proporcionarme una instrucción experta en beneficio de los agricultores del país.

Un agradecimiento especial a mis docentes de la Facultad de Agronomía y Zootecnia a la Escuela Profesional de Agronomía Tropical, que me enseñaron durante mis estudios universitarios y me ayudaron a convertirme en un miembro respetable de la sociedad compartiendo conmigo sus conocimientos.

A mis asesoras Dra. Catalina Jiménez Aguilar Dra. Analí Lizárraga Farfán, por su asesoramiento y constante preocupación en guiarme en la conducción de la presente investigación.

A mis compañeros de la Escuela Profesional de Agronomía, que me ayudaron a terminar esta tesis apoyándome moralmente.

CONTENIDO

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN.....	ix
INTRODUCCIÓN	1
I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Identificación del problema objeto de investigación	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.2.1. Problema general	3
1.2.2. Problemas específicos	3
II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN	4
2.1. Objetivo general.....	4
2.2. Objetivos específicos	4
2.3. Justificación.....	4
III. HIPÓTESIS	6
3.1. Hipótesis general.....	6
3.2. Hipótesis específicas.....	6
IV. MARCO TEÓRICO	7
4.1. Antecedentes de la investigación.....	7
4.1.1. Antecedente internacional	7
4.1.2. Antecedente nacional	9
4.1.3. Antecedente local	11
4.2. Bases teóricas	13
4.2.1. Posición taxonómica del cafeto	13
4.2.2. Morfología	13
4.2.2.1. Raíz	14
4.2.2.2. Hojas	15
4.2.2.3. Tallo	15
4.2.2.4. Flor	15
4.2.2.5. Fruto	16

4.2.3.	Variedades de cafeto	18
4.2.3.1.	Typica.....	18
4.2.3.2.	Catimor.....	18
4.2.3.3.	Bourbon.....	19
4.2.4.	Condiciones edáficas y climáticas	19
4.2.4.1.	Altitud	20
4.2.4.2.	Temperatura	20
4.2.4.3.	Humedad relativa.....	20
4.2.4.4.	Precipitación	21
4.2.5.	Cosecha y beneficio del cafeto	21
4.2.5.1.	Cosecha	21
4.2.5.2.	Beneficio del cafeto	21
4.2.5.3.	Beneficio húmedo.....	22
4.2.5.4.	Beneficio seco.....	22
4.2.5.5.	Despulpado	22
4.2.5.6.	Fermentado	22
4.2.5.7.	Tipos de fermentación	23
4.2.5.8.	Tiempo y temperatura de fermentación	23
4.2.5.9.	Lavado.....	24
4.2.5.10.	Secado	24
4.2.6.	Bacterias involucradas en la fermentación del café	24
4.2.6.1.	Bacterias Ácido-Lácticas (BAL).....	25
4.2.6.2.	Enterobacteriaceae y coliformes	25
4.2.6.3.	Otras bacterias identificadas durante la fermentación.....	26
4.2.6.4.	Ecología bacteriana en la fermentación del café	27
4.2.7.	Calidad física del grano de cafeto	28
4.2.8.	Características sensoriales del cafeto.....	29
4.2.9.	Cafés de especialidad y protocolos de catación	32
4.2.9.1.	Concepto y origen del café de especialidad.....	32
4.2.9.2.	Atributos sensoriales y sistema de puntuación	32
4.2.9.3.	Factores determinantes de la calidad en cafés de especialidad	33
4.2.9.4.	Protocolos de catación y control de calidad.....	33
4.2.9.5.	Tendencias actuales y mercado del café de especialidad	38
4.3.	Enfoque conceptual.....	38

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	43
5.1. Tipo de investigación	43
5.2. Ubicación espacial	43
5.3. Ubicación temporal	44
5.4. Materiales y métodos	44
5.4.1. Material biológico	44
5.4.2. Materiales de campo.....	44
5.4.3. Metodología.....	46
5.4.3.1. Descripción del método	46
5.4.3.2. Aplicación estadística	46
5.4.3.3. Características del área experimental	46
5.4.3.4. Distribución de tratamientos.....	47
5.4.4. Tratamientos a evaluar	48
5.4.5. Descripción de actividades y evaluaciones	49
5.4.5.1. Descripción de actividades para la calidad física	49
5.4.5.2. Evaluaciones para la calidad física.....	59
5.4.5.3. Descripción de actividades para la evaluación sensorial.....	74
5.4.6. Evaluaciones.....	86
5.4.6.1. Calidad física	86
5.4.6.2. Calidad sensorial.....	88
5.5. Identificación de variables	91
5.5.1. Variable independiente.....	91
5.5.2. Variable dependiente.....	92
VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES	93
6.1. Calidad física.....	93
6.2. Calidad sensorial	105
VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS	132
7.1. Conclusiones	132
7.2. Sugerencias	133
VIII. BIBLIOGRAFÍA	136
IX. ANEXOS	143

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Clasificación de la calidad física del grano de cafeto según forma, tamaño y color.</i>	29
Tabla 2. <i>Calidad sensorial de grano de cafeto</i>	31
Tabla 3. <i>Tratamientos experimentales establecidos</i>	48
Tabla 4. <i>Parámetros de calificación de calidad física de café</i>	73
Tabla 5. <i>Escala de atributos sensoriales y clasificación de calidad del café según la SCA.</i>	90
Tabla 6. <i>Escala de calificación para cafés.....</i>	91
Tabla 7. <i>Análisis de varianza del rendimiento físico del grano.</i>	93
Tabla 8. <i>Comparación de medias (Tukey) para el rendimiento físico.</i>	93
Tabla 9. <i>Análisis de varianza del contenido de humedad del grano</i>	95
Tabla 10. <i>Comparación de medias (Tukey) para el contenido de humedad.</i>	95
Tabla 11. <i>Resumen de parámetros de calidad física.....</i>	102
Tabla 12. <i>Análisis de varianza para fragancia/aroma.</i>	105
Tabla 13. <i>Comparación de medias (Tukey) para la fragancia/aroma.</i>	105
Tabla 14. <i>Análisis de varianza para sabor.....</i>	107
Tabla 15. <i>Comparación de medias (Tukey) para sabor.</i>	107
Tabla 16. <i>Análisis de varianza para sabor residual.</i>	109
Tabla 17. <i>Comparación de medias (Tukey) para sabor residual.</i>	110
Tabla 18. <i>Análisis de varianza para acidez.....</i>	112
Tabla 19. <i>Comparación de medias (Tukey) para acidez.</i>	112
Tabla 20. <i>Análisis de varianza para cuerpo.</i>	114
Tabla 21. <i>Comparación de medias (Tukey) para cuerpo.</i>	114
Tabla 22. <i>Análisis de varianza para balance.</i>	117
Tabla 23. <i>Comparación de medias (Tukey) para balance.</i>	118
Tabla 24. <i>Análisis de varianza para puntuación de catador.</i>	123
Tabla 25. <i>Comparación de medias (Tukey) para puntuación de catador.</i>	123
Tabla 26. <i>Análisis de varianza puntuación global de catador.</i>	127
Tabla 27. <i>Comparación de medias (Tukey) para puntuación global de catador.</i>	127
Tabla 28. <i>Resumen de atributos de calidad organoléptica.</i>	129
Tabla 29. <i>Puntuaciones originales de atributos sensoriales (Catador 1).</i>	152
Tabla 30. <i>Puntuaciones originales de atributos sensoriales (Catador 2).</i>	153
Tabla 31. <i>Puntuaciones originales de atributos sensoriales (Catador 3).</i>	154

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Morfología del cafeto</i>	14
Figura 2. <i>Partes de la cereza del café</i>	17
Figura 3. <i>Distribución de tratamientos</i>	48
Figura 4. <i>Flujograma de actividades para la evaluación de la calidad física, bajo fermentación aeróbica</i>	49
Figura 5. <i>Flujograma de actividades para la evaluación de la calidad física, bajo fermentación anaeróbica</i>	50
Figura 6. <i>Flujograma de proceso de obtención de grano oro verde</i>	60
Figura 7. <i>Flujograma de proceso de actividades para la evaluación sensorial</i>	74
Figura 8. <i>Rendimiento físico (%) del grano oro verde por tratamiento</i>	94
Figura 9. <i>Contenido de humedad (%) del grano oro verde</i>	96
Figura 10. <i>Distribución porcentual de formas del grano</i>	97
Figura 11. <i>Clasificación porcentual del tamaño de grano</i>	99
Figura 12. <i>Distribución porcentual del color de grano</i>	101
Figura 13. <i>Fragancia/aroma promedio del café según tratamiento</i>	106
Figura 14. <i>Sabor promedio según tratamiento</i>	108
Figura 15. <i>Calificación promedio de sabor residual</i>	111
Figura 16. <i>Calificación promedio de acidez</i>	113
Figura 17. <i>Calificación promedio de cuerpo</i>	115
Figura 18. <i>Calificación promedio de uniformidad</i>	116
Figura 19. <i>Calificación promedio de balance</i>	118
Figura 20. <i>Calificación promedio de tasa limpia</i>	120
Figura 21. <i>Calificación promedio de dulzor</i>	121
Figura 22. <i>Calificación promedio de puntaje de catador</i>	124
Figura 23. <i>Características sensoriales y puntaje de taza por tratamiento</i>	125
Figura 24. <i>Calificación promedio global de catacion</i>	128

RESUMEN

La investigación titulada “Influencia de dos tipos de fermentación en la calidad física y sensorial de tres variedades de cafeto (*Coffea arabica L.*) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno – La Convención – Cusco” evaluó el efecto de la fermentación aeróbica y anaeróbica en las variedades Typica, Catimor y Bourbon. Se empleó un enfoque metodológico mixto, con un diseño experimental-descriptivo completamente al azar bajo un arreglo factorial 2×3 y tres repeticiones por tratamiento. Cada variedad fue procesada con 50 kg de cereza fresca en condiciones controladas.

En la calidad física, el rendimiento en grano oro fue el atributo más importante. Catimor obtuvo el valor más alto (84.15 %), mostrando gran eficiencia en el aprovechamiento del grano debido a sus características genéticas. Otros parámetros, como humedad, forma y color, presentaron variaciones sin afectar la clasificación final. En la calidad sensorial, el puntaje global fue el principal indicador. Catimor con fermentación aeróbica alcanzó 84.78 puntos y con fermentación anaeróbica 84.33 puntos, siendo ambos considerados cafés de “muy buena calidad”. Todos los tratamientos lograron puntajes máximos en taza limpia y dulzor, reflejando un adecuado manejo poscosecha.

Se concluye que tanto el tipo de fermentación como la variedad influyen significativamente en la calidad del café, especialmente en sus atributos sensoriales. La combinación de Catimor y fermentación aeróbica se destacó como la más eficiente para mejorar rendimiento y calidad en taza, representando una opción favorable para la producción de cafés especiales.

Palabras clave: *Coffea arabica*, Fermentación aeróbica, Fermentación anaeróbica, Calidad sensorial.

INTRODUCCIÓN

La fermentación constituye una etapa determinante en el procesamiento del café, al incidir de manera directa en la expresión de atributos sensoriales y físicos del grano. Durante este proceso poscosecha, tienen lugar diversas reacciones bioquímicas, particularmente la degradación del mucílago por acción microbiana, que modifican características clave como el aroma, la acidez, el cuerpo y la dulzura del café. En zonas de alta vocación cafetalera como la provincia de La Convención, reconocida por la producción de cafés especiales.

Actualmente, los métodos de fermentación más empleados son el aeróbico y el anaeróbico. La fermentación aeróbica se realiza en contacto con oxígeno, lo que permite una degradación más rápida y controlada del mucílago, dando lugar a perfiles de taza equilibrados. Por otro lado, la fermentación anaeróbica, al desarrollarse en ambientes sin oxígeno, puede intensificar ciertas notas sensoriales, particularmente la acidez y el aroma. No obstante, la escasa información técnica disponible sobre las condiciones óptimas para cada tipo de fermentación genera variabilidad en la calidad final del producto. La correcta elección del método fermentativo puede marcar la diferencia entre un café convencional y uno de especialidad. En este contexto, resulta pertinente evaluar cómo inciden ambos tipos de fermentación en la calidad del café producido localmente, considerando además el efecto de la variedad.

La presente investigación tiene como finalidad evaluar la influencia de dos tipos de fermentación en la calidad física y sensorial de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica* L.) cultivadas en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno, La Convención – Cusco. Los resultados permitirán a los caficultores en la adopción de prácticas poscosecha más eficientes, contribuyendo a la mejora de la calidad del café, su valorización comercial y la consolidación de la región como referente en cafés especiales.

El autor

I. PROBLEMA OBJETO DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación del problema objeto de investigación

El cultivo del cafeto constituye una de las principales actividades agrícolas de la provincia de La Convención, no solo por su extensión cultivada, sino por su importancia económica y social. En esta región se cultivan diversas variedades de *Coffea arábica*, entre las que destacan Catimor, Typica, Bourbon, Geisha, Caturra y Limaní, adaptadas exitosamente a las condiciones agroecológicas locales. La altitud, los microclimas y los suelos característicos de esta zona favorecen la producción de cafés especiales con atributos organolépticos altamente valorados en el mercado.

No obstante, a pesar del potencial genético y ambiental existente, la calidad final del café producido en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno, se ve frecuentemente afectada por deficiencias en el manejo poscosecha. Muchos productores realizan el despulpado sin un control técnico adecuado del proceso fermentativo; además, suelen mezclar variedades distintas en un mismo lote y procesar cosechas de días diferentes de manera conjunta. Estas prácticas inadecuadas durante la fermentación, etapa crítica para la expresión sensorial del café, generan una pérdida sustancial en la calidad del grano, lo que limita su competitividad y reduce su precio de venta.

Frente a esta problemática, resulta necesario generar evidencia científica que permita conocer el impacto real de los métodos fermentativos en la calidad física y sensorial del café, con el fin de orientar a los caficultores hacia una mejora técnica en sus procesos. Por ello, se plantea la presente investigación, centrada en la comparación de dos tipos de fermentación (aeróbica y anaeróbica), aplicadas a tres variedades de cafeto cultivadas en la zona, con el objetivo de optimizar la calidad del producto y potenciar su valorización en mercados especializados.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál será la influencia de dos tipos de fermentación en la calidad física y sensorial de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica* L.) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención - Cusco?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál será la influencia de dos tipos de fermentación en la calidad física de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica* L.) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención -Cusco?
- ¿Cuál será la influencia de dos tipos de fermentación en la calidad sensorial de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica* L.) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención -Cusco?

II. OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

2.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de dos tipos de fermentación en la calidad física y sensorial de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica L.*) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención - Cusco.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar la influencia de dos tipos de fermentación en la calidad física de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica L.*) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención - Cusco.
- Evaluar la influencia de dos tipos de fermentación en la calidad sensorial de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica L.*) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención - Cusco.

2.3. Justificación

La presente investigación encuentra su fundamento en cuatro dimensiones interrelacionadas: económica, social, ambiental y científica; cada una de ellas aporta una razón sólida para la ejecución y pertinencia del estudio.

— A nivel económico: la optimización de los procesos de fermentación del café en el sector de Bombohuactana representa un mecanismo eficaz para incrementar el valor agregado del producto, al permitir la obtención de granos con atributos sensoriales superiores y mayor estabilidad física. Una fermentación controlada y técnicamente comprendida se traduce en cafés diferenciados, capaces de acceder a nichos de mercado especializados, donde la trazabilidad, la calidad y la sostenibilidad son factores decisivos. Este acceso no solo incrementa los ingresos del productor, sino que refuerza la competitividad regional, dinamiza el comercio local y consolida una cadena de valor más justa y sostenible, que repercute positivamente en la economía cafetalera de La Convención.

- A nivel social, la producción de cafés especiales de alta calidad fortalece la cohesión comunitaria, ya que promueve el intercambio de saberes entre productores, catadores y técnicos. Este proceso de aprendizaje colectivo refuerza la identidad cultural vinculada a la caficultura, generando orgullo por el trabajo agrícola y revalorizando los conocimientos tradicionales heredados. Asimismo, el fortalecimiento de las capacidades locales a través de la transferencia tecnológica en fermentación contribuye a la inclusión de jóvenes y mujeres en la actividad cafetalera, asegurando la continuidad generacional del cultivo y el bienestar de las familias rurales.
- A nivel ambiental, el manejo responsable del proceso poscosecha constituye un pilar esencial de la sostenibilidad agroecológica. La adecuada gestión de los subproductos de la fermentación (como las mieles y la pulpa de café) evita la contaminación de suelos y cuerpos de agua, preservando la integridad de los ecosistemas locales. La aplicación de prácticas sostenibles, tales como la reutilización de residuos orgánicos en la elaboración de compost o bioinsumos, contribuye al cierre de ciclos productivos y a la conservación de los recursos naturales. En consecuencia, la investigación promueve un modelo de producción cafetalera más limpio, resiliente y respetuoso con el medio ambiente.
- A nivel de investigación, este estudio reviste una alta relevancia científica, pues constituye un aporte tangible al conocimiento sobre los procesos de fermentación del café y su influencia en la calidad física y sensorial del grano. Los resultados obtenidos permitirán sustentar futuras investigaciones en biotecnología aplicada al café, así como optimizar las prácticas de poscosecha mediante enfoques basados en evidencia. De igual modo, la información generada servirá como herramienta técnica para los caficultores y extensionistas, fortaleciendo la toma de decisiones productivas, mejorando la gestión de la calidad y consolidando el posicionamiento del café de La Convención como un referente de excelencia en el contexto nacional e internacional.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis general

La influencia de dos tipos de fermentación en la calidad física y sensorial en tres variedades de cafeto (*Coffea arábica L.*) en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención -Cusco, mostrarán diferencias significativas entre los tratamientos

3.2. Hipótesis específicas

- Existen diferencias significativas en la calidad física de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica L.*) debido a dos tipos de fermentación en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención – Cusco.
- Existen diferencias significativas en la calidad sensorial de tres variedades de cafeto (*Coffea arábica L.*) debido a dos tipos de fermentación en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno - La Convención – Cusco.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Antecedentes de la investigación

4.1.1. Antecedente internacional

Puerta (1998), en su trabajo titulado “*Calidad de las variedades de Coffea arabica L. cultivadas en Nariño – Colombia*”, evaluó cinco variedades: Typica, Caturra, Bourbon y Colombia (fruto rojo y amarillo), con el objetivo de analizar la calidad de bebida y las características sensoriales como aroma, acidez, amargor, cuerpo e impresión global. En los resultados sensoriales, el aroma, el amargor y el cuerpo no mostraron diferencias estadísticas significativas entre variedades, con calificaciones entre 7.2 y 7.4, consideradas como muy buenas y equilibradas. La variedad Bourbon destacó en amargor, seguida por Caturra y Colombia. Sin embargo, en la intensidad del aroma del café molido se hallaron diferencias significativas, especialmente entre Typica y las variedades Colombia y Caturra de distintas procedencias, que alcanzaron puntuaciones entre 7.0 y 7.5. En cuanto a la acidez, todas las variedades estuvieron dentro del rango deseable (7.0 a 7.6), siendo Colombia rojo y Caturra de Chinchiná las mejores clasificadas, mientras que Typica obtuvo la menor puntuación, aunque sin comprometer su aceptabilidad. Finalmente, la impresión global mostró diferencias significativas entre la variedad Colombia de fruto rojo y Typica, resaltando la influencia varietal sobre la calidad en taza.

Caballero (2016), en su estudio titulado “*Relación del tipo de fermentación con la calidad física y de taza del café*” desarrollado en Chiapas, México, tuvo como objetivo evaluar la calidad física del grano y el perfil sensorial de la bebida en cafés procesados mediante fermentación natural y sus variantes, utilizando levadura y filtrado de mucílago (FM) como agentes fermentativos. Se trabajó con la variedad Bourbon (*Coffea arabica* L.), recolectada selectivamente y sometida a beneficiado húmedo. Durante la fermentación, se registró un incremento del pH y una disminución de los sólidos solubles totales. Los tratamientos con levadura al 15 % (T4) y FM al 25 % (T5) mostraron mayor rendimiento del grano, así como

tiempos reducidos para la eliminación del mucílago: 15 y 16 horas respectivamente, frente a las 20 horas requeridas por la fermentación natural (T1). En cuanto a la calidad sensorial, los tratamientos T4 y T5 alcanzaron calificaciones globales de 83 puntos, superiores al tratamiento convencional, además de presentar menor incidencia de defectos físicos. El tratamiento T4, particularmente, logró una degradación eficiente del mucílago en menor tiempo, lo que se tradujo en una bebida de alta calidad y mayor limpieza en taza.

Latorre (2006), en su trabajo titulado “*Evaluación de la calidad sensorial y física del café especial en diferentes altitudes*”, desarrollado en La Paz, Bolivia, tuvo como objetivo evaluar el impacto de la altitud sobre la calidad física y sensorial del café especial boliviano, comparando cataciones y análisis físicos realizados en diversas ciudades, con el fin de determinar si la altura de La Paz influye en las características del grano y de la bebida. El estudio se centró en los cafés provenientes de los Yungas de La Paz, zona que concentra el 90 % de la producción cafetalera del país. Se analizaron los diez cafés bolivianos mejor valorados en la competencia Taza de Excelencia 1004, mediante cataciones realizadas en Coroico, Santa Cruz y La Paz. Los puntajes promedio obtenidos fueron de 87.25, 87.10 y 87.05, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas, lo cual evidencia una estabilidad sensorial independientemente de la altitud de evaluación. En cuanto a la calidad física, los granos presentaron niveles de humedad entre 10.5 % y 11.2 %, dentro de los estándares internacionales, y una excelente granulometría, con más del 95 % de los granos retenidos en mallas superiores al número 16. No se registraron defectos primarios y los defectos secundarios fueron mínimos. Los resultados permitieron concluir que la altitud de La Paz no afecta negativamente la calidad sensorial ni física del café, y que las evaluaciones realizadas a esta altura mantienen validez técnica comparable a las efectuadas en ciudades de menor altitud.

4.1.2. Antecedente nacional

Camizan (2020), en su investigación titulada “*Evaluación del tiempo de fermentación de café*”, desarrollada en Lambayeque , Perú, tuvo como objetivos determinar cuál de las variedades Catimor y Catuai presentaba un mejor perfil organoléptico, y establecer el promedio de análisis físico de exportación y el porcentaje de humedad de los granos. El estudio se basó en un diseño sensorial riguroso, utilizando granos tostados a 215 °C hasta alcanzar un color de tostado entre ligero y medio ligero, medido según la escala AGTRON/SCAA (grano: 58–63; molido: 55–65), con un tiempo de tostado de 8 a 12 minutos. Las muestras reposaron al menos ocho horas en condiciones controladas (en bolsas herméticas, ambiente oscuro, seco y fresco) antes de la catación. Para esta, se emplearon 8.25 gramos de café por cada 150 mililitros de agua a 93 °C, molido medio, siguiendo estrictamente el protocolo de la SCAA. Los resultados revelaron que la calidad sensorial varió significativamente con el tiempo de fermentación, siendo posible identificar un rango óptimo para cada variedad. Asimismo, los niveles de humedad estuvieron dentro de parámetros aceptables para exportación, lo que validó el beneficio húmedo aplicado. En conclusión, el estudio destacó que la gestión adecuada del tiempo de fermentación influye de forma directa en la calidad física y sensorial del café, reafirmando su importancia en la producción de cafés especiales en la región norte del país.

Huamán (2022), en su investigación titulada “*Calidad física, microbiológica y sensorial del café pergamino (*Coffea arabica* L.) en tres prototipos de secadores en Selva Central*”, desarrollada en Huancayo – Perú, evaluó el efecto de distintos métodos de secado sobre la calidad del café pergamino. Se compararon tres versiones de secadores solares tipo invernadero; prototipo A (invernadero simple), prototipo B (con extractor de aire) y prototipo C (con extractor y calefactores), frente al secado tradicional en tendal, con el objetivo de determinar el tiempo de secado, la humedad final y los atributos físicos, sensoriales y microbiológicos del grano. Los resultados indicaron que los tiempos de secado variaron significativamente: 54 h (C), 58 h (B),

112 h (A) y 124 h (tradicional), alcanzando una humedad final promedio de 11,72 %. Los prototipos B y C, alimentados por energía solar, permitieron controlar la temperatura interna hasta 50 °C, mejorando la eficiencia del proceso. El análisis físico mostró que más del 95 % del café verde oro fue retenido en mallas superiores a la N.º 15, cumpliendo con los estándares de la SCAA; además, no se registraron defectos primarios en los prototipos B y C. En cuanto al análisis sensorial, los puntajes fueron 84,25 (C), 83,50 (B), 82,00 (A) y 79,50 (tradicional), clasificándose como cafés de grado Q "muy bueno" y "bueno", según la escala SCAA. Asimismo, el análisis microbiológico confirmó niveles inocuos en todos los tratamientos, destacando el prototipo C por su eficacia en preservar la calidad integral del café pergamino.

Chávez (2019), en su investigación titulada "*Evaluación de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de granos de café verde oro (*Coffea arabica* L.) de diferentes zonas de Leoncio Prado*", desarrollada en Huánuco, Perú, con el objetivo comparar la calidad integral del café verde oro procedente de distintas altitudes, baja (800–1200 msnm), media (1201–1500 msnm) y alta (1501–1850 msnm), a través de análisis físicos, fisicoquímicos, sensoriales y térmicos. Los resultados evidenciaron que los granos de la zona baja presentaron mayor número de defectos físicos, especialmente granos negros, brocados e inmaduros. En contraste, los cafés de zonas altas y medias destacaron por una mejor calidad física y menor incidencia de defectos. A nivel fisicoquímico, la humedad promedio fue de 11,29 %, mientras que la acidez más baja se registró en la zona alta (1,14 mL NaOH/g), y la mayor concentración de sólidos solubles se encontró en la zona baja (29,75 %). En la evaluación sensorial, las zonas alta y media obtuvieron puntajes superiores a 83 y 81 puntos respectivamente, clasificándose como cafés de especialidad según la SCAA. Además, se identificaron correlaciones altas entre atributos sensoriales clave como sabor, posgusto y acidez. El análisis térmico (TG y DTG) determinó que el rango crítico de degradación térmica durante el tostado se encuentra entre los 203 °C y 236 °C. Estos hallazgos

evidencian que la altitud influye significativamente en la calidad integral del café, siendo las zonas altas las más favorables para obtener cafés de alta especialidad.

4.1.3. Antecedente local

Márquez (2020), en su investigación titulada “*Evaluación de la calidad física y sensorial de cafés de las variedades Catimor y Typica en la región de Cirialo*”, realizada en el distrito de Quillabamba, provincia de La Convención – Cusco, tuvo como finalidad caracterizar la calidad del café producido en esta microcuenca, aplicando la metodología oficial de la Specialty Coffee Association of America (SCAA) para determinar su potencial como café especial. El estudio consideró 90 muestras correspondientes a las variedades Catimor y Typica, las cuales fueron sometidas a una cosecha selectiva, seguidas de un beneficiado húmedo tradicional (fermentación el mismo día, lavado con agua limpia y secado solar en mallas). Los resultados físicos mostraron un rendimiento promedio del 81,11 %, humedad de 11,63 %, densidad aparente de 741,00 g/L y un contenido de cascarilla de 16,36 %. La incidencia de defectos fue baja (1,97 %), lo que evidencia una adecuada calidad física del grano. En el análisis sensorial, los cafés evaluados alcanzaron un puntaje promedio de 82,17 puntos, destacando atributos como aroma (7,56), sabor (7,51), acidez (7,54), cuerpo (7,48), balance (7,34) y una calificación perfecta en uniformidad, dulzura, limpieza de taza y evaluación global. Estos resultados permitieron clasificar a los cafés de Cirialo dentro de la categoría “Premium”, con alto valor comercial en el mercado de cafés especiales.

Cárdenas (2017), en su estudio titulado “*Evaluación física y organoléptica de tres variedades de café (*Coffea arabica* L.) con cuatro tiempos de fermentación en tres pisos altitudinales del distrito Santa Ana – La Convención – Cusco*”, tuvo como propósito analizar el efecto combinado de la variedad de cafeto, los tiempos de fermentación y la altitud sobre la calidad física y sensorial del grano. La investigación incluyó tres variedades (Catimor Rojo, Catimor Amarillo y Typica), sometidas a cuatro tiempos de fermentación (0, 12, 18 y 24 horas)

en tres pisos altitudinales (1280, 1480 y 1738 m s. n. m.). Se evaluaron indicadores físicos como porcentaje de exportación, descarte, cascarilla y número de defectos, así como atributos sensoriales según protocolo SCAA: fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, sabor residual, balance, dulzura, uniformidad, taza limpia y puntaje del catador. Los resultados mostraron que el tiempo de fermentación no generó diferencias significativas en la calidad del café; sin embargo, la variedad Catimor Rojo destacó de manera consistente en todos los pisos altitudinales, presentando mejores puntajes tanto en atributos físicos como sensoriales, especialmente en fragancia/aroma, sabor, acidez y balance. Este comportamiento evidenció su mayor adaptabilidad y potencial para la producción de cafés especiales en el distrito de Santa Ana.

Rojas (2017), en su estudio titulado “*Evaluación física y organoléptica de tres variedades de café (*Coffea arabica* L.) con cuatro tiempos de fermentación, en tres pisos altitudinales de la zonal de Palma Real, Echarate – La Convención – Cusco*”, tuvo como finalidad analizar el efecto de la variedad, el tiempo de fermentación, la altitud y el tipo de beneficio sobre la calidad física y sensorial del café. La investigación consideró tres variedades (Typica, Catimor Rojo y Catimor Amarillo), cuatro tiempos de fermentación (0, 12, 18 y 24 horas), tres pisos altitudinales (1180, 1300 y 1700 m s. n. m.) y dos tipos de procesamiento (beneficio húmedo y semihúmedo), evaluando los granos según el protocolo de la SCAA. El análisis de varianza evidenció que los tiempos de fermentación influyeron significativamente en el número de defectos, particularmente en el piso altitudinal de 1180 m; no obstante, no se hallaron diferencias significativas en la calidad organoléptica. En cuanto a las variedades, se reportaron diferencias altamente significativas tanto en calidad física como sensorial. Destacaron Catimor Rojo y Catimor Amarillo, con porcentajes de exportación de 81.23 % y 80.83 %, respectivamente, en el piso de 1700 m, y con puntajes sensoriales de 83.06 y 82.92 en el piso de 1180 m, alcanzando la categoría de cafés especiales según la SCAA.

4.2. Bases teóricas

4.2.1. Posición taxonómica del cafeto

Cronquist (1993), menciona que el cultivo de la café posee la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Subclase	: Dilleniidae
Orden	: Rubiales
Familia	: Rubiaceae
Género	: Coffea
Especie	: <i>Coffea arábica</i> L.

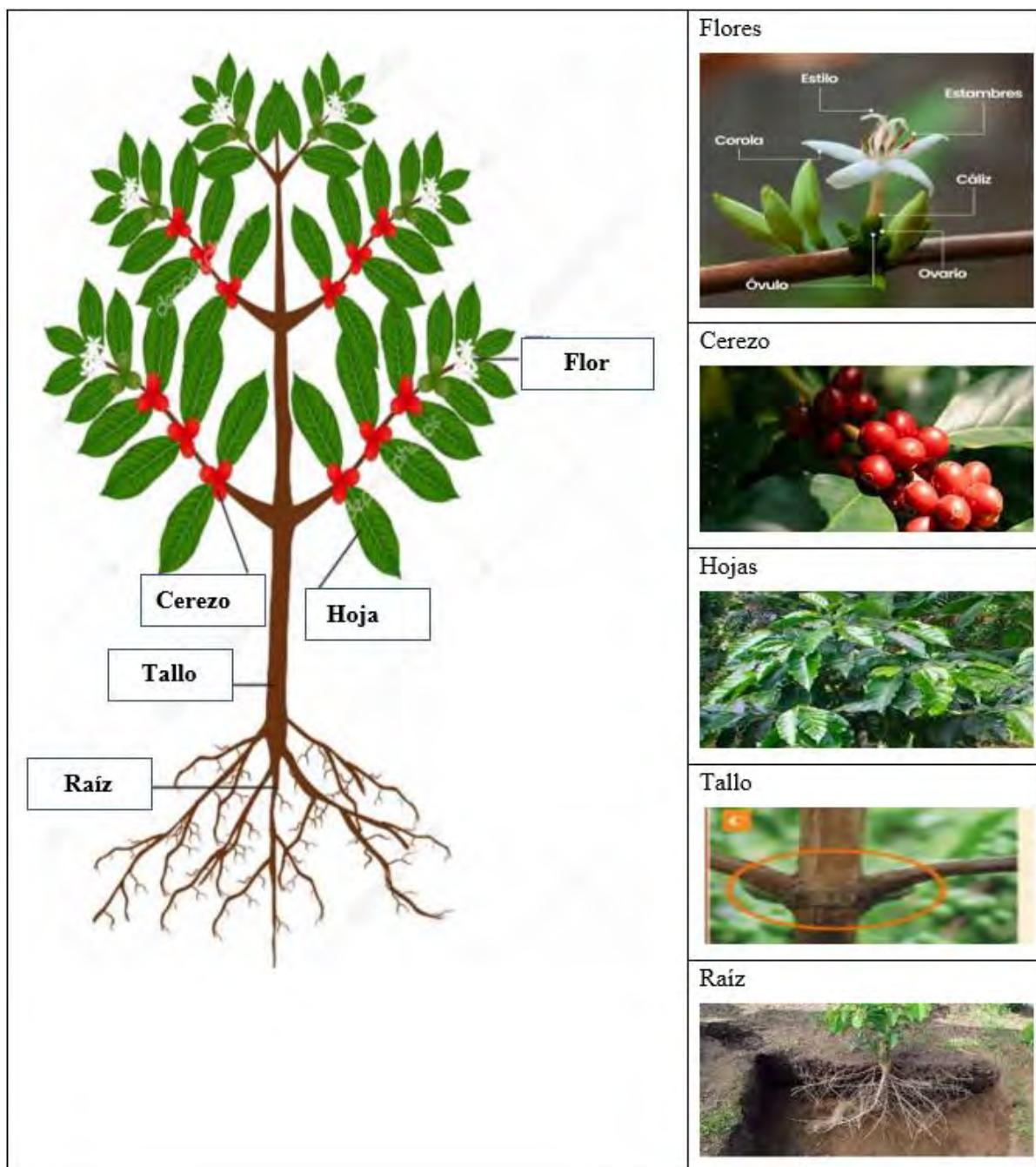
Nombre común : café, cafeto.

4.2.2. Morfología

León (2000), al referirse a la morfología del café (*Coffea* spp.), sostiene que esta comprende las principales estructuras anatómicas de la planta, entre las que destacan las raíces pivotantes, encargadas de absorber nutrientes y agua del suelo, y un tallo de consistencia leñosa que da origen a ramas laterales. Las hojas son opuestas, de forma lanceolada, y cumplen un papel clave en los procesos fisiológicos como la fotosíntesis. En cuanto a las flores, se caracterizan por ser blancas, pequeñas y fragantes, y dan origen a los frutos (tipo drupa) que, en su interior, contienen una o dos semillas, comúnmente conocidas como granos de café. Estas semillas se encuentran protegidas por varias capas, como la pulpa, el pergamino y la piel plateada. Según el autor, estas características pueden variar en función de la especie y constituyen elementos esenciales que inciden directamente en el desarrollo vegetativo, el manejo agronómico y la calidad final del grano de café.

Figura 1.

Morfología del cafeto.



Fuente: Havryliuk (2000)

4.2.2.1. Raíz

Arcilla (2007), indica que la raíz del café cumple la función principal de absorber agua y nutrientes esenciales del suelo, lo que garantiza el desarrollo adecuado de la planta. Esta estructura se compone de diferentes tipos de raíces: la raíz pivotante o principal, las raíces axilares

o de sostén laterales, y las raicillas. En plantas adultas, la raíz pivotante puede alcanzar profundidades de 50 a 60 cm. Desde esta raíz principal se generan las raíces laterales de mayor grosor, cuya función es brindar soporte estructural y nutricional a las raicillas (más delgadas y encargadas de la absorción), las cuales se concentran mayoritariamente en los primeros 30 cm del perfil del suelo.

4.2.2.2. Hojas

León (2000), describe que las hojas del cafeto son órganos fundamentales en los que se lleva a cabo el proceso de fotosíntesis. Los azúcares generados en esta actividad metabólica se distribuyen a toda la planta a través del floema. La lámina foliar presenta una forma elíptica o lanceolada, con dimensiones que varían entre 12 a 24 cm de longitud y de 5 a 12 cm de ancho. Estas características morfológicas no solo difieren entre especies y variedades, sino que también se ven influidas por factores como la intensidad de sombra y las condiciones del entorno.

4.2.2.3. Tallo

Delgado y Jibaja (2017), sostienen que el tallo del cafeto es leñoso y erecto, con una longitud que depende de la variedad. Presenta una arquitectura particular, ya que desarrolla tres tipos de yemas: una que da origen al crecimiento del tallo principal, otra que forma ramas laterales, y una tercera encargada de la producción de hojas. Esta disposición es clave para el desarrollo vegetativo y la productividad del cultivo.

4.2.2.4. Flor

León (2000), señala que las flores del cafeto se abren durante las primeras horas del día. Dado que esta especie carece de mecanismos de autoesterilidad, se asume que la autofecundación es común. El proceso de fertilización inicia con la llegada del polen a los óvulos y concluye entre cuatro a seis días después. Esta eficiencia reproductiva favorece la formación uniforme de frutos en condiciones óptimas.

4.2.2.5. Fruto

Figueroa (2012), afirma que el fruto del cafeto, conocido como cereza, es una drupa de superficie lisa y brillante. En estado de madurez, presenta tonalidades rojas o amarillas y contiene en su interior una o dos semillas. Cuando solo un óvulo es fecundado, se desarrolla una única semilla de forma redondeada, denominada café caracol. La cereza está compuesta por varias capas: el epicarpio (46 % del fruto), el mesocarpio o mucílago (17,18 %), el endocarpio o pergamino (18–20 %), el endospermo (0,2 %) y el grano verde (17–18 %).

León (2000) complementa que los óvulos fecundados permanecen latentes por un periodo aproximado de cuatro semanas, tras lo cual se inicia un crecimiento acelerado del grano. Entre los 80 y 100 días posteriores a la fertilización, el grano alcanza su tamaño definitivo, seguido por una fase de reposo que se extiende cerca de cuatro meses, antes de iniciar la maduración, que se completa entre los 40 y 60 días finales.

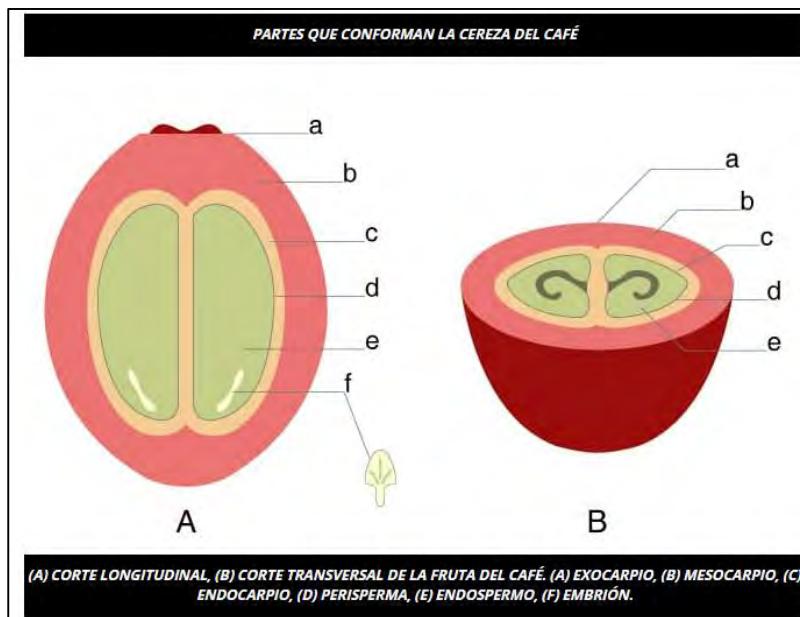
CENICAFÉ (2015) describe que; el fruto del cafeto, denominado cereza, es una drupa compuesta por varias capas que protegen, nutren y permiten el desarrollo de la semilla. Estas capas cumplen funciones esenciales tanto en la fisiología reproductiva de la planta como en la calidad física y sensorial del grano durante su procesamiento poscosecha. A continuación, se describen las principales estructuras anatómicas que conforman la cereza del café:

- Exocarpio (piel): Es la capa más externa del fruto. Durante la etapa inmadura, presenta una coloración verde, y al alcanzar la madurez adquiere tonalidades rojas o amarillas. Su función principal es proteger la cereza frente a factores ambientales y agentes mecánicos.
- Mesocarpio (mucílago): Se encuentra justo debajo del exocarpio. Es una capa viscosa y rica en azúcares, cuya fermentación durante el beneficio húmedo favorece la formación de compuestos volátiles precursores del aroma del café.

- Endocarpio (pergamino): Es una envoltura dura y leñosa que rodea directamente la semilla. Actúa como una barrera protectora durante el secado y almacenamiento, y debe eliminarse mediante el proceso de pilado para liberar el grano comercial.
- Perispermo (película plateada): Es una membrana fina adherida al endospermo. Aunque suele desprenderse durante el tostado, su presencia está relacionada con la calidad física del grano y puede influir en ciertos atributos sensoriales.
- Endospermo (semilla): Representa la parte más voluminosa del grano y concentra los compuestos químicos que determinan el cuerpo, sabor y aroma del café. Es la estructura que se tuesta, muele y extrae para consumo.
- Embrión: Se encuentra en el interior del endospermo. Es responsable de la capacidad germinativa de la semilla, aunque su papel es limitado en el proceso industrial del café.

Figura 2.

Partes de la cereza del café



4.2.3. Variedades de cafeto

Dentro del género *Coffea*, existen numerosas variedades cultivadas a nivel mundial, cada una con características morfológicas, agronómicas y sensoriales particulares, que influyen directamente en su adaptación ecológica, productividad y calidad en taza. A continuación, se describen tres variedades representativas por su importancia histórica y presencia en sistemas cafetaleros latinoamericanos.

4.2.3.1. Typica

Delgado y Jibaja (2017), mencionan que la variedad *Typica* representa una de las líneas más antiguas y originales del café arábica, identificada de forma silvestre en las mesetas de Etiopía, África. En condiciones de libre crecimiento, puede alcanzar hasta 3,5 metros de altura, presentando un arbusto de forma cónica y estructura dominante de un solo tallo principal. Las ramas, en las que se desarrollan los frutos, emergen formando ángulos de entre 50° y 70° con respecto al eje vertical. Las hojas son lanceoladas, de textura fina y superficie lisa, mientras que los brotes presentan un característico color bronceado. El fruto y la semilla son de tamaño grande, lo que facilita su recolección. Bajo un manejo agronómico adecuado y condiciones óptimas, esta variedad puede alcanzar rendimientos aceptables y destaca por su alta calidad sensorial en taza, lo que la convierte en una de las más apreciadas por el mercado de cafés especiales.

4.2.3.2. Catimor

Federación Nacional de Cafeteros (2024), describe que; la variedad *Catimor* es una denominación genérica asignada a todos los genotipos derivados de cruzamientos entre *Caturra* y el *Híbrido de Timor*. Este tipo de mejoramiento ha dado lugar a múltiples líneas desarrolladas en Colombia y otros países productores. Entre ellas destaca la variedad *Costa Rica 95*, introducida al país a través del Departamento de Antioquia y posteriormente distribuida en diversas zonas cafetaleras. Aunque en años recientes ha disminuido su popularidad (debido a la pérdida progresiva de resistencia a enfermedades y a la controversia en torno a su calidad

sensorial), algunos productores continúan cultivándola. Agronómicamente, se caracteriza por su porte bajo, entrenudos cortos y escasa ramificación. Las ramas secundarias presentan un ángulo de inserción mayor a 90°, mientras que sus hojas (lanceoladas con ápice apiculado) son de color verde cuando maduras y rojizas en estado joven. El fruto tiene forma oblonga, de color rojo, y contiene semillas amarillas de forma obovada.

4.2.3.3. Bourbon

Sotomayor (1993), describe que la variedad *Bourbon* proviene de las islas Reunión (antiguamente conocidas como Bourbon) y presenta dos cultivares diferenciados por el color de sus cerezas: Bourbon Rojo y Bourbon Amarillo. En cuanto al porte y estructura, posee dimensiones similares a la variedad *Typica*.

Santacreo (2012), señala que esta variedad se distingue por su abundante ramificación secundaria, la cual genera una arquitectura más vertical que en la *Typica*, formando un ángulo aproximado de 58° con el tallo. Además, sus entrenudos son más cortos y presentan un mayor número de axilas florales. Las hojas son más anchas y con márgenes ondulados. Respecto al grano, este es más pequeño y redondeado. Una de sus ventajas agronómicas radica en su precocidad productiva, con una floración anticipada y una maduración uniforme, lo que permite obtener cosechas más tempranas. Estas características le otorgan una productividad superior, estimada en un 30 % más que la *Typica*, sin sacrificar calidad en taza.

4.2.4. Condiciones edáficas y climáticas

Delgado (2021), menciona que; en el Perú, el cafeto se cultiva generalmente entre los 800 y 2000 m s. n. m., aunque la mayor proporción de áreas cafetaleras se sitúa alrededor de los 1000 m s. n. m. No obstante, la creciente demanda por cafés especiales ha motivado que muchos productores opten por establecer sus cultivos a mayores altitudes, incluso por encima de los 2000 m s. n. m., donde las condiciones de microclima (temperatura, humedad y radiación solar)

favorecen la expresión de atributos sensoriales como acidez brillante, dulzura equilibrada y notas aromáticas complejas.

4.2.4.1. Altitud

Castro (2004), enfatiza que la altitud constituye uno de los factores más influyentes en la calidad del café, especialmente en lo referente al nivel de acidez, cuerpo y aroma. A mayor altitud, las temperaturas más frescas ralentizan el metabolismo de la planta, lo que favorece una maduración más lenta del grano, acumulación de azúcares y desarrollo de perfiles sensoriales más complejos. En variedades arábicas, las altitudes óptimas se ubican por encima de los 1200 m s. n. m., siendo los cafés cultivados entre los 1200 y 2000 m s. n. m. comercializados bajo la denominación "estrictamente de altura", muy valorados por los mercados especializados.

4.2.4.2. Temperatura

Figueroa (2012), señala que el rango térmico ideal para el desarrollo del cafeto se encuentra entre los 17 y 26 °C. Temperaturas inferiores pueden provocar daños por heladas o quemado de brotes, mientras que temperaturas superiores a los 27 °C incrementan el riesgo de deshidratación de la planta y reducción en la formación de flores y frutos. Además, oscilaciones térmicas extremas pueden afectar la uniformidad de la maduración y la expresión sensorial del grano.

4.2.4.3. Humedad relativa

Figueroa (2012), sostiene que; la humedad relativa del aire juega un papel clave en la sanidad y fisiología del cafeto, en estrecha relación con las precipitaciones y la ventilación del cultivo. Cuando la humedad supera el 90 %, se incrementa la probabilidad de infecciones por hongos como la *Hemileia vastatrix* (roya) o *Mycena citricolor* (ojo de gallo), especialmente en condiciones de baja insolación y escaso movimiento de aire. Por ello, es esencial mantener un equilibrio que garantice tanto la hidratación foliar como la ventilación adecuada del follaje.

4.2.4.4. Precipitación

Sotomayor (1993), indica que las necesidades hídricas del cafeto son variables, dependiendo de factores como altitud, pendiente, estructura del suelo, drenaje y tipo de manejo agronómico. Estudios agroclimáticos sugieren que para un óptimo desarrollo, el cultivo requiere entre 760 y 1780 mm de precipitación anual distribuida regularmente. No obstante, en zonas más elevadas, los requerimientos hídricos pueden alcanzar entre 990 y 3000 mm.

Figueroa (2012), complementa que el agua es esencial para todos los procesos fisiológicos de la planta, aunque su exceso puede resultar contraproducente. Precipitaciones superiores a los 3000 mm por año favorecen la proliferación de enfermedades fúngicas, mientras que niveles por debajo de los 1000 mm reducen el rendimiento, provocando estrés hídrico, caída de flores y frutos, y baja calidad del grano.

4.2.5. Cosecha y beneficio del cafeto

4.2.5.1. Cosecha

Sotomayor (1993), sostiene que la cosecha debe realizarse en el punto óptimo de madurez del fruto, lo que asegura una taza de alta calidad. La recolección de frutos inmaduros o sobremaduros (práctica aún común en zonas de cosecha extensiva) altera negativamente los atributos sensoriales del café, afectando aroma, acidez, cuerpo y sabor residual. Por ello, la recolección selectiva, manual y escalonada es esencial para garantizar la uniformidad del grano.

4.2.5.2. Beneficio del cafeto

Gómez (2010), explica que, para convertir al fruto del cafeto en un producto comercial, este debe ser sometido a una serie de procesos tecnológicos conocidos como "beneficio", los cuales deben iniciarse inmediatamente después de la cosecha para evitar la fermentación no controlada del mucílago. Dependiendo del método (húmedo o seco) se utilizan diferentes técnicas, siendo la despulpadora la máquina esencial en el beneficio húmedo.

Puerta (2000), define el beneficio como el conjunto de procesos mediante los cuales el grano de café cereza se transforma en café pergamino no seco, separando progresivamente las capas que envuelven al grano, seguido por el secado hasta niveles adecuados para su conservación.

4.2.5.3. Beneficio húmedo

Prieto (2002), detalla que este proceso comienza con la recolección manual de cerezas completamente maduras, las cuales deben ser despulpadas en un plazo no mayor a 24 horas. Si se excede este tiempo, el mucílago inicia procesos oxidativos por la acción de taninos, manchando el pergamino y reduciendo la calidad del grano. Luego del despulpado, las semillas quedan cubiertas por una capa de mucílago que debe eliminarse mediante fermentación.

4.2.5.4. Beneficio seco

Prieto (2002), indica que el beneficio seco se realiza cuando los frutos se secan parcialmente en la planta, alcanzando una humedad de 60 % a 65 %. Estos frutos se cosechan y se someten a un proceso de secado que puede durar entre 2 y 4 semanas, dependiendo de las condiciones ambientales. El proceso concluye cuando el grano alcanza un contenido de humedad del 12 %, tras lo cual se procede al trillado, donde se separa el pergamino de la cáscara seca, llamada cacota, obteniéndose finalmente el café verde.

4.2.5.5. Despulpado

Delgado (2021), explica que el despulpado es la fase inicial del beneficio húmedo. Consiste en retirar la cáscara del fruto mediante una despulpadora, dejando el grano recubierto solo por el mucílago. Esta operación debe realizarse con frutas recién cosechadas y sin daños mecánicos para evitar fermentaciones indeseadas.

4.2.5.6. Fermentado

Córdoba (2016), menciona que durante el procesos de beneficio de cafeto, se considera que la fermentación es una de las etapas determinantes sobre la calidad del grano, puesto que en

esta etapa ocurren varias reacciones bioquímicas, las levaduras y bacterias presentes en el mucilago mediante las enzimas oxidan en parte los azúcares que producen energía (ATP) entre otras sustancias como cetonas, esteres, dióxido de carbono, alcoholes, debido a esto se generan cambios en el color, olor, densidad, acidez, pH, en la composición química del grano, los que son considerados factores importantes en la calidad final y están directamente relacionados con el tiempo de la fermentación.

4.2.5.7. Tipos de fermentación

Córdoba (2016), explica que existen dos tipos de fermentación importantes que se describen:

- **Aeróbica:** esto es lo que sucede en presencia de oxígeno. La técnica para llevar a cabo este tipo de fermentación es sencilla: simplemente se dejan las cerezas recién recolectadas en un tanque o contenedor y los microorganismos hacen su trabajo por sí solos. Debes monitorear el tiempo y la temperatura para poder controlar y analizar el proceso.
- **Anaeróbica:** en este caso, las cerezas de cafeto se colocan en un tanque (antes o después del despulpado) y se cubren con agua. Esto permite que trabajen diferentes microorganismos.

La fermentación anaeróbica es más homogénea y da mayores oportunidades de manejar el proceso, y la fermentación aeróbica es más heterogénea y difícil de manejar. Un tiempo excesivo de fermentación puede causar pérdidas sustanciales en la calidad en taza; atributos como la acidez, el cuerpo y la dulzura se pueden reducir.

4.2.5.8. Tiempo y temperatura de fermentación

Díaz (2014), menciona que el proceso de fermentación puede extenderse entre 18 y 30 horas, dependiendo de condiciones como altitud, temperatura, calidad del agua, madurez del grano y diseño del sistema de fermentación. Una vez alcanzado el punto óptimo, el café debe ser lavado de inmediato para remover totalmente el mucílago adherido.

Vaz (2023), reporta que para cafés Arábica, las condiciones óptimas se ubican entre 24 °C y 32 °C, con duraciones de 35 a 45 horas, alcanzando puntuaciones en taza de 81 a 85 puntos. Estas condiciones favorecen el desarrollo de notas sensoriales complejas y una acidez brillante.

4.2.5.9. Lavado

Puerta (1999), sostiene que el lavado tiene como propósito eliminar los residuos de mucílago remanentes tras la fermentación, los cuales podrían generar sabores desagradables en la bebida si no se retiran a tiempo. El lavado debe realizarse con agua limpia, ya sea en piletas de concreto o recipientes adecuados, evitando la contaminación cruzada que pueda comprometer la inocuidad y calidad del grano.

4.2.5.10. Secado

Arcilla (2007), describe este proceso consiste en la disminución de la humedad del grano hasta un 10 a 12% de manera que podamos realizar el almacenado en óptimas condiciones, en esta etapa el grano corre el riesgo de deterioro de la calidad del grano, el café seco recibe el nombre de café pergamino este es empacado y posteriormente almacenado.

Delgado (2021), describe esta actividad se puede realizar al sol, secadora mecánica, en secadores solares tipo invernadero como también se pueden combinar los métodos, la etapa del secado puede tardar de 4 a 8 días dependiendo a las condiciones climáticas.

4.2.6. *Bacterias involucradas en la fermentación del café*

Da Silva et al. (2022) explican que el proceso de fermentación del café constituye una fase crítica del beneficio poscosecha, donde la actividad microbiana, particularmente la bacteriana, desempeña un papel esencial en la formación de metabolitos responsables de la calidad sensorial y nutricional de la bebida.

Puerta et al. (2012) afirman que las bacterias aprovechan los azúcares del mucílago y las condiciones de temperatura ambiente para desarrollarse, generando compuestos orgánicos que modulan el pH, la acidez y los aromas característicos del café fermentado.

4.2.6.1. Bacterias Ácido-Lácticas (BAL)

Da Silva et al. (2022) señalan que las bacterias ácido-lácticas (BAL) constituyen el grupo microbiano más abundante durante la fermentación del café. Estas bacterias metabolizan los azúcares del mucílago por vía láctica, generando ácido láctico y ácido acético; ambos reducen el pH del medio e inhiben el crecimiento de microorganismos indeseables (Cassimiro, 2023).

Puerta et al. (2012) destacan que las especies del género *Lactobacillus* spp. representan hasta el 84 % de las bacterias presentes en el mucílago fresco y fermentado, acelerando la acidificación y estabilizando el proceso.

Shen et al. (2024), Muñoz et al. (2024) y Días et al. (2024) añaden que *Lactiplantibacillus plantarum* (anteriormente *Lactobacillus plantarum*) es una de las especies más utilizadas como cultivo iniciador, ya que mejora la expresión aromática y eleva la puntuación en cataciones.

Castro et al. (2019) mencionan que *Lactobacillus acidophilus*, especie homofermentativa, produce principalmente ácido láctico y presenta potencial probiótico en medios derivados del mucílago de café. Asimismo, *Lactobacillus brevis*, reportada por Avallone et al. (2001) y Pagnoncelli et al. (2003), es una especie heterofermentativa que participa en la degradación de azúcares complejos.

Elhalis et al. (2020) identifican *Leuconostoc mesenteroides* como una BAL dominante en fermentaciones húmedas, aunque carente de enzimas pécticas. Otras especies relevantes incluyen *Streptococcus faecalis*, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus paracasei* y *Lactobacillus bulgaricus*, todas con funciones acidificantes o estabilizadoras del proceso (Henao et al., 2001; Pagnoncelli et al., 2003; Elhalis et al., 2020).

4.2.6.2. Enterobacteriaceae y coliformes

Puerta et al. (2012) explican que las Enterobacteriaceae y otros coliformes son bacterias Gram negativas, aerobias o anaerobias facultativas, que suelen estar presentes en las primeras

horas de fermentación, cuando el pH aún es neutro o ligeramente ácido. Estas bacterias degradan la lactosa y otros azúcares, pero su proliferación disminuye a medida que las BAL acidifican el medio.

Puerta et al. (2012) identificaron la presencia de *Enterobacter* spp., bacterias anaerobias facultativas que realizan fermentaciones mixtas, generando ácido fórmico, ácido acético, hidrógeno y etanol. Asimismo, *Escherichia coli*, considerada un coliforme fecal representativo, fue detectada en mucílagos frescos y clasificados con zaranda, produciendo gases y ácidos orgánicos durante la fase inicial del proceso.

Según **Puerta et al. (2012)**, *Klebsiella* spp. y *Klebsiella pneumoniae* fueron encontradas en mucílagos sin fermentar, asociadas a fermentaciones butanodiólicas y a la producción de pectatoliasas, enzimas que contribuyen parcialmente a la degradación del mucílago (Avallone *et al.*, 2002; Pee & Castelein, 1972). También se reportaron *Erwinia dissolvens*, *E. herbicola* y otras especies del género *Erwinia*, productoras de pectinasas, las cuales intervienen activamente en la remoción del mucílago adherido al grano (Frank *et al.*, 1965; Castelein & Pilnik, 1976).

Elhalis et al. (2020) y Puerta (2012) identificaron *Citrobacter freundii* como una bacteria coliforme predominante entre las mesófilas aerobias, mientras que Coronell y Herrera (2022) aislaron *Shigella sonnei* en muestras de mucílago de café variedad Colombia a las nueve horas de fermentación. Finalmente, se registró la presencia de *Proteus* spp. y *Serratia fonticola*, coliformes anaerobios facultativos que participan en fermentaciones mixtas tempranas.

Puerta (2012) concluye que la acidificación progresiva del mucílago limita el desarrollo de coliformes, estableciendo un equilibrio microbiano favorable dominado por las bacterias ácido-lácticas.

4.2.6.3. Otras bacterias identificadas durante la fermentación

Coronell y Herrera (2022) documentan que *Bacillus cereus* y otras especies del género *Bacillus* son aerobias o anaerobias facultativas, predominantes en mucílagos fermentados y con

funciones de oxidación de azúcares. De igual modo, *Micrococcus antarcticus* y otras especies del género *Micrococcus* se han detectado en las etapas finales del proceso, siendo aerobias estrictas que pueden contribuir a la estabilización del perfil aromático.

Según Puerta (2012) y Coronell y Herrera (2022), *Acinetobacter baumannii* aparece en las primeras horas de fermentación, clasificada como bacteria ácido acética oxidativa, capaz de modificar el pH y la composición volátil del café. Otras especies aerobias comunes incluyen *Staphylococcus spp.*, *Streptomyces spp.* y *Flavobacterium odoratum*, organismos que, aunque no participan directamente en la fermentación láctica, pueden influir en la generación de aromas secundarios y en algunos defectos sensoriales si se desarrollan en exceso.

Puerta (2012) destaca que *Clostridium butyricum*, bacteria anaerobia estricta, ocasiona fermentaciones butíricas productoras de olores indeseables a putrefacción, afectando negativamente la calidad de taza cuando el proceso carece de control. Finalmente, se reportan *Listeria spp.*, bacterias anaerobias facultativas capaces de fermentar carbohidratos y producir ácido láctico, y *Acetobacter spp.*, bacterias aerobias oxidativas asociadas a la fermentación acética, contribuyendo a la formación de ácido acético en las fases finales del proceso.

4.2.6.4. Ecología bacteriana en la fermentación del café

Puerta et al. (2012) afirman que la fermentación del café es un proceso secuencial y ecológicamente regulado, donde las bacterias ácido-lácticas dominan la etapa intermedia y final, generando condiciones de acidez y metabolitos deseables para la calidad sensorial, mientras que las Enterobacteriaceae y coliformes predominan al inicio, modulando el sustrato antes de ser inhibidas por la reducción del pH.

Da Silva et al. (2022) y Coronell y Herrera (2022) concluyen que el equilibrio dinámico entre estos grupos bacterianos determina la formación de ácidos orgánicos, alcoholes, ésteres y compuestos volátiles, los cuales inciden directamente en el aroma, sabor, cuerpo y limpieza de taza del café fermentado.

4.2.7. Calidad física del grano de cafeto

Sotomayor (1993) describe que; las características físicas del grano repercuten en la calidad de bebida y la presentación, por este motivo se debe disponer granos de buena calidad y apariencia para poder elaborar una bebida de excelente calidad, estas características físicas del grano que se relacionan con la calidad son:

Según la **Speciality Coffee Association of America (2005)**, los principales indicadores de calidad física del grano se determinan por la forma, el tamaño, el color y la uniformidad. Cada uno de estos atributos influye en el proceso de clasificación y tiene un impacto específico en la aceptación comercial y en la percepción del consumidor.

- **La forma:** El mercado tiene como base, la forma de grano plano, convexo o chato, por eso los caracoles y triángulos se consideran como defectos; aunque están sanos y producen una característica normal.
- **El tamaño:** Para una misma variedad, el tamaño del grano se medirá en diferentes zarandas con perforaciones redondas; el grano retenido del 18- 20 es grande, del 15-17 es mediano y del 12-14 son pequeños; las menores son para caracol y bajan hasta el 8 de esta serie.
- **El color:** Varía de acuerdo a la altitud y puede alterarse radicalmente con el beneficiado, los cafés lavados de altura, tienden a producir granos de color verde- azulado, los de baja o mediana tonalidad distinta del verde claro. Donde más fácil se altera el color del grano, es en el secado, principalmente si este se realiza en secadoras mecánicas, el color dispareso es el defecto más generalizado.

Tabla 1.

Clasificación de la calidad física del grano de cafeto según forma, tamaño y color.

Calidad física de grano de cafeto	Indicador calidad
Forma	Grano plano
	Convexo o chato
	Caracoles y triángulos
Tamaño	18- 20 grande
	15-17 mediano
	12-14 pequeño
	11 a menos
Color	Verde azulado
	Verde claro

4.2.8. Características sensoriales del cafeto

Puerta (2000), señala que las características sensoriales del café (tales como la acidez, el cuerpo, el aroma y el sabor) constituyen elementos claves en la percepción del consumidor al degustar la bebida. Estos atributos no son fortuitos, sino el resultado de una serie de cuidados específicos a lo largo de la cadena productiva, desde el cultivo hasta el beneficiado, los cuales determinan la calidad sensorial final del café.

— **El aroma /fragancia:** Esto se evalúa en tres pasos diferenciados en el proceso de catación.

1. Sentir el olor de los gránulos colocados en la taza antes de echarle agua al café.
2. Sentir los aromas que se liberan cuando se rompe la capa.
3. Sentir los aromas que se liberan cuando se deja el café en remojo.

La fragancia del café se definirá como el olor del café después de haber sido molido y no se le ha agregado agua, tiene su origen en la formación de pequeñas cantidades de aceites volátiles por alteración de los aceites esenciales contenidos en el grano luego de haber sido tostado.

Las fragancias del café pueden ser florales, afrutadas, vegetales y herbáceas.

- **Acidez:** Esta cualidad se relacionó con la altitud del área o lote de café; resulta modificada también por el grado de madurez del fruto, por el tiempo transcurrido entre la cosecha y el despulpado y por ciertos factores climáticos.
El mayor grado de acidez, puede calificarse como aguda y penetrante, mediana, ligera, escasa y falta absoluta de acidez.
- **Sabor:** Este sabor puede ser alterado por la presencia de granos procedentes de frutos verdes o por el contrario de frutos sobre maduros. Además, un proceso de beneficiado mal llevado producirá sabores y olores anormales. Entre los sabores objetables más comunes tendremos: el mohoso, terroso, el sobre fermentado, etc.
- **Sabor residual/Post gusto:** Es la permanencia del sabor en el paladar, después de haber expulsado el café en la boca. El sabor residual será agradable que tiene un sabor dulce y refrescante y cuando es desagradable deja su sabor amargo áspero.
- **Uniformidad:** Se referirá a la consistencia del sabor de las diferentes tazas de la misma muestra evaluada. Si el sabor de las tazas es diferente el puntaje de este no será alto. Se otorgan dos puntos para cada taza que presenta este rasgo con un máximo de 10 puntos si los 5 tazas son iguales.
- **Dulzor:** El dulzor es una cualidad propia del café arábigo debida a su composición química y suavidad. Se realizó la calificación general y clasificación de una bebida de café según su calidad. Debido a la impresión global, se acepta o rechaza la calidad de un café. Estuvo relacionada con todas las propiedades percibidas con el sentido del olfato (aromas) y gusto (acidez, dulzor, cuerpo, amargor).

Tabla 2.*Calidad sensorial de grano de cafeto*

Calidad sensorial de grano de cafeto	Indicador calidad	Parámetros
Aroma/fragancia	Florales	Tienen un aroma floral distintivo, similar al jazmín o la rosa. Esto a menudo se asocia con café arábica de alta calidad.
	Afrutadas	Los cafés con notas frutales pueden recordar una amplia variedad de frutas, desde bayas y cítricos hasta manzanas y cerezas.
Acidez	Aguda y penetrante	Sabor primario resultante de la solución de un ácido orgánico. Un gusto deseable, marcado y agradable, especialmente acusado en los cafés de ciertos orígenes, en oposición al gusto agrio de la fermentación excesiva
Sabor	Mohoso	Aroma y sabor indeseable del café, característico a moho que se desarrolla por el inadecuado manejo de la humedad durante el beneficio, en especial en el secado del café y durante su almacenamiento
	Terroso	Se caracteriza por tener notas a tierra, hongos y musgos.
Sabor residual	Sobre fermentado	Sensación olfativa y gustativa a materia orgánica descompuesta, indeseable en el café. Producido en la sobre fermentación enzimática de compuestos orgánicos durante el beneficio.
	Dulce refrescante	Sabor primario resultante de la solución de sacarosa o fructosa. Comúnmente se asocia esta descripción con aromas dulces, cuentos como fruta, chocolate y caramelo. Se usa generalmente para describir cafés cuyo sabor no se haya deteriorado.
Uniformidad en 5 tasas cada una con 2 puntos	10 puntos uniforme	Buena
	Menor a 10 puntos no es uniforme	Mala

4.2.9. Cafés de especialidad y protocolos de catación

4.2.9.1. Concepto y origen del café de especialidad

Specialty Coffee Association (2024) explica que el concepto de café de especialidad se consolidó para diferenciar los granos evaluados con rigor técnico y trazabilidad completa, fijando un umbral de ochenta puntos sobre cien como criterio de calidad mínima según sus estándares oficiales. La autora Erna Knutsen, en 1974, introdujo el término al destacar que ciertos cafés, cultivados en microclimas específicos y procesados con cuidado, expresaban perfiles sensoriales únicos.

Coffee Quality Institute (2022) señala que la objetividad de esta clasificación descansa en la labor de los Q Graders, catadores certificados que aplican metodologías normalizadas de evaluación sensorial bajo control de calibración, garantizando coherencia y reproducibilidad.

MIDAGRI (2025) añade que, en el contexto peruano, los cafés de especialidad representan una alternativa sostenible y competitiva, vinculando la calidad sensorial con la sostenibilidad ambiental y la transparencia comercial.

4.2.9.2. Atributos sensoriales y sistema de puntuación

Specialty Coffee Association (2025) detalla que los atributos evaluados incluyen fragancia, aroma, sabor, acidez, cuerpo, dulzura, uniformidad, limpieza, balance, posgusto y puntuación global, cada uno calificado de 6 a 10 puntos en la ficha oficial. Solo los cafés con \geq 80 puntos son considerados de especialidad.

Coffee Quality Institute (2024) confirma que esta estructura cuantitativa se complementa con procesos de calibración intercatadores y control de sesgos, en un ambiente de evaluación neutro respecto a olores, iluminación y temperatura.

Cenicafé (2021) sostiene que la catación técnica transforma percepciones sensoriales en datos científicos, convirtiendo el juicio organoléptico en una herramienta analítica para la clasificación y mejora continua de la calidad del café.

4.2.9.3. Factores determinantes de la calidad en cafés de especialidad

Acta Agrosavia (2022) afirma que la calidad sensorial del café depende de la interacción entre genotipo, altitud, temperatura, régimen hídrico y tipo de suelo, factores que condicionan la acumulación de azúcares y compuestos volátiles aromáticos. En altitudes superiores a 1 200 m s. n. m., el grano madura más lentamente, concentrando metabolitos que otorgan mayor acidez y dulzura.

Cenicafé (2021) expone que el manejo poscosecha, especialmente la fermentación y el secado, incide directamente en la expresión de atributos como cuerpo, aroma y balance. Cuando estas etapas se ejecutan bajo control de temperatura y tiempo, se favorece la estabilidad de los compuestos responsables de la complejidad aromática.

International Coffee Organization (2024) indica que la implementación de buenas prácticas agrícolas y de beneficio contribuye a sostener estándares internacionales de calidad, fortaleciendo la competitividad de los productores en mercados especializados.

4.2.9.4. Protocolos de catación y control de calidad

— Fundamento normativo

Specialty Coffee Association (2024) señalan que el SCA 102-2024: Coffee Value Assessment – Preparación de Muestras y Mecánica de Catación constituye la norma técnica vigente para la evaluación sensorial del café de especialidad; explican que este estándar reemplaza al histórico SCA Cupping Protocol (2004) y organiza una secuencia cronológica de evaluación que asegura objetividad, reproducibilidad y comparabilidad de resultados.

Coffee Quality Institute (2022) detallan que la aplicación del protocolo inicia con la selección y tueste (8–12 min; Agtron 60–65), seguido de un reposo controlado (8–24 h) para estabilizar compuestos volátiles; añaden que la molienda medio-gruesa y la dosificación estándar (8,25 g por 150 mL de agua) se ejecutan con pH 6,5 y TDS 75–250 ppm, a fin de minimizar variabilidad instrumental.

Specialty Coffee Association (2020) precisan que el agua se vierte a 92–93 °C, se rompe la costra a los 3–5 min y, entre 8–10 min post-infusión, se inicia la cata líquida en rondas térmicas (caliente, tibia, ambiente) para valorar los atributos sensoriales con consistencia.

Cenicafé (2021) enfatizan que la sesión debe realizarse en ambiente controlado (silencio, iluminación uniforme, ausencia de olores extraños) y señalan que los resultados se calibran entre catadores para robustecer la concordancia y la trazabilidad del proceso.

— **Objetivo**

Specialty Coffee Association (2024) explican que el objetivo del protocolo es describir con precisión las etapas y criterios para evaluar cada atributo sensorial, garantizando uniformidad de preparación, registro estandarizado y comparabilidad entre muestras.

A. Condiciones generales del procedimiento

Specialty Coffee Association (2024) indican que, para cada muestra, se utilizaron cinco tazas independientes; señalan que la proporción fue de $8,25 \pm 0,25$ g de café molido medio por 150 mL de agua, vertida a 93 ± 2 °C, con baja mineralización y libre de olores.

Specialty Coffee Association (2024) añaden que el tiempo de infusión previo al rompimiento de la costra fue de 4 minutos; explican que la primera cata líquida se recomienda alrededor de 70 °C, repitiéndose conforme la bebida se enfriá.

Specialty Coffee Association (2024) señalan que el instrumental incluye cucharas de catación, vasos de enjuague y fichas oficiales SCA; especifican que las condiciones ambientales deben ser controladas (sala ventilada, sin ruidos ni olores, iluminación neutra) y que los catadores deben estar calibrados o entrenados bajo los estándares SCA.

B. Secuencia cronológica de evaluación (atributos y procedimientos)

1. Fragancia (antes de la infusión)

Specialty Coffee Association (2024) explican que la fragancia es el aroma del café seco recién molido y se evalúa inmediatamente antes del vertido.

Procedimiento: el catador aspira suavemente los volátiles del poso seco (puede agitar levemente la taza).

Qué se evalúa: intensidad, limpieza y complejidad del aroma seco (floral, frutal, achocolatado, especiado) o defectos.

Interpretación: una fragancia intensa, limpia y compleja sugiere materia prima y tueste adecuados.

2. Aroma (después de la infusión)

Specialty Coffee Association (2024) señalan que el aroma húmedo se valora en dos momentos: corteza intacta (inmediato) y rompimiento de la costra (3–5 min).

Procedimiento: oler la superficie sin perturbar; luego romper la costra con tres movimientos de cuchara aspirando los vapores; finalmente, realizar skimming (retiro de posos/espumas).

Qué se evalúa: intensidad, limpieza y complejidad; presencia de notas agradables o indeseables (terrosa, mohosa, fenólica).

Interpretación: un aroma limpio y preciso anticipa perfil gustativo definido.

3. Sabor (Flavor)

Specialty Coffee Association (2024) explican que el sabor es una percepción compuesta (gusto + retronasal) mientras la bebida está en boca.

Procedimiento: sorber aireado y distribuir la muestra por toda la cavidad oral.

Qué se evalúa: claridad, complejidad, intensidad y balance del conjunto de notas.

Interpretación: un sabor definido, equilibrado y persistente refleja alta calidad.

4. Sabor residual o regusto (Aftertaste)

Specialty Coffee Association (2024) señalan que el regusto es la sensación remanente tras tragar o expulsar la bebida.

Qué se evalúa: duración, limpieza, agradabilidad del remanente.

Interpretación: un regusto prolongado, dulce y limpio caracteriza cafés finos.

5. Acidez

Specialty Coffee Association (2024) explican que la acidez aporta vivacidad y brillo a la taza.

Qué se evalúa: tipo (cítrica, málica, tartárica, fosfórica), intensidad e integración con otros atributos.

Interpretación: una acidez limpia y balanceada indica buen beneficio y tueste correcto; acidez agresiva o plana sugiere defectos.

6. Dulzor

Specialty Coffee Association (2024) señalan que el dulzor corresponde a sensaciones dulces naturales que compensan la acidez.

Qué se evalúa: presencia, intensidad y naturalidad (miel, panela, caramelo, fruta madura).

Interpretación: un dulzor alto y limpio es típico de cafés bien procesados.

7. Cuerpo (sensación en boca)

Specialty Coffee Association (2024) explican que el cuerpo es la sensación táctil (peso/viscosidad/textura) del líquido.

Qué se evalúa: densidad, sedosidad, cremosidad y ausencia/presencia de astringencia.

Interpretación: un cuerpo medio-alto, aterciopelado y limpio potencia la calidad global.

8. Uniformidad

Specialty Coffee Association (2024) señalan que la uniformidad mide la consistencia entre cinco tazas de la misma muestra.

Qué se evalúa: similitud cualitativa; toda taza diferente se marca no uniforme.

Interpretación: mayor uniformidad implica homogeneidad del lote y control de proceso.

9. Limpieza de taza (Clean Cup)

Specialty Coffee Association (2024) explican que la limpieza refiere a la ausencia de defectos sensoriales (p. ej., moho, tierra, fenólico).

Qué se evalúa: pureza del perfil; no deben aparecer notas extrañas.

Interpretación: una taza limpia refleja beneficio y almacenamiento adecuados.

10. Balance

Specialty Coffee Association (2024) señalan que el balance describe la armonía entre acidez, dulzor, cuerpo y sabor.

Qué se evalúa: integración sin dominancias ni huecos sensoriales.

Interpretación: un balance uniforme y agradable identifica perfiles bien estructurados.

11. Impresión general (Puntaje del catador)

Specialty Coffee Association (2024) explican que la impresión general recoge la valoración global de la calidad.

Qué se evalúa: excelencia percibida considerando el conjunto de atributos.

Cálculo: el puntaje final se obtiene sumando las secciones afectivas (fragancia, aroma, sabor, regusto, acidez, dulzor, cuerpo y general) y restando 2 puntos por taza no uniforme y 4 puntos por taza con defecto.

Clasificación: 80,00–84,99 = Muy bueno; 85,00–89,99 = Excelente; 90,00–100,00 = Sobresaliente.

C. Consideraciones de control de calidad

Cenicafé (2021) señalan que la calibración previa entre catadores reduce la variabilidad inter-evaluador; explican que el registro de temperaturas, horarios de molienda/infusión y observaciones por ronda fortalece la trazabilidad.

Specialty Coffee Association (2024) recomiendan adjuntar las planillas oficiales de evaluación y limitar el número de muestras por sesión para preservar la exhaustividad sensorial; se muestra en el (anexo 05).

4.2.9.5. Tendencias actuales y mercado del café de especialidad

International Coffee Organization (2024) informa que el segmento de cafés de especialidad mantiene una tendencia de crecimiento sostenido, impulsado por la demanda de productos con trazabilidad y atributos diferenciados.

MIDAGRI (2025) señala que el Perú ha fortalecido su presencia en mercados internacionales mediante cafés de origen y prácticas sostenibles, destacando en certámenes como Taza de Excelencia y ferias globales.

Perfect Daily Grind (2023) resalta que el consumidor contemporáneo busca experiencias sensoriales auténticas y conocimiento del proceso de producción, priorizando cafés de microlotes y fermentaciones diferenciadas.

Specialty Coffee Association (2024) confirma que esta “tercera ola del café” redefine el mercado global hacia un modelo basado en la excelencia técnica, la innovación y la sostenibilidad, donde la calidad sensorial se erige como un estándar científico y comercial de referencia.

4.3. Enfoque conceptual

4.3.1. Fermentación

Silva (2022), define la fermentación como un proceso fundamental que ocurre durante el beneficiado húmedo del café, particularmente sobre el mucílago, donde se desarrollan una serie de transformaciones bioquímicas. Estas incluyen fermentaciones microbianas, oxidaciones, cambios físico-químicos y la generación de ácidos y compuestos volátiles. La intensidad y naturaleza de estas reacciones están determinadas por la calidad del fruto, la presencia de

determinados microorganismos y las condiciones ambientales del beneficio, lo cual influye directamente en las propiedades organolépticas del grano.

4.3.2. Fermentación anaeróbica

CENICAFÉ (2015), define que; la fermentación anaeróbica es un proceso en el que las cerezas o granos de café se colocan en recipientes herméticos sin presencia de oxígeno, utilizando válvulas que permiten la liberación de gases sin dejar ingresar aire. Este ambiente anaeróbico favorece el crecimiento de determinados microorganismos que transforman el mucílago, generando perfiles sensoriales particulares en la bebida, asociados con mayor complejidad aromática.

4.3.3. Fermentación aeróbica

CENICAFÉ (2015), también señala que la fermentación aeróbica ocurre en presencia de oxígeno, permitiendo que microorganismos naturalmente presentes inicien la descomposición del mucílago al exponer las cerezas a la intemperie o en recipientes abiertos. Este proceso, si bien más tradicional, requiere control riguroso del tiempo y la temperatura para evitar defectos sensoriales, ya que los cambios bioquímicos afectan directamente la calidad en taza.

4.3.4. Calidad física del grano de café

La **Norma Técnica Peruana (2021)** establece que la evaluación física del grano seco se basa en tres criterios esenciales: la forma del grano, su tamaño y su color. Estos atributos no solo determinan su apariencia y clasificación comercial, sino que también están correlacionados con el rendimiento y la calidad sensorial final del café procesado.

4.3.5. Calidad sensorial de café

Osorio (2021), enfatiza que la calidad sensorial se expresa en atributos como aroma, sabor, cuerpo, acidez y dulzor, los cuales son evaluados mediante protocolos estandarizados de catación. La percepción sensorial se convierte así en el principal criterio de aceptación o rechazo

del producto, reflejando el manejo agronómico, las condiciones poscosecha y las características intrínsecas del grano.

4.3.6. *Variedad de cafeto*

Breville (2024), sostiene que; una variedad de café corresponde a una unidad taxonómica por debajo de la subespecie. Cada variedad posee características agronómicas, físicas y sensoriales particulares que la distinguen dentro de su especie, influenciando tanto su adaptabilidad al medio como el perfil de taza que ofrece al consumidor final.

4.3.7. *Cerezo*

Sotomayor (1993), describe el cerezo del cafeto como un fruto que, en su fase inmadura, presenta color verde y, al alcanzar la madurez, adquiere tonalidades rojas o amarillas, dependiendo de la variedad. Este cambio de color es indicativo del momento óptimo de cosecha y tiene un impacto significativo en la calidad del grano, ya que el estado fisiológico al momento de la recolección influye en la composición química del café.

4.3.8. *Almacenado*

Quinde (2020), destaca que el grano de café es un producto higroscópico, es decir, tiene la capacidad de absorber o liberar humedad en función de las condiciones ambientales del entorno de almacenamiento. Para conservar su calidad, se recomienda mantenerlo en condiciones controladas, con temperaturas entre 8 y 15 °C y humedad relativa entre 65 % y 70 %, lo que permite una vida útil de hasta 10 meses sin pérdida significativa de sus atributos.

4.3.9. *Trilladora*

Café Perú (2023), indica que la trilladora es una máquina esencial en el beneficio seco del café, utilizada para separar la cáscara o pergamino del grano. Este proceso permite obtener café verde o “oro”, listo para el tostado o la exportación, y tiene gran importancia en la determinación de la calidad final del producto.

4.3.10. Café pergamo

Café Lojano (2024), define el café pergamo como el estado intermedio del grano, posterior a la eliminación de la pulpa y previo al descascarillado. En esta etapa, el grano se encuentra recubierto por una capa protectora denominada pergamo, la cual actúa como barrera durante el secado y almacenamiento, ayudando a preservar sus cualidades físicas y sensoriales.

4.3.11. Café oro verde

Café Perú (2023), señala que el café oro verde, también conocido como café verde, es el grano seco y limpio, libre de pergamo y piel plateada, listo para ser tostado. Este es el formato en el que se comercializa internacionalmente, y en él se conservan los compuestos que determinarán el perfil en taza tras el proceso de tostado.

4.3.12. Grano exportable

Choque (2021), indica que el grano exportable es aquel que cumple con los estándares de calidad establecidos por los mercados internacionales. Estos estándares incluyen uniformidad en el tamaño, ausencia de defectos y calificación sensorial mínima, garantizando que el producto cumpla con las exigencias del comercio global.

4.3.13. Pilado

Monroig (2021), explica que el pilado es la operación en la que se elimina el pergamo del grano mediante la acción de una trilladora. Esta etapa es fundamental para obtener el café oro verde, ya que cualquier falla en este proceso puede afectar la integridad del grano y, por ende, la calidad final del producto.

4.3.14. Pulido

BBC Mundo (2025), definen que; el pulido es una etapa opcional dentro del beneficio seco del café, cuya finalidad es eliminar cualquier residuo de “piel plateada” o perispermo que permanece adherido al grano después del descascaramiento o pilado. Este procedimiento, realizado mediante fricción mecánica, mejora la apariencia física del grano sin modificar

sustancialmente sus atributos sensoriales. Aunque los granos pulidos se consideran superiores desde un punto de vista comercial, la diferencia real con respecto a los no pulidos es mínima; sin embargo, en mercados exigentes, este detalle puede incidir en la aceptación y valorización del producto final.

4.3.15. Café especial

La **Federación Nacional de Cafeteros (2021)**, señala que el café especial es aquel que alcanza un puntaje igual o superior a 84 puntos en una escala de 100, conforme al protocolo de la Specialty Coffee Association (SCA). Este tipo de café destaca por su perfil sensorial excepcional y por la trazabilidad completa del producto, lo que permite certificar su origen y sus buenas prácticas de producción.

4.3.16. Café tradicional

Federación Nacional de Cafeteros, Cafes especiales (2021) describen que; el café tradicional se refiere al café producido y consumido siguiendo métodos y prácticas convencionales, sin enfocarse necesariamente en estándares de calidad elevados o en la trazabilidad del producto. Este tipo de café suele estar orientado al mercado masivo y puede no cumplir con los criterios exigidos para ser considerado como café especial.

V. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

5.1. Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo aplicado, con un nivel experimental y descriptivo, ya que manipula factores de fermentación y variedades de café para evaluar sus efectos en la calidad física y sensorial del grano. Se desarrolló bajo un enfoque mixto (cuantitativo y cualitativo), al combinar datos numéricos obtenidos mediante mediciones objetivas con valoraciones sensoriales realizadas por catadores especializados.

5.2. Ubicación espacial

5.2.1. Ubicación geográfica

- Longitud: 72°28'5.66" Oeste
- Latitud : 12°38'14.2" Sur
- Altitud : 1 900 m

5.2.2. Ubicación hidrográfica

- Cuenca: Vilcanota
- Subcuenca: Yanatile
- Micrcuenca: Tunquimayo

5.2.3. Ubicación política

- Región: Cusco
- Provincia: La Convención
- Distrito: Quellouno
- Lugar: Bombohuactana

5.2.4. Ubicación ecológica

La zona de vida del ámbito de influencia del trabajo de investigación, del lugar de Bombohuactana, está dentro de zona de vida: bosque húmedo - Subtropical (bh-BS); según Holdrige (1967).

5.3. Ubicación temporal

El presente trabajo de investigación se desarrolló en un periodo de cinco meses, comprendidos entre junio y octubre del año 2024, abarcando desde la experimentación hasta la obtención de los resultados en campo y laboratorio.

5.4. Materiales y métodos

5.4.1. Material biológico

Se utilizaron tres variedades de *Coffea arabica* L.:

- Variedad Catimor
- Variedad Bourbon
- Variedad Typica

Los frutos fueron recolectados de la finca de la señora Encarnación Miscapahua Quispe, ubicada en el sector de Bombohuactana, con una extensión de 5 hectáreas y una edad promedio de 5 años. La recolección se realizó de forma manual, seleccionando únicamente los cerezos maduros y sanos ubicados en la porción media de las ramas, asegurando uniformidad en el material experimental. De cada variedad se recolectaron 50 kilogramos de cerezo, de los cuales se obtuvieron 25 kilogramos de grano seco por tratamiento.

5.4.2. Materiales de campo

— Equipos e instrumentos

- Balanza digital de precisión
- Cámara fotográfica
- Laptop

- GPS
- Taza porcelana
- Jarra para catar
- Bolsas impermeables
- Termómetro
- Recipientes de plastico
- Bandejas de plástico
- Medidor de densidad
- Trilladora de muestras de café
- Medidor de la humedad
- Tostador de laboratorio
- Molino para molienda de los granos de café
- Cuchara para catar.

— Herramientas

- Libreta de campo
- Lapiceros
- Correctores
- Mesa para catar
- Papel bond
- Plumón
- Atadoras
- Sacos
- Ganchos
- Bolsas
- Etiquetas

5.4.3. Metodología

5.4.3.1. Descripción del método

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque mixto, con predominancia cuantitativa al evaluar variables físicas y sensoriales mediante análisis estadístico, y con un componente cualitativo al interpretar características organolépticas en base a percepción sensorial. El diseño experimental adoptado fue un arreglo factorial 2×3 , en el cual se evaluaron dos tipos de fermentación (aeróbica y anaeróbica) y tres variedades de café (*Typica*, *Catimor* y *Bourbon*), distribuidos aleatoriamente bajo un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres repeticiones, totalizando 18 unidades experimentales. Esta estructura permitió estudiar tanto los efectos individuales como la interacción entre los factores.

5.4.3.2. Aplicación estadística

Para el procesamiento y análisis de datos, se empleó un análisis de varianza (ANVA) con el fin de identificar diferencias estadísticas significativas entre tratamientos. Posteriormente, se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 95 % de confianza, a fin de discriminar estadísticamente los mejores tratamientos. El procesamiento de los datos se efectuó mediante el software estadístico InfoStat versión 2017.

5.4.3.3. Características del área experimental

El experimento se llevó a cabo en la localidad de Bombohuactana, en el distrito de Quellouno, provincia de La Convención, región Cusco, específicamente en una parcela cafetalera de propiedad de la señora Encarnación Mispacahua Quispe. Dicha finca, con una superficie total de cinco hectáreas, cuenta con cafetales establecidos hace cinco años bajo un manejo agronómico tradicional, propio de la zona. El terreno presenta una textura equilibrada y buen drenaje, condiciones que favorecen el desarrollo radicular del cafeto y la estabilidad productiva del sistema.

La altitud y las condiciones climáticas del lugar son óptimas para el cultivo, con temperaturas templadas, alta humedad relativa y una adecuada distribución de lluvias durante el ciclo productivo. La parcela se maneja bajo un sistema de producción de nivel tecnológico medio, caracterizado por el uso de insumos básicos y prácticas culturales convencionales, sin recurrir a mecanización ni tecnologías de precisión. Las labores agronómicas —como la poda, el deshierbo, la fertilización y el control fitosanitario— se realizan de forma manual, empleando herramientas tradicionales y siguiendo el conocimiento empírico acumulado por los productores de la zona. Este manejo refleja una caficultura sostenible de baja intervención tecnológica, en la que prevalece la experiencia del agricultor y la conservación de las condiciones ecológicas del entorno.

Dado que el experimento se basó en un análisis comparativo entre variedades, la recolección se efectuó de manera selectiva, considerando únicamente frutos de calibre homogéneo, en estado de madurez fisiológica plena y libres de daños ocasionados por plagas o enfermedades. Se cosecharon cincuenta kilogramos de cereza fresca por variedad, los cuales fueron destinados al proceso de beneficio húmedo bajo condiciones controladas, con el fin de realizar los análisis físico y sensorial correspondientes. Las variedades incluidas en el estudio, junto con su superficie representativa, fueron:

- Typica (1.5 ha)
- Catimor (1.0 ha)
- Bourbon (1.0 ha)

5.4.3.4. Distribución de tratamientos

- Número de tratamientos : 6
- Número de repeticiones por tratamiento : 3
- Total, de unidades experimentales : 18

5.4.4. Tratamientos a evaluar

Tabla 3.

Tratamientos experimentales establecidos

Tratamiento	Tipo de fermentación	Variedad	Descripción del tratamiento	Cantidad de cereza (kg)
T1	Aeróbico	Typica	Typica con fermentación aeróbica	25 kg
T2	Anaeróbico	Typica	Typica con fermentación anaeróbica	25 kg
T3	Aeróbico	Catimor	Catimor con fermentación aeróbica	25 kg
T4	Anaeróbico	Catimor	Catimor con fermentación anaeróbica	25 kg
T5	Aeróbico	Bourbon	Bourbon con fermentación aeróbica	25 kg
T6	Anaeróbico	Bourbon	Bourbon con fermentación anaeróbica	25 kg

Figura 3.

Distribución de tratamientos.

T 2 Typica + Fermentación anaeróbica	T 4 Catimor + Fermentación anaeróbica	T 3 Catimor + Fermentación aeróbica	T 5 Bourbon + Fermentación aeróbica	T 1 Typica + Fermentación aeróbica	T 6 Bourbon + Fermentación anaeróbica	B I
T 5 Bourbon + Fermentación aeróbica	T 6 Bourbon + Fermentación anaeróbica	T 1 Typica + Fermentación aeróbica	T 3 Catimor + Fermentación aeróbica	T 2 Typica + Fermentación anaeróbica	T 4 Catimor + Fermentación anaeróbica	B II
T 4 Catimor + Fermentación anaeróbica	T 2 Typica + Fermentación anaeróbica	T 6 Bourbon + Fermentación anaeróbica	T 5 Bourbon + Fermentación aeróbica	T 3 Catimor + Fermentación aeróbica	T 1 Typica + Fermentación aeróbica	B III

5.4.5. Descripción de actividades y evaluaciones

5.4.5.1. Descripción de actividades para la calidad física

Para la evaluación de la calidad física del café, se estableció un procedimiento sistemático que abarcó desde la recolección de frutos en campo hasta el almacenamiento del grano seco (oro). Cada actividad fue documentada fotográficamente y realizada bajo condiciones controladas, a fin de garantizar la integridad y representatividad de las muestras. Este proceso se desarrolló con el objetivo de generar un diagnóstico confiable y reproducible sobre las características físicas del grano, siguiendo estándares de la Specialty Coffee Association (SCA, 2020) y directrices técnicas de calidad física del café y a continuación se muestra un flujograma del proceso. Dado que en esta investigación se evaluaron dos tipos de fermentación (aeróbica y anaeróbica), se elaboraron flujogramas independientes que describen con detalle cada proceso aplicado para la obtención del café oro verde destinado al análisis de calidad física

Figura 4.

Flujograma de actividades para la evaluación de la calidad física, bajo fermentación aeróbica.

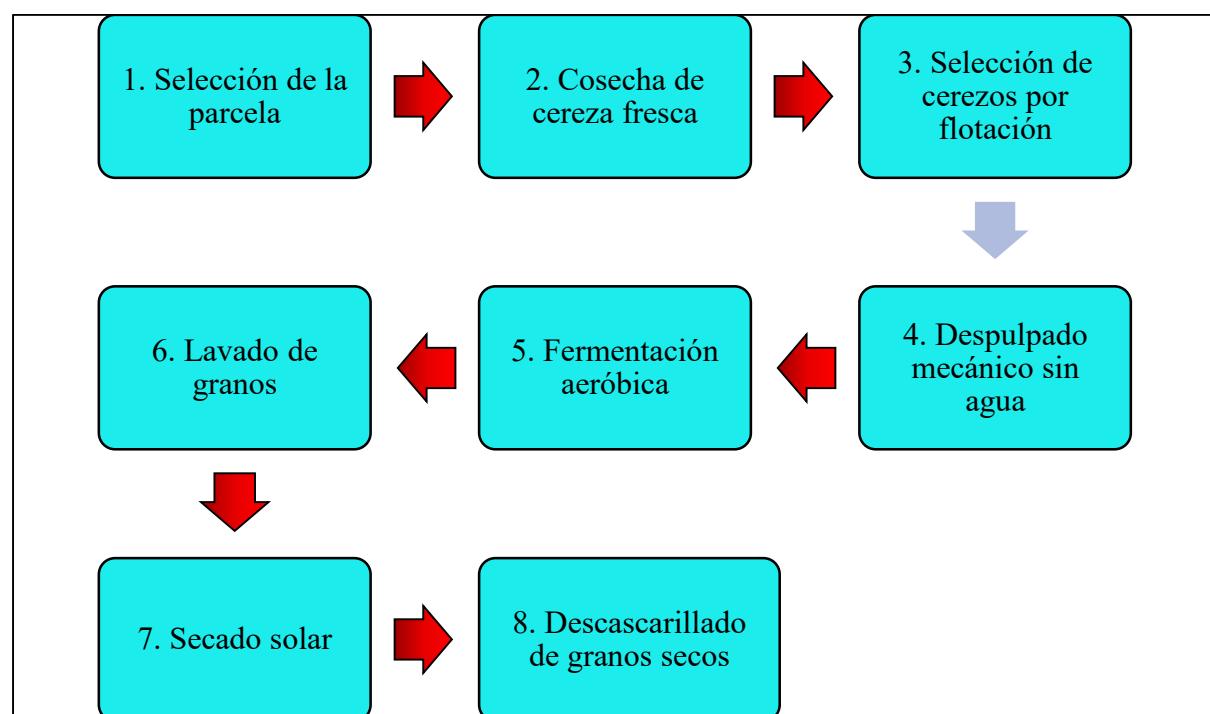
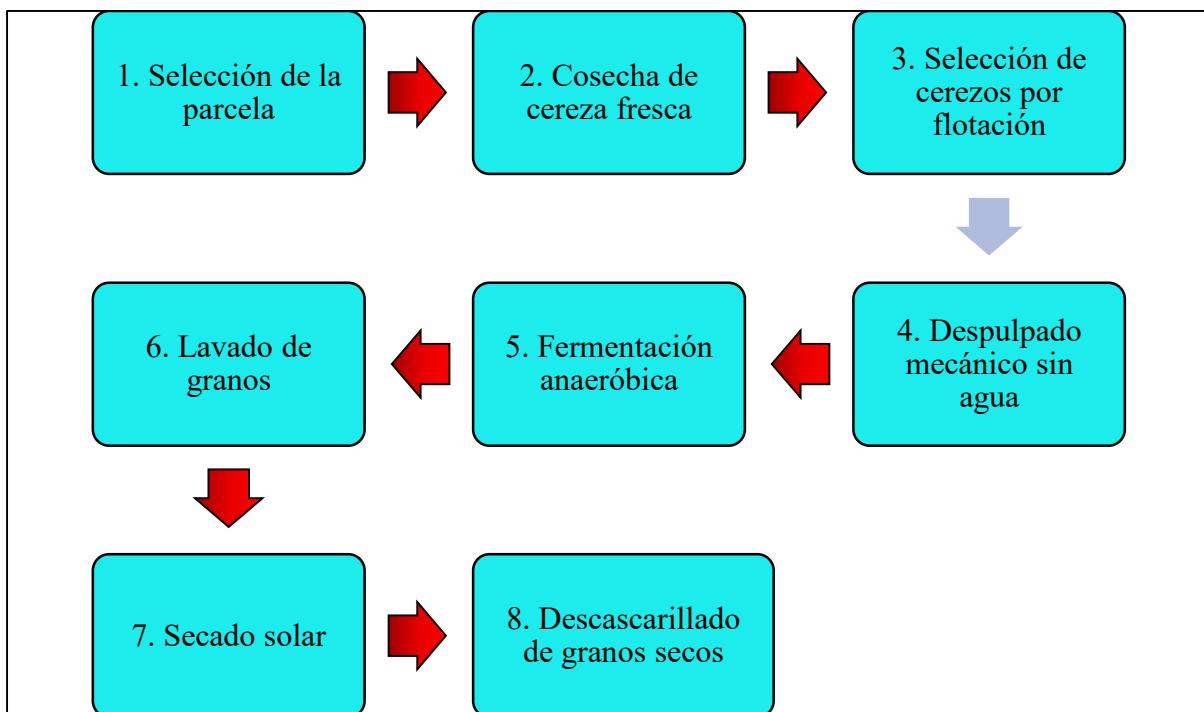


Figura 5.

Flujograma de actividades para la evaluación de la calidad física, bajo fermentación anaeróbica.



5.4.5.1.1. Selección de la parcela

El 31 de marzo de 2024 se realizó la selección de las parcelas experimentales dentro de una finca cafetalera de 5 hectáreas, con distribución varietal de 2 hectáreas de Catimor, 2 hectáreas de Bourbon y 1 hectárea de Typica. Para cada una de estas áreas se marcaron las 60 plantas más representativas, evaluando criterios como el estado fitosanitario, el vigor vegetativo, el nivel de productividad y la conformación morfológica del fruto. Esta selección estratégica permitió asegurar la recolección de 50 kilogramos de cereza fresca por variedad, proveniente exclusivamente de plantas con alto potencial genético y agronómico.

5.4.5.1.2. Cosecha de cereza fresca

La cosecha se ejecutó el 31 de julio de 2024, realizando una recolección manual selectiva por variedad (Typica, Catimor y Bourbon), extrayendo los frutos desde la parte media de la planta y sus ramas productivas. Solo se recolectaron cerezos completamente maduros, con coloración

rojo intenso, descartando frutos verdes, pintonos o sobremaduros. Posteriormente, las muestras fueron pesadas en una balanza digital de precisión, verificando la cantidad establecida de 50 kilogramos por variedad. Finalmente, los frutos fueron cuidadosamente empacados en costales limpios, rotulados por tratamiento, y transportados al área de selección.

5.4.5.1.3. Selección de cerezos por flotación

Para asegurar la homogeneidad y sanidad de los lotes, se aplicó una técnica de selección mediante flotación en recipientes plásticos de 25 kilogramos de capacidad, en los cuales se sumergieron las cerezas en agua limpia. Este procedimiento permitió eliminar frutos brocados, livianos o con defectos internos, reteniendo únicamente aquellos de óptima madurez y densidad, lo que garantiza una fermentación uniforme y una calidad física elevada. La selección se realizó de manera manual y cuidadosa, y se ejecutó una sola vez por tratamiento, antes del beneficio húmedo.

5.4.5.1.4. Despulpado mecánico sin agua

El mismo 31 de julio, durante la tarde, se procedió al despulpado de los frutos seleccionados, con el fin de conservar la frescura del mucílago y facilitar el inicio inmediato de la fermentación. La operación se realizó utilizando un molino mecánico artesanal, bajo modalidad de despulpado en seco, es decir, sin agua, lo cual favorece la integridad del pergamino y minimiza el daño mecánico al grano. Este procedimiento fue ejecutado por separado para cada uno de los seis tratamientos experimentales (combinación de tres variedades × dos tipos de fermentación), asegurando la no contaminación cruzada entre muestras.

Cada grupo de granos despulpados fue almacenado en recipientes plásticos de 25 kg, debidamente etiquetados según su tratamiento (T1 a T6), y organizados con rigurosidad experimental para su ingreso inmediato a las cámaras de fermentación. Todo el proceso se desarrolló bajo condiciones higiénicas y con un tiempo total de ejecución aproximado de una

hora para los seis tratamientos, garantizando uniformidad operativa y preservación de la calidad física del grano.

Fotografía 1.

Molino mecánico utilizado en el proceso de despulpado en seco.



5.4.5.1.5. Fermentación aeróbica

La fermentación aeróbica se implementó solamente en los tratamientos T1 (Typica con fermentación aeróbica), T3 (Catimor con fermentación aeróbica) y T5 (Bourbon con fermentación aeróbica), como se detalla en la tabla 3; con el propósito de evaluar las características físicas y sensoriales específicas del café. Para cada tratamiento se emplearon 25 kilogramos de café cereza despulpado, los cuales fueron depositados en recipientes plásticos rectangulares. Cada recipiente se cubrió con una lámina plástica transparente, dejando una abertura central que permitió la circulación natural del aire.

El procedimiento se ejecutó sin adición de agua ni de agentes químicos, garantizando una fermentación espontánea controlada, determinada únicamente por las condiciones ambientales y la microbiota nativa presente en el mucílago. El proceso se inició a las 7:00 p. m. del 31 de julio de 2024 y concluyó a las 7:00 a. m. del 2 de agosto de 2024, con una duración total de 36 horas.

Durante este tiempo se efectuaron tres remociones manuales del café a intervalos regulares, con la finalidad de favorecer una distribución uniforme del calor y de los compuestos fermentativos, asegurando una fermentación homogénea en toda la masa. Este tratamiento se desarrolló bajo condiciones ambientales controladas, dentro del rango de 24 a 32 °C, considerado óptimo según lo señalado por Vaz (2023), quien sostiene que parámetros de temperatura en dicho rango, junto con un tiempo de fermentación de 35 a 45 horas, permiten alcanzar perfiles de taza que superan los 81 puntos en la escala SCA, manteniendo atributos aromáticos balanceados y una estructura sensorial definida.

Fotografía 2.

Fermentación aeróbica en recipiente, con control de oxígeno parcial.



5.4.5.1.6. Fermentación anaeróbica

La fermentación anaeróbica se aplicó solamente en los tratamientos T2 (Typica con fermentación anaeróbica), T4 (Catimor con fermentación anaeróbica) y T6 (Bourbon con fermentación anaeróbica), con el propósito de conocer los efectos de la fermentación anaeróbica sobre las características físicas y organolépticas. Para cada tratamiento se utilizaron 25 kilogramos de café cereza despulpado, depositados en recipientes herméticos (timbos) de

polietileno de alta densidad. Cada recipiente fue cerrado con tapa ajustada y fijada mediante una correa de sujeción, con el propósito de impedir el ingreso de oxígeno atmosférico y mantener un ambiente estrictamente anaeróbico.

El proceso fermentativo se inició a las 7:00 p. m. del 31 de julio de 2024 y concluyó a las 7:00 a. m. del 2 de agosto de 2024, con una duración total de 36 horas. Durante este periodo, cada timbo fue agitado manualmente en tres momentos estratégicos, sin retirar la tapa, con el fin de redistribuir el contenido interno y garantizar la homogeneidad del proceso sin alterar el microambiente anaeróbico.

Este procedimiento resultó fundamental para propiciar condiciones de microambiente controlado, favoreciendo la generación de compuestos volátiles deseables en el perfil final de taza. Según Vaz (2023), este tipo de fermentación, cuando se mantiene entre 35 y 45 horas y bajo un manejo adecuado de la hermeticidad, permite obtener cafés que superan los 81 puntos en la escala SCA, caracterizados por atributos sensoriales diferenciados y mayor complejidad aromática.

Fotografía 3.

Fermentación anaeróbica en recipiente (timbo) cerrado.



5.4.5.1.7. Lavado de granos

Una vez concluida la fase de fermentación en ambos tratamientos, se procedió al lavado de los granos de café, actividad realizada la mañana del 1 de agosto de 2024, como parte esencial del proceso de beneficio húmedo. El objetivo fue remover de manera completa los restos de mucílago adheridos al pergamino del grano, asegurando la preparación adecuada para la fase de secado. El lavado se ejecutó de manera manual, en cuatro ciclos consecutivos, utilizando agua limpia y realizando movimientos circulares suaves, hasta que el líquido resultante se tornó completamente transparente. Esta técnica, además de garantizar la limpieza superficial, permitió mantener la integridad física del pergamino, evitando daños mecánicos que pudieran comprometer el secado uniforme y la calidad sensorial posterior.

Fotografía 4.

Lavado manual de granos despulpados, posterior a la fermentación.



5.4.5.1.8. Secado solar

Una vez completado el proceso de lavado, el café en pergamino fue trasladado a estructuras artesanales tipo invernadero para su secado mediante energía solar. Estos secaderos fueron construidos con estructura de madera de 5 cm de espesor, malla de acero inoxidable en la base de soporte, y cubierta plástica translúcida, lo que permitió una adecuada captación y

distribución de la radiación solar. Las dimensiones de cada secadero fueron de 1.40 m de ancho por 2.00 m de largo, con una elevación de 0.50 m sobre el nivel del suelo, lo cual favoreció una circulación eficiente del aire por convección natural. Se utilizaron dos estructuras independientes, con capacidad de carga aproximada de 50 kg de café húmedo cada una.

El proceso de secado se desarrolló a lo largo de 20 días, iniciando el 1 de agosto de 2024, inmediatamente después del lavado, y concluyendo cuando los granos alcanzaron un contenido de humedad final del 11 %, medido con un higrómetro digital portátil. Durante este periodo, los granos fueron removidos manualmente tres veces al día, a fin de garantizar una deshidratación homogénea, evitar fermentaciones indeseadas y prevenir acumulaciones de calor o humedad localizadas.

Según la **Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2012)**, el secado solar constituye una etapa crítica en la conservación de la calidad física y sensorial del café, debido a su influencia directa sobre múltiples parámetros. En este estudio, se estableció el monitoreo técnico de tres tipos de parámetros fundamentales:

- **Parámetros físicos:** Se registraron temperaturas ambiente entre 25 °C y 34 °C, con una humedad relativa entre 50 % y 70 %, propias de la época seca en el sector de Bombohuactana. Se mantuvo el contenido de humedad del grano dentro del rango óptimo de 10 % a 12 %, evitando exposición directa a lluvias, condensación, o sombras prolongadas, lo que podría afectar negativamente la integridad del pergamino.
- **Parámetros químicos:** Se controló la velocidad del secado para evitar la pérdida de compuestos volátiles importantes como ácidos clorogénicos, azúcares reductores y precursores aromáticos. De acuerdo con la International Coffee Organization (2019), un secado excesivamente rápido puede provocar la pérdida de fragancia, mientras que uno demasiado lento puede inducir fermentaciones secundarias. Para mitigar estos riesgos, se

empleó una capa delgada y removida constantemente, lo que favoreció una evaporación uniforme.

- **Parámetros agroquímicos:** Aunque no se aplicaron insumos químicos en esta etapa, se consideró la posible residualidad superficial de productos agrícolas utilizados durante el cultivo. Según Cenicafé (2001), una buena aireación y exposición solar moderada contribuyen a la degradación natural de residuos, mejorando la inocuidad del producto final. Por ello, los secaderos se mantuvieron limpios, protegidos de contaminantes y alejados de fuentes externas de polvo o humo.

Todo este procedimiento fue estandarizado y replicado para todos los tratamientos experimentales, garantizando condiciones homogéneas que permitieron la trazabilidad de los efectos derivados exclusivamente de las combinaciones entre variedad y tipo de fermentación.

En relación con la fuente energética utilizada, OSINERGMIN (2020) señala que la energía solar representa una alternativa renovable, abundante y eficaz para procesos agroindustriales como el secado. Este fenómeno natural opera bajo diversos principios físicos que explican su efectividad:

- Refracción: La radiación solar atraviesa el plástico del techo del secadero y cambia de dirección al ingresar al interior, generando un aumento en la temperatura del ambiente cerrado.
- Difracción: La dispersión de la luz al rodear las estructuras del secadero permite una distribución uniforme del calor, evitando zonas con diferencia térmica.
- Entalpía y conducción térmica: A medida que el grano absorbe calor, incrementa su energía interna (entalpía), lo que facilita la evaporación del agua contenida mediante conducción y convección.

- Principio de efecto invernadero: La estructura del secadero retiene el calor absorbido, transformando la radiación solar en energía térmica acumulada que acelera el secado, incluso en condiciones parcialmente nubladas.
- Energías complementarias: Aunque se empleó un sistema pasivo, es importante reconocer el papel potencial de otras fuentes energéticas como la eólica (ventilación natural), lumínica (calentamiento superficial), eléctrica (ventiladores auxiliares), e incluso hidráulica o gravitacional (en sistemas de distribución), todas ellas capaces de mejorar la eficiencia térmica y la gestión operativa del secado.

La interacción sinérgica de estos principios físicos y energéticos aseguró un proceso de secado técnico, eficiente y controlado, lo que contribuyó significativamente a la preservación de la calidad física y sensorial del grano de café.

Fotografía 5.

Secado solar de granos lavados en secadero tipo invernadero



5.4.5.1.9. Descascarillado de granos secos

Una vez alcanzado el contenido de humedad objetivo, se procedió al descascarillado de los granos secos para obtener el café en estado verde oro. Esta labor se realizó utilizando una

trilladora mecánica, calibrada previamente para conservar la integridad de los granos y minimizar pérdidas por rotura o fricción.

La trilladora separó de manera eficaz el pergamino seco de la almendra de café, permitiendo una obtención limpia, uniforme y libre de residuos. El café verde resultante constituye el insumo ideal para su almacenamiento, análisis físico o posterior etapa de tueste, y cumple con los estándares comerciales para exportación y evaluación sensorial.

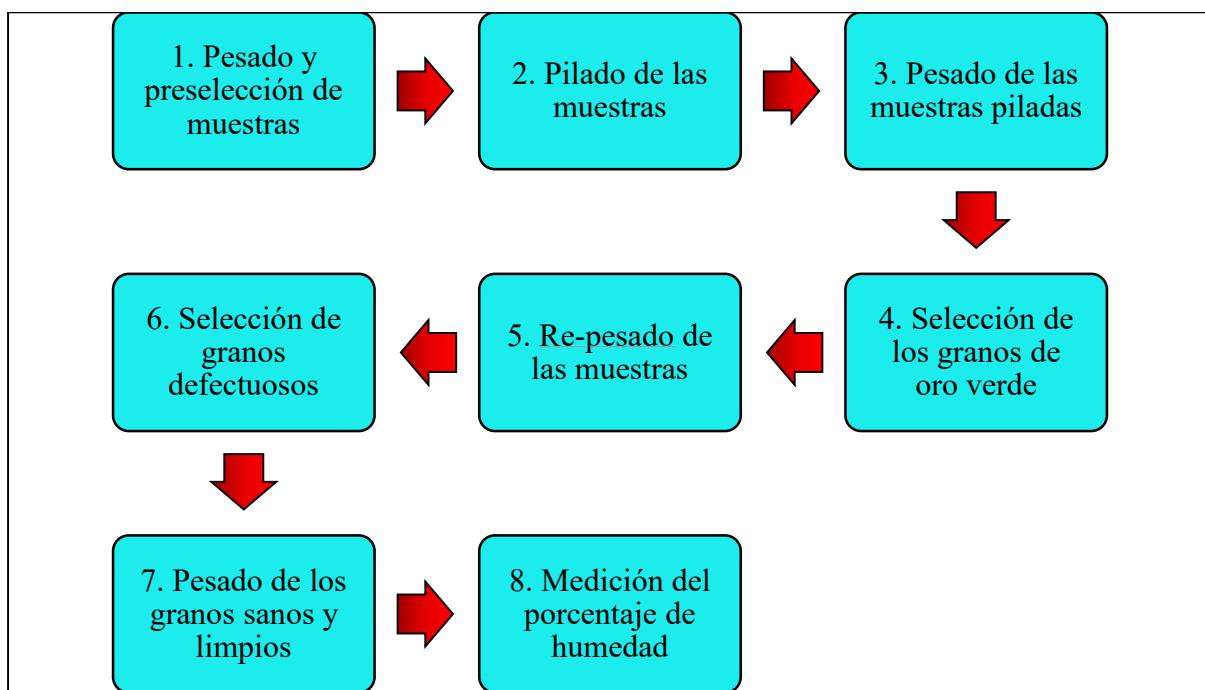
Este proceso permitió mejorar la eficiencia operativa y asegurar que todos los tratamientos experimentales culminaran con un producto procesado homogéneo y de alta calidad.

5.4.5.2. Evaluaciones para la calidad física

Las evaluaciones de calidad física del café se realizaron una vez finalizado el proceso de secado y descascarillado, tomando como base los protocolos técnicos establecidos por la Specialty Coffee Association (SCA, 2020) y adaptados a las condiciones locales del sector Bombohuactana. Para garantizar la objetividad y reproducibilidad de los datos, cada análisis fue realizado en condiciones estandarizadas, utilizando instrumentos calibrados y unidades de medida precisas. Las muestras fueron evaluadas individualmente por tratamiento, es decir, según la combinación de variedad y tipo de fermentación aplicada.

Figura 6.

Flujograma de proceso de obtención de grano oro verde.



5.4.5.2.1. Pesado y preselección de muestras

En el presente estudio, el análisis físico del café verde oro se inició con la etapa de pesado de muestras, la cual constituyó un paso fundamental para garantizar la representatividad y uniformidad de los tratamientos experimentales. En total se trabajó con seis tratamientos, definidos por la combinación de dos variedades de *Coffea arabica* con tres tipos de fermentación. Cada tratamiento se replicó tres veces, obteniéndose un total de 18 muestras independientes.

Para cada unidad experimental se tomó un peso estándar de 400 gramos, medida cuidadosamente con balanza digital de precisión, tal como se aprecia en la Fotografía 6. Esta cantidad fue seleccionada por ser técnicamente suficiente para ejecutar de manera rigurosa todas las evaluaciones físicas subsecuentes —como clasificación por tamaño, detección de defectos, análisis de humedad, peso de 100 granos, entre otros—, sin comprometer la integridad del muestreo ni el volumen necesario para el análisis sensorial posterior.

Fotografía 6.

Pesado inicial de 400 g de muestras para análisis físico.



El procedimiento de selección y depuración de las muestras siguió una secuencia técnica de cinco pasos claramente definidos, con el propósito de estandarizar el proceso y asegurar la calidad de los granos evaluados. A continuación, se describen los pasos ejecutados en esta fase:

- 1. Pesado inicial estandarizado:** Se inició con un muestreo aleatorio de 400 gramos por unidad experimental, bajo condiciones controladas de temperatura y humedad. Esta cantidad sirvió de base para todas las determinaciones físicas, permitiendo una comparación homogénea entre tratamientos.
- 2. Eliminación de impurezas y defectos severos:** Cada muestra fue sometida a una inspección visual minuciosa, durante la cual se descartaron impurezas visibles (piedras, fragmentos de palos, cáscaras) y granos con defectos primarios evidentes, tales como brocados, partidos, mohosos o excesivamente pequeños. Esta depuración preliminar aseguró que el análisis se realizara sobre material representativo del grano exportable.
- 3. Clasificación por tamaño y forma:** Mediante el uso de zarandas calibradas (N.^o 14 a N.^o 17), los granos fueron separados según su calibre. Paralelamente, se evaluó la forma de cada

grano —con énfasis en la simetría y uniformidad— a fin de excluir aquellos que no cumplían con los estándares morfológicos para café de alta calidad.

4. **Evaluación de color y aspecto visual:** Se verificó la uniformidad del color del grano verde oro, descartando aquellos que presentaban pigmentaciones anómalas, manchas oscuras, coloraciones irregulares o signos de fermentación incompleta. Esta evaluación se realizó bajo iluminación estandarizada, utilizando lámparas LED blancas neutras.
5. **Selección de la muestra final exportable:** Tras pasar por las etapas anteriores, se conformó una submuestra final representativa, compuesta exclusivamente por granos enteros, sanos y homogéneos. Este lote fue el que se utilizó para la evaluación física integral y el análisis sensorial posterior, asegurando que los datos obtenidos reflejaran las características reales de calidad de cada tratamiento.

Este protocolo de pesado y depuración sistemática permitió establecer una línea base uniforme de análisis físico, minimizando sesgos atribuibles a defectos previos o variabilidad en el muestreo. Asimismo, garantizó que los resultados comparativos entre tratamientos estuvieran sustentados en muestras con características estandarizadas y técnicamente comparables, fortaleciendo la validez interna del experimento.

5.4.5.2.2. Pilado de las muestras

Una vez culminado el proceso de pesado y selección, se procedió con la etapa de pilado de las 18 muestras, cada una con un peso neto de 400 gramos de café en estado pergámido. Esta fase tuvo como finalidad eliminar la cascarilla superficial que recubre el grano, obteniendo así el café verde oro limpio, necesario para las siguientes evaluaciones físicas y sensoriales. El proceso se ejecutó bajo condiciones controladas para preservar la integridad física de cada muestra y garantizar una trazabilidad rigurosa del experimento. El procedimiento técnico se llevó a cabo en tres etapas fundamentales:

- 1. Preparación inicial de las muestras:** Las 18 unidades experimentales fueron medidas con precisión, asegurando que cada una contuviera exactamente 400 gramos de café pergamino. Estas muestras fueron colocadas en contenedores individuales y rotulados, con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación cruzada entre tratamientos y garantizar que cada muestra conservara su identidad experimental a lo largo del proceso.
- 2. Proceso de pilado mecánico:** Cada muestra fue introducida de manera independiente en una piladora eléctrica especializada, diseñada para desprender la cascarilla mediante fricción controlada. Este equipo aplica una acción mecánica uniforme, sin dañar el grano interno, erosionando progresivamente el pergamino hasta liberar los granos de café verde. La velocidad, presión y tiempo de contacto fueron calibrados previamente para asegurar un rendimiento óptimo sin generar roturas o defectos físicos en los granos.
- 3. Recolección del grano pilado:** Una vez completado el proceso, los granos limpios y despojados de su cascarilla fueron recolectados en recipientes numerados, correspondientes a cada unidad experimental. Este procedimiento permitió mantener la separación rigurosa entre tratamientos, conservando la homogeneidad de las muestras para los análisis posteriores de humedad, defectos, tamaño, color y calidad sensorial.

El pilado se realizó bajo condiciones controladas de higiene, con limpieza periódica de la maquinaria entre muestras, lo que contribuyó a evitar mezclas accidentales y preservar la integridad del diseño experimental. Gracias a esta metodología sistemática, se obtuvieron muestras homogéneas de café verde oro, listas para ser sometidas a las siguientes etapas del análisis físico.

Fotografía 7.

Pilado de las 18 muestras (400 g/muestra).



5.4.5.2.3. Pesado de las muestras piladas

Completado el proceso de pilado, donde se eliminó la cascarilla del café pergamino, se procedió con el pesado de las 18 muestras transformadas en café oro verde. Esta etapa fue clave para calcular el rendimiento neto de cada tratamiento y sentar la base para los análisis posteriores. El procedimiento se ejecutó mediante las siguientes fases:

- 1. Transferencia controlada:** Cada muestra fue colocada cuidadosamente en recipientes individuales, garantizando la identificación y trazabilidad de cada unidad experimental. Esta precaución evitó contaminaciones cruzadas entre tratamientos.
- 2. Pesado técnico:** Utilizando una balanza digital de precisión, se obtuvo el peso exacto del café oro verde por muestra. Como resultado del pilado, el peso de cada unidad disminuyó respecto a su valor original como café pergamino, debido a la eliminación de la cascarilla.
- 3. Registro riguroso:** Los pesos obtenidos fueron anotados en una ficha técnica individual para cada tratamiento. Este valor permitió calcular el rendimiento del café verde oro por unidad

experimental, constituyendo un parámetro fundamental en la evaluación comparativa de los tratamientos aplicados.

Este procedimiento de pesado no solo contribuyó al control de calidad del procesamiento, sino que también facilitó la evaluación cuantitativa del beneficio seco, relacionando la eficiencia del tratamiento con la calidad física del producto final.

Fotografía 8.

Pesado de las 18 muestras piladas.



5.4.5.2.4. Selección de los granos de oro verde

Luego del pesado, se procedió a la clasificación y selección física de los granos de café oro verde, utilizando mallas calibradas que permitieron identificar el tamaño, uniformidad y presencia de defectos en cada muestra. Esta etapa fue crucial para estandarizar la calidad de las muestras destinadas a evaluación sensorial. El procedimiento se estructuró en las siguientes fases:

- 1. Preparación de tamices:** Se utilizaron mallas clasificadoras con perforaciones estándar: N.^o 15 (grano grande), N.^o 14 (grano medio) y N.^o 0 (grano pequeño o defectuoso). Estas herramientas permitieron una separación eficiente según el calibre físico de los granos.
- 2. Clasificación por tamaño:**

- Malla N.^o 15: Los granos que quedaron retenidos en la malla número 15 fueron aquellos de mayor tamaño, que cumplían con los estándares de calidad esperados para café oro verde. Estos granos se consideraron aptos para continuar con el proceso de evaluación.
- Malla N.^o 14: La malla número 14 se utilizó para los granos de tamaño intermedio. Los granos que pasaron a través de esta malla fueron cuidadosamente evaluados, ya que pueden tener defectos menores, pero aún ser aptos para la calidad final.
- Malla N.^o 0: Los granos que pasaron a través de la malla número 0 (que tiene las perforaciones más finas) fueron aquellos que no cumplían con los criterios de tamaño o calidad y por lo tanto fueron descartados. Estos incluyen granos pequeños, quebrados o dañados.

3. **Inspección visual de defectos:** Se realizó una evaluación minuciosa de color, forma, integridad y presencia de defectos visibles como brocados, manchados o deformados. Este control permitió eliminar todo grano que pudiera afectar el perfil físico o sensorial del café.
4. **Pesado y registro de fracciones:** Los granos clasificados fueron nuevamente pesados y registrados por cada categoría de malla, permitiendo calcular porcentajes de grano exportable, intermedio y defectuoso por tratamiento.

Este paso aseguró que únicamente los granos de mejor calidad homogéneos, sanos y con tamaño adecuado, fueran seleccionados para la fase de catación y análisis físico final, garantizando la representatividad de las muestras en función de su desempeño en el beneficio seco.

Fotografía 9.

Selección de los granos de oro verde.



5.4.5.2.5. Re-pesado de las muestras

Finalizado el proceso de selección mediante las mallas N.^o 15, N.^o 14 y N.^o 0, se procedió al re-pesado de las 18 muestras de café oro verde, ya clasificadas por tamaño y calidad. Esta etapa tuvo como finalidad cuantificar con precisión el peso neto de granos seleccionados, constituyendo un indicador directo del rendimiento físico del grano exportable. El procedimiento se estructuró en los siguientes pasos:

- 1. Recogida de granos seleccionados:** Se recuperaron cuidadosamente los granos retenidos en las mallas N.^o 15 y N.^o 14, los cuales cumplían con los criterios de tamaño, forma, integridad y ausencia de defectos. Por el contrario, los granos que atravesaron la malla N.^o 0 —considerados pequeños, inmaduros o defectuosos— fueron descartados de forma definitiva.
- 2. Re-pesado de muestras seleccionadas:** Las muestras filtradas fueron pesadas nuevamente utilizando una balanza electrónica de precisión. Esta etapa permitió determinar el peso exclusivo de los granos de calidad, eliminando del análisis cualquier componente que no cumpliera con los estándares de exportación.

3. Cálculo de rendimiento neto: El nuevo peso registrado por muestra fue utilizado para calcular el rendimiento de café oro verde de calidad seleccionada, expresado en función del peso inicial (400 g de café pergaminio). Este valor permitió estimar la eficiencia del proceso de beneficio seco en cada tratamiento, así como las pérdidas asociadas a defectos físicos.

4. Confirmación de la calidad de la muestra: El re-pesado final sirvió también como una etapa de control de calidad, asegurando que el proceso de clasificación y descarte haya sido correctamente aplicado y que las muestras remanentes fueran uniformes, limpias y representativas para el análisis físico y sensorial posterior.

Este procedimiento de re-pesado aportó una base cuantitativa clave para la evaluación objetiva de la calidad física, al reflejar la proporción real de grano exportable obtenida por cada tratamiento. Asimismo, consolidó la homogeneidad de las muestras utilizadas en las siguientes fases del estudio.

Fotografía 10.

Re-pesado de las muestras.



5.4.5.2.6. Selección de granos defectuosos

Una vez completado el re-pesado de las muestras que fueron clasificadas mediante las mallas N.^o 15, N.^o 14 y N.^o 0, se procedió a una nueva etapa de selección de granos defectuosos. Esta fase resulta fundamental para garantizar que únicamente los granos de alta calidad avancen hacia las siguientes etapas del análisis físico y sensorial, eliminando aquellos con características indeseables que podrían comprometer el perfil final del café. Los defectos considerados en esta etapa se identificaron visualmente y fueron clasificados en las siguientes categorías:

- 1. Granos conchos:** Se retiraron aquellos granos cuya cáscara externa presentaba formas incompletas o evidentes daños físicos. Este tipo de grano afecta negativamente tanto la apariencia como la calidad del café, por lo que fue descartado inmediatamente.
- 2. Granos inmaduros:** Se separaron los granos que no habían alcanzado una maduración fisiológica adecuada. Suelen mostrar tonalidades irregulares y menor densidad, pudiendo generar en taza sabores ácidos o desequilibrios sensoriales.
- 3. Granos brocados leves:** Se identificaron granos con daños incipientes causados por la broca del café (*Hypothenemus hampei*). Aunque estos granos presentaban apenas pequeñas perforaciones superficiales, se optó por su eliminación preventiva, a fin de evitar alteraciones organolépticas.
- 4. Granos brocados severos:** Aquellos con daños más marcados por broca, con perforaciones profundas y evidentes, fueron completamente descartados debido al grave compromiso de su estructura y su efecto negativo en el perfil de aroma y sabor.
- 5. Granos partidos o mordidos:** Finalmente, se eliminaron los granos quebrados, astillados o con signos de haber sido mordidos por insectos u otros agentes. Su presencia puede alterar la uniformidad del tostado, disminuir la calidad final del producto y generar defectos sensoriales.

Este proceso riguroso de selección manual permitió reducir significativamente la presencia de granos defectuosos; reflejando, además, la incidencia de broca en el lote y garantizó que las muestras finales utilizadas en los análisis representaran un café de alta calidad, homogéneo, y libre de imperfecciones que comprometan su desempeño físico y sensorial.

Fotografía 11.

Selección de granos defectuosos.



5.4.5.2.7. Pesado de los granos sanos y limpios

Finalizado el proceso de selección de granos defectuosos, se procedió con una de las etapas más importantes dentro de la evaluación de calidad física del café: el pesado final de los granos sanos y limpios. Esta acción tiene por objetivo cuantificar con precisión el volumen de café que cumple con los estándares físicos mínimos exigidos para ser considerado como grano exportable, lo cual resulta fundamental para la evaluación del rendimiento de cada muestra y para la valorización comercial del producto. El procedimiento seguido fue el siguiente:

- 1. Recolección de los granos sanos y limpios:** Una vez descartados los granos defectuosos incluyendo brocados, partidos, inmaduros o conchos, se reunieron únicamente los granos que cumplían con los criterios de calidad física establecidos. Estos granos se caracterizaron por su tamaño uniforme, ausencia de daños visibles, estructura íntegra y coloración adecuada.

Cada muestra fue manipulada con cuidado para evitar cualquier tipo de contaminación o pérdida.

2. **Pesado final de las muestras:** Los granos seleccionados fueron colocados nuevamente en sus respectivos recipientes individuales para proceder al pesado final, utilizando una balanza de precisión. Este valor corresponde exclusivamente al café oro verde sano y limpio, y representa la fracción de mayor calidad dentro del conjunto procesado.
3. **Confirmación de la calidad:** El registro del peso final permitió verificar que el proceso de selección y clasificación previa se había ejecutado correctamente, dejando únicamente los granos aptos para análisis sensorial y catación. Este paso también asegura que la calidad del lote final sea homogénea y que los tratamientos evaluados hayan tenido un impacto significativo en la proporción de grano exportable.
4. **Determinación de la cantidad exportable:** Finalmente, el peso de los granos sanos fue considerado como la base para calcular el rendimiento de café oro verde exportable. Esta métrica es clave para la planificación comercial, ya que incide directamente en el volumen de café disponible para la venta a mercados diferenciados y en la rentabilidad general del proceso productivo.

En conjunto, este pesado final no solo concluye el proceso de evaluación física de las muestras, sino que también sienta las bases para estimar el rendimiento comercial de cada tratamiento, con miras a posicionar el café procesado dentro del segmento de especialidad y exportación.

Fotografía 12.

Pesado de los granos sanos y limpios.



5.4.5.2.8. Medición del porcentaje de humedad

Una vez finalizado el proceso de selección y pesado de los granos sanos y limpios, se procedió a realizar la medición del porcentaje de humedad, como etapa final de la evaluación de calidad física del café oro verde. Este análisis es de vital importancia, ya que la humedad residual del grano incide directamente en su estabilidad durante el almacenamiento, su capacidad de conservación y, sobre todo, en su aceptación dentro de los estándares de exportación.

Para tal fin, se utilizó un higrómetro digital calibrado, diseñado específicamente para medir la humedad en granos de café. El procedimiento consistió en tomar una muestra representativa de los granos ya clasificados y pesados, introducirlos en la cámara de medición del equipo y registrar el valor arrojado por el dispositivo. Esta medición se realizó en condiciones ambientales controladas, evitando exposición directa a humedad o calor excesivo que pudiera alterar la lectura.

Según los parámetros técnicos establecidos por los organismos reguladores y comerciales, el rango de humedad ideal para café verde oscila entre **10 % y 12 %**. Muestras con porcentajes superiores pueden favorecer el crecimiento de hongos, bacterias o la generación de

sabores defectuosos durante la catación, mientras que niveles inferiores al 10 % pueden generar quiebres o pérdida de atributos sensoriales.

Además de su impacto sobre la calidad, el porcentaje de humedad influye en la clasificación comercial del lote, en el rendimiento del grano durante el tostado y en la valoración económica del producto, ya que el peso final puede variar de acuerdo con la humedad residual.

Este control constituye una etapa esencial en la cadena de aseguramiento de calidad del café, garantizando que las muestras evaluadas cumplan con los requisitos físicos, sanitarios y comerciales exigidos por los mercados nacionales e internacionales.

Fotografía 13.

Medición del porcentaje de humedad.



Tabla 4.

Parámetros de calificación de calidad física de café

Indicadores de calidad	Forma de grano	Tamaño de grano	Color de grano
Excelente	-----	18 - 20 mm grande	-----
Buena	Grano plano	15-20 mm mediano	Verde azulado
Regular	Convexo o chato	12-14 mm pequeño	Verde claro
Mala	Caracoles y triángulos	11 mm a menos	-----

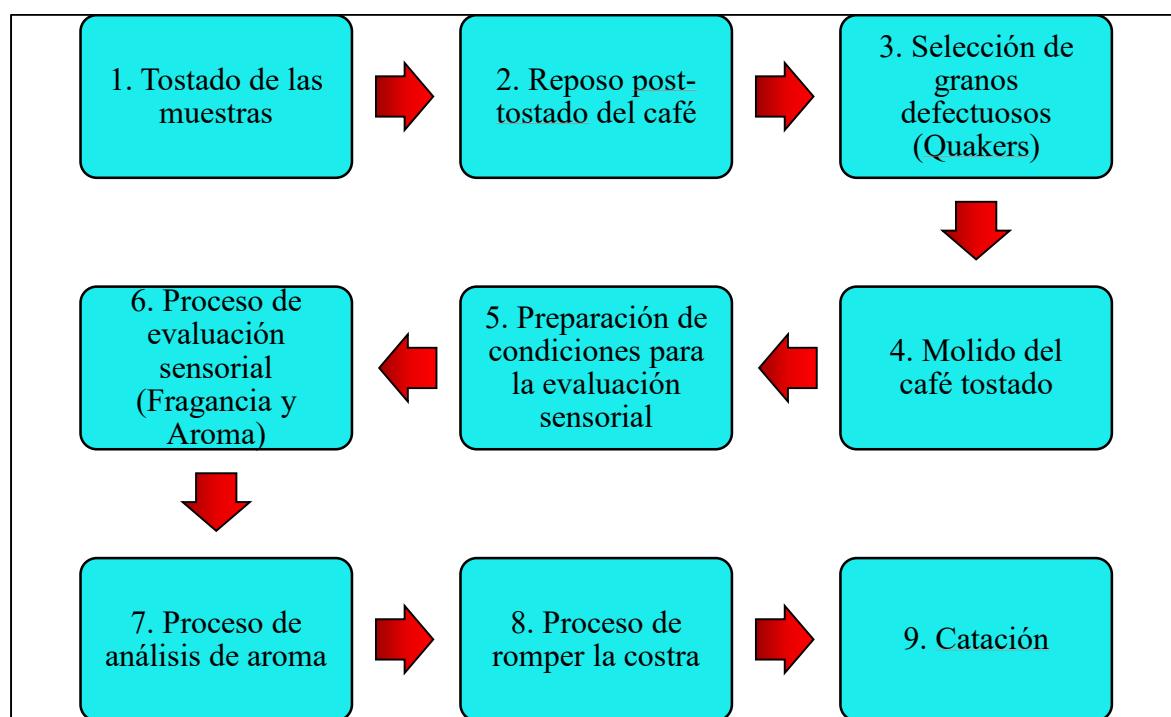
Fuente: Rojas (2017)

5.4.5.3. Descripción de actividades para la evaluación sensorial

Para realizar la catación de los atributos sensoriales se realizó diversas actividades protocolares según la Specialty Coffee Association (SCA), donde se describe cada una de ellas a continuación se muestra un flujograma de los procedimientos

Figura 7.

Flujograma de proceso de actividades para la evaluación sensorial.



5.4.5.3.1. Tostado de las muestras

Luego de culminar el análisis físico y verificar que los granos de café verde presentaran condiciones óptimas (libres de defectos visibles y con humedad controlada), se procedió al tostado individual de cada una de las muestras. En total, se trabajó con 18 muestras, correspondientes a las combinaciones factoriales del estudio, empleando 125 gramos de café verde por muestra.

El tostado constituye una etapa crítica dentro del proceso de evaluación sensorial, ya que define el desarrollo aromático y gustativo del grano. Durante esta transformación térmica, los

compuestos azucarados, ácidos y volátiles del café interactúan químicamente, generando el perfil organoléptico que será percibido en la cata.

De acuerdo con el protocolo técnico de la Specialty Coffee Association (SCA), se mantuvo un tiempo de tostado comprendido entre 8 y 12 minutos, con una temperatura interna controlada de 180 °C. Esta combinación permitió alcanzar una caramelización adecuada de los azúcares naturales, potenciando las notas de fragancia, sabor, cuerpo y retrogusto características del café de especialidad.

El control riguroso de estos parámetros aseguró que el proceso de tostado fuera uniforme y replicable para todas las muestras, evitando desviaciones que pudieran alterar la expresión sensorial del grano.

Fotografía 14.

Tostado de las muestras de café para análisis sensorial.



5.4.5.3.2. Reposo post-tostado del café

Una vez finalizado el tostado, cada muestra fue almacenada durante un período de 8 horas, tiempo necesario para que los granos se estabilicen antes de la cata. Este periodo de reposo desempeñó un rol fundamental en la depuración de compuestos volátiles indeseables y en la mejora de la expresividad aromática.

Durante el proceso de tostado, el café libera una serie de compuestos aromáticos algunos deseables y otros no; que, si se evalúan inmediatamente, pueden generar percepciones amargas, astringentes o metálicas. Por ello, al permitir que los granos descansen, se facilita la disipación de gases residuales, optimizando la precisión de la evaluación sensorial.

Además, este reposo favoreció la homogeneización de la estructura interna del grano, lo que mejora la extracción de sabores y aromas durante el proceso de infusión, contribuyendo así a una valoración más clara, coherente y representativa de la calidad organoléptica del café evaluado.

Esta etapa fue ejecutada en condiciones ambientales controladas, en recipientes opacos, limpios y ventilados, minimizando la exposición a la luz y a la humedad, lo que permitió preservar la integridad de los compuestos volátiles esenciales para la cata.

5.4.5.3.3. Selección de granos defectuosos (Quakers)

Transcurridas las ocho horas de reposo post-tostado, se procedió a la selección de granos defectuosos antes del molido. Esta etapa fue determinante para garantizar la calidad del análisis sensorial, dado que la presencia de granos defectuosos , especialmente los denominados quakers, puede alterar significativamente la percepción aromática y gustativa del café.

Los *quakers* son granos subdesarrollados que, debido a una cosecha prematura o inmadurez fisiológica, no alcanzaron una formación completa. Tras el tostado, estos granos se identifican con facilidad por su coloración marrón claro, en contraste con el tono uniforme de los granos bien desarrollados. Su presencia en la muestra puede generar sabores indeseables, como amargor excesivo, astringencia o notas terrosas, distorsionando el perfil sensorial final del café.

Por ello, cada muestra fue sometida a una inspección minuciosa y manual bajo luz blanca difusa, con el fin de retirar cualquier grano defectuoso que pudiera comprometer la fiabilidad de la catación. Esta depuración previa aseguró que únicamente granos sanos, limpios y representativos formaran parte de las infusiones evaluadas.

5.4.5.3.4. Molido del café tostado

El cuarto paso del proceso fue el molido del café, realizado inmediatamente después de la selección de los granos sanos y la eliminación de defectuosos (especialmente los granos Quakers). Esta etapa reviste una importancia fundamental, ya que incide directamente en la calidad de extracción durante la catación, influyendo en la percepción de los atributos sensoriales del café.

Para garantizar una molienda homogénea y representativa, se tomaron en cuenta diversos factores técnicos. En primer lugar, se respetó la proporción establecida por la Specialty Coffee Association (SCA), utilizando 11 gramos de café tostado por cada vasija de catación, cantidad que asegura una relación adecuada entre el café y el volumen de agua para una correcta extracción por inmersión. Así, al emplearse cinco vasijas por muestra; el mínimo recomendado por la SCA para pruebas sensoriales confiables, se necesitó un total de 55 gramos de café tostado por tratamiento.

Cabe señalar que, si bien algunos protocolos utilizan 8, 10, 15 o incluso hasta 20 vasijas por muestra para obtener mayor precisión estadística, en el presente estudio se trabajó con cinco, priorizando la estandarización y la replicabilidad.

Antes del molido, se efectuó un procedimiento de purga del molino, utilizando una pequeña porción representativa del mismo café tostado almacenado en táperes. Esta purga tuvo como finalidad eliminar cualquier residuo remanente de la muestra anterior y evitar contaminaciones cruzadas que pudieran alterar los resultados sensoriales.

La molienda se realizó con un equipo profesional previamente calibrado, asegurando un tamaño de partícula adecuado, de tipo medio, ideal para el método de catación por inmersión directa. Este punto de molienda permite equilibrar la extracción de los compuestos solubles: si el molido es demasiado grueso, se corre el riesgo de subextracción; si es demasiado fino, puede generarse sobreextracción, afectando negativamente el sabor.

La consistencia granulométrica se verificó visualmente y mediante control del tiempo de sedimentación, garantizando así una molienda uniforme entre todas las muestras. Una vez molido el café, se procedió de inmediato a disponer el contenido en las respectivas vasijas de catación, dando paso a la siguiente etapa: la evaluación sensorial.

Fotografía 15.

Molido del cafeto tostado para análisis sensorial.



5.4.5.3.5. Preparación de condiciones para la evaluación sensorial

Una vez completado el proceso de molienda, se procedió a la disposición de las muestras en sus respectivas vasijas, con el objetivo de preparar el entorno adecuado para la catación. En total, se trabajó con 18 muestras, cada una dispuesta en cinco vasijas de catación, siguiendo los estándares establecidos por la Specialty Coffee Association (SCA). Para garantizar la uniformidad en la extracción y la comparabilidad entre tratamientos, se respetó rigurosamente la proporción estándar de 11 gramos de café molido por cada 200 mililitros de agua hervida. Por tanto, cada muestra requirió 55 gramos de café tostado molido, distribuidos en sus cinco vasijas.

La preparación de la sala de catación se realizó con sumo cuidado, considerando los siguientes aspectos:

- 1. Distribución ordenada de las vasijas:** Las vasijas fueron colocadas en una secuencia lógica sobre la mesa de cata, agrupadas por tratamiento, de tal manera que se facilitara la evaluación organoléptica sin interferencias ni confusiones. Esta organización visual permitió al panel de catadores concentrarse plenamente en los atributos sensoriales de cada muestra.
- 2. Verificación del instrumental de catación:** Antes de iniciar el análisis, se inspeccionaron todos los utensilios necesarios —cucharas, cronómetros, hojas de registro, tazas de enjuague, entre otros— asegurando su correcta limpieza, funcionalidad y disponibilidad. Esta revisión fue indispensable para evitar alteraciones en la percepción sensorial causadas por residuos, contaminaciones cruzadas o deficiencias en el equipamiento.

El ambiente de evaluación se mantuvo en condiciones óptimas —limpio, ventilado, libre de olores y con buena iluminación— a fin de que los catadores pudieran concentrarse exclusivamente en los atributos de aroma, sabor, acidez, cuerpo, postgusto, uniformidad, taza limpia, dulzor, balance y puntaje global, tal como lo establece el protocolo oficial de la SCA.

Fotografía 16.

Preparación de condiciones necesarias para el análisis sensorial.



5.4.5.3.6. Paso preliminar de café tostado molido

Con el café molido distribuido en las vasijas de catación, se dio inicio al proceso de evaluación sensorial mediante la identificación de la fragancia, considerada como una de las fases preliminares más importantes dentro del protocolo de catación. Esta etapa consistió en la percepción directa de los aromas volátiles liberados por el café seco —recién molido— antes de añadir agua caliente. Cada catador se aproximó a las vasijas para inhalar profundamente y captar las notas aromáticas características de cada muestra. Este análisis permitió distinguir matices como florales, frutales, especiados, dulces, herbales o terrosos, que ofrecieron indicios valiosos sobre el perfil sensorial global del café. Cabe resaltar que, si bien este paso fue ejecutado con rigurosidad técnica, los resultados de la fragancia no fueron registrados en las hojas de evaluación oficial, dado que su función fue principalmente orientadora y preparatoria. Esta etapa sirvió como referencia sensorial inicial, ayudando a que los catadores se familiaricen con la complejidad aromática del café antes de proceder a la infusión y posterior análisis organoléptico.

Fotografía 17.

Evaluación sensorial de la fragancia en muestras de café molido



5.4.5.3.7. Preparación de la infusión

Una vez culminada la fase de evaluación de fragancia, se procedió al análisis del aroma húmedo, correspondiente al momento en que se añade agua caliente al café molido dispuesto en las vasijas de catación. Esta etapa marca el inicio de la extracción sensorial y permite identificar compuestos aromáticos más volátiles que emergen con el vapor. Se vertieron 200 ml de agua hervida a 93 °C en cada vasija, asegurando que el agua cubriera completamente la superficie del café. Inmediatamente se formó una costra densa de sólidos suspendidos en la parte superior, la cual retuvo una alta concentración de compuestos aromáticos. Esta costra fue analizada olfativamente por los catadores, quienes se aproximaron para captar el aroma húmedo desprendido en ese momento. Aunque esta evaluación no fue registrada en la ficha oficial (según el protocolo de la Specialty Coffee Association (SCA)), su apreciación cualitativa fue esencial para anticipar el perfil sensorial de la muestra.

Transcurridos exactamente cuatro minutos desde la adición del agua, se procedió a romper la costra utilizando una cuchara profesional de cata. Esta acción se realizó con movimientos suaves y controlados, liberando una mayor cantidad de compuestos aromáticos hacia el entorno, lo cual intensificó la experiencia sensorial. Una vez rota la costra, en la superficie de las vasijas se acumuló una espuma ligera de tonalidad blanquecina, compuesta por residuos finos de café y burbujas. Esta espuma fue retirada con sumo cuidado, empleando cucharas de cata limpias, papel toalla y enjuagues con agua tibia, asegurando que la superficie quedara completamente libre de impurezas para la posterior fase de degustación.

Fotografía 18.

Análisis de aroma y rompimiento de costra en el proceso de catación



5.4.5.3.8. Proceso de romper la costra

Conforme a lo establecido por el protocolo oficial de la Specialty Coffee Association of America (SCAA), después de romper la costra a los 4 minutos, se debía esperar hasta que el café enfriara ligeramente antes de iniciar la evaluación sensorial. Según estas normas, el tiempo estándar de espera es de 8 minutos. Sin embargo, este tiempo puede variar dependiendo de las condiciones ambientales del lugar donde se lleve a cabo la cata, ya sea en climas fríos o cálidos.

En esta ocasión, como la cata se realizó en un lugar cálido, el tiempo de espera se extendió a 12 minutos antes de comenzar con la evaluación sensorial, asegurando que el café estuviera a una temperatura adecuada para ser analizado correctamente. Esta adaptación metodológica permitió preservar la fidelidad del análisis organoléptico, evitando el enmascaramiento de atributos como acidez, dulzor, cuerpo o retrogusto, los cuales suelen expresarse con mayor claridad a temperaturas ligeramente templadas.

Fotografía 19.

Proceso de romper la costra.



5.4.5.3.9. Procedimientos de catación según el Protocolo SCA 2024

La evaluación sensorial del café se realizó conforme al Protocolo de Evaluación del Valor del Café (Coffee Value Assessment) establecido por la Specialty Coffee Association (SCA, 2024), aplicando el estándar SCA 102-2024: Preparación de Muestras y Mecánica de Catación, el cual constituye la norma técnica vigente para la valoración del café de especialidad.

El proceso se llevó a cabo en el laboratorio sensorial del proyecto, bajo condiciones controladas de iluminación neutra, temperatura ambiente ($22 \pm 2^{\circ}\text{C}$) y ausencia de interferencias aromáticas, con la participación de catadores calibrados. Se utilizaron las fichas oficiales de evaluación SCA 2024, que permiten registrar y calificar los atributos sensoriales del café en una escala de 6 a 10 puntos.

1. Preparación de las muestras

Los granos de café fueron tostados hasta alcanzar un nivel medio (63 Agtron), garantizando uniformidad en el color y desarrollo del tueste. Posteriormente, se permitió un reposo controlado de 12 horas, con el fin de estabilizar los compuestos aromáticos.

Cada muestra fue molida inmediatamente antes de la catación, en punto medio-grueso, obteniendo una granulometría homogénea. Se dosificaron $8,25 \pm 0,25$ g de café por taza, utilizando 150 mL de agua filtrada a 93 ± 2 °C, con pH 6,8 y TDS 120 ppm, manteniendo la relación estándar establecida por la SCA.

Para cada muestra se prepararon cinco tazas independientes, elaboradas bajo condiciones idénticas de molienda, dosificación y temperatura. El agua se vertió lentamente hasta el borde de la taza, procurando una infusión uniforme.

2. Desarrollo de la catación

El proceso de catación se ejecutó de manera cronológica, siguiendo las etapas establecidas por la SCA (2024):

- a- Evaluación de la fragancia: se evaluó el aroma seco del café recién molido antes de la infusión. Cada catador percibió los compuestos volátiles aspirando suavemente los posos secos de cada taza, registrando la intensidad, limpieza y complejidad de las notas aromáticas.
- b- Evaluación del aroma: inmediatamente después del vertido del agua, se evaluó el aroma de la corteza sin perturbar, y tras un tiempo de reposo de 4 minutos, se procedió al rompimiento de la costra con tres movimientos circulares de cuchara, aspirando los vapores liberados. Finalmente, se retiró la espuma superficial (skimming) para dejar la bebida lista para la degustación.
- c- Rondas de cata oral (liquoring): la degustación se inició cuando la bebida alcanzó aproximadamente 70 °C, repitiéndose tres rondas a medida que se enfriaba. En cada ronda, los catadores sorbieron la bebida de forma aireada, distribuyéndola por toda la cavidad bucal para evaluar los atributos de sabor, regusto, acidez, dulzor, cuerpo, balance, uniformidad y limpieza de taza. Las percepciones fueron registradas en las fichas oficiales de evaluación SCA.

3. Evaluación de atributos sensoriales

- a- Durante la catación se calificaron los atributos definidos por el estándar SCA (2024), conforme al siguiente procedimiento:
- b- Fragancia: se evaluó el aroma seco del café molido, considerando intensidad, limpieza y complejidad.
- c- Aroma: se valoró el aroma húmedo del café durante y después del rompimiento de la costra, apreciando notas agradables o indeseables.
- d- Sabor: se analizó la combinación de sensaciones gustativas y retronasales durante la degustación, valorando la claridad y el balance.
- e- Regusto: se consideró la duración y limpieza de la sensación residual después de la degustación.
- f- Acidez: se evaluó la vivacidad, tipo y equilibrio de la acidez percibida.
- g- Dulzor: se valoró la intensidad y naturalidad de las notas dulces inherentes a la muestra.
- h- Cuerpo: se calificó la sensación táctil del café en boca, considerando peso, textura y viscosidad.
- i- Balance: se determinó la armonía general entre acidez, dulzor, cuerpo y sabor.
- j- Uniformidad: se verificó la consistencia entre las cinco tazas evaluadas por muestra.
- k- Limpieza de taza: se registró la ausencia de defectos sensoriales (moho, tierra, fermento o fenólico).
- l- Puntaje general: se calculó como la impresión global de calidad percibida por el catador.

4. Registro y cálculo de puntaje final

Las calificaciones se consignaron en las fichas oficiales de la SCA, empleando la escala de 6 a 10 puntos por atributo. Posteriormente, se sumaron las ocho secciones afectivas

(Fragancia, Aroma, Sabor, Regusto, Acidez, Dulzor, Cuerpo y Balance) y se aplicaron las deducciones correspondientes:

- -2 puntos por cada taza no uniforme (en).
- -4 puntos por cada taza con defecto (d).

El puntaje final del catador se obtuvo aplicando la fórmula:

$$\text{Puntaje total} = \Sigma(\text{secciones afectivas}) - (2 \times \text{en}) - (4 \times \text{d})$$

Las muestras se clasificaron conforme a los criterios de la SCA:

80,00 – 84,99 puntos: Muy bueno.

85,00 – 89,99 puntos: Excelente.

90,00 – 100 puntos: Sobresaliente.

5. Control de calidad y calibración

Previo a la catación formal, se efectuó una ronda de calibración entre los catadores para estandarizar los criterios de evaluación. Cada participante evaluó una muestra de referencia y se compararon los resultados para asegurar coherencia y repetibilidad.

Todas las observaciones fueron documentadas en las fichas SCA 2024, las cuales se archivaron como evidencia técnica en los anexos. Este procedimiento garantizó la fiabilidad, objetividad y trazabilidad del proceso de evaluación sensorial.

5.4.6. Evaluaciones

5.4.6.1. Calidad física

Las evaluaciones de calidad física del café oro verde se realizaron una vez culminadas las actividades de procesamiento y clasificación descritas anteriormente. Estas evaluaciones permitieron caracterizar objetivamente el comportamiento físico del grano en función de los tratamientos aplicados, considerando cinco atributos fundamentales: rendimiento físico, porcentaje de humedad, forma, tamaño y color del grano.

5.4.6.1.1. Rendimiento físico del café oro verde

El rendimiento físico se determinó pesando los granos de café oro verde limpio provenientes de las mallas 14, 15 y 20, luego de eliminar los defectos físicos. Este peso se contrastó con el peso inicial (400 g de café pergamino por muestra), aplicando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Rendimiento físico} = \frac{\text{peso de cafe oro verde limpio}}{\text{peso inicial de cafe pergamino}} \times 100$$

El pesaje se realizó con una balanza electrónica de precisión (± 0.01 g), y los resultados se expresaron en porcentaje (%). Esta variable fue sometida a análisis de varianza (ANVA) y, ante significancia estadística ($p < 0.05$), se aplicó la prueba de comparación de medias de Tukey al 5 % de probabilidad.

5.4.6.1.2. Porcentaje de humedad del grano

La humedad se evaluó sobre los granos sanos y limpios mediante un medidor electrónico de humedad de café, calibrado previamente. Esta medición fue esencial para asegurar que los granos se encuentren dentro del rango óptimo para almacenamiento y comercialización (10 %–12 %). Los datos obtenidos fueron expresados en porcentaje (%) y también fueron sometidos a análisis de varianza (ANVA) y prueba de Tukey al 5 % para detectar diferencias significativas entre tratamientos.

5.4.6.1.3. Forma del grano

Para evaluar la forma del grano, se tomó una muestra representativa de café oro verde limpio (100 g por muestra), y se procedió a clasificar manualmente los granos según su morfología externa en tres categorías: granos planos, convexos y triángulos. El número de granos de cada categoría se expresó como porcentaje del total evaluado. Esta variable no fue sometida a análisis estadístico, sino representada por la distribución porcentual observada en cada tratamiento, conforme a los criterios de Rojas (2017).

5.4.6.1.4. Tamaño del grano

El tamaño se clasificó con base en el diámetro del grano retenido en las mallas: malla 20 (grano grande - excelente), malla 15 (grano mediano - bueno) y malla 14 (grano pequeño - regular). Se registró el peso de los granos retenidos en cada malla y se expresó como porcentaje respecto al total de café oro verde limpio. Al igual que en la variable anterior, los datos de tamaño fueron representados en función de su distribución porcentual y no se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales.

5.4.6.1.5. Color del grano

El color se evaluó visualmente bajo iluminación natural estandarizada, clasificando los granos en dos tonalidades predominantes: verde azulado (buena calidad) y verde claro (regular calidad). Se contabilizaron los granos dentro de cada categoría y se expresó su proporción en porcentaje respecto al total. Esta variable fue presentada de forma descriptiva y porcentual, sin análisis de varianza ni pruebas de significancia.

5.4.6.2. Calidad sensorial

La evaluación de la calidad sensorial de las muestras de café tostado constituyó una fase clave dentro del presente estudio, orientada a caracterizar el perfil organoléptico del grano mediante la aplicación de metodologías reconocidas internacionalmente. Para este propósito, se adoptó el protocolo oficial de catación propuesto por la Specialty Coffee Association – SCA (2020), el cual permite clasificar los cafés según atributos sensoriales cuantificables y determinar si pertenecen o no, a la categoría de cafés de especialidad.

La cata fue realizada por un panel de tres catadores certificados Q Grader, quienes ejecutaron una sesión de análisis sensorial bajo condiciones controladas, tanto ambientales como técnicas. Cada tratamiento fue representado por una muestra de café tostado, la cual fue molida homogéneamente y preparada en cinco vasijas de catación (cups) por muestra, empleando una proporción estandarizada de 11 gramos de café por cada 200 ml de agua a 93 °C. Esta proporción

garantizó uniformidad en la extracción de compuestos volátiles y solubles durante el proceso de infusión, permitiendo una evaluación justa y objetiva.

Durante el análisis sensorial se valoraron once atributos específicos, entre positivos y negativos, organizados por tipo de escala de medición, rango de puntuación y nivel de calidad, tal como se detalla en la tabla 5. Y a continuación se consideró los siguientes atributos:

- Fragancia/Aroma
- Sabor
- Sabor residual
- Acidez
- Cuerpo
- Uniformidad
- Taza limpia
- Dulzura
- Balance
- Puntaje de catador
- Puntaje total

Tabla 5.

Escala de atributos sensoriales y clasificación de calidad del café según la SCA.

Atributo Sensorial	Tipo de Escala	Rango de Puntuación	Clasificación de Calidad (SCA)
Fragancia/Aroma	Intervalo	6.00 - 6.75	Bueno
		7.00 - 7.75	Muy Bueno
		8.00 - 8.75	Excelente
		9.00 - 10.00	Extraordinario
Sabor	Intervalo	6.00 - 6.75	Bueno
		7.00 - 7.75	Muy Bueno
		8.00 - 8.75	Excelente
		9.00 - 10.00	Extraordinario
Sabor Residual	Intervalo	6.00 - 6.75	Bueno
		7.00 - 7.75	Muy Bueno
		8.00 - 8.75	Excelente
		9.00 - 10.00	Extraordinario
Acidez	Intervalo	6.00 - 6.75	Bueno
		7.00 - 7.75	Muy Bueno
		8.00 - 8.75	Excelente
		9.00 - 10.00	Extraordinario
Cuerpo	Intervalo	6.00 - 6.75	Bueno
		7.00 - 7.75	Muy Bueno
		8.00 - 8.75	Excelente
		9.00 - 10.00	Extraordinario
Uniformidad	Nominal/Ordinal	0 o 2 puntos/taza	2 puntos/taza: Consistente en todas las tazas.
Taza Limpia	Nominal/Ordinal	0 o 2 puntos/taza	2 puntos/taza: Libre de defectos en todas las tazas.
Dulzura	Nominal/Ordinal	0 o 2 puntos/taza	2 puntos/taza: Dulzura natural presente en todas las tazas.
Balance	Intervalo	6.00 - 6.75	Bueno
		7.00 - 7.75	Muy Bueno
		8.00 - 8.75	Excelente
		9.00 - 10.00	Extraordinario
Puntaje Catador	Intervalo	6.00 - 6.75	Bueno
		7.00 - 7.75	Muy Bueno
		8.00 - 8.75	Excelente
		9.00 - 10.00	Extraordinario
Defectos	Razón	Resta puntos	Ligero (Taint): -2 puntos/instancia. Rechazo (Fault): -4 puntos/instancia.

Fuente: SCA (2020)

Una vez completadas todas las evaluaciones, se procedió al cálculo del puntaje total por muestra, obtenido mediante la suma de todos los atributos positivos, adicionando los puntos asignados por uniformidad, dulzura y taza limpia, y restando los puntos por defectos si los hubiera. Según el puntaje total alcanzado, cada muestra fue categorizada en una escala de calidad, tal como se resume en la siguiente tabla:

Tabla 6.

Escala de calificación para cafés.

Puntaje total	Descripción de la especialidad	Clasificación
90 – 100	Excepcional	Especialidad
85 – 89.99	Excelente	Especialidad
80 – 84.99	Muy bueno	Especialidad
< 80.00	Por debajo del estándar de especialidad	No especialidad

Fuente: CENICAFE (2015)

5.5. Identificación de variables

La correcta identificación y definición de las variables es fundamental para garantizar la validez interna de cualquier investigación experimental. En el presente estudio, se trabajó con un diseño factorial 3×2 , donde se manipularon dos factores principales: las variedades de café (con tres niveles) y los tipos de fermentación (con dos niveles). Las variables dependientes fueron observadas y medidas para determinar el impacto de estas combinaciones sobre la calidad física y sensorial del café evaluado.

5.5.1. Variable independiente

Se entiende por variable independiente aquella que el investigador modifica deliberadamente para analizar su efecto sobre otras variables. En este caso, se establecieron dos variables independientes:

- **Variedad de café:** Se evaluaron tres genotipos ampliamente cultivados en el Perú: *Typica*, *Catimor* y *Bourbon*, cada uno con características agronómicas y sensoriales particulares.

- **Tipo de fermentación:** Se aplicaron dos métodos diferenciados de fermentación del café: fermentación aeróbica, que permite el contacto del mucílago con oxígeno ambiental, y fermentación anaeróbica, donde el proceso se realiza en ausencia de oxígeno, controlando variables como presión, temperatura y tiempo.

5.5.2. Variable dependiente

La variable dependiente corresponde al conjunto de características que se ven afectadas por la manipulación de las variables independientes. En el presente estudio, se evaluaron dos grupos principales de variables dependientes:

- **Características físicas:** Se incluyeron atributos como tamaño, forma y color del grano, los cuales determinan la calidad comercial del café. El tamaño se midió mediante cribas o tamices calibrados; la forma, mediante observación visual para evaluar su simetría y homogeneidad; y el color, en función del grado de madurez y procesos de beneficiado y tostado.
- **Características sensoriales:** Se consideraron atributos definidos por el protocolo de catación de la SCA, como fragancia/aroma, acidez, sabor, sabor residual, cuerpo, dulzura, balance y uniformidad. Estos fueron evaluados por jueces certificados, utilizando una escala de 0 a 10, y posteriormente agrupados en rangos de calidad según los estándares internacionales.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Calidad física

6.1.1. Rendimiento

Tabla 7.

Análisis de varianza del rendimiento físico del grano.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	62.83	5	12.57	49.13	0.0001
Error	3.07	12	0.26		
Total	65.90	17	C.V= 0.62		

En la Tabla 7 según el Análisis de varianza para el rendimiento, se observa una alta significancia estadística entre los tratamientos evaluados (p -valor = 0.0001), lo cual indica que las combinaciones de variedad y tipo de fermentación influyeron significativamente sobre el rendimiento físico del grano oro verde. Asimismo, el coeficiente de variación fue bajo ($C.V. = 0.62\%$), reflejando una alta precisión y consistencia en las mediciones realizadas durante la fase de evaluación poscosecha.

Tabla 8.

Comparación de medias (Tukey) para el rendimiento físico.

Tratamientos	Medias	n	E. E	
T3	84.15	3	0.29	A
T4	82.76	3	0.29	B
T1	81.67	3	0.29	B
T2	81.63	3	0.29	B
T5	80.24	3	0.29	C
T6	78.23	3	0.29	D

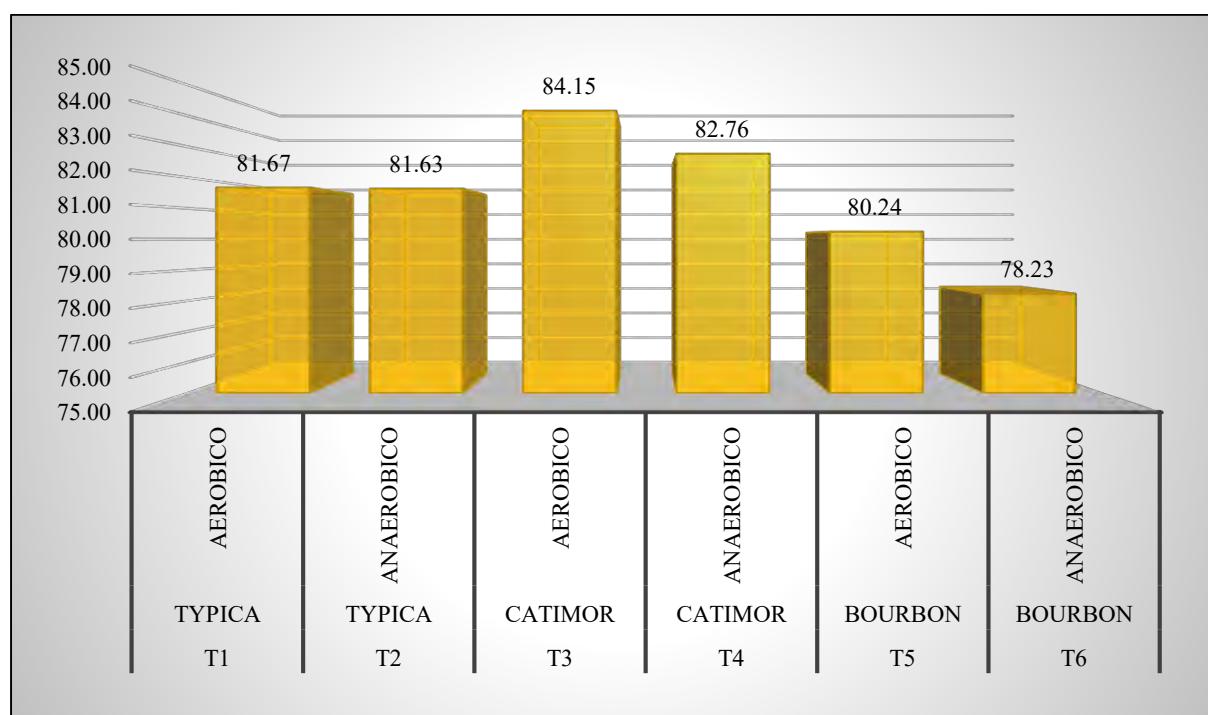
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

En la Tabla 8. Prueba de Tukey para el rendimiento, se aprecia que el tratamiento T3 (84.15 %), correspondiente a la variedad Catimor con fermentación aeróbica, obtuvo el valor más alto y se ubicó en el grupo “A”, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos. Le siguieron T4 (82.76 %), T1 (81.67 %) y T2 (81.63 %), que conformaron el grupo “B”, sin

diferencias significativas entre sí. Por debajo de ellos se ubicó T5 (80.24 %) en el grupo “C”, y finalmente, el tratamiento T6 (78.23 %), correspondiente a la variedad Bourbon con fermentación anaeróbica, se posicionó en el grupo “D”, siendo estadísticamente inferior a todos los demás.

Figura 8.

Rendimiento físico (%) del grano oro verde por tratamiento



En la figura 8, Rendimiento físico (%) de grano oro verde, se aprecia claramente la diferencia entre los seis tratamientos evaluados, todos sometidos a 20 días de secado. El tratamiento T2 (variedad Catimor con fermentación aeróbica), mostró el mejor resultado, alcanzando un rendimiento del 84.15 %, seguido por T1 (Catimor con fermentación anaeróbica) con 82.76 %. Luego, los tratamientos T4 y T3, ambos correspondientes a la variedad Typica con fermentaciones aeróbica y anaeróbica, respectivamente presentaron valores muy similares: 81.67 % y 81.63 %. En un nivel inferior se ubicó el tratamiento T5 (Bourbon con fermentación aeróbica) con un 80.24 %; mientras que el menor rendimiento fue registrado por el tratamiento T6 (Bourbon con fermentación anaeróbica) con 78.23 %.

Este resultado supera el antecedente reportado por Rojas (2017), quien, bajo el protocolo de la Specialty Coffee Association of America (SCAA), alcanzó un 81.11 % de rendimiento físico, lo cual sugiere que, en este estudio, la aplicación de la fermentación aeróbica sobre la variedad Catimor generó una mayor proporción de grano exportable. Se infiere así que existe una tendencia favorable hacia la obtención de un mayor cuerpo de café con este tipo de fermentación, elevando la calidad física del grano y, en consecuencia, su valor comercial.

6.1.2. *Humedad*

Tabla 9.

Análisis de varianza del contenido de humedad del grano

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	0.77	5	0.15	17.40	0.0001
Error	0.11	12	0.01		
Total	0.88	17	C.V= 0.87		

Como se muestra en la Tabla 9. Análisis de varianza para el contenido de humedad, los tratamientos influyeron significativamente sobre esta variable (*p*-valor = 0.0001), evidenciando que la combinación entre variedad y tipo de fermentación modificó de manera relevante los porcentajes de humedad en el grano seco. El coeficiente de variación (C.V. = 0.87 %) fue bajo, lo que indica una adecuada precisión experimental y confiabilidad en las mediciones registradas durante la evaluación física del café.

Tabla 10.

Comparación de medias (Tukey) para el contenido de humedad.

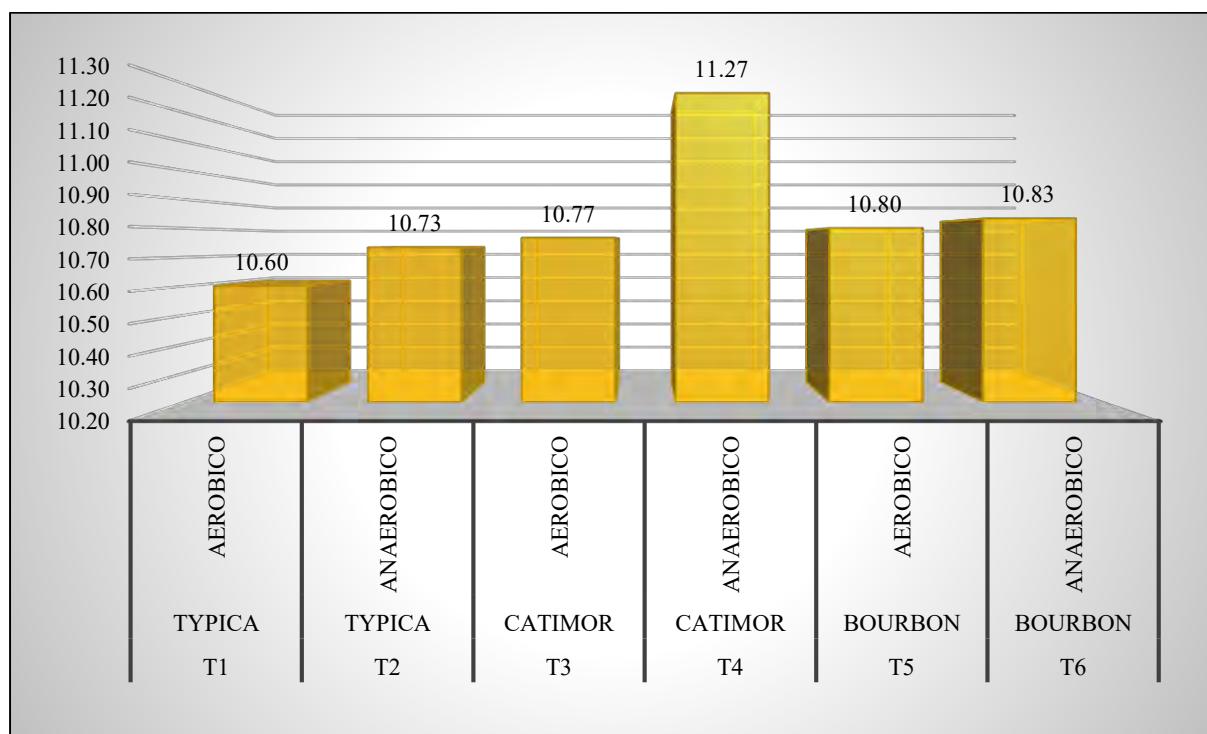
Tratamientos	Medias	n	E. E	
T4	11.27	3	0.5	A
T6	10.83	3	0.5	B
T5	10.80	3	0.5	B
T3	10.77	3	0.5	B
T2	10.73	3	0.5	B
T1	10.60	3	0.5	B

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

En la Tabla 10. Prueba de Tukey para humedad; se observa que el tratamiento T4, correspondiente a la variedad Catimor con fermentación anaeróbica, obtuvo el valor más alto (11.27 %) y se ubicó en el grupo “A”, lo cual lo distingue estadísticamente del resto. Los tratamientos T6, T5, T3, T2 y T1; que incluyen las variedades Bourbon, Catimor y Typica con ambos tipos de fermentación, formaron un solo grupo estadístico (“B”), sin diferencias significativas entre sí. Esto revela que solo el tratamiento T4 logró elevar el contenido de humedad por encima de los demás de manera estadísticamente sustentada.

Figura 9.

Contenido de humedad (%) del grano oro verde.



Como se aprecia en la figura 9. Contenido de humedad (%) del grano oro verde, el tratamiento T4, que combinó la variedad Catimor con fermentación anaeróbica, obtuvo el mayor valor con 11.27 %. Le siguieron los tratamientos T6 y T5; ambos pertenecientes a la variedad Bourbon con fermentaciones anaeróbica y aeróbica, respectivamente, con valores de 10.83 % y 10.80 %. Los tratamientos T3 (Catimor aeróbico), T2 (Typica anaeróbico) y T1 (Typica

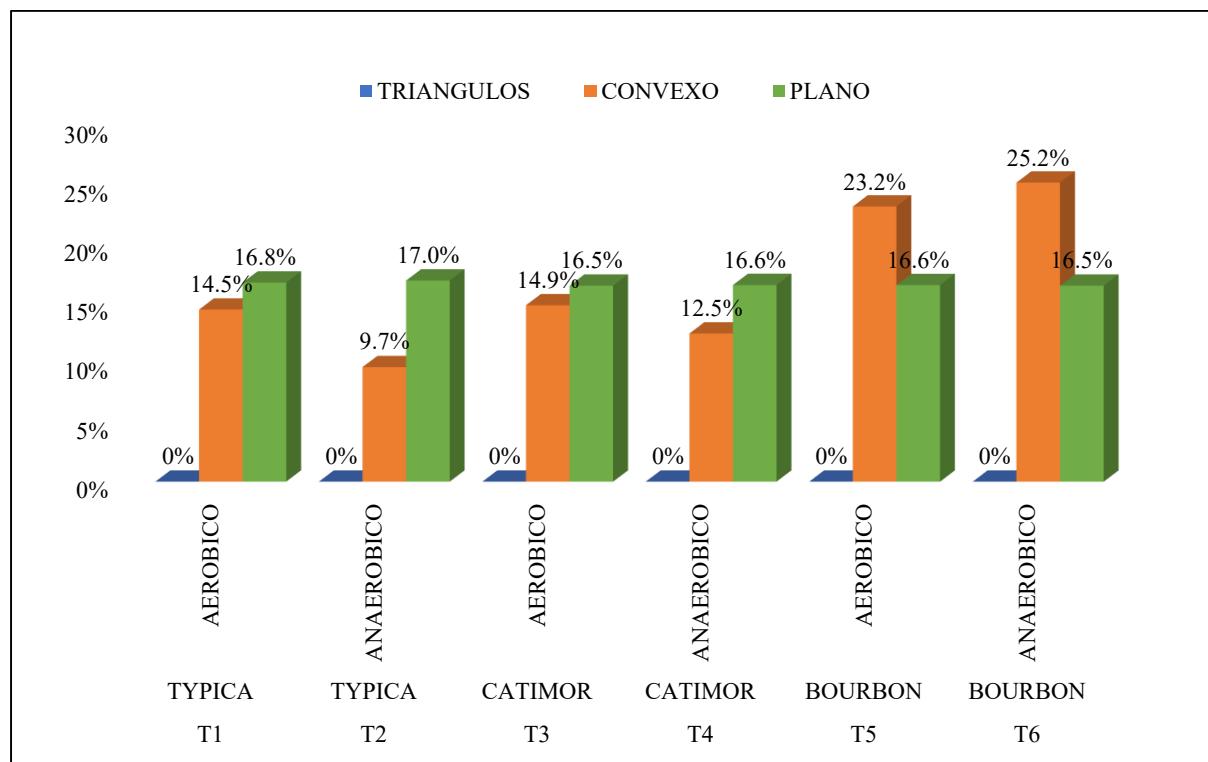
aérobico) presentaron los valores más bajos, entre 10.77 % y 10.60 %, sin distinción estadística significativa entre ellos.

Este resultado sugiere que la fermentación anaeróbica, particularmente aplicada a la variedad Catimor, tiene un efecto claro sobre la retención de humedad durante el secado; lo que podría relacionarse con la formación de estructuras celulares más compactas y con mayor densidad aparente. Al compararse con los antecedentes, este valor es superior al registrado por Latorre (2006), quien reportó un contenido final de humedad de 10.5 % al aplicar el protocolo de la Specialty Coffee Association of America (SCAA), incluyendo fermentación el mismo día, secado solar y almacenamiento durante 30 días. Esto refuerza la posibilidad de que la fermentación anaeróbica, bajo condiciones controladas, favorezca una ligera retención de humedad que podría influir positivamente en el perfil de tueste y en el cuerpo final de la bebida.

6.1.3. Forma de grano

Figura 10.

Distribución porcentual de formas del grano.



En la figura 10, se representa la distribución de las formas del grano de café (triangular, convexa y plana) en las tres variedades evaluadas (Typica, Catimor y Bourbon), bajo los dos tipos de fermentación: aeróbica y anaeróbica. La forma triangular no se presentó en ninguna de las muestras analizadas (0 %), lo que reafirma su rareza y escasa incidencia en cafés procesados con protocolos de calidad.

La forma convexa mostró predominancia en la variedad Bourbon, alcanzando un 25.2 % en el tratamiento con fermentación anaeróbica y 23.2 % con fermentación aeróbica. En contraste, el valor más bajo de esta forma se registró en la variedad Typica con fermentación anaeróbica, con apenas 9.7 %, revelando una notable variabilidad según variedad y tipo de fermentación.

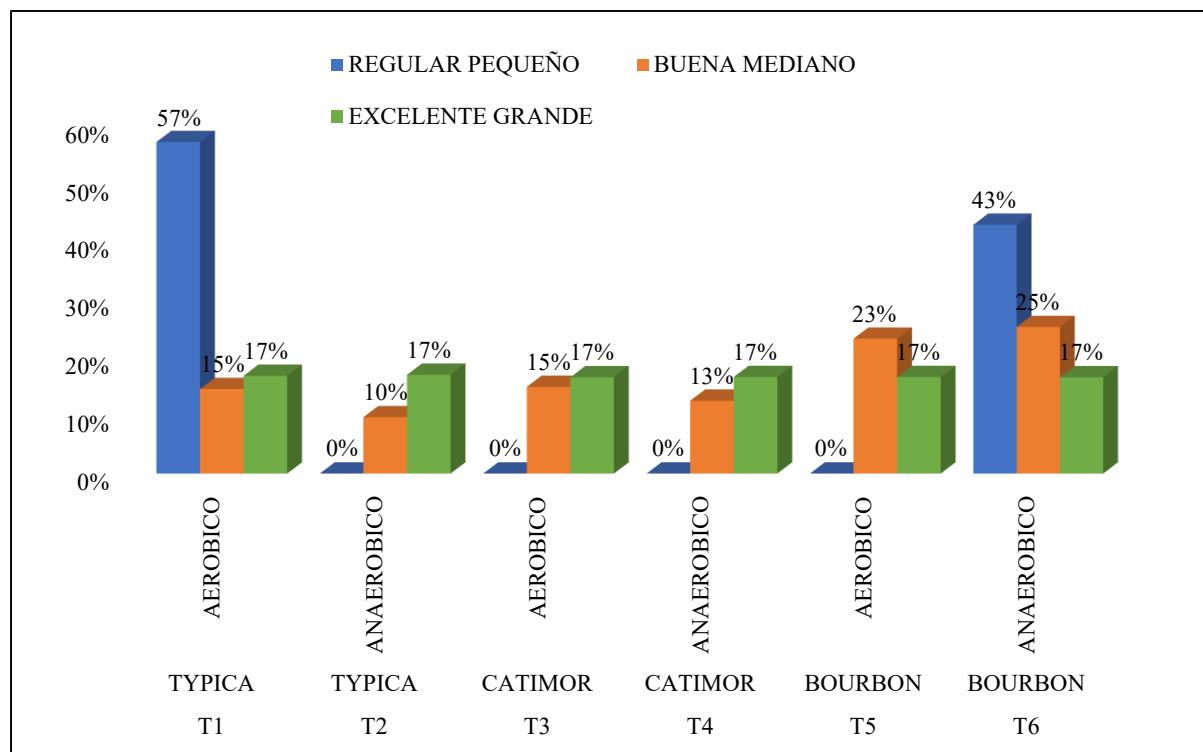
Por otro lado, la forma plana presentó una distribución más equilibrada entre tratamientos, con porcentajes que oscilaron entre 16.5 % y 17.0 % en todas las muestras. Específicamente, en las variedades Typica y Catimor sometidas a fermentación aeróbica, la forma plana superó a la convexa por 2 a 3 puntos porcentuales, lo que sugiere un comportamiento más uniforme de esta morfología en condiciones de fermentación con oxígeno.

En general, se observa que la forma convexa fue predominante en el café Bourbon, especialmente bajo fermentación anaeróbica, mientras que la forma plana mantuvo una presencia constante en todas las variedades y condiciones. Estos resultados indican que la morfología del grano puede estar influenciada tanto por la genética de la variedad como por el tipo de fermentación aplicado, factores que eventualmente podrían incidir en la percepción sensorial del café en taza.

6.1.4. Tamaño de grano

Figura 11.

Clasificación porcentual del tamaño de grano.



En la figura 11, se observa la clasificación porcentual del tamaño de grano en tres categorías: Regular Pequeño, Buena Mediano y Excelente Grande, evaluadas en las variedades Typica, Catimor y Bourbon, bajo condiciones de fermentación aeróbica y anaeróbica.

La categoría Regular Pequeño resultó ser la más representativa en el tratamiento Typica aeróbico, con un notable 57 %, y en Bourbon anaeróbico, con 43 %, consolidándose como los valores más altos registrados para esta categoría. Esta predominancia sugiere que bajo ciertas combinaciones varietales y de proceso, se favorece la formación de granos de menor calibre, posiblemente debido a una interacción entre el material genético y las condiciones de secado o fermentación.

En cuanto a la categoría Buena Mediano, destacó especialmente en Bourbon anaeróbico con 25 % y Bourbon aeróbico con 23 %, mientras que en los demás tratamientos se mantuvo en rangos moderados, entre 10 % y 17 %. Esta variabilidad pone en evidencia que los granos

medianos tienden a desarrollarse con mayor frecuencia en la variedad Bourbon, sin importar el tipo de fermentación, aunque con ligera ventaja en condiciones anaeróbicas.

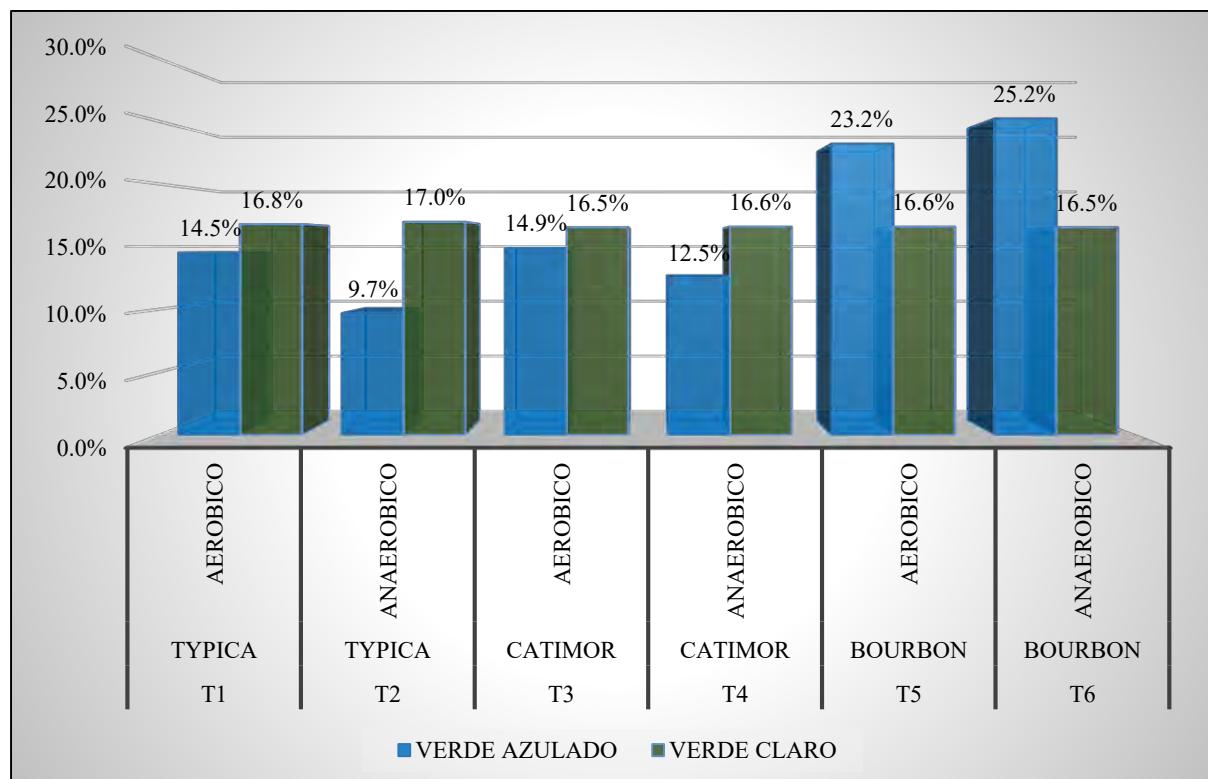
Por su parte, la categoría Excelente Grande presentó una distribución más homogénea, con un valor constante de 17 % en casi todos los tratamientos, incluido Typica aeróbico, donde este valor se igualó con el porcentaje de granos clasificados como Buena Mediano, indicando un equilibrio morfológico en esa condición particular. En los tratamientos correspondientes a Catimor aeróbico y Catimor anaeróbico, se observó una simetría exacta entre los tamaños Buena Mediano y Excelente Grande, ambos con un 17 % de representación.

En términos generales, la variedad Bourbon evidenció la mayor variabilidad en tamaño de grano, tanto en procesos aeróbicos como anaeróbicos, lo que podría atribuirse a una respuesta diferencial de sus estructuras reproductivas frente al estrés fermentativo. En contraste, Typica aeróbico presentó una marcada concentración de granos pequeños, lo cual podría repercutir negativamente en el valor comercial del café. No obstante, el tamaño Excelente Grande mostró una notable constancia entre tratamientos, reforzando su estabilidad morfoestructural pese a las diferencias variales y de proceso.

6.1.5. Color de grano

Figura 12.

Distribución porcentual del color de grano.



En la figura 12, muestra la distribución porcentual del color de grano de café, clasificado en dos categorías predominantes: Verde Azulado y Verde Claro, evaluadas en las variedades Typica, Catimor y Bourbon, sometidas a procesos de fermentación aeróbica y anaeróbica.

Se destaca que el color Verde Azulado presentó su mayor incidencia en la variedad Bourbon anaeróbico (T6), con un 25.2 %, seguido de cerca por Bourbon aeróbico (T5), con 23.2 %, siendo estos los valores más altos registrados para esta categoría. Este predominio sugiere que, en la variedad Bourbon, la combinación genética con el tipo de fermentación intensifica la expresión de pigmentación verde azulada, considerada favorable para mercados especializados por su asociación con cafés de alta calidad.

En contraste, la variedad Typica anaeróbico (T2) exhibió el valor más bajo de color Verde Azulado, con apenas 9.7 %, mientras que en Typica aeróbico (T1) se registraron proporciones

similares entre Verde Azulado (14.5 %) y Verde Claro (16.8 %), reflejando un equilibrio cromático sin una marcada dominancia de una categoría sobre la otra.

En los tratamientos correspondientes a Catimor aeróbico (T3) y Catimor anaeróbico (T4), el color Verde Azulado mostró valores reducidos, de 14.9 % y 12.5 %, respectivamente, mientras que el Verde Claro predominó con una representación más estable, alcanzando 16.5 % y 16.6 %, respectivamente. Esta constancia indica que la variedad Catimor tiende a mantener una coloración verde clara sin mayor influencia del tipo de fermentación aplicado.

En resumen, el color Verde Azulado se manifiesta con mayor intensidad en los tratamientos asociados a la variedad Bourbon, lo cual podría estar vinculado a características varietales específicas que favorecen su expresión visual tras el proceso de fermentación. Por su parte, el Verde Claro se distribuyó de forma más homogénea en todas las muestras, sugiriendo una menor sensibilidad a los factores varietales y de fermentación. Esta característica puede resultar útil para estandarizar perfiles visuales en cafés destinados a ciertos nichos de exportación donde la apariencia del grano es un criterio clave de calidad.

Tabla 11.

*Resumen de parámetros de calidad física evaluados bajo efecto de fermentación aeróbica y anaeróbica en tres cultivares de café (*Typica*, *Catimor* y *Bourbon*).*

Calidad física	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Rendimiento (%)	81.67	81.63	84.15	82.76	80.24	78.23
Humedad (%)	10.60	10.73	10.77	11.27	10.80	10.83
Forma de grano	Triangulo (%)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Convexo (%)	14.50	9.70	14.90	12.50	23.20
	Plano (%)	16.80	17.00	16.50	16.60	16.60
	Regular pequeño (%)	57.00	0.00	0.00	0.00	43.00
Tamaño de grano	Buena mediano (%)	15.00	10.00	15.00	13.00	23.00
	Excelente grande (%)	17.00	17.00	17.00	17.00	17.00
Color de grano	Verde azulado (%)	14.50	9.70	14.90	12.50	23.20
	Verde claro (%)	16.80	17.00	16.50	16.60	16.50

Los resultados de la Tabla 11 muestran diferencias notables en los parámetros de calidad física del café en función del tipo de fermentación (aeróbica y anaeróbica) y del cultivar evaluado (Typica, Catimor y Bourbon).

Rendimiento (%)

El mayor rendimiento se obtuvo en el tratamiento T3 (Catimor aeróbico) con 84.15 %, seguido de T4 (Catimor anaeróbico) con 82.76 % y T1 (Typica aeróbico) con 81.67 %. El valor más bajo se registró en T6 (Bourbon anaeróbico) con 78.23 %, evidenciando que la combinación de fermentación aeróbica con Catimor favoreció una mayor recuperación de café oro verde. Estos resultados sugieren que la fermentación aeróbica optimiza la degradación del mucílago y el desprendimiento de impurezas, mejorando el rendimiento final en comparación con la anaeróbica.

Humedad (%)

Todos los tratamientos presentaron valores en el rango de 10.60 a 11.27 %, dentro del límite aceptado por la Specialty Coffee Association (SCA, 2020) para la comercialización internacional (10–12 %). El valor más alto correspondió a T4 (Catimor anaeróbico) con 11.27 %, lo que refleja una ligera retención de humedad bajo condiciones anaeróbicas, posiblemente debido a la menor circulación de aire en los recipientes herméticos.

Forma de grano

En todos los tratamientos no se observaron granos de forma triangular (0 %), predominando las formas convexa y plana. El mayor porcentaje de granos convexos se registró en T6 (Bourbon anaeróbico) con 25.20 %, mientras que los valores más bajos correspondieron a T2 (Typica anaeróbico) con 9.70 %. En el caso de granos planos, los porcentajes fueron relativamente homogéneos (16.5–17.0 %), lo que indica que esta característica morfológica no estuvo fuertemente influenciada por el tipo de fermentación ni por el cultivar.

Tamaño de grano

Se evidenció una marcada diferencia entre los cultivares. El tratamiento T1 (Typica aeróbico) mostró el valor más alto de granos regulares pequeños (57 %), lo que refleja una limitación en el llenado del grano de esta variedad. En contraste, los tratamientos T5 (Bourbon aeróbico) y T6 (Bourbon anaeróbico) alcanzaron los mayores porcentajes de granos buenos medianos (23 y 25 %, respectivamente), lo que sugiere una mayor capacidad de llenado en Bourbon, independientemente del tipo de fermentación. Para el tamaño excelente grande, se observó uniformidad (17 %) en todos los tratamientos, lo que indica que la proporción de granos de mayor calibre fue estable entre cultivares y fermentaciones.

Color de grano

El color predominante en los tratamientos fue verde claro, con valores entre 16.5 y 17 %, mientras que el verde azulado, atributo asociado a cafés de mayor calidad visual, alcanzó los mayores valores en T5 (Bourbon aeróbico, 23.20 %) y T6 (Bourbon anaeróbico, 25.20 %). Estos resultados sugieren que la variedad Bourbon, en ambas modalidades de fermentación, presenta ventajas en atributos visuales del grano que son relevantes para la clasificación comercial.

Síntesis

En conjunto, los resultados evidencian que:

- Catimor aeróbico (T3) obtuvo el mejor rendimiento (84.15 %).
- Typica aeróbico (T1) presentó mayor proporción de granos pequeños (57 %).
- Bourbon (T5 y T6), tanto en fermentación aeróbica como anaeróbica, mostró mayor proporción de granos medianos y con color verde azulado, atributos que incrementan su aceptación comercial.
- La humedad final se mantuvo dentro del rango exigido por la SCA, garantizando estabilidad del producto en almacenamiento y comercialización.

En consecuencia, se observa que la combinación Catimor + fermentación aeróbica optimiza el rendimiento, mientras que la variedad Bourbon, independientemente del tipo de fermentación, destaca por la calidad visual del grano.

6.2. Calidad sensorial

6.2.1. Fragancia/Aroma

Tabla 12.

Análisis de varianza para fragancia/aroma.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	1.13	5	0.23	14.66	0.0001
Error	0.19	12	0.02		
Total	1.32	17	C.V= 1.65		

En la Tabla 12, el análisis de varianza para la variable fragancia/aroma muestra una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos evaluados (*p*-valor = 0.0001), lo que indica que el tipo de variedad y el proceso de fermentación influyen de manera directa en estas cualidades sensoriales, mientras que el coeficiente de variación (C.V. = 1.65 %) sugiere que los datos presentan una dispersión baja, lo cual otorga confiabilidad al experimento.

Tabla 13.

Comparación de medias (Tukey) para la fragancia/aroma.

Tratamientos	Medias	n	E. E	
T3	7.92	3	0.07	A
T4	7.75	3	0.07	A B
T5	7.50	3	0.07	B
T6	7.42	3	0.07	B C
T2	7.42	3	0.07	B C
T1	7.14	3	0.07	C

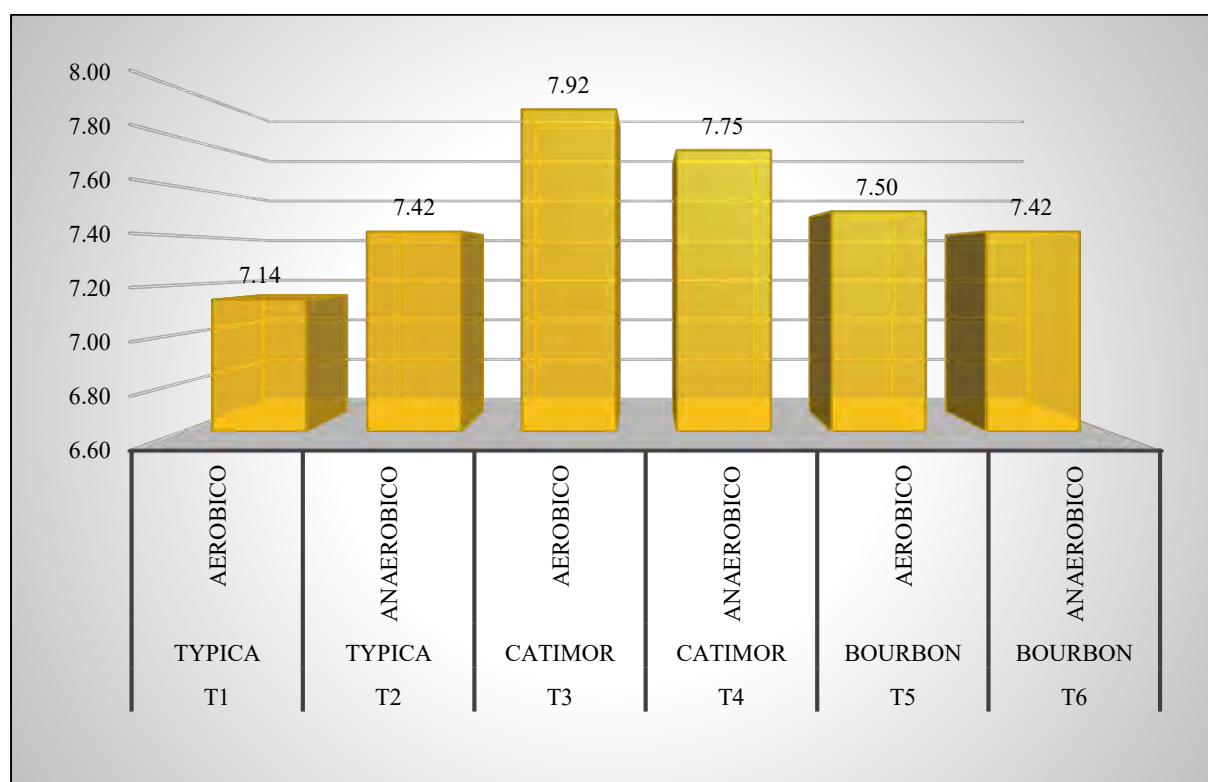
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (*p* > 0.05)

Como se observa en la Tabla 13, el tratamiento T3 (Catimor – fermentación aeróbica) alcanzó la puntuación más alta (7.92), ubicándose en el grupo estadístico "A", seguido por T4 (Catimor – fermentación anaeróbica) con 7.75 puntos, que comparte los grupos "A" y "B", sin diferencias significativas con T3. Los tratamientos T5 (Bourbon – aeróbica), T6 (Bourbon –

anaeróbica) y T2 (Typica – anaeróbica) se ubicaron en el grupo "B" y "C", mientras que T1 (Typica – aeróbica) obtuvo la puntuación más baja (7.14), clasificándose en el grupo "C". Estos resultados evidencian una clara diferenciación entre tratamientos, favoreciendo a las variedades Catimor sometidas a fermentación aeróbica.

Figura 13.

Fragancia/aroma promedio del café según tratamiento.



En la Tabla 13 y en la figura 13, se aprecia que el tratamiento T3 (Catimor con fermentación aeróbica) obtuvo el mayor puntaje sensorial con 7.92, seguido por T4 (Catimor – anaeróbica) con 7.75 puntos. En tercer lugar, se encuentra T5 (Bourbon – aeróbica) con 7.50, seguido muy de cerca por T6 (Bourbon – anaeróbica) y T2 (Typica – anaeróbica), ambos con 7.42 puntos. El valor más bajo fue registrado por el tratamiento T1 (Typica – aeróbica), con 7.14 puntos.

Estos resultados sugieren que el proceso de fermentación aeróbica mejora significativamente la fragancia y el aroma en la variedad Catimor, superando incluso a otras

combinaciones varietales. De hecho, la mayor puntuación obtenida (7.92) resalta una tendencia favorable en el uso de procesos aeróbicos para potenciar los atributos sensoriales del café.

Según Chávez (2019), en su investigación se obtuvo un valor de fragancia/aroma de 7.56 puntos, lo cual refleja una calidad sensorial aceptable, aunque aún perfectible. Comparado con los valores obtenidos en este estudio, especialmente con T3, se evidencia que el protocolo de fermentación aplicado mejora notablemente este atributo, incrementando la complejidad y permanencia del aroma en taza.

6.2.2. Sabor

Tabla 14.

Análisis de varianza para sabor.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	0.50	5	0.10	6.05	0.0051
Error	0.20	12	0.02		
Total	0.70	17	C.V= 1.72		

De acuerdo con el análisis de varianza presentado en la Tabla 14, la variable sabor mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos evaluados (*p*-valor = 0.0051), lo cual evidencia que las combinaciones de variedad y tipo de fermentación influyen de manera directa en esta característica sensorial, mientras que el coeficiente de variación (C.V. = 1.72 %) indica una variabilidad controlada, adecuada para confiar en los resultados obtenidos.

Tabla 15.

Comparación de medias (Tukey) para sabor.

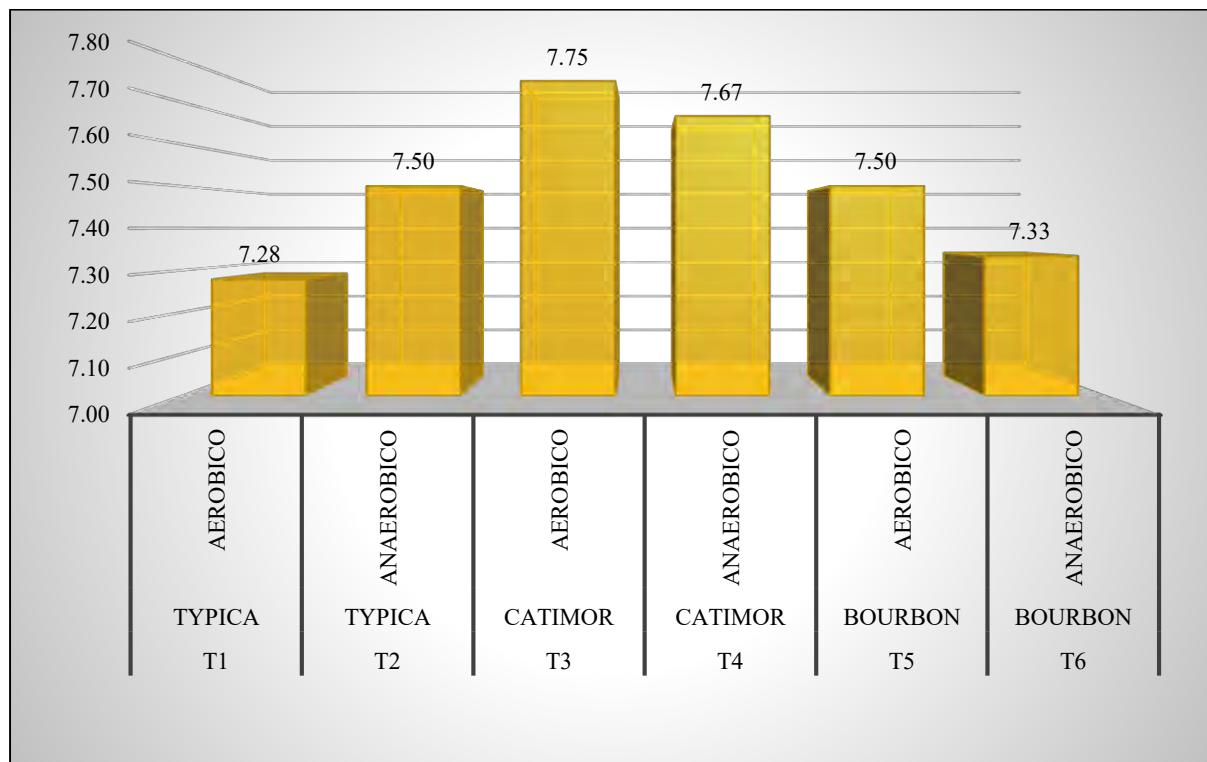
Tratamientos	Medias	n	E. E
T3	7.75	3	0.07
T4	7.67	3	0.07
T5	7.50	3	0.07
T2	7.50	3	0.07
T6	7.33	3	0.07
T1	7.28	3	0.07

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

Como se aprecia en la Tabla 15, el tratamiento T3 (Catimor – fermentación aeróbica) alcanzó el mayor puntaje (7.75) y se ubicó en el grupo estadístico “A”, evidenciando una diferencia significativa frente al tratamiento T1 (Typica – aeróbica), que obtuvo el valor más bajo (7.28) y se agrupó exclusivamente en “C”. El tratamiento T4 (Catimor – anaeróbica) se posicionó en los grupos “A” y “B”, sin diferencias con T3, mientras que los tratamientos T5 (Bourbon – aeróbica) y T2 (Typica – anaeróbica), ambos con 7.50 puntos, compartieron simultáneamente los grupos “A”, “B” y “C”, reflejando solapamientos estadísticos. El tratamiento T6 (Bourbon – anaeróbica) con 7.33 puntos se ubicó en “B” y “C”, intermedio entre los valores más altos y bajos. Estos resultados configuran una gradiente decreciente con tendencia clara a favor del tratamiento T3.

Figura 14.

Sabor promedio según tratamiento.



Tal como se observa en la Tabla 15 y en la figura 14, el tratamiento T3 (Catimor – fermentación aeróbica) obtuvo la calificación más alta (7.75), seguido de T4 (Catimor –

anaeróbica) con 7.67. En tercer lugar se ubicaron T5 (Bourbon – aeróbica) y T2 (Typica – anaeróbica), ambos con 7.50 puntos. Posteriormente, T6 (Bourbon – anaeróbica) registró 7.33 puntos, y finalmente, el tratamiento T1 (Typica – aeróbica) obtuvo el valor más bajo con 7.28 puntos.

Este patrón sugiere que la fermentación aeróbica en la variedad Catimor mejora el atributo de sabor, alcanzando valores superiores al resto. El diseño experimental, con fermentaciones controladas de 36 horas, revela que el tratamiento T3 genera condiciones óptimas para el desarrollo de compuestos organolépticos que favorecen esta característica.

Según Chávez (2019), el sabor del café alcanzó un valor promedio de 7.51 puntos, el cual, si bien refleja una bebida sabrosa, no destaca por su complejidad ni equilibrio. En contraste, el presente estudio con valores de hasta 7.75, evidencia que ciertas combinaciones varietales y de proceso mejoran sustancialmente esta calidad, lo que podría responder a una mayor producción de ácidos orgánicos volátiles y precursores de sabor durante la fermentación aeróbica.

6.2.3. Sabor Residual

Tabla 16.

Análisis de varianza para sabor residual.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	0.44	5	0.09	11.37	0.0003
Error	0.09	12	0.01		
Total	0.53	17	C.V= 1.19		

Según se muestra en la Tabla 16, el análisis de varianza para la variable sabor residual reveló diferencias altamente significativas entre los tratamientos (p -valor = 0.0003), lo que indica que las combinaciones entre variedad de café y tipo de fermentación influyen de manera marcada sobre esta característica sensorial. A su vez, el coeficiente de variación (C.V. = 1.19 %) evidencia una baja dispersión en los datos, lo cual otorga consistencia y confiabilidad a los resultados obtenidos.

Tabla 17.

Comparación de medias (Tukey) para sabor residual.

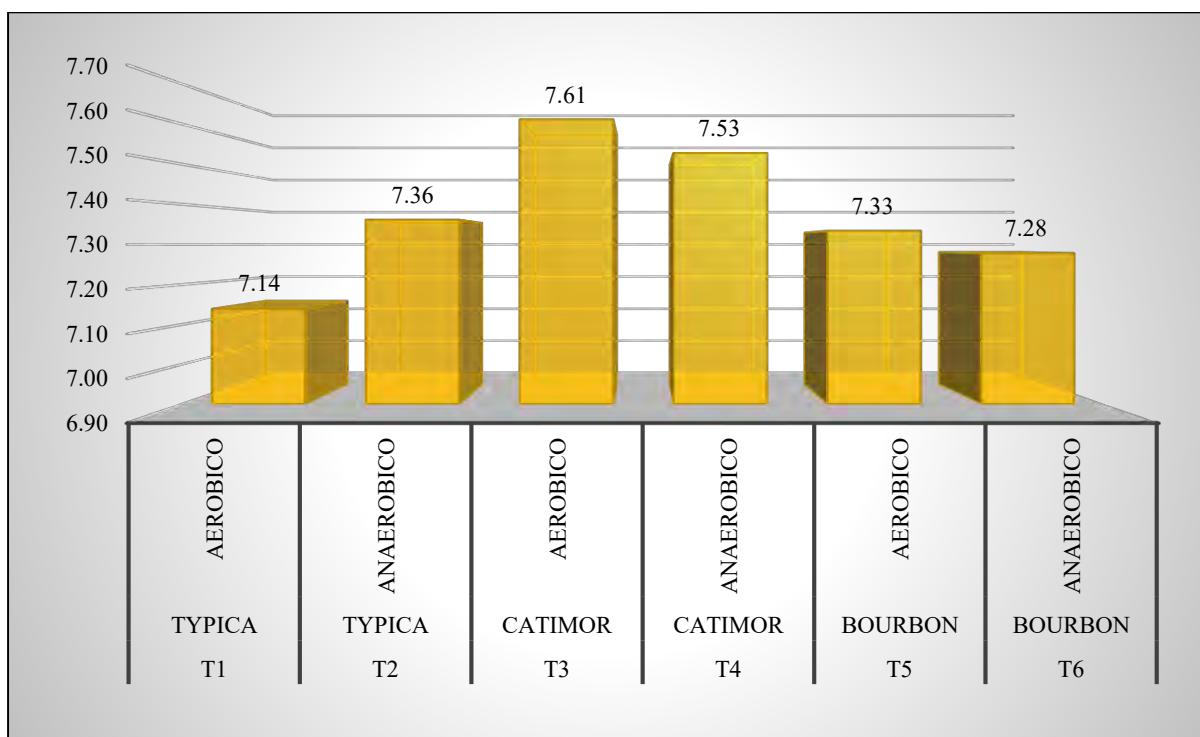
Tratamientos	Medias	n	E. E	
T3	7.61	3	0.05	A
T4	7.53	3	0.05	A B
T2	7.36	3	0.05	B C
T5	7.33	3	0.05	B C
T6	7.28	3	0.05	C
T1	7.14	3	0.05	C

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

En la Tabla 17, se evidencia que el tratamiento T3 (Catimor – fermentación aeróbica) obtuvo el mayor puntaje (7.61), ubicándose en el grupo estadístico “A”, significativamente superior respecto a los tratamientos con menores valores. Le sigue el tratamiento T4 (Catimor – anaeróbica), con 7.53 puntos, agrupado en “A” y “B”, sin diferencias significativas con T3 ni con los tratamientos intermedios. Los tratamientos T2 (Typica – anaeróbica) y T5 (Bourbon – aeróbica), con 7.36 y 7.33 puntos, respectivamente, comparten los grupos “B” y “C”, sin diferencias entre sí, aunque por debajo de los primeros. Finalmente, los tratamientos T6 (Bourbon – anaeróbica) y T1 (Typica – aeróbica) obtuvieron los valores más bajos (7.28 y 7.14) agrupándose únicamente en “C”, con diferencias significativas respecto a T3.

Figura 15.

Calificación promedio de sabor residual.



Tal como se observa en la Tabla 17 y en la figura 15, el tratamiento T3 (Catimor – fermentación aeróbica) alcanzó el puntaje más alto (7.61), seguido por T4 (Catimor – anaeróbica) con 7.53. En una categoría intermedia se ubicaron T2 (Typica – anaeróbica) y T5 (Bourbon – aeróbica), con valores de 7.36 y 7.33, respectivamente. En la parte inferior de la escala se encontraron T6 (Bourbon – anaeróbica), con 7.28, y T1 (Typica – aeróbica), con 7.14.

Los resultados permiten afirmar que la fermentación aeróbica aplicada a la variedad Catimor potencia el sabor residual, generando una sensación persistente y agradable al final de la cata. La tendencia decreciente de los puntajes refuerza la influencia del tipo de proceso en este atributo.

De acuerdo con Huamán (2022), un sabor residual de 7.37 refleja una persistencia leve, pero con potencial de mejora. En contraste, el valor de 7.61 obtenido en el presente estudio con Catimor fermentado de manera aeróbica, evidencia una experiencia sensorial más prolongada y satisfactoria, lo que mejora significativamente la impresión final del café en boca.

6.2.4. Acidez

Tabla 18.

Análisis de varianza para acidez.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	0.63	5	0.13	19.31	0.0001
Error	0.08	12	0.01		
Total	0.71	17	C.V= 1.05		

En la Tabla 18, se aprecia que la variable acidez del café presentó diferencias altamente significativas entre tratamientos, con un p-valor de 0.0001. Este resultado indica que las distintas combinaciones de variedad y tipo de fermentación ejercen un efecto considerable sobre la percepción de acidez en taza. Asimismo, el coeficiente de variación (C.V. = 1.05 %) fue bajo, lo que demuestra una alta confiabilidad y precisión en las mediciones obtenidas durante la evaluación sensorial.

Tabla 19.

Comparación de medias (Tukey) para acidez.

Tratamientos	Medias	n	E. E
T4	7.94	3	0.05
T3	7.92	3	0.05
T5	7.64	3	0.05
T2	7.61	3	0.05
T6	7.53	3	0.05
T1	7.44	3	0.05

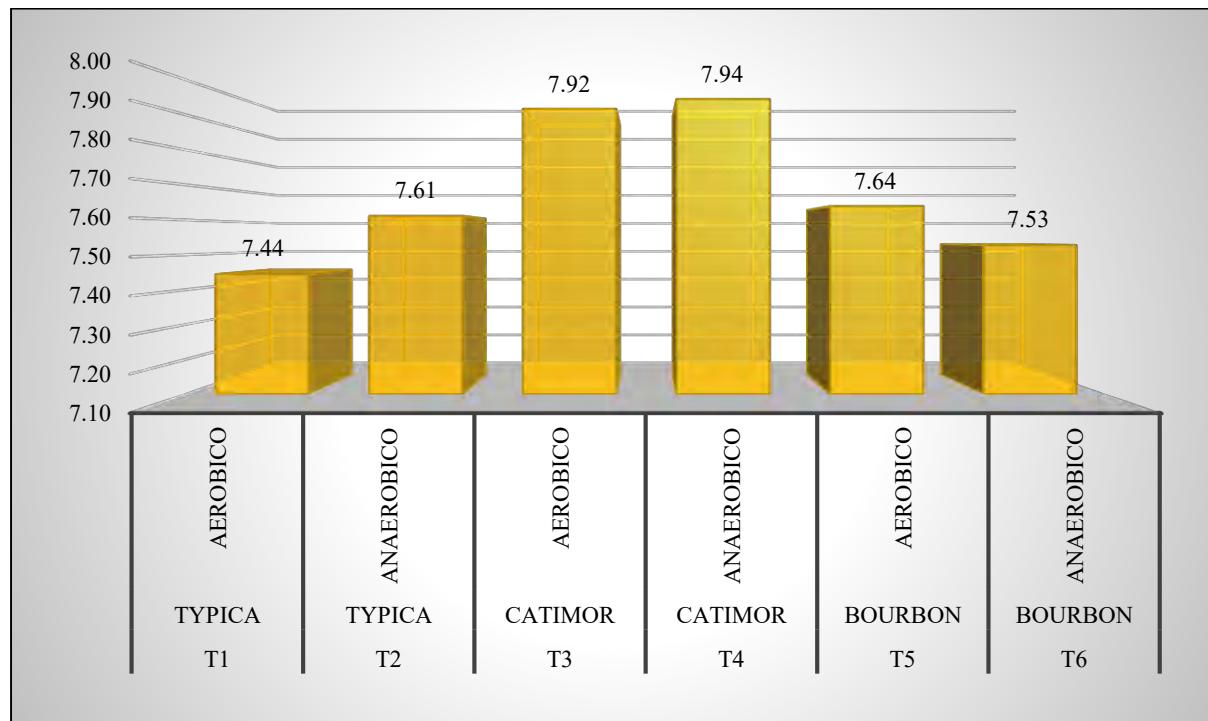
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La Tabla 19 presenta la prueba de Tukey aplicada a los promedios de acidez. Se observa que el tratamiento T4 (Catimor – fermentación anaeróbica) alcanzó el mayor valor con 7.94 puntos, ubicándose en el grupo estadístico “A”, sin diferencias significativas con T3 (Catimor – aeróbica), que se situó en los grupos “A” y “B” con 7.92 puntos. En contraste, los tratamientos T5 (Bourbon – aeróbica), T2 (Typica – anaeróbica), T6 (Bourbon – anaeróbica) y T1 (Typica – aeróbica), con medias entre 7.64 y 7.44, se agruparon únicamente en el grupo “B”, sin mostrar diferencias significativas entre ellos, pero sí respecto al tratamiento T4. Esto indica que la

fermentación anaeróbica en Catimor favoreció la acidez, en comparación con el resto de tratamientos.

Figura 16.

Calificación promedio de acidez.



Como se muestra en la Tabla 19 y en la figura 16, el tratamiento T4 (Catimor – anaeróbico) evidenció el mejor desempeño en acidez sensorial (7.94 puntos), seguido de cerca por T3 (Catimor – aeróbico) con 7.92 puntos. En niveles intermedios se ubicaron los tratamientos T5, T2, T6 y T1, con valores de 7.64, 7.61, 7.53 y 7.44, respectivamente.

Cabe resaltar que los valores obtenidos superaron los antecedentes referenciales. En particular, la fermentación anaeróbica aplicada a la variedad Catimor promovió una mayor expresión de acidez en taza, lo cual podría atribuirse al metabolismo microbiano diferencial bajo condiciones sin oxígeno. Esta respuesta permite inferir que existe una tendencia positiva a intensificar la acidez del café mediante procesos anaeróbicos en Catimor.

Según Puerta (1998), una acidez equilibrada aporta frescura sin ser invasiva, siendo clave para lograr complejidad y brillo en el perfil sensorial. En ese sentido, el presente estudio —con

valores entre 7.44 y 7.94 puntos— demuestra un comportamiento adecuado en acidez, con márgenes que permiten apreciar la diversidad entre tratamientos, y que destacan por su fineza y equilibrio en taza.

6.2.5. Cuerpo

Tabla 20.

Análisis de varianza para cuerpo.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	0.69	5	0.14	14.97	0.0001
Error	0.11	12	0.01		
Total	0.80	17	C.V= 1.25		

Según la Tabla 20, el análisis de varianza para la variable cuerpo del café evidenció diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados, con un p-valor de 0.0001. Esto indica que la combinación de variedad y tipo de fermentación influyó de manera determinante en la percepción de cuerpo en taza, mientras que el coeficiente de variación (C.V. = 1.25 %) revela una variabilidad controlada y aceptable, lo cual garantiza la confiabilidad de los resultados obtenidos.

Tabla 21.

Comparación de medias (Tukey) para cuerpo.

Tratamientos	Medias	n	E. E	
T3	7.94	3	0.06	A
T4	7.92	3	0.06	A
T5	7.64	3	0.06	B
T2	7.58	3	0.06	B
T6	7.58	3	0.06	B
T1	7.39	3	0.06	B

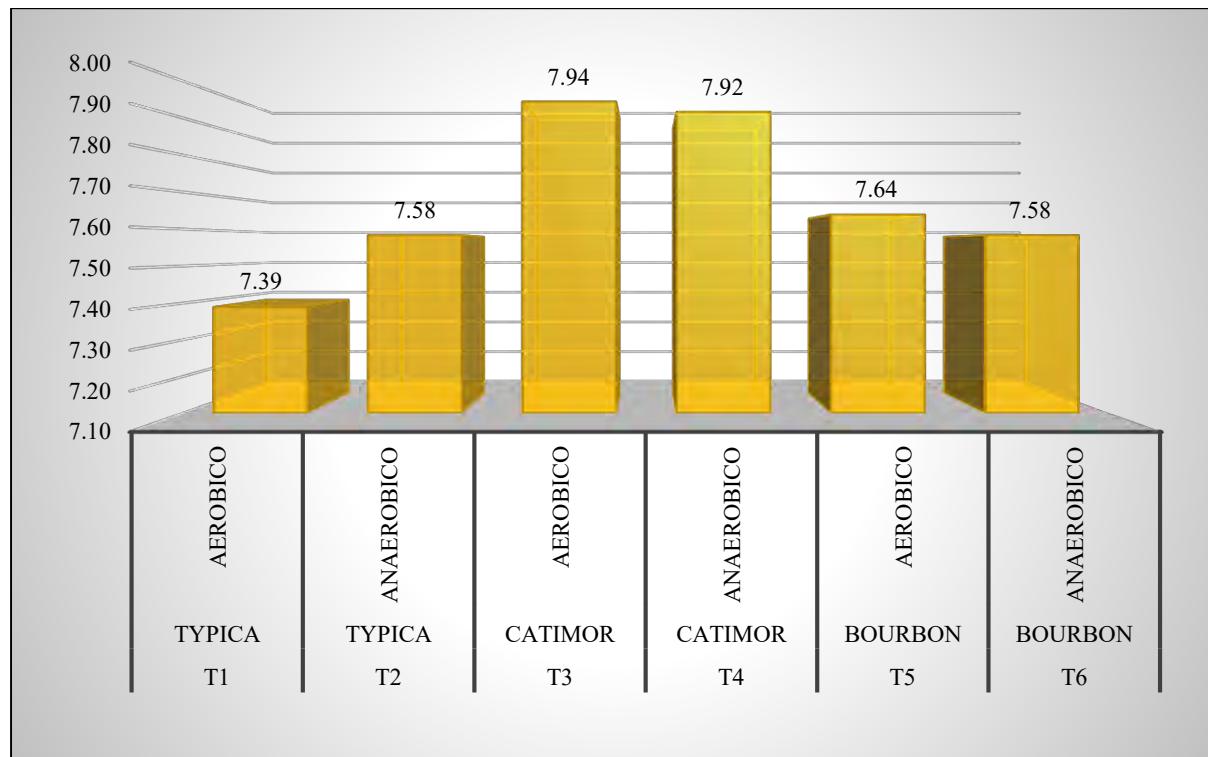
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

La Tabla 21, muestra los resultados de la prueba de Tukey para la variable cuerpo. Los tratamientos T3 (Catimor – aeróbico) y T4 (Catimor – anaeróbico) obtuvieron los mayores valores, con 7.94 y 7.92 puntos respectivamente, ubicándose ambos en el grupo estadístico “A”, sin diferencias significativas entre sí. En contraste, los tratamientos T5 (Bourbon – aeróbico), T2

(Typica – anaeróbico), T6 (Bourbon – anaeróbico) y T1 (Typica – aeróbico) presentaron promedios entre 7.64 y 7.39, agrupándose en el grupo “B”. Esta clasificación sugiere que los tratamientos T3 y T4 ofrecen un mayor cuerpo en taza en comparación con los demás.

Figura 17.

Calificación promedio de cuerpo.



Tal como se aprecia en la Tabla 21 y en la figura 17, los tratamientos T3 (Catimor – aeróbico) y T4 (Catimor – anaeróbico) fueron los más destacados, superando ampliamente a los demás tratamientos, con 7.94 y 7.92 puntos, respectivamente. A continuación, se ubicaron los tratamientos T5 (7.64), T6 (7.58), T2 (7.58) y T1 (7.39), todos sin diferencias significativas entre sí, pero sí respecto a los dos primeros.

Este resultado revela que el tratamiento Catimor con fermentación aeróbica alcanzó el mayor valor de cuerpo, lo cual podría asociarse a la acción de microorganismos aeróbicos que favorecen la liberación de compuestos coloidales o polisacáridos durante el proceso, intensificando la sensación de plenitud en boca. Además, se observó que la variedad Catimor,

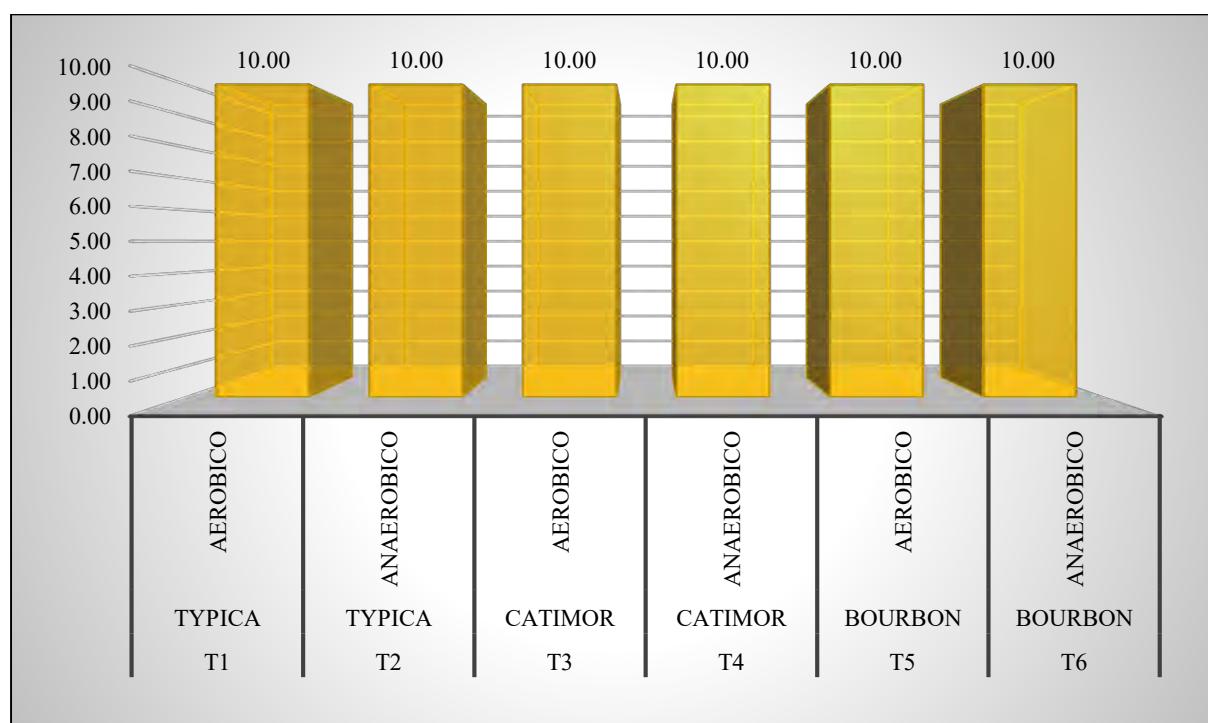
tanto en condición aeróbica como anaeróbica, fue consistentemente superior al resto de las variedades evaluadas, lo que refuerza su potencial sensorial en este atributo.

Según Márquez (2020), un cuerpo ideal debe ofrecer una sensación de plenitud sin resultar pesado, equilibrando suavidad y peso para lograr una experiencia sensorial armónica. En comparación, los tratamientos del presente estudio superaron el valor de referencia (7.48), especialmente bajo fermentación aeróbica, lo cual resalta su valor diferenciador y su posible ventaja competitiva en cafés especiales.

6.2.6. Uniformidad

Figura 18.

Calificación promedio de uniformidad.



En la figura 18, la uniformidad en el café, con un puntaje de 10 en todas las muestras (T1 a T6), refleja un 100% de consistencia en el sabor entre las cinco tazas evaluadas por tratamiento. Esto significa que no se detectaron diferencias perceptibles en el perfil de sabor de las tazas dentro de cada combinación de variedad y fermentación, lo cual indica que los procesos fueron controlados de manera efectiva. Las variedades Typica, Catimor y Bourbon, bajo métodos de

fermentación aeróbico y anaeróbico, lograron mantener un perfil de sabor estable y reproducible. Este 100% de uniformidad garantiza una calidad constante, un atributo clave para la comercialización de café de alta gama. Asimismo, demuestra que el manejo del proceso permitió expresar de manera confiable las características intrínsecas de cada variedad. Un puntaje perfecto en este aspecto evidencia que los métodos aplicados son ideales para preservar la homogeneidad del café evaluado.

Se obtuvo uniformidad igual respecto a nuestro antecedente, por influencia de la fermentación aeróbica y anaeróbica de la variedad catimor, bourbon y típica, con un puntaje de 10 puntos.

Según Cardenas (2017), demostró una uniformidad de 10 puntos, la uniformidad perfecta en la muestra indica consistencia en la calidad sensorial. Esto sugiere que todas las muestras de la bebida ofrecieron características similares y predecibles. La uniformidad es esencial para garantizar una calidad constante en todas las tazas.

6.2.7. Balance

Tabla 22.

Análisis de varianza para balance.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	0.59	5	0.12	14.56	0.0001
Error	0.10	12	0.01		
Total	0.69	17	C.V= 1.20		

El análisis estadístico mostrado en la Tabla 22 revela que el atributo balance presentó diferencias altamente significativas entre los tratamientos aplicados (p -valor = 0.0001), lo cual indica que la combinación de variedad y tipo de fermentación tuvo un efecto marcado en la percepción de equilibrio sensorial del café. Además, el coeficiente de variación (C.V. = 1.20 %) sugiere que los datos fueron consistentes y la variabilidad dentro de cada grupo estuvo adecuadamente controlada.

Tabla 23.

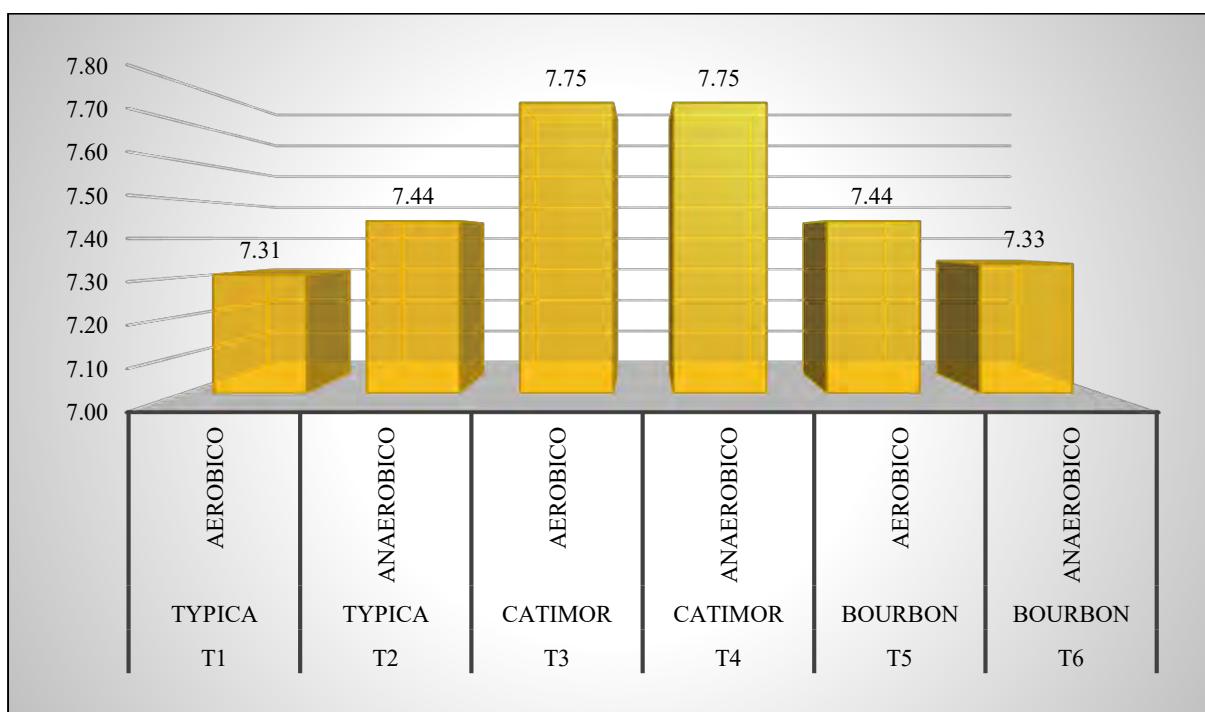
Comparación de medias (Tukey) para balance.

Tratamientos	Medias	n	E.E	
T3	7.75	3	0.05	A
T4	7.75	3	0.05	A
T5	7.44	3	0.05	B
T2	7.44	3	0.05	B
T6	7.33	3	0.05	B
T1	7.31	3	0.05	B

Según los resultados de la Tabla 23, los tratamientos T3 y T4, ambos con una media de 7.75 puntos, se ubicaron en el grupo estadístico "A", mostrando el mejor desempeño en este atributo. Por el contrario, los tratamientos T5 (7.44), T2 (7.44), T6 (7.33) y T1 (7.31) fueron agrupados en la categoría "B", sin diferencias significativas entre ellos, pero sí respecto al grupo superior. Estos resultados evidencian que los tratamientos T3 (Catimor, fermentación aeróbica) y T4 (Catimor, fermentación anaeróbica) mostraron una mejor integración sensorial, destacándose en términos de armonía entre atributos como el sabor, la acidez y el cuerpo.

Figura 19.

Calificación promedio de balance.



Como se visualiza en la Tabla 23 y en la figura 19, los tratamientos evaluados con 36 horas de fermentación mostraron distintas respuestas en el atributo balance. El tratamiento T3, correspondiente a la variedad Catimor con fermentación aeróbica, y el tratamiento T4, con Catimor en fermentación anaeróbica, alcanzaron los puntajes más altos (7.75). Les siguieron los tratamientos T5 (Bourbon, aeróbica) y T2 (Típica, anaeróbica), ambos con 7.44 puntos, luego el tratamiento T6 (Bourbon, anaeróbica) con 7.33, y finalmente el tratamiento T1 (Típica, aeróbica) con 7.31 puntos. Esta tendencia reafirma que las condiciones de fermentación, en interacción con la genética varietal, influyen positivamente en la armonía de atributos sensoriales del café.

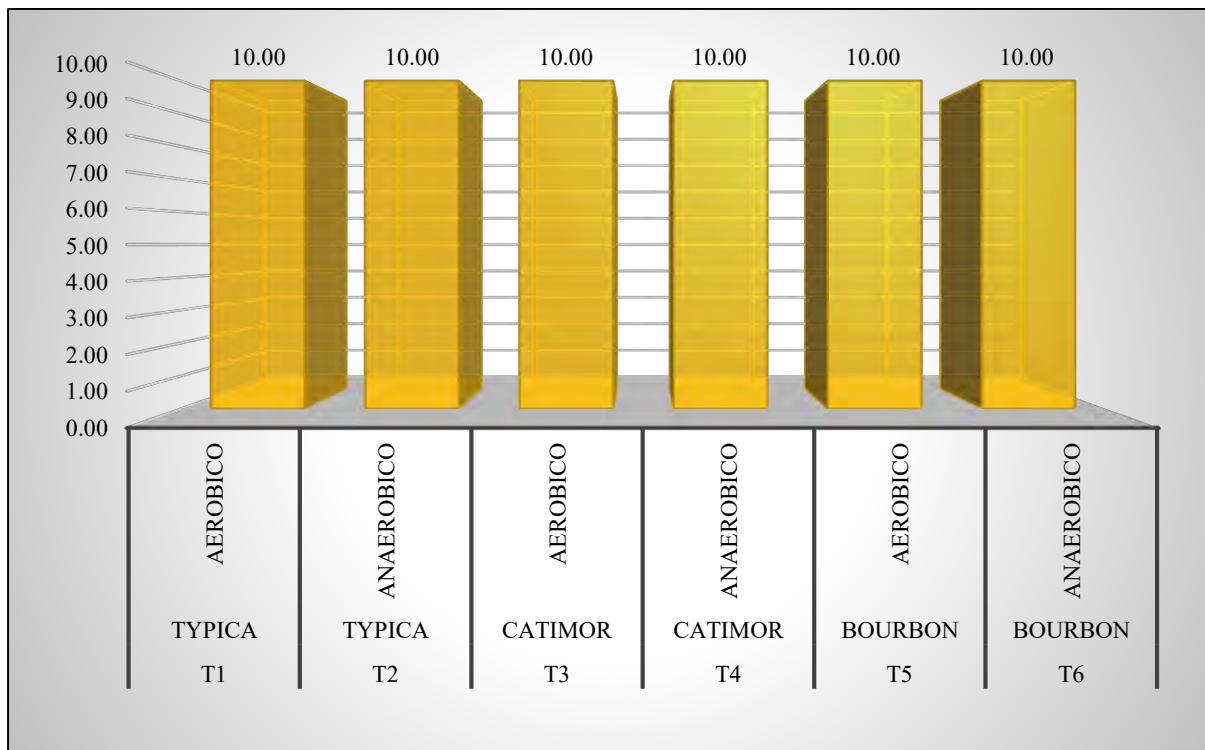
Se obtuvo un mejor nivel de balance respecto a antecedentes previos, particularmente debido al efecto positivo de la fermentación aeróbica y anaeróbica en la variedad Catimor, cuyo desempeño fue superior al resto. El resultado alcanzado —7.75 puntos— sugiere que ambas condiciones permiten resaltar de manera conjunta los atributos sensoriales, generando cafés más redondos y agradables al paladar.

Según lo señalado por Márquez (2020), un buen balance implica la armonización efectiva entre cuerpo, acidez y sabor. Sin embargo, su estudio alcanzó un valor promedio de 7.34, indicando aún oportunidades de mejora en este atributo. En cambio, los resultados del presente experimento (al superar ese umbral) confirman que el uso de protocolos de fermentación controlada puede optimizar la percepción global de la bebida, ofreciendo cafés más equilibrados y comercialmente competitivos.

6.2.8. Tasa limpia

Figura 20.

Calificación promedio de taza limpia.



Tal como se muestra en la figura 20, las seis muestras de café, pertenecientes a las variedades Typica, Catimor y Bourbon, bajo condiciones de fermentación aeróbica y anaeróbica, obtuvieron un puntaje perfecto de 10.00 en el atributo taza limpia. Este resultado evidencia que todas las muestras evaluadas presentaron una pureza sensorial absoluta, es decir, estuvieron completamente libres de defectos perceptibles, como sabores extraños, notas indeseadas o presencia de impurezas organolépticas.

La uniformidad de esta calificación sugiere que el proceso de fermentación, independientemente de la variedad o del método utilizado, fue manejado con gran precisión técnica, permitiendo que cada taza conserve un perfil sensorial nítido y consistente. Este nivel de limpieza sensorial es un criterio fundamental dentro de los estándares de café de especialidad, ya que garantiza una experiencia de cata pura, sin interferencias negativas que alteren el carácter de la bebida.

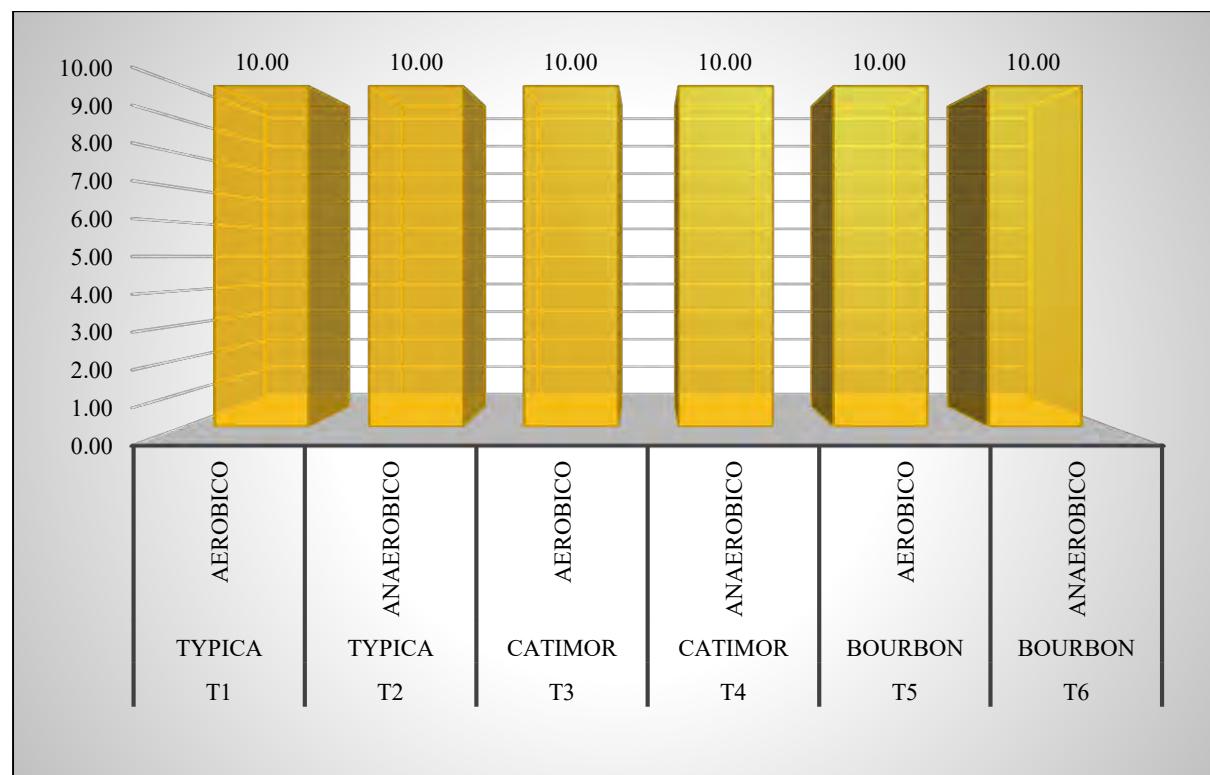
Adicionalmente, el hecho de que todas las muestras hayan sido 100 % dulces y sin defectos también refuerza la calidad de los protocolos empleados en el beneficio húmedo. La expresión limpia del grano sugiere una fermentación controlada, un correcto lavado y una secuencia de secado efectiva, elementos claves para preservar la integridad de los compuestos volátiles y aromáticos.

En relación con estudios previos, los resultados obtenidos coinciden con lo reportado por Cardenas (2017), quien señala que una taza limpia perfecta —con 10 puntos— indica una bebida sin impurezas ni defectos visuales o sensoriales, cualidad esencial para asegurar una experiencia organoléptica superior. Esta claridad y nitidez son atributos deseables en cafés finos, donde se busca resaltar la tipicidad varietal y la expresión del terroir sin alteraciones externas.

6.2.9. Dulzor

Figura 21.

Calificación promedio de dulzor.



Tal como se aprecia en la figura 21, las seis muestras de café, correspondientes a las variedades Typica, Catimor y Bourbon bajo condiciones de fermentación aeróbica y anaeróbica, alcanzaron el puntaje máximo de 10.00 puntos en el atributo dulzor, según la metodología de evaluación sensorial propuesta por la Specialty Coffee Association (SCA). Este resultado indica que todas las tazas evaluadas fueron percibidas como 100 % dulces, lo que denota una expresión plena y armoniosa del sabor natural del grano.

La presencia de un dulzor intenso pero equilibrado —libre de notas agresivas o empalagosas— constituye una calidad sensorial altamente valorada en cafés de alta especialidad, ya que realza las notas florales, frutales o caramelizadas propias de cada variedad sin interferir con la acidez, el cuerpo u otros atributos. Esta calificación uniforme y perfecta en todas las muestras refleja, además, una consistencia admirable entre las tazas, evidenciando un manejo cuidadoso y profesional del proceso de fermentación, así como de las etapas posteriores de beneficio húmedo.

En conjunto con los resultados obtenidos en los atributos uniformidad y taza limpia, este puntaje de dulzor confirma que las condiciones aplicadas (independientemente de la variedad o tipo de fermentación) favorecieron una expresión sensorial excepcional, situando a todas las muestras dentro de los estándares más exigentes del café de especialidad.

De forma concordante, Caballero (2016) sostiene que una calificación perfecta de 10 puntos en dulzor implica una excelente armonización de los azúcares presentes en la bebida, lo cual genera una sensación agradable, balanceada y envolvente. Un dulzor bien integrado resalta las cualidades del café sin opacar su complejidad aromática ni interferir con otros atributos, contribuyendo decisivamente a una experiencia sensorial completa y satisfactoria.

6.2.10. Puntaje de catador

Tabla 24.

Análisis de varianza para puntuación de catador.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	0.91	5	0.18	27.73	0.0001
Error	0.08	12	0.01		
Total	0.99	17	C.V= 1.08		

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla 24, el análisis de varianza (ANVA) para la puntuación otorgada por el catador revela una diferencia altamente significativa entre los tratamientos (p -valor = 0.0001), lo que indica que las combinaciones de variedad y tipo de fermentación influyeron de manera contundente en la evaluación global de la bebida. A su vez, el coeficiente de variación fue bajo (C.V. = 1.08 %), lo que refleja una alta precisión y confiabilidad en los datos obtenidos.

Tabla 25.

Comparación de medias (Tukey) para puntuación de catador.

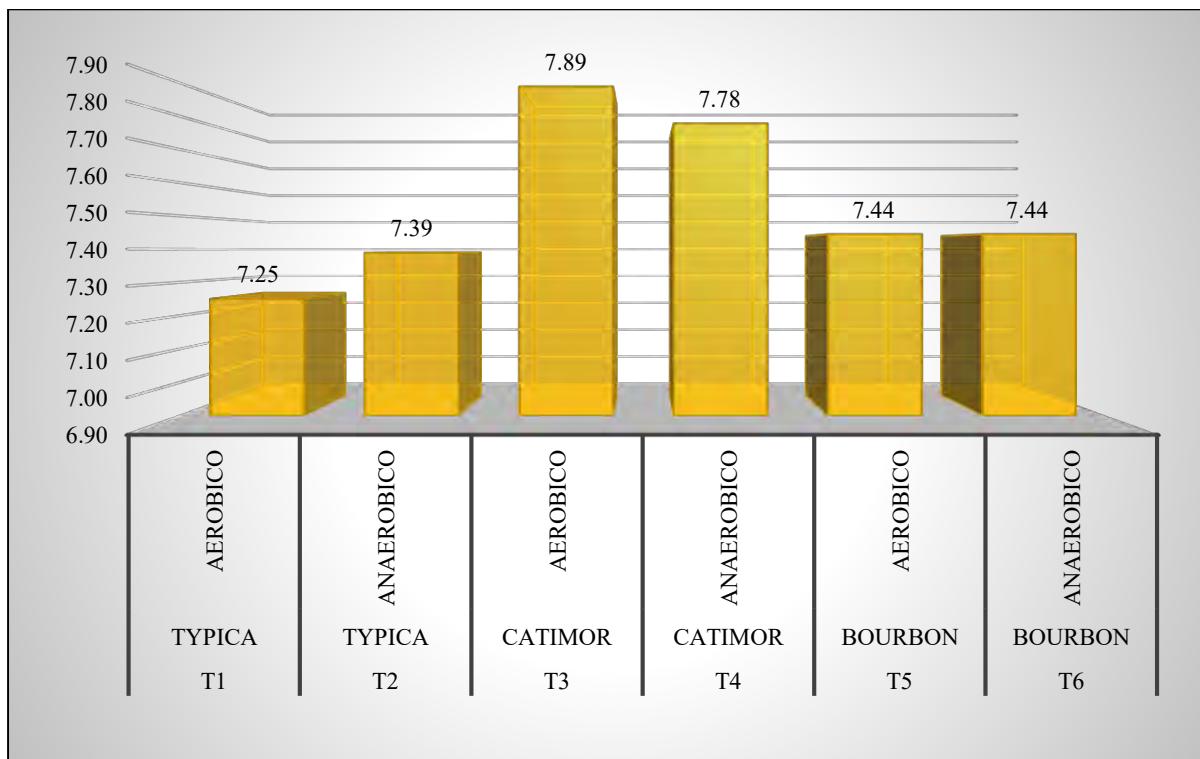
Tratamientos	Medias	n	E. E	
T3	7.89	3	0.05	A
T4	7.78	3	0.05	A
T6	7.44	3	0.05	B
T5	7.44	3	0.05	B
T2	7.39	3	0.05	B
T1	7.25	3	0.05	B

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

La Tabla 25, correspondiente a la prueba de comparación múltiple de Tukey, evidencia que los tratamientos T3 (7.89 puntos) y T4 (7.78 puntos) fueron los que obtuvieron las puntuaciones más altas, ubicándose ambos en el grupo estadístico "A", sin diferencias significativas entre ellos. En cambio, los tratamientos T5, T6, T2 y T1, cuyas puntuaciones oscilaron entre 7.44 y 7.25 puntos, conformaron el grupo "B", lo cual indica que, si bien entre ellos no hubo distinciones estadísticas, sí se diferenciaron significativamente respecto a los tratamientos con mejor rendimiento sensorial.

Figura 22.

Calificación promedio de puntaje de catador.



En concordancia con lo mostrado en la tabla anterior, en la figura 22 y la tabla 25, permite visualizar claramente la jerarquía sensorial asignada por el catador a cada uno de los seis tratamientos evaluados. El tratamiento T3, correspondiente a la variedad Catimor con fermentación aeróbica durante 36 horas, fue el más valorado, con un puntaje promedio de 7.89 puntos. Le siguió el tratamiento T4, también Catimor pero con fermentación anaeróbica, con 7.78 puntos. Los tratamientos T5 y T6 (variedad Bourbon, con fermentaciones aeróbica y anaeróbica, respectivamente) registraron puntajes de 7.44 puntos cada uno, mientras que el tratamiento T2 (Typica con fermentación anaeróbica) obtuvo 7.39 puntos y el T1 (Typica con fermentación aeróbica) cerró la lista con 7.25 puntos.

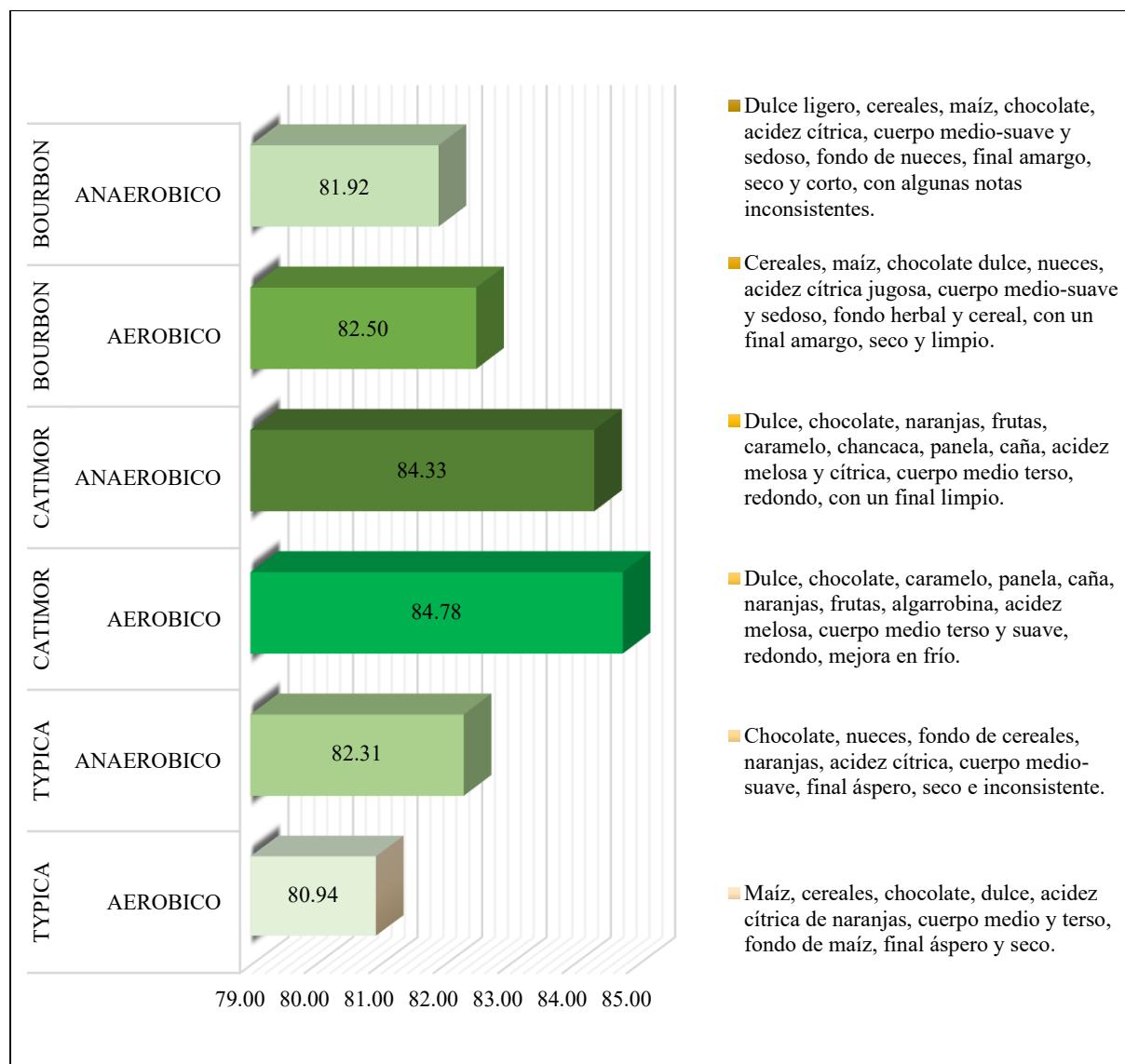
Comparando con el antecedente de Cardenas (2017), quien obtuvo un puntaje promedio de 7.37 puntos, los tratamientos T3 y T4 superan ampliamente dicho valor, lo cual sugiere que la fermentación aeróbica aplicada a la variedad Catimor potencia notablemente su expresión sensorial global. Según el mismo autor, esta puntuación refleja la percepción integral del catador,

quién evalúa no solo atributos aislados, sino la armonía general de la bebida. Un puntaje más alto indica una experiencia sensorial más rica, balanceada y satisfactoria, mientras que valores cercanos a 7, aunque aceptables, pueden revelar áreas susceptibles de mejora. En este estudio, los tratamientos T3 y T4 se consolidan como los de mayor preferencia y aceptación sensorial profesional.

6.2.11. Características sensorial

Figura 23.

Características sensoriales y puntaje de taza por tratamiento.



En la figura 23, se comparan los atributos sensoriales expresados en taza de tres variedades de café (Bourbon, Catimor y Typica) sometidas a procesos de fermentación aeróbica y anaeróbica, evaluadas según la escala de calidad de taza de excelencia. La variedad Catimor con fermentación aeróbica (T3) se posicionó como la mejor evaluada, alcanzando un puntaje de 84.78, resultado que denota una bebida excepcional, de perfil dulce, frutal y redondo, cuyo carácter mejora notablemente al enfriarse. Le sigue la misma variedad con fermentación anaeróbica (T4), con un puntaje de 84.33, destacando por su complejidad aromática, con notas a chocolate, naranja y caramelo.

La variedad Bourbon con fermentación aeróbica (T5) obtuvo una puntuación de 82.50, caracterizándose por un cuerpo medio-suave, de textura limpia pero menos estructurada que los tratamientos anteriores. En tanto, su versión anaeróbica (T6) alcanzó los 81.92 puntos, presentando un perfil sensorial más inestable, con ligeras variaciones en cuerpo y retrogusto.

Por otro lado, la variedad Typica aeróbica (T1) mostró el puntaje más bajo del conjunto, con 80.94 puntos, penalizada por un final áspero y seco que afectó negativamente la armonía general de la bebida. Su contraparte con fermentación anaeróbica (T2) logró una ligera mejora, alcanzando 82.31 puntos, expresando notas a chocolate y cítricos, aunque sin lograr consolidar un perfil completamente equilibrado.

En síntesis, los resultados evidencian que la fermentación aeróbica aplicada a la variedad Catimor genera una taza más expresiva, estructurada y de mayor puntuación en estándares de café de especialidad. Esta combinación permitió una manifestación más rica y consistente de atributos sensoriales como dulzor, frutalidad y balance, fundamentales para la valoración de cafés diferenciados. Los valores superiores registrados en T3 y T4 reafirman el potencial de esta variedad, no solo en rendimiento, sino también en calidad sensorial superior.

6.2.12. Catacion

Tabla 26.

Análisis de varianza puntuación global de catador.

F. V	SC	GL	CM	F	P-VALOR
Tratamientos	32.46	5	6.49	30.16	0.0001
Error	2.58	12	0.22		
Total	35.04	17	C.V= 0.56		

En la Tabla 26, correspondiente al análisis de varianza para la puntuación global de catación de café, se observa una alta significancia estadística entre los tratamientos aplicados, con un p-valor de 0.0001, lo cual evidencia que las diferencias observadas no son producto del azar. Además, el coeficiente de variación (C.V. = 0.56 %) se considera muy bajo, lo que indica un alto grado de precisión y consistencia en los datos registrados durante la evaluación sensorial.

Tabla 27.

Comparación de medias (Tukey) para puntuación global de catador.

Tratamientos	Medias	n	E. E	
T3	84.78	3	0.27	A
T4	84.33	3	0.27	A
T5	82.50	3	0.27	B
T2	82.31	3	0.27	B
T6	81.92	3	0.27	B C
T1	80.94	3	0.27	C

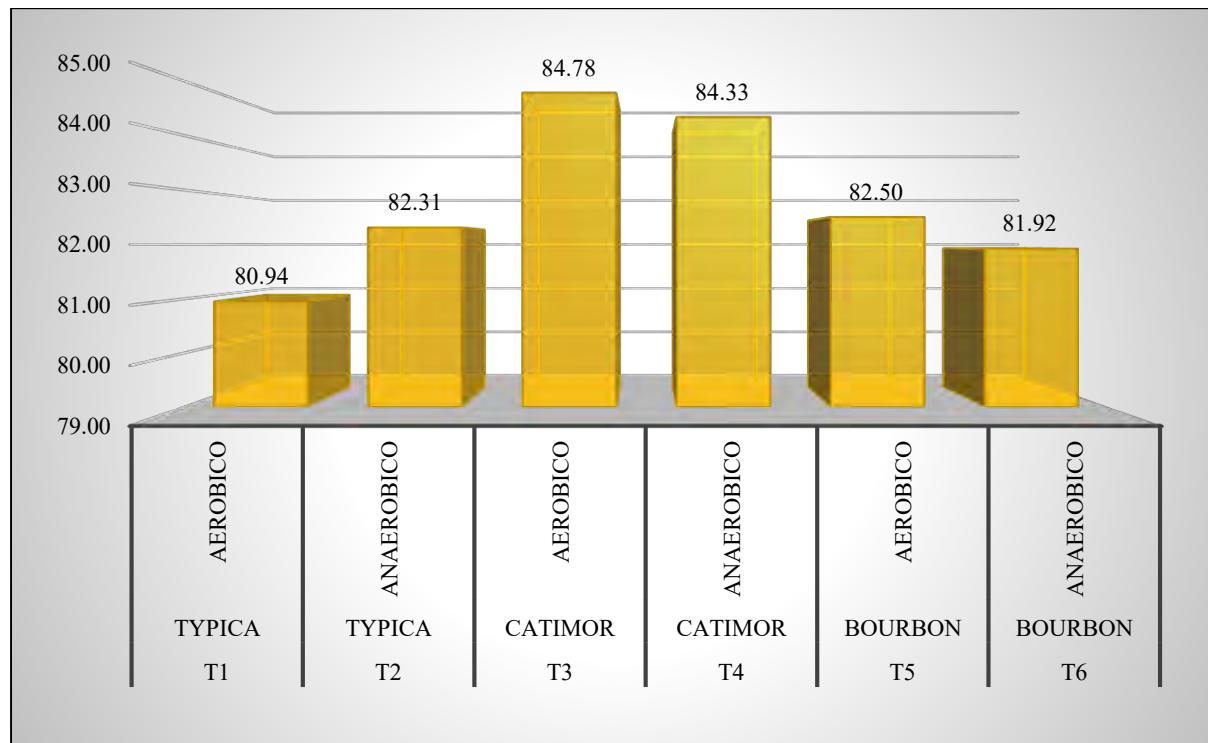
Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0.05$)

Según la Tabla 27, los tratamientos T3 (84.78 puntos) y T4 (84.33 puntos), correspondientes a la variedad Catimor en fermentaciones aeróbica y anaeróbica, respectivamente, obtuvieron las puntuaciones más elevadas y fueron agrupados en la categoría "A", sin diferencias estadísticas significativas entre ellos. En un segundo grupo ("B") se ubicaron los tratamientos T5 (82.50 puntos) y T2 (82.31 puntos), correspondientes a Bourbon aeróbico y Typica anaeróbico, respectivamente. El tratamiento T6 (81.92 puntos), (Bourbon anaeróbico) mostró una posición intermedia, compartiendo los grupos "B" y "C", mientras que el tratamiento T1 (80.94 puntos) (Typica aeróbica), se ubicó en el grupo "C", siendo estadísticamente inferior

al resto. Este patrón revela una tendencia clara: la variedad Catimor, especialmente en fermentación aeróbica, presenta el mejor desempeño sensorial, mientras que Typica aeróbica mostró el rendimiento más bajo.

Figura 24.

Calificación promedio global de catación.



Tal como se visualiza en la Tabla 27 y en la figura 23, la puntuación de catación evaluada bajo el protocolo SCA mostró una diferencia significativa entre tratamientos. El Tratamiento 3 (Catimor – Aeróbico) alcanzó el puntaje más alto con 84.78, consolidándose como el más destacado en taza de excelencia, seguido de cerca por el Tratamiento 4 (Catimor – Anaeróbico) con 84.33 puntos. Le siguen, en orden decreciente, los tratamientos T5 (Bourbon – Aeróbico: 82.50), T2 (Typica – Anaeróbico: 82.31), T6 (Bourbon – Anaeróbico: 81.92), y finalmente T1 (Typica – Aeróbico: 80.94).

Estos resultados indican que la fermentación aeróbica en la variedad Catimor genera un perfil sensorial más robusto, redondo y balanceado, con alta expresividad en atributos como

aroma, sabor, cuerpo y retrogusto. Asimismo, el promedio de 84.78 puntos supera significativamente a los valores reportados en antecedentes previos.

En comparación, el estudio de Rojas (2017) reportó un promedio de 83.06 puntos en calidad sensorial de cafés evaluados, lo que refleja un perfil aceptable, aunque con posibilidades de mejora. Este valor, ligeramente inferior al obtenido en el presente estudio, sugiere que las condiciones específicas de fermentación —especialmente el manejo aeróbico controlado en Catimor— pueden potenciar la expresión sensorial del café, particularmente en aspectos clave como la complejidad del sabor y el balance general de la bebida.

Tabla 28.

Resumen de atributos de calidad organoléptica evaluados bajo efecto de fermentación aeróbica y anaeróbica en tres cultivares de café (Typica, Catimor y Bourbon).

Calidad sensorial	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Fragancia/Aroma	7.14	7.42	7.92	7.75	7.50	7.42
Sabor	7.28	7.50	7.75	7.67	7.50	7.33
Sabor residual	7.14	7.36	7.61	7.53	7.33	7.28
Acidez	7.44	7.61	7.92	7.94	7.64	7.53
Cuerpo	7.39	7.58	7.94	7.92	7.64	7.58
Uniformidad	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Balance	7.31	7.44	7.75	7.75	7.44	7.33
Taza limpia	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Dulzor	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Puntaje de catador	7.25	7.39	7.89	7.78	7.44	7.44
Puntaje total	80.95	82.30	84.78	84.34	82.49	81.91

Los resultados de la Tabla 28 evidencian diferencias significativas en los atributos sensoriales del café en función del tipo de fermentación (aeróbica y anaeróbica) y de los tres cultivares evaluados (Typica, Catimor y Bourbon).

Fragancia/Aroma

El valor más alto se obtuvo en T3 (Catimor aeróbico, 7.92), seguido por T4 (Catimor anaeróbico, 7.75), mientras que el más bajo correspondió a T1 (Typica aeróbico, 7.14). Esto indica que la

fermentación aeróbica, en particular con Catimor, potencia la liberación de compuestos aromáticos, mejorando la fragancia y el aroma percibidos.

Sabor y sabor residual

Los mejores puntajes de sabor se observaron en T3 (7.75) y T4 (7.67), ambos en la variedad Catimor. El sabor residual mostró un comportamiento similar, con valores de 7.61 (T3) y 7.53 (T4), confirmando que Catimor posee una mayor persistencia gustativa cuando se somete a fermentaciones controladas.

Acidez

La acidez, atributo clave en cafés de especialidad, alcanzó los valores más altos en T4 (Catimor anaeróbico, 7.94) y T3 (Catimor aeróbico, 7.92), mientras que el menor se registró en T1 (Typica aeróbico, 7.44). Este resultado refleja que el cultivar Catimor, bajo ambas modalidades de fermentación, desarrolla una acidez brillante y balanceada, lo que incrementa su complejidad sensorial.

Cuerpo

El cuerpo fue superior en T3 (Catimor aeróbico, 7.94) y T4 (Catimor anaeróbico, 7.92), mientras que los valores más bajos se observaron en T1 (Typica aeróbico, 7.39) y T2 (Typica anaeróbico, 7.58). La fermentación aeróbica favoreció un cuerpo más denso en Catimor, atributo altamente valorado en la catación.

Uniformidad, taza limpia y dulzor.

Todos los tratamientos obtuvieron el puntaje máximo (10 puntos) en uniformidad, taza limpia y dulzor, lo que indica ausencia de defectos, consistencia entre las tazas y un dulzor intrínseco adecuado. Estos resultados reflejan un control poscosecha riguroso y la calidad intrínseca del material genético evaluado.

Balance

El balance mostró valores más altos en T3 y T4 (7.75), confirmando la armonía sensorial en Catimor. Los puntajes más bajos correspondieron a T1 (7.31) y T6 (7.33), lo que sugiere una menor integración de los atributos en Typica y Bourbon bajo ciertas condiciones de fermentación.

Puntaje de catador y puntaje total.

El mayor puntaje de catador se registró en T3 (7.89), seguido por T4 (7.78), ambos correspondientes a Catimor. El puntaje total más alto también se observó en T3 (84.78) y T4 (84.34), lo que ubica a Catimor en el rango de cafés de especialidad según la SCA (\geq 80 puntos).

Los valores más bajos correspondieron a T1 (Typica aeróbico, 80.95) y T6 (Bourbon anaeróbico, 81.91), aunque todos los tratamientos superaron el umbral de calidad de especialidad.

Síntesis

Los resultados sensoriales indican que:

- Catimor, en ambas modalidades de fermentación, alcanzó los mejores puntajes globales (84.78 y 84.34), destacando especialmente en fragancia/aroma, acidez, cuerpo y balance.
- Typica obtuvo los valores más bajos en varios atributos, lo que sugiere limitaciones de esta variedad para destacar bajo los tratamientos de fermentación aplicados.
- Bourbon mostró un desempeño intermedio, con aceptable balance y buena expresión en atributos básicos, aunque sin alcanzar los niveles de Catimor.

En general, todos los tratamientos superaron los 80 puntos SCA, lo que certifica su clasificación como cafés de especialidad.

VII. CONCLUSIONES Y SUGERENCIAS

7.1. Conclusiones

El presente estudio, desarrollado en el sector de Bombohuactana, distrito de Quellouno – La Convención, evaluó la influencia de dos tipos de fermentación (aeróbica y anaeróbica) sobre la calidad física y sensorial de tres variedades de cafeto, arribando a las siguientes conclusiones:

Sobre la calidad física

Se evaluó la calidad física del café, destacando la variedad Catimor (T3), que alcanzó el mayor rendimiento físico (84.15 %) y presentó atributos morfológicos deseables como mayor proporción de granos convexos, tamaño uniforme y tonalidades verde-azuladas. En contraste, la variedad Typica con fermentación aeróbica (T1) obtuvo los valores más bajos de rendimiento (76.33 %) y mostró mayor proporción de granos pequeños, menos compactos y con coloración clara, estos atributos físicos observados corresponden principalmente a características genéticas propias de cada variedad, propiedades intrínsecamente determinadas por el genotipo del cafeto; siendo el Catimor el que evidenció naturalmente un mayor rendimiento físico (84.15 %) lo cual responde a su naturaleza varietal y no al tipo de fermentación aplicada.

Sobre la calidad sensorial

Se determinó que los tipos de fermentación también influyen de manera decisiva en la calidad sensorial del café, siendo la fermentación aeróbica en Catimor (T3) la que alcanzó la mayor tasa de excelencia (84.78 puntos), con calificaciones sobresalientes en fragancia/aroma (7.92), sabor (7.75) y sabor residual (7.61), asociadas a perfiles frutales, redondos y balanceados. En cambio, el tratamiento menos favorable correspondió a Typica aeróbico (T1), con la menor puntuación global (80.94 puntos) y menor expresión sensorial en aroma, sabor y acidez. Estos resultados confirman que la calidad de taza no solo depende de la variedad genética, sino que está estrechamente condicionada por el tipo de fermentación aplicado, siendo su correcta combinación una herramienta clave para el desarrollo de cafés diferenciados en origen.

7.2. Sugerencias

- 1. Se recomienda priorizar la fermentación aeróbica en la variedad Catimor,** ya que demostró ser la combinación más eficiente para maximizar tanto la calidad física como sensorial del café, alcanzando el mayor rendimiento (84.15 %) y la mejor puntuación en taza (84.78 puntos). Esta interacción específica debe validarse a mayor escala, incorporándose en protocolos de beneficio húmedo para pequeños y medianos productores del sector de Bombohuactana y zonas con condiciones agroecológicas similares.
- 2. Se sugiere extender experimentalmente la fermentación aeróbica a otras variedades de café,** como Typica o Bourbon, con el objetivo de evaluar su efectividad bajo distintos genotipos y entornos agroecológicos. Este enfoque permitirá validar si los beneficios observados en Catimor pueden replicarse y optimizarse en otros materiales locales, diversificando las estrategias de manejo poscosecha.
- 3. Se recomienda evitar el uso exclusivo de fermentación aeróbica en la variedad Typica,** dado su bajo desempeño físico y sensorial bajo esta modalidad (rendimiento de 76.33 % y tasa de excelencia de 80.94 puntos). Se sugiere explorar alternativas como ajustes en el tiempo de fermentación, combinaciones fermentativas o inoculación controlada de microorganismos benéficos, buscando mejorar su expresión sensorial sin comprometer su identidad varietal.
- 4. Se propone profundizar en el estudio de atributos físicos como la forma y el color del grano,** ya que podrían influir en el perfil sensorial percibido. En particular, la convexidad y la coloración del pergamo —verde claro o verde azulado— deben analizarse en futuras investigaciones, dado que estos aspectos visuales podrían estar relacionados con características organolépticas específicas y contribuir a la valorización comercial del café.

- 5. Se recomienda priorizar la uniformidad como criterio clave en la calidad sensorial,** adoptando prácticas durante la fermentación, secado y almacenamiento que aseguren la consistencia del sabor entre tazas. Este atributo es fundamental para posicionar el café en mercados de especialidad, donde la estabilidad sensorial es altamente valorada por los consumidores.
- 6. Se sugiere implementar un monitoreo técnico riguroso en todas las etapas del proceso poscosecha,** desde la recolección hasta el almacenamiento. Este control permitirá conservar las cualidades obtenidas por efecto del tipo de fermentación y de la variedad genética, garantizando una producción estable, trazable y de alta calidad sensorial.
- 7. Se propone integrar estos hallazgos en programas de capacitación técnica y extensión rural,** promoviendo el conocimiento y la adecuada implementación de procesos fermentativos adaptados a la genética local. Esto fortalecerá las competencias de los productores y asociaciones cafetaleras orientadas a mercados diferenciados y con mayor valor agregado.
- 8. Se recomienda que, en futuros estudios, se incorpore un análisis bromatológico completo de los granos obtenidos,** con el fin de evaluar su composición fisicoquímica (humedad, contenido de proteínas, azúcares, lípidos y cafeína) y determinar cómo influyen los diferentes tratamientos postcosecha en la calidad nutricional y funcional del café.
- 9. Se sugiere complementar la evaluación sensorial con una apreciación organoléptica detallada,** realizada bajo metodología estandarizada (por ejemplo, la de la Specialty Coffee Association), que incluya atributos como acidez, cuerpo, dulzor, fragancia, sabor residual y balance general, a fin de correlacionar las condiciones de secado o fermentación con el perfil en taza.

10. Se sugiere que en futuras investigaciones se realicen evaluaciones considerando el efecto de diferentes tipos de tostado y molienda, ya que tanto la bibliografía especializada como la práctica cafetalera evidencian que estos factores ejercen una influencia determinante sobre el perfil organoléptico del café. La inclusión de estas variables permitiría ampliar la comprensión integral de la calidad sensorial y ofrecer criterios técnicos más robustos para el manejo poscosecha y la diferenciación de cafés de especialidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Arcilla, J. (2007). *Crecimiento y desarrollo de la planta de café*. Chinchina - Colombia: Sistemas de producción de café en Colombia.
- Breville. (2024). *Variedades de cafe*. Ciudad de México - Mexico: CoffeeJourney.
- Caballero, J. (2016). *Relación del tipo de fermentación con la calidad física y de taza del café*. Chiapas - Mexico: Universidad Autónoma de Chiapas.
- Cafe Lojano. (2024). *Cafe pergamino una guia completa*. Quito - Ecuador: CafeLojano.
- Cafe Peru. (2023). *cafe verde organico*. Junin - Peru: CafePeru.
- Camizán, R. (2020). *Evaluacion del tiempo de fermentacion de cafe*. Lambayeque - Peru: Universidad Señor de Sipan.
- Cárdenas, A. (2017). *Evaluación fisica y organoleptica de tres variedades de café con cuatro tiempos de fermentación, en tres pisos altitudinales en La Convencion*. Cusco - Peru: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco.
- Castro, P., Contreras, Y., Laca, D., & Nakamatsu, K. (2004). *Café de especialidad: alternativa para el sector cafetalero peruano*. Lima - Peru: ESAN Cuadernos de Difusión.
- CENICAFE. (2015). *Fermentación controlada del café*. Caldas - Colombia: Cenicafe.
- Chavez, R. (2019). *Evaluación de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de granos de café verde oro (Coffea arábica L.) de diferentes zonas de Leoncio Prado*. Huanuco - Peru: Chavez Rafael, A. A. (2019). Evaluación de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de granos Universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Choque, D. (2021). *Evolucion exportable del cafe*. Lima - Peru: Universidad de Lima.
- Cordoba, N., & Guerrero, J. (2016). *Caracterizacion de los procesos tradicionales de fermentacion de cafe*. Nariño - Colombia: Sector Agroecuario y Agroindustrial.
- Cronquist, A. (1993). *Un sistema de clasificación integrado para plantas con flores*. New York - Estados Unidos: Columbia University Press.

Delgado, A. (2021). *Efecto de la fermentación aeróbica y anaeróbica sobre la calidad organoléptica del café (coffea arabica) de las variedades catimor y marselleta*. Lambayeque - Peru: Universidad Señor de Sipan.

Delgado, P., & Jibaja, J. (2017). *Efecto del tiempo de fermentado, tipos de secado y dos tipos de riego en la calidad de café (Coffea arabica L.) Var. Catimor, en nivel altitudinal bajo, en el centro poblado las naranjas, provincia de Jaén*. Cajamarca - Peru: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Puerta Quintero, G. I., Marín Mejía, J., & Osorio Betancur, G. A. (2012). Microbiología de la fermentación del mucílago de café según su madurez y selección. *Revista Cenicafé*, 63(2), 58–78.

Dias, S. R., Bressani, A. P. P., Batista, N. N., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2024). Increasing the quality and complexity of pulped coffee fermentation with *Lactiplantibacillus plantarum* and selected yeasts. *European Food Research and Technology*, 251(2), Article 2. <https://doi.org/10.1007/s00217-024-04640-7>.

Muñoz, R., Rivas, B. L., Rodríguez, H., Esteban-Torres, M., Reverón, I., Santamaría, L., Landete, J. M., Plaza-Vinuesa, L., Sánchez-Arroyo, A., Jiménez, N., & Curiel, J. A. (2024). Food phenolics and *Lactiplantibacillus plantarum*. *International Journal of Food Microbiology*, 412, Article 110555. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2023.110555>.

Shen, X., Wang, Q., Zheng, T., Li, X., Zheng, J., Yin, Z., Liu, K., Zhang, J., & Yuan, W. (2024). La fermentación mejorada con *Lactiplantibacillus plantarum* mejoró el sabor del café al cambiar las comunidades microbianas y los compuestos orgánicos de *Coffea arabica*. *LWT*, 193, 117298. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.117298>.

Avallone, S., Guyot, B., Brillouet, J. M., Olguin P., E., & Guiraud, J. P. (2001). Microbiological and biochemical study of coffee fermentation. *Current Microbiology*, 42, 252–256.

- Cassimiro, D. M. de J., Batista, N. N., Fonseca, H. C., Oliveira Naves, J. A., Coelho, J. M., Bernardes, P. C., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2023). Wet fermentation of *Coffea canephora* by lactic acid bacteria and yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. *Food Microbiology*, 110, 104161. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104161>.
- Castro, E. C., & Garzón, N. V. V. (2019). Evaluación del Mucílago del Café (*Coffea Arábica* L. Caturra) Como Potencial Prebiótico en una Bebida de Arroz. Universidad de La Salle. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos/277/.
- Coronell Arteta, M. C., & Herrera Acosta, V. L. (2022). Caracterización de Bacterias Fermentadoras en el Mucílago de Café Arábica Obtenido en dos Fincas de la Serranía del Perijá, Cesar. (Trabajo de Grado). Universidad de Santander, Valledupar.
- Elhalis, H., Cox, J., & Zhao, J. (2020). Ecological diversity, evolution and metabolism of microbial communities in the wet fermentation of Australian coffee beans. *International Journal of Food Microbiology*, 321(108544), 108544. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168160520300386>.
- Henao, L. M., Castrillón, J., & Arias, M. (2001). Fermentación láctica del mucílago de café. *Ciencia y tecnología de alimentos*, 11(1), 58–65.
- Pagnoncelli M., G. B., Brand, D., Roussos, S., Perraud G., I., Augur, C., & Soccol, C. R. (2003). Isolation and identification of lactic acid bacteria from mature coffee cherries: Potential application in coffee husk ensiling. En *NEW horizons in biotechnology* (pp. 321–333). Kluwer academic.
- Puerta, G. (2012). Factores, procesos y controles en la fermentación del café (Sandra Marín, Vol. 422). www.cenicafe.org.

Diaz, P. (2014). *Efectos de la altitud sobre la calidad del café torrefactado (Coffea arabica L.*

Var. Colombia) producido en los municipio de Buesaco y la Union. Nariño - Colombia:

UNAD.

Federación Nacional de Cafeteros. (2021). *Cafes especiales.* Bogotá - Colombia: FNC.

Federación Nacional de Cafeteros. (2024). *Café variedad catimor.* Bogota - Colombia:

Federacion Nacional de cafetaleros de Colombia.

Figueroa, E., Pérez, F., & Godínez, L. (2012). *La producción y el consumo del café.* Toluca - Mexico: In Ecorfan.

Gómez, G. (2010). *Cultivo y beneficio del café.* Texcoco - México: Universidad Autónoma Chapingo.

Havryliuk, N. (2000). *Morfología del café.* Tennessee - Estados Unidos: Dreanstime.

Holdridge, L. (1967). *Sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge.* Ledyard - Estados Unidos: Ecología de zonas de vida.

Huaman, J. (2022). *Calidad física, microbiológica y sensorial del café pergamino (Coffea arábica L.) en tres prototipos de secadores en Selva Central.* Huancayo - Peru: Universidad Nacional del Centro del Peru.

Latorre, H. (2006). *Efecto de la altitud en las características organolepticas determinadas en taza de café especial.* La Paz - Bolivia: Universidad Mayor de San Andres.

Leon, J. (2000). *Botánica de cultivos tropicales.* San Jose - Costa Rica: Instituto Interamericano de cooperacion para la agricultura.

Márquez, J. (2020). *Evaluación de la calidad física y sensorial de cafés de las variedades Catimor y Typica en la región de Ciriaco.* Cusco - Peru: Revista Tayacaja.

Monroig, M. (2021). *Gloracio del café.* San Juan Puerto Rico: Honoren.

Norma Técnica Peruana. (2021). *Calidad física del grano de café.* Lima - Peru: INACAL.

Osorio, V. (2021). *La calidad del café.* Caldas - colombia: Cenicafe.

Prieto, Y. (2002). *Caracterizacion fisica de cafe semitostado*. Bogota - Colombia: Universidad de America.

Puerta. (1998). *La calidad de las variedades de café Coffea arabica L*. Nariño - Colombia: Cenicafe.

Puerta, G. (1999). *Influencia del proceso de beneficio en la calidad del cafe*. Chinchina - Colombia: Cenicafe.

Puerta, G. (2000). *Beneficie correctamente su café y conserve la calidad de la bebida*. Chinchina - Colombia: Cenicafe.

Quinde, G. (2020). *Fermentación en el café (Coffea arábica) de la variedad catimor adicionando piña (Ananas comosus) con fines sensoriales*. Piura - Peru: Universidad Nacional de Piura.

Rojas, L. (2017). *Evaluacion fisica y organoleptica de tres variedades de cafe (Coffea arabica. L) con cuatro tiempos de fermentacion, en tres pisos altitudinales de la zonal de Palma Real , Echarate, la Convencion* . Cusco - Peru: Universidad Nacional de San Antonio Abad de Cusco.

Santacreo, R. (2012). *Variedades y mejoramiento genético del café*. Tegucigalpa - Honduras: Manual de caficultura.

Silva, A. (2022). *La fermentacion en el cafe*. Veracruz - México: Tueste cafe.

Specialty Coffee Association. (2022). *La rueda de sabores y aromas del café*. San Juan - Puerto Rico: SCA.

Acta Agrosavia. (2022). *Evaluación sensorial y de compuestos volátiles aromáticos del café de tres orígenes con tostión media*. *Acta Agrosavia*, 25(3), 147–159.

<https://revistacta.agrosavia.co/index.php/revista/article/view/2846>

Cenicafé. (2021). *Revista Cenicafé*, 72(2) [Dossier técnico sobre calidad física y sensorial del café]. Centro Nacional de Investigaciones de Café.

<https://www.cenicafe.org/es/publications/Revista72%282%29Web.pdf>

Coffee Quality Institute. (2022). *Q Program Guidebook (v5)*. Coffee Quality Institute.
<https://database.coffeeinstitute.org/api/s3proxy/get/coffee/files/18fh3k7z40/QE%20Program%20Guidebook%20v5%2020220901.pdf>

Coffee Quality Institute. (2024). *Quality Evaluation (Q) Program Guidebook (v8)*. Coffee Quality Institute.
<https://database.coffeeinstitute.org/api/s3proxy/get/coffee/files/brlk8hc4hf/QE%20Program%20Guidebook%20v8%20202405.pdf>

International Coffee Organization. (2024). *Annual Review 2023/24*. International Coffee Organization. <https://www.ico.org/documents/cy2024-25/annual-review-2023-2024-e.pdf>

MIDAGRI. (2025, 24 de enero). *Exportaciones de café logran en 2024 alrededor de US\$ 1,100 millones en ventas a casi 60 mercados del mundo*. Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego del Perú. <https://www.gob.pe/institucion/midagri/noticias/1097090>

Perfect Daily Grind. (2023, 15 de agosto). *How have specialty coffee consumers changed in recent years?* Perfect Daily Grind. <https://perfectdailygrind.com/2023/08/how-have-specialty-coffee-consumers-changed-in-recent-years/>

Specialty Coffee Association. (2020). *Modified SCA Cupping Protocol (Release v1)*. Specialty Coffee Association. <https://sca.coffee/s/Modified-SCA-Cupping-Protocol-2020-Release-v1.pdf>

Specialty Coffee Association. (2024, 4 de noviembre). *The SCA officially adopts CVA descriptive and affective standards*. Specialty Coffee Association. <https://sca.coffee/sca-news/sca-new-cva-cupping-standards>

Specialty Coffee Association. (2024). *SCA Standard 102-2024: Coffee Value Assessment – Sample Preparation and Tasting Mechanics*. Specialty Coffee Association.
<https://sca.coffee/research/coffee-standards>

Specialty Coffee Association. (2025). *SCA Coffee Standards (SCA-102, SCA-103, SCA-104)*.

Specialty Coffee Association. <https://sca.coffee/research/coffee-standards>

Vaz, C. (2023). *Efecto de la fermentación en las características fisicoquímicas y la calidad sensorial del café Arábica*. berlin - Alemania: Biotech.

IX. ANEXOS

Anexo N° 1. Fotos

Fotografia N° 1. Materia prima



Fotografia N° 2. Medidor de humedad del café pergamo



Fotografia N° 3. Tostadora



Fotografia N° 4. Canasta de plástico



Fotografia N° 5. Balanza



Fotografia N° 6. Granulometría



Fotografia N° 7. Hervidora vasos y recipientes



Fotografia N° 8. Trilladora



Fotografia N° 9. Fermentación aeróbica y anaeróbica



Fotografia N° 10. Secado en tarimas



Fotografia N° 11. Preparación para almacenamiento



Fotografia N° 12. Trillado



Fotografia N° 13. Tostado



Fotografia N° 14. Preparación de muestras para catacion



Fotografia N° 15. Vasijas limpias sin costras



Fotografia N° 16. Evaluación sensorial



Fotografia N° 17. Calificación de los resultados



Fotografia N° 18. Visita de la coasesora



Fotografia N° 19. Foto con la coasesora



Anexo N° 2. Evaluaciones de calidad física

Nº	CODIGO	TRATAMIENTO	REPETICION	VARIETY AD	PROCESO	PESO MUESTRAL gr	% HUMEDAD	GRANULOMETRIA gr			PILADO/PILADO	PESO CASCAFRILLA	% CASCARILLA	PESO gr DEFECT	% DEFECTOS	PESO EXPORTACION	% RENDIMIENTO
								MALLA 0	MALLA 14	MALLA 15 - 20							
18	1	T4	1	CATIMOR	ANAEROBICO	400	11.3	0	3.9	330.3	334.2	65.8	16.45	3.3	0.83	327.8	81.95
17	2	T5	1	BOURBON	AEROBICO	400	10.8	0	7.1	330.4	337.5	62.5	15.63	8.7	2.18	321.8	80.45
16	3	T4	3	CATIMOR	ANAEROBICO	400	11.3	0	5.2	329.1	334.3	65.7	16.43	2.1	0.53	327.6	81.90
15	4	T2	2	TYPICA	ANAEROBICO	400	10.6	0	4.4	336	340.4	59.6	14.90	0.9	0.23	335.4	83.85
14	5	T1	3	TYPICA	AEROBICO	400	10.7	0	6	333	339	61	15.25	2.5	0.63	331.2	82.80
13	6	T4	2	CATIMOR	ANAEROBICO	400	11.2	0	4.6	329.4	334	66	16.50	5.2	1.30	324.6	81.15
12	7	T5	3	BOURBON	AEROBICO	400	10.8	0	8.8	329.5	338.3	61.7	15.43	7.6	1.90	323.1	80.78
11	8	T5	2	BOURBON	AEROBICO	400	10.8	0	9.5	328.5	338	62	15.50	12	3.00	318	79.50
10	9	T3	2	CATIMOR	AEROBICO	400	10.8	0	5.6	328.9	334.5	65.5	16.38	4.6	1.15	325	81.25
9	10	T3	1	CATIMOR	AEROBICO	400	10.8	0	5.1	329.3	334.4	65.6	16.40	2.1	0.53	328	82.00
8	11	T1	2	TYPICA	AEROBICO	400	10.7	0.4	5.1	333.8	339.3	60.7	15.18	3.2	0.80	330.9	82.73
7	12	T3	3	CATIMOR	AEROBICO	400	10.7	0	5.6	327.3	332.9	67.1	16.78	15	3.75	326.6	81.65
6	13	T6	2	BOURBON	ANAEROBICO	400	10.9	0	9.9	327.6	337.5	62.5	15.63	20	5.00	309.7	77.43
5	14	T1	1	TYPICA	AEROBICO	400	10.4	0	4.8	334.2	339	61	15.25	4.3	1.08	331	82.75
4	15	T2	3	TYPICA	ANAEROBICO	400	10.8	0	2.6	338.2	340.8	59.2	14.80	1.2	0.30	337.4	84.35
3	16	T6	1	BOURBON	ANAEROBICO	400	10.8	0.3	10.7	326.8	337.8	62.2	15.55	17.6	4.40	312.7	78.18
2	17	T2	1	TYPICA	ANAEROBICO	400	10.8	0	3.6	337.1	340.7	59.3	14.83	0.4	0.10	337	84.25
1	18	T6	3	BOURBON	ANAEROBICO	400	10.8	0	7	331.3	338.3	61.7	15.43	17.3	4.33	316.3	79.08

Anexo N° 3. Resumen de puntuaciones de atributos sensoriales por catador

Tabla 29.

Puntuaciones originales de atributos sensoriales (Catador 01).

Janet Marcia Quinto Caysahuna												
Tratamiento	Fragancia/Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Tasa Limpia	Dulzor	Puntaje Catador	Catacion	
T1	7.00	7.50	7.00	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	81.50	
T1	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	10.00	7.00	10.00	10.00	7.00	80.00	
T1	7.50	7.25	7.25	7.50	7.50	10.00	7.75	10.00	10.00	7.50	82.25	
Promedio	7.17	7.25	7.08	7.50	7.50	10.00	7.42	10.00	10.00	7.33	81.25	
T2	7.50	7.50	7.25	7.50	8.00	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.75	
T2	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.25	82.25	
T2	7.50	7.75	7.50	7.75	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	83.00	
Promedio	7.50	7.58	7.42	7.58	7.67	10.00	7.50	10.00	10.00	7.42	82.67	
T3	7.75	7.75	7.75	7.75	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.50	
T3	8.00	7.75	7.50	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	8.00	85.00	
T3	7.75	7.75	7.50	7.75	7.75	10.00	7.50	10.00	10.00	7.75	83.75	
Promedio	7.83	7.75	7.58	7.83	7.92	10.00	7.67	10.00	10.00	7.83	84.42	
T4	7.50	7.75	7.50	8.00	8.00	10.00	7.50	10.00	10.00	7.75	84.00	
T4	7.75	7.50	7.50	8.00	7.75	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.00	
T4	7.75	7.75	7.50	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.50	
Promedio	7.67	7.67	7.50	8.00	7.92	10.00	7.67	10.00	10.00	7.75	84.17	
T5	7.50	7.75	7.00	7.50	7.50	10.00	7.25	10.00	10.00	7.25	81.75	
T5	7.75	7.50	7.50	8.00	7.75	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.00	
T5	7.75	7.75	7.50	7.75	8.00	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	83.75	
Promedio	7.67	7.67	7.33	7.75	7.75	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	83.17	
T6	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	10.00	7.00	10.00	10.00	7.00	81.50	
T6	7.50	7.50	7.25	7.50	8.00	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.75	
T6	7.50	7.25	7.25	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.00	
Promedio	7.50	7.42	7.33	7.50	7.67	10.00	7.33	10.00	10.00	7.33	82.08	

Tabla 30.

Puntuaciones originales de atributos sensoriales (Catador 2).

Rosi Mariel Layme Huaman											
Tratamiento	Fragancia/Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Tasa Limpia	Dulzor	Puntaje Catador	Catacion
T1	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	10.00	7.00	10.00	10.00	7.00	80.00
T1	7.50	7.25	7.00	7.00	7.00	10.00	7.00	10.00	10.00	7.00	79.75
T1	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	81.00
Promedio	7.17	7.08	7.00	7.33	7.33	10.00	7.17	10.00	10.00	7.17	80.25
T2	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	10.00	7.25	10.00	10.00	7.00	80.25
T2	7.75	7.75	7.50	7.75	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.75	83.50
T2	7.50	7.50	7.25	7.50	8.00	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.75
Promedio	7.42	7.42	7.25	7.58	7.67	10.00	7.42	10.00	10.00	7.42	82.17
T3	8.00	7.75	7.50	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	8.00	85.00
T3	8.50	7.75	8.00	8.00	8.00	10.00	7.50	10.00	10.00	8.00	85.75
T3	7.75	7.50	7.50	8.00	7.75	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00	84.50
Promedio	8.08	7.67	7.67	8.00	7.92	10.00	7.75	10.00	10.00	8.00	85.08
T4	7.75	7.50	7.50	8.00	7.75	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.00
T4	8.00	7.75	7.50	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.75
T4	7.75	8.00	7.75	7.50	8.00	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00	85.00
Promedio	7.83	7.75	7.58	7.83	7.92	10.00	7.83	10.00	10.00	7.83	84.58
T5	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	10.00	7.00	10.00	10.00	7.00	80.00
T5	7.50	7.50	7.50	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.50
T5	7.25	7.50	7.50	7.75	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.50
Promedio	7.25	7.33	7.33	7.58	7.50	10.00	7.33	10.00	10.00	7.33	81.67
T6	7.25	7.50	7.50	7.50	7.50	10.00	7.25	10.00	10.00	7.50	82.00
T6	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	10.00	7.00	10.00	10.00	7.50	80.50
T6	7.75	7.25	7.25	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.25
Promedio	7.33	7.25	7.25	7.50	7.50	10.00	7.25	10.00	10.00	7.50	81.58

Tabla 31.

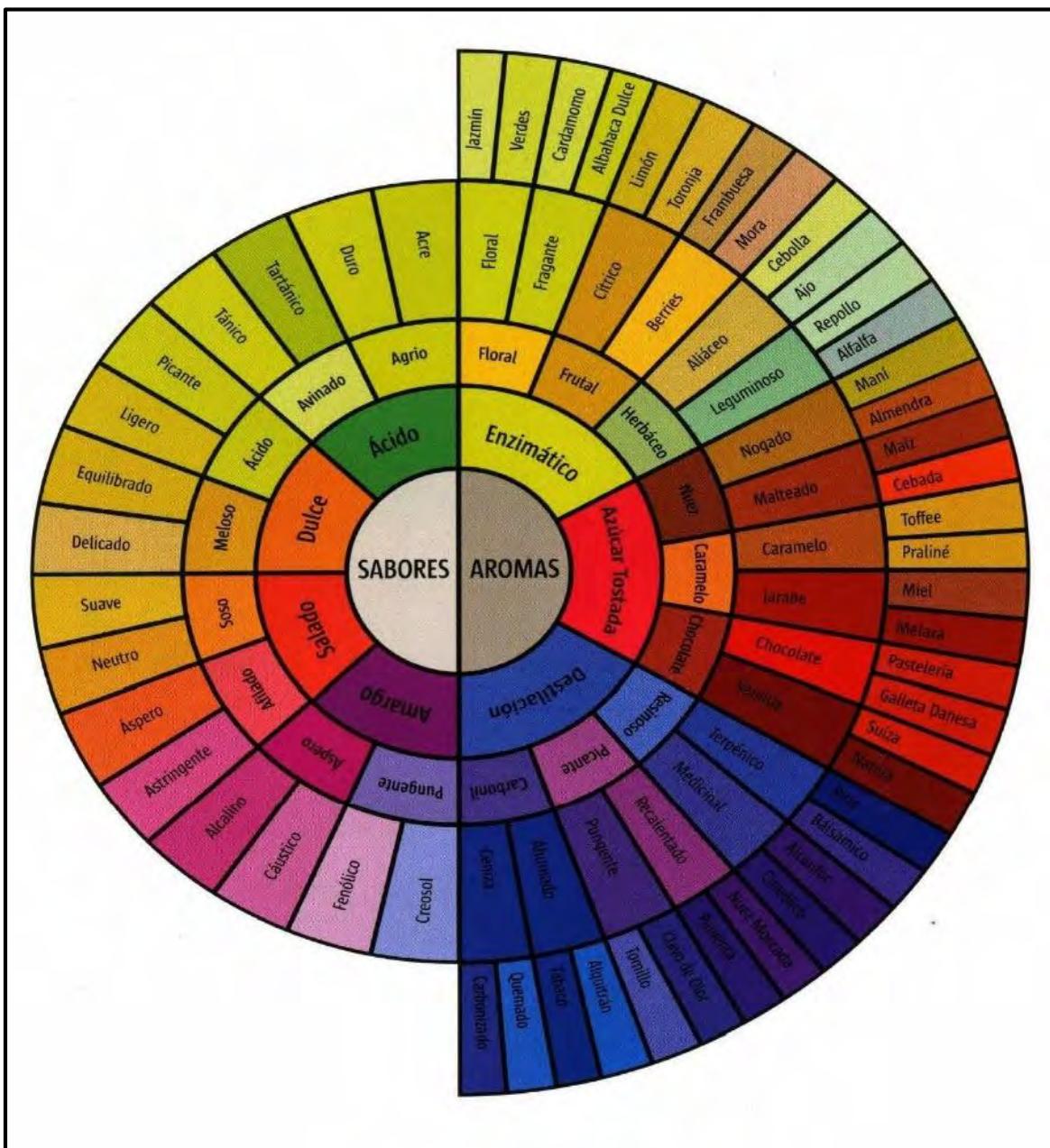
Puntuaciones originales de atributos sensoriales (Catador 3).

Sandra Raquel Huaman Lucana												
Tratamiento	Fragancia/Aroma	Sabor	Sabor Residual	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Balance	Tasa Limpia	Dulzor	Puntaje Catador	Catacion	
T1	7.25	7.50	7.50	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.25	82.00	
T1	7.00	7.50	7.50	7.50	7.00	10.00	7.00	10.00	10.00	7.00	80.50	
T1	7.00	7.50	7.00	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	81.50	
PROMEDIO	7.08	7.50	7.33	7.50	7.33	10.00	7.33	10.00	10.00	7.25	81.33	
T2	7.00	7.25	7.25	7.50	7.25	10.00	7.25	10.00	10.00	7.00	80.50	
T2	7.50	7.50	7.50	7.75	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.75	
T2	7.50	7.75	7.50	7.75	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	83.00	
PROMEDIO	7.33	7.50	7.42	7.67	7.42	10.00	7.42	10.00	10.00	7.33	82.08	
T3	7.75	7.75	7.75	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.75	
T3	7.75	8.00	7.50	7.75	8.00	10.00	8.00	10.00	10.00	8.00	85.00	
T3	8.00	7.75	7.50	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.75	
PROMEDIO	7.83	7.83	7.58	7.92	8.00	10.00	7.83	10.00	10.00	7.83	84.83	
T4	7.75	7.50	7.50	8.00	7.75	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.00	
T4	7.75	7.50	7.50	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	7.50	84.00	
T4	7.75	7.75	7.50	8.00	8.00	10.00	7.75	10.00	10.00	8.00	84.75	
PROMEDIO	7.75	7.58	7.50	8.00	7.92	10.00	7.75	10.00	10.00	7.75	84.25	
T5	7.50	7.25	7.25	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.00	
T5	7.75	7.75	7.50	7.75	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	83.25	
T5	7.50	7.50	7.25	7.50	8.00	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.75	
PROMEDIO	7.58	7.50	7.33	7.58	7.67	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	82.67	
T6	7.00	7.00	7.00	7.50	7.50	10.00	7.50	10.00	10.00	7.50	81.00	
T6	7.75	7.50	7.75	7.75	7.75	10.00	7.50	10.00	10.00	7.75	83.75	
T6	7.50	7.50	7.00	7.50	7.50	10.00	7.25	10.00	10.00	7.25	81.50	
PROMEDIO	7.42	7.33	7.25	7.58	7.58	10.00	7.42	10.00	10.00	7.50	82.08	

Anexo N° 3. Evaluaciones de calidad sensorial descriptiva.

CUADRO DE PUNTAJES DE CATAACION							
SESION	CODIGO MUESTRA	ROSI MARIEL	JANETH	SANDRA	PROMEDIO	TAZA FINAL	NOTAS
1	1	84	84.00	84.00	252.00	84.00	dulce, chocolate, caramelo, acidez melosa, cuerpo medio suave, en frio mejora
1	2	81.00	81.75	82.00	244.75	81.58	chocolate, nueces, fondo de cereales, acidez cítrica, cuerpo medio suave
1	3	84.75	84	84	252.75	84.25	panela, dulce, chocolate, caña, acidez melosa, cuerpo medio terso, naranjas, redondo
1	4	80.25	82.75	80.50	243.50	81.17	cereales, maíz, acidez cítrica, cuerpo medio suave, posgusto amargo y seco
1	5	80.00	81.50	82.00	243.50	81.17	dulce ligero, cereales, maíz, chocolate, acidez cítrica cuerpo medio suave, final amargo y seco
1	6	85.00	84.5	84.75	254.25	84.75	dulce, frutas, panela, algarroquina, acidez melosa, cuerpo terso, caramelo, redondo
1	7	83.5	84.00	83.25	250.75	83.58	dulce, chocolate, naranjas, acidez cítrica, cuerpo medio suave, inconsistente
1	8	82.50	83.50	82.75	248.75	82.92	nueces, chocolate, acidez cítrica, cuerpo medio suave, final áspero y seco
1	9	85.00	84.5	84.75	254.25	84.75	dulce, chocolate, naranjas, acidez melosa, cuerpo medio terso, final limpio
2	10	85.75	85.00	85.00	255.75	85.25	chocolate, frutas, acidez crítica, cuerpo medio terso, caramelo, final limpio
2	11	79.75	80.00	80.00	239.75	79.92	cereales, maíz, acidez crítica ligera, cuerpo medio suave, plano inconsistente
2	12	84.50	83.75	84.75	253.00	84.33	chocolate, caramelo, chancaca, panela, redondo, caña, acidez melosa, cuerpo medio terso, limpio
2	13	80.75	81.25	81.00	243.00	81.00	Maíz, cereales, acidez crítica, cuerpo medio suave, final áspero y seco
2	14	81.00	82.00	81.50	244.50	81.50	Nueces, cereales, acidez crítica, cuerpo sedoso, fondo de nueces, final corto
2	15	83.25	82.25	82.75	248.25	82.75	chocolate, cereales, acidez crítica jugoso, sedoso, fondo cereal
2	16	80.5	82.75	83.75	247.00	82.33	Chocolate, dulce, acidez de naranjas, cuerpo medio, final áspero
2	17	82.75	83.00	83.00	248.75	82.92	chocolate dulce, nueces, acidez crítica, medio suave, herbal, final limpio
2	18	82.25	82	81.5	245.75	81.92	Cereales, dulce, acidez crítica, cuerpo terso, fondo de maíz, final aspar y seco

Anexo N° 4. Reglamento SCAA para análisis sensorial de café



Fuente: Specialty Coffee Association (2022)

Anexo N° 5. Ficha de evaluación sensorial



Formato de Catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales

Nombre: _____

Fecha: _____ **Mesa:** _____ **Sesión:** _____

<u>Clasificación:</u>	6.00 - Bueno	7.00 - Muy bueno	8.00 - Excelente	9.00 - Extraordinario
6.25	7.25	8.25	9.25	
6.50	7.50	8.50	9.50	
6.75	7.75	8.75	9.75	



COFFEE QUALITY INSTITUTE®

Q Arabica Grader

ROSI MARIEL LAYME HUAMAN

The Coffee Quality Institute confers the honor and professional distinction of licensed CQI Q Arabica Grader to the holder of this certificate for having successfully passed all the Q Arabica Grader exams and requirements. CQI extends all of the privileges of this certificate for 36 months, as described in the Q Grader Rules and Regulations. In this honor, the holder agrees to uphold the Q Grader Code of Ethics established by the Q Coffee System.

Tina Yerkes, PhD
Chief Executive Officer



Improving Quality.
Changing Lives.

Instructor: Jorge Luis Martinez Marin | Location: NARSA INNOVA

Valid from May 30th, 2022 to May 30th, 2025



COFFEE QUALITY INSTITUTE®

Q Arabica Grader

Janeth Marcia Quinto Caysahuana

The Coffee Quality Institute confers the honor and professional distinction of licensed CQI Q Arabica Grader to the holder of this certificate for having successfully passed all the Q Arabica Grader exams and requirements. CQI extends all of the privileges of this certificate for 36 months, as described in the Q Grader Rules and Regulations. In this honor, the holder agrees to uphold the Q Grader Code of Ethics established by the Q Coffee System.

Michael Sheridan
Chief Executive Officer



Improving Quality.
Changing Lives.

Instructor: Jorge Luis Martinez Marin | Location: NARSA INNOVA

Valid from June 6th, 2024 to June 6th, 2027



COFFEE QUALITY INSTITUTE[®]

Q Arabica Grader

SANDRA RAQUEL HUAMAN LUCANA

The Coffee Quality Institute confers the honor and professional distinction of licensed CQI Q Arabica Grader to the holder of this certificate for having successfully passed all the Q Arabica Grader exams and requirements. CQI extends all of the privileges of this certificate for 36 months, as described in the Q Grader Rules and Regulations. In this honor, the holder agrees to uphold the Q Grader Code of Ethics established by the Q Coffee System.

R. DELRUE
Roukjat Delrue
Q Director



David Roche
Executive Director

Presented this 16th day of March, 2019
Instructor | Rolando Canas
Location | Narsa Innova