

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**



TESIS DE GRADO

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DE TRES
VARIEDADES DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN CANTÓN SAN
PABLO PROVINCIA CARANAVI**

Por:

Sulma Romero Sillo

EL ALTO – BOLIVIA

Mayo, 2025

**UNIVERSIDAD PÚBLICA DE EL ALTO
ÁREA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS, PECUARIAS
Y RECURSOS NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD FÍSICA Y SENSORIAL DE TRES VARIEDADES DE
CAFÉ (*Coffea arabica* L.) EN CANTÓN SAN PABLO PROVINCIA CARANAVI**

*Tesis de Grado presentado
como requisito para optar el Título de
Ingeniera Agrónoma*

Sulma Romero Sillo

Asesores:

M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez

Lic. Ing. Windson July Martinez

Lic. Ing. Reinaldo Mendoza Segovia

Tribunal Revisor:

M. Sc. Lic. Ing. Alfredo Ronald Veizaga Medina

Lic. Ing. Irineo Villalobos Apaza

Lic. Ing. Diego Orlando Lopez Portugal

Aprobada

Presidente Tribunal Examinador



DEDICATORIA:

A Dios por brindarme la vida, la fuerza y conocimientos para conseguir mis objetivos y concluir con mi formación profesional

A mis queridos padres Dionicio Romero y Lorenza Sillo que han sido mi mayor ejemplo de esfuerzo y que me han dado el apoyo incondicional durante toda la vida y que me han enseñado a ser la persona que soy ahora.

AGRADECIMIENTOS

Primero a Dios por ser el gran dador de vida, y que a lo largo de esta ha guiado mis pasos y he podido ir cumpliendo mis metas y conociendo grandes personas en el proceso de mi formación.

Al personal docente de la Carrera de Ingeniería Agronomía de la Universidad Pública de El Alto por su importante tarea de formar profesionales en el campo de la agronomía.

A mis asesores, M. Sc. Lic. Ing. Ramiro Raúl Ochoa Torrez, Lic. Ing. Windson July Martinez y Lic. Ing. Reinaldo Mendoza Segovia, por sus acertadas sugerencias, guía constante en la formulación, desarrollo y conclusión de la presente tesis de grado.

A mis tribunales revisores, conformados por los siguientes notables profesionales: M. Sc. Lic. Ing. Alfredo Ronald Veizaga Medina, Lic. Ing. Irineo Villalobos Apaza y Lic. Ing. Diego Orlando Lopez Portugal, por las observaciones y sugerencias en el desarrollo de esta investigación.

A toda mi familia que siempre han estado a mi lado en los momentos más difíciles dándome palabras de aliento he impulsándome a seguir a delante.

A mis queridos amigos y compañeros de carrera que con mucho cariño y aprecio he llegado a conocer a lo largo de esta carrera en la universidad y con las cuales he formado una gran amistad, todos forman parte de esta meta cumplida.

CONTENIDO

ÍNDICE DE TEMAS.....	i
ÍNDICE DE CUADROS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
ABREVIATURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x

ÍNDICE DE TEMAS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Justificación	3
1.4. Objetivos.....	4
1.4.1. Objetivo general.....	4
1.4.2. Objetivos específicos	4
1.5. Hipótesis.....	4
2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1. Origen y distribución del café.....	5
2.2. Importancia del cultivo del café.....	5
2.3. Principales países productores de café en el mundo	6
2.4. Generalidades del cultivo.....	7
2.4.1. Clasificación taxonomía	7
2.4.2. Descripción botánica.....	7
2.4.3. Requerimientos agroecológicos	9

2.4.3.1.	Precipitación.....	9
2.4.3.2.	Temperatura.....	9
2.4.3.3.	Altitud.....	9
2.4.3.4.	Viento.....	10
2.4.3.5.	Humedad relativa.....	10
2.5.	Especie Typica (<i>Coffea arabica</i> L.).....	10
2.5.1.	Variedades de café.....	11
2.5.1.1.	Variedad Catuaí.....	11
2.5.1.2.	Variedad Coipisa.....	11
2.6.	Productos Derivados del Café.....	12
2.7.	Beneficio y procesamiento del café.....	13
2.7.1.	Beneficio en Seco.....	13
2.7.2.	Beneficio en Húmedo.....	13
2.8.	Cosecha del café.....	14
2.9.	Evaluación de la calidad de café.....	15
2.9.1.	Análisis físico del grano del café.....	15
2.9.1.1.	Se identifican los siguientes defectos:.....	15
2.9.2.	Evaluación sensorial del café.....	16
2.9.2.1.	Las características organolépticas del café.....	16
2.10.	Breve reseña histórica de la catación del café.....	18
2.10.1.	Catación.....	19
2.10.2.	Catador.....	19
2.10.2.1.	Funciones del Catador.....	19
2.10.2.2.	Autonomía de los catadores.....	20
2.11.	Metodología de la Catación.....	20
2.11.1.	Los protocolos de tueste de SCAA.....	20

2.12.	Puntaje del Catador	21
3.	MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1.	Localización	22
3.1.1.	Ubicación Geográfica	22
3.2.	Características ecológicas	22
3.2.1.	Suelo.....	22
3.2.2.	Flora.....	23
3.3.	Materiales	23
3.3.1.	Material Biológico.....	23
3.3.2.	Materia de laboratorio	23
3.3.3.	Material de campo.....	24
3.3.4.	De gabinete.....	24
3.4.	Metodología	25
3.4.1.	Desarrollo del ensayo.....	25
3.4.1.1.	Ubicación de parcela experimental del cultivo de café.....	25
3.4.1.2.	Evaluación física de las plantas de café	25
3.4.1.3.	Control y evaluación de la calidad del café oro verde	26
3.4.1.4.	Evaluación organoléptica sensorial	27
3.4.2.	Diseño experimental	28
3.4.2.1.	Diseño para la evaluación física del cultivo	28
3.4.3.	Factor de estudio	28
3.4.4.	Variables de Respuesta	28
3.4.4.1.	Características físicas del cultivo.....	28
3.4.4.2.	Diseño experimental evaluación física y sensorial del grano de café....	30
3.4.4.3.	Evaluación la calidad sensorial del cafe	31
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32

4.1.	Características físicas de la planta del café	32
4.1.1.	Altura planta.....	32
4.1.2.	Diámetro medio del tallo.....	33
4.1.3.	Peso del fruto guinda del café	34
4.1.4.	Diámetro del fruto de café	36
4.1.5.	Longitud del fruto de café.....	38
4.2.	Evaluación física de la calidad del grano café pergamino	39
4.2.1.	Evaluación del color, olor y aspecto del grano del café	39
4.2.2.	Humedad del grano de café en las tres variedades.....	40
4.2.3.	Densidad del grano del café.....	41
4.2.4.	Actividad del agua en el grano del café	42
4.3.	Clasificación del grano de oro verde del café.....	42
4.4.	Análisis sensorial de las tres variedades de café	44
5.	CONCLUSIONES.....	50
6.	RECOMENDACIONES.....	52
7.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	53
8.	ANEXOS	59

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales países productores de café en el mundo 2024.....	6
Cuadro 2. Requerimientos climáticos del cultivo de café	9
Cuadro 3. Escala de Calificación análisis sensorial de los cafés de especialidad según la SCAA	21
Cuadro 4. Parámetros de evaluación sensorial del café se la SCAA	27
Cuadro 5. Escala de calidad en la evaluación sensorial en todos los atributos.....	31
Cuadro 6. Análisis de varianza para la altura planta del café.....	32
Cuadro 7. Análisis de varianza en el diámetro tallo de la planta	33
Cuadro 8. Análisis de varianza para el peso del fruto	35
Cuadro 9. Análisis de varianza en el diámetro del fruto de café.....	36
Cuadro 10. Análisis de varianza en la longitud del fruto.....	38
Cuadro 11. Evaluación de la calidad del grano del café durante el tiempo de almacenamiento de un mes.	39
Cuadro 12. Clasificación del grano por tamaño y defectos en 500g.....	42
Cuadro 13. Análisis sensorial del café grano de oro	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Características planta madre de café variedad Coipsa (Mendoza y Romero 2024)	12
Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio	22
Figura 3. Parcela experimenta con cultivo de café	25
Figura 4. Seleccionadora de café grano de oro.....	26
Figura 5. Toma de datos de la altura planta del café.....	29
Figura 6. Medida del diámetro tallo de la planta	29
Figura 6. Selección al azar de café guinga para el peso, longitud y diámetro del fruto	30
Fuente: Elaboración propia en base a normas SCAA.....	30
Figura 7. Prueba Duncan altura planta del café	32
Figura 8. Comparación de medias Duncan, diámetro tallo en plantas de café	34
Figura 9. Prueba Duncan en el peso del fruto por variedades.....	35
Figura 10. Prueba de medias Duncan en el diámetro del fruto de café	37
Figura 11. Comparación de medias Duncan en la longitud del fruto.....	38
Figura 12. Porcentaje de humedad en el grano del café	40
Figura 13. Densidad del grano de café grano de oro verde.....	41
Figura 14. Porcentaje de clasificación del grano de café en el trillado.....	43
Figura 15. Evaluación sensorial variedad Criollo.....	45
Figura 16. Evaluación sensorial variedad Coipsa.....	46
Figura 17. Evaluación sensorial variedad Catuai.....	46
Figura 18. Puntuación final del análisis sensorial en las tres variedades.....	48
Figura 19. Plantas de variedad Coipsa y Catuai de café	63
Figura 20. Medida del diámetro y longitud del fruto	63
Figura 21. Peso y medida del café pergamino	64
Figura 22. Tamizaje del café por tamaño	64

Figura 23.	Selección de la calidad física del café pergamino	65
Figura 24.	Catación de los cafés en las tres variedades	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Resultado del Análisis sensorial Variedad Coipsa.....	60
Anexo 2.	Resultado del Análisis sensorial Variedad Catuai.....	61
Anexo 3.	Resultado del Análisis sensorial Variedad Criolla.....	62
Anexo 4.	Proceso de la evaluación física de la planta de café en las tres variedades..	63
Anexo 5.	Evaluación de la calidad física del grano de café	64
Anexo 6.	Evaluación sensorial de la calidad del café	65
Anexo 7.	Registro de datos altura planta.....	66
Anexo 8.	Registro de datos diámetro tallo.....	66
Anexo 9.	Registro de datos peso del fruto.....	67

ABREVIATURAS

SCAA	Asociación de Cafés Especiales de América
cm	Centímetro
DEP	Diagnóstico de estructura productiva
coipsa	Café de Origen Isaac Pablo Salvador
IBCE	Instituto boliviano de comercio exterior
PTDI	Plan Territorial de Desarrollo Integral
DCA	Diseño completamente al azar
km	Kilómetro
msnm	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetro

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el lote del señor Isaac Quispe en la Comunidad San Pablo Municipio de Caranavi ubicada a 1200 msnm, el área del cultivo de café fue de una hectárea y se tuvo como objetivo principal evaluar las características físicas de la planta (altura planta, diámetro tallo, longitud, diámetro y peso del fruto) en las variedades Coipsa, Catuai y Criolla, donde se planteó un diseño estadístico completamente al azar, para la evaluación física y sensorial del grano se establecieron variables que se analizó durante la investigación, de acuerdo a las normas del SCAA la Asociación de Cafés Especiales de América

En la evaluación física de la planta de café se evaluó tres variedades cada uno con tres repeticiones de 40 m² y 10 plantas evaluadas por cada repetición, las variables evaluadas fueron: altura planta teniendo como resultados a la variedad Criolla con el mayor desarrollo en altura de 2.7 m en comparación a la variedad Coipsa con 2.1 m y Catuai de 2 m, siendo inferiores y no mostrando diferencia entre los dos. Para el diámetro tallo la variedad Coipsa desarrollo un tallo medio de 22.8 mm, la variedad Criolla con 18.4 mm y por último la variedad Catuai con 17 mm y para la variable peso, diámetro y longitud del fruto el mejor desarrollo y peso tuvo la variedad Coipsa con un peso de 3.4g, diámetro 10.3 mm y longitud de 10.5 mm, siendo superior en comparación a la variedad Criolla y Catuai

En la evaluación física y sensorial en las tres variedades se tuvieron tres repeticiones, para cada uno se utilizó 500 gramos de café pergamino, tomando como variables físicas la humedad, granos defectuosos, cascarilla y granos de exportación, donde la variedad Coipsa obtuvo el mayor porcentaje de grano de exportación con el 77% seguido de Catuai con 75.78% y la variedad Criolla con 75%. En el análisis de la calidad del café en taza realizada mediante la evaluación sensorial los resultados obtenidos en laboratorio indican que la evaluación en los atributos en las tres variedades como ser fragancia/Aroma, sabor, resabio, acidez, cuerpo, dulzura y balance mostraron una calificación en la escala de calidad de 7.75 puntos que es muy bueno a 10 puntos que es extraordinario obteniendo un puntaje total o calificación final para la variedad Criolla con 85.5, variedad Coipsa 85.25 y la variedad Catuai con 85, siendo las tres variedades con puntaje en el rango de café de excelencia o especial.

ABSTRACT

The present research work was carried out on the lot of Mr. Isaac Quispe in the San Pablo Community, Municipality of Caranavi, located at 1200 msnm. The coffee cultivation area was one hectare and the main objective was to evaluate the physical characteristics of the plant. (plant height, stem diameter, length, diameter and weight of the fruit) in the Coipsa, Catuai and Criolla varieties, where a completely random statistical design was proposed, for the physical and sensory evaluation of the grain, variables were established that were analyzed during the research, according to the standards of the SCAA, the Specialty Coffee Association of America.

In the physical evaluation of the coffee plant, three varieties were evaluated, each with three repetitions of 40 m² and 10 plants evaluated for each repetition. The variables evaluated were: plant height, resulting in the Criolla variety with the greatest development in height. 2.7 m compared to the Coipsa variety with 2.1 m and Catuai with 1.97 m, being lower and showing no difference between the two. For the stem diameter, the Coipsa variety developed an average stem of 22.8 mm, the Criolla variety with 18.4 mm and finally the Catuai variety with 17 mm and for the variable weight, diameter and length of the fruit, the best development and weight had the Coipsa variety with a weight of 3.37 g, diameter 10.3 mm and length of 10.5 mm, being superior compared to the Criolla and Catuai variety.

In the physical and sensory evaluation in the three varieties there were three repetitions, for each one 500 grams of parchment coffee were used, taking as physical variables humidity, defective beans, husk and export beans, where the Coipsa variety obtained the highest percentage. of export grain with 77 % followed by Catuai with 75.78 % and the Criolla variety with 75 %. In the analysis of the quality of the coffee in a cup carried out through sensory evaluation, the results obtained in the laboratory indicate that the evaluation of the attributes in the three varieties such as fragrance/aroma, flavor, aftertaste, acidity, body, sweetness and balance showed a rating on the quality scale from 7.75 points, which is very good, to 10 points, which is extraordinary, obtaining a total score or final rating for the Criolla variety with 85.5, the Coipsa variety 85.25 and the variety Catuai with 85, the three varieties scoring in the range of excellent or special coffee.

1. INTRODUCCIÓN

En Bolivia el cultivo de café se remonta al año 1780 y fue introducido por los esclavos de la realeza africana que huían del Brasil y se establecieron en Coroico, capital de la provincia Nor Yungas, los ilustres africanos trajeron consigo algunas semillas de café. A mediados de los años 1950 la producción de café en Bolivia adquiere importancia y se constituye como producción rentable y utilizado hasta la revolución de 1952 solo como cultivo de lindero para demarcar límites de propiedad rural, es a partir de este año que con el cultivo rentable de producción que es destinada al consumo interno y un pequeño excedente que comienza a exportarse (Chambi, 2021).

El cultivo de café representa una de las actividades agrícolas más sobresaliente en la región de Bolivia con unos 1600 productores a nivel nacional y una superficie aproximada de 6000 hectáreas que son producidas en 5 departamento, siendo La Paz el que concentra el 95% del cultivo total con una producción anual de 23.452 toneladas, en el departamento de La Paz la producción de café se concentra en las provincias de Caranavi, Nor y Sud Yungas y es reconocido internacionalmente por su café de alta calidad en aroma y sabor (IBCE, 2022).

Los yungas de La Paz cuenta con características agroecológicas muy favorables (altitud, clima y suelo) y factores humanos que permiten la máxima expresión de las cualidades intrínsecas del café, generando los elementos necesarios para continuar con su posicionamiento en el mercado de calidad superior. Dicha calidad depende de numerosos factores, entre los cuales se destacan la calidad física como: la especie, la variedad cultivada, las condiciones ambientales, las prácticas agronómicas del cultivo, el método de beneficio empleado, las condiciones de almacenamiento del grano, el procesamiento industrial y la preparación de la bebida (INIAP, 2023).

1.1. Antecedentes

Huanca (2007), hace referencia que el aroma el cuerpo y la acidez son características muy dominantes en la calidad de bebida, porque si una de estas características sensoriales no es buena, dañaría la calidad de café bajando el puntaje que da cuando se realiza las evaluaciones organolépticas.

Sepúlveda *et al.* (2013), hacen referencia a las condiciones agroecológicas de la zona donde se ubica el cultivo de café, unida a las variedades cultivadas y al sistema de beneficio utilizado, permiten obtener cafés de alta calidad para atender el nicho de mercado de cafés especiales y certificados en los mercados nacionales e internacionales, por otro lado Lara y Vaast (2018), menciona que la altitud puede estar influenciando significativamente la composición bioquímica, la calidad física y organoléptica de la taza de café.

Según Puerta (2010), El proceso de beneficio también es uno de los factores determinantes en la obtención de la calidad del grano, ya que un mal manejo o fallas en el proceso pueden originar hasta el 80% de los problemas de calidad. Así mismo, un buen beneficio influye favorablemente en la obtención de un café suave, determinando la calidad de la bebida. El mismo autor menciona que los mejores atributos sensoriales de la bebida se obtienen de frutos maduros, mientras que los verdes y pintones pueden deteriorar la calidad debido a múltiples defectos como la astringencia, sabores a cereal y acre. De igual manera, los frutos secos originan defectos que van desde el fermento, mohos, sabores y olores extraños. Lo anterior, indica la importancia que tiene la recolección oportuna para obtener una buena calidad física y sensorial del café.

Rodríguez *et al.* (2020), evaluaron la calidad del café variedad "Coipsa" en una región cafetalera cercana a San Pablo. Los resultados mostraron que esta variedad exhibía una acidez equilibrada, un aroma agradable y una buena retención de sabores. Sin embargo, el estudio se limitó a una ubicación geográfica específica y no se comparó con otras variedades o se analizó la relación entre las características sensoriales y los atributos químicos del café.

En un estudio realizado por Gómez *et al.* (2022), se investigaron la calidad del café "Catuai" en diferentes regiones productoras de café. Los resultados revelaron que esta variedad exhibía una acidez pronunciada y sabores cítricos, lo que la convertía en unas

opciones atractivas para los amantes del café con perfiles de sabor vibrantes. Sin embargo, nuevamente, la evaluación específica de esta variedad en San Pablo, provincia de Caranavi, es escasa.

1.2. Planteamiento del problema

Una de las principales dificultades o problemáticas del sector es el desconocimiento de la calidad sensorial de las tres variedades; Coipsa, Catuai y Criolla de café producida en la zona para ver sus cualidades organolépticas y así poder competir en mercados internacionales y generar mejores ingresos para el productor, es por esta razón que la producción de café de calidad en la zona requiere de un compromiso continuo de monitoreo y seguimiento de los factores que influyen en ella que van desde el manejo del cultivo hasta tener el grano disponible para el análisis sensorial o la llamada prueba de taza, que es donde se manifiestan todos sus atributos o quedan en evidencia defectos que pudieron tener origen en alguna parte de las etapas, desde la producción, beneficio y almacenamiento del grano.

1.3. Justificación

La presente investigación pretende comparar las características físicas y sensoriales de las tres variedades (Catuai Criolla y Coipsa) con el objetivo de conocer la productividad, diagnóstico de estructura productiva (DEP), calidad física del grano y sensorial de la bebida de los dos variedades de café comparando como testigo al criollo o variedad local, con el propósito de contribuir a la generación de información y tecnología viable para fomentar el incremento de la productividad y mejorar la calidad del café y que los resultados de la evaluación física y sensorial permitan a que los productores puedan vender su café directamente en mercados competitivos con buenos precios, generando mayores ingresos en sus familias.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar la calidad física y sensorial de tres variedades de café (*Coffea arabica* L.) en el Cantón San Pablo Provincia Caranavi.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar las características físicas de la planta de las tres variedades de café (Coipsa, Catuai y Criolla).
- Describir las propiedades físicas del grano oro verde del café.
- Comparar las propiedades organolépticas del café en taza, de las tres variedades de café.

1.5. Hipótesis

- La calidad sensorial en taza de las tres variedades de café Catuai, Coipsa y Criolla no presentan ninguna diferencia significativa.

2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origen y distribución del café

El café procede del norte de Etiopía (antes llamada Abisinia), en el oriente de África. El cafeto es probablemente originario de la provincia de Kaffa, en Etiopía, pero la cuestión no está resuelta completamente. En los bosques altos del suroeste de Etiopía, de 1300 a 2000 metros de altitud. El género pertenece a la familia de las Rubiáceas (Rubiaceae), que tiene alrededor de 500 géneros y más de 6000 especies, la mayoría árboles y arbustos. Son principalmente de origen tropical, y de una amplia distribución (Castañeda, 2007).

La historia del café empieza en el cuerno de África, en Etiopía, sobre el siglo IX. Se sabe el origen geográfico, la provincia de Kaffa, pero no el momento exacto, ya que no existen documentos sobre cuándo el hombre empezó a consumir granos de café. La leyenda cuenta que un miembro de la tribu de Kaldi, habitantes de las zonas de más altitud de Etiopía, observó como las cabras tenían mucha más energía tras comer un tipo de frutos, parecidos a las cerezas. Al probarlas él mismo, descubrió las propiedades energizantes y excitantes y las trasladó a su tribu. Sea cierta o no esta leyenda sobre el origen del café, de lo que no cabe duda y está documentado es que en el siglo XV había plantaciones en Yemen y un gran comercio de café entre Sudán y Arabia a través del puerto yemení de Moca. Esta ciudad, además de dar nombre a un tipo de café y una cafetera, también era el principal puerto en la ruta hacia La Meca. Allí es donde aparecieron los primeros establecimientos que servían café, los llamados “kaveh kanes”. Estos locales pronto se convirtieron en centros sociales y de actividad política, incluso fueron prohibidos en varias épocas (Cicafe, 2011).

2.2. Importancia del cultivo del café

El café es la tercera bebida más consumida en el mundo tan solo por detrás del agua y el té. En 2024, su producción está concentrada en países con climas tropicales donde se cultivan café arábico y robusto. El primero tiene un sabor más suave y se siembra en zonas altas, mientras que el segundo tiene más cafeína y su producción se sitúa en zonas bajas (Dzebo y Adams, 2022).

El café tiene la distinción de ser el segundo producto más comercializado del mundo, y todos los países productores de café comparten un rasgo común: están situados en las

regiones tropicales. El viaje de los granos de café abarca continentes, originarios de América del Sur, Asia y África. A pesar del desafío de determinar su origen exacto, los diversos sabores y aromas del café reflejan el rico tapiz de culturas y paisajes donde se cultiva (ECF, 2022).

2.3. Principales países productores de café en el mundo

América Latina es la zona principal de la producción de café. Brasil cultiva el 38 % de la producción mundial de este producto que, desde mediados del siglo XIX, es la materia prima más extendida del país. Sin embargo, implementar una legislación para cumplir con la normativa europea de la lucha contra la deforestación (Anacafe, 2023).

Según USDA (2024), el café es el segundo producto más comercializado del mundo, y todos los países productores de café comparten un rasgo común: están situados en las regiones tropicales. El viaje de los granos de café abarca países de América del Sur, Asia y África. A pesar del desafío de determinar su origen exacto, los diversos sabores y aromas del café reflejan el tapiz de culturas y paisajes donde se cultiva. Asimismo, el ranking de los 10 principales países productores de café del mundo en 2024, se detalla en el siguiente Cuadro 1:

Cuadro 1. Principales países productores de café en el mundo 2024

Nro.	País	Millones de toneladas
1	Brasil	2.68
2	Vietnam	1.54
3	Colombia	754
4	Indonesia	669
5	Honduras	475
6	Etiopía	472
7	Perú	346
8	India	312
9	Guatemala	254
10	Uganda	209

Fuente: USDA, (2024)

2.4. Generalidades del cultivo

2.4.1. Clasificación taxonomía

Según Franco (2021), el café se clasifica su taxonómicamente de la siguiente manera:

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Gentianales

Familia: Rubiaceae

Subfamilia: Ixoroideae

Género: *Coffea*

Especie: *C. Arabica* L.

2.4.2. Descripción botánica

La planta del café se llama Cafeto (*Coffea*), es un arbusto de la familia de las Rubiáceas que se clasifica por distintas especies y variedades. Las más comunes son la variedad Arábica y la variedad Robusta. En estado silvestre pueden alcanzar los 10 metros, aunque en los cultivos se podan a una altura de unos 3 metros para una mejor y más fácil recolección. Necesitan temperaturas suaves, mucha humedad y terrenos altos. La especie *Coffea arabica* son capaces de autofertilización mientras que la especie *Coffea Robusta* son polinizadas por insectos (Franco, 2021).

- ✓ **Sistema radical.-** El tipo de raíz que tienen los cafetos son: pivotante, axilares o de sostén, laterales y raicillas. La pivotante puede considerarse como la raíz central, su longitud máxima en una planta adulta es de 50 a 60 cm.; mientras que las raíces axilares y la laterales funciona como soporte y para la absorción de agua y nutrientes del suelo de la planta (Alvarado, 2007).
El desarrollo normal del sistema radicular del cafeto es muy importante para su crecimiento, producción y longevidad. Por lo que desde la etapa de semillero y vivero se debe lograr una raíz principal bien formada, para obtener un excelente crecimiento en el campo (Condori, 2020).
- ✓ **Tallo.-** Es leñoso, erecto y de longitud variable de acuerdo con el clima y el tipo de suelo; en las variedades comerciales varía entre 2 y 5 m de altura. En una planta

adulta la parte inferior es cilíndrica mientras que la parte superior (ápice) es cuadrangular y verde, con esquinas redondas y salidas (Alvarado, 2007).

El cafeto es un arbusto que está formado por un tallo central en cuyo extremo se encuentra la “yema” terminal u ortotrópica”, que es la responsable del crecimiento vertical, formando nudos y entrenudos. De los nudos se forman las ramas laterales o bandolas y las crinolinias o palmillas (crecimiento plagiotrópico). A través de ambos tipos de crecimiento se conforma la arquitectura del cafeto, es decir su sistema vegetativo y productivo (Condori, 2020).

- ✓ **Hojas.-** Es un órgano fundamental en la planta porque en ella se realizan los procesos de fotosíntesis, transpiración y respiración. En las ramas, un par de hojas aparece cada 15 a 20 días aproximadamente. Las hojas duran en un cafetal alrededor de un año; la duración de las hojas se reduce con la sequía, con las altas temperaturas y con una mala nutrición (Peña, 2018).
- ✓ **Flores.-** Las flores del cafeto aparecen en los nudos de las ramas, hacia la base de las hojas, en grupos de 4 o más, sobre un tallo muy corto llamado glomérulo. La cantidad de flores presentes en un momento determinado, depende de la cantidad de nudos formados previamente en cada rama; el proceso de formación de las flores del cafeto puede durar de 4 a 5 meses. Cada flor tiene en la base un receptáculo corto que se prolonga en el cáliz de color verde que mide de 1 a 2 milímetros (mm) de largo, con cinco picos terminales. La corola es un tubo largo, cilíndrico en la base y de color blanco, que mide de 6 a 12 mm de largo, la cual se abre arriba en cinco pétalos. Consta de 5 estambres insertados en el tubo de la corola. El gineceo está constituido por un ovario súpero con dos óvulos. El estilo es fino y largo con terminaciones estigmáticas (Rodríguez, 2012).
- ✓ **Fruto.-** El fruto del café tiene la apariencia de una cereza pequeña o “drupa”. Cuando nace es de un color verde, que cambia luego a amarillo hasta tomar un color rojo lo que significa que ha alcanzado su plena madurez. En el interior de cada cereza, hay dos semillas separadas por un surco y rodeadas de una pulpa amarilla. Son los granos de café. Estos granos están protegidos por una película plateada y recubiertos por una piel de color amarillo (Peña, 2018).
- ✓ **Semilla:** El grano de café es la semilla del fruto y se encuentra en el interior de la drupa roja o "cereza de café". En su interior se encuentran dos semillas semiesféricas (dos granos de café). Existe la posibilidad de que aparezca solo una semilla, denominándose caracolillo (Condori, 2020).

2.4.3. Requerimientos agroecológicos

Franco (2021), menciona que el mejor café se produce en suelos drenados y ventilados, con buen nivel nutricional y alto contenido orgánico donde requieren factores climáticos óptimos como se menciona en el Cuadro 2 y suelos con arcillas pesadas, arenas y gravas con fácil lixiviación deben de evitarse.

Cuadro 2. Requerimientos climáticos del cultivo de café

Factor	Parámetros climático
Precipitación	1000 a 3000 mm
Temperatura	17 a 23 °C
Altitud	500 a 1700 m.s.n.m.
Viento	30 Km. /h
Lluvia	1,000 a 3,000 milímetros/año
Humedad	65 a 90%

Fuente: Franco, (2021)

2.4.3.1. Precipitación

La cantidad y distribución de las lluvias durante el año son aspectos muy importantes, para el buen desarrollo del cafeto. Con menos de 1000 mm anuales, se limita el crecimiento de la planta y por lo tanto la cosecha del año siguiente; además, un período de sequía muy prolongado propicia la defoliación y en última instancia la muerte de la planta y con precipitaciones mayores de 3000 mm, la calidad física del café oro y la calidad de taza puede comenzar a verse afectada; además el control fitosanitario de la plantación resulta más difícil y costoso (Cicafe, 2011).

2.4.3.2. Temperatura

La temperatura promedio anual favorable para el cafeto se ubica entre los 17 a 23°C, Temperaturas inferiores a 10°C, provocan clorosis y paralización del crecimiento de las hojas jóvenes (Huanca, 2007).

2.4.3.3. Altitud

Incide en forma directa sobre los factores de temperatura y precipitación. La altitud óptima para el cultivo de café se localiza entre los 500 y 1700 msnm. Por encima de este nivel

altitudinal se presentan fuertes limitaciones en relación con el desarrollo de la planta (Chambi, 2021).

2.4.3.4. Viento

Fuertes vientos inducen a la desecación y al daño mecánico de tejido vegetal, asimismo favorecen la incidencia de enfermedades. Por esta razón es conveniente escoger terrenos protegidos del viento, o bien establecer rompevientos para evitar la acción de éste (Franco, 2021).

2.4.3.5. Humedad relativa

Cuando alcanza niveles superiores al 85%, se propicia el ataque de enfermedades fungosas que se ven notablemente favorecidas (Orosco, 2017)

2.5. Especie Typica (*Coffea arabica* L.)

La Especie Typica y el Borbón, han dado origen sea por mutación natural como Caturra (del Borbón) y Mundo Novo (del Typica) o por cruzamientos a variedades como el Catuaí, Pache, Pacas, Pacamaras, Gesha, entre otras, variedades presentes en Latinoamérica (Juárez, 2018).

Según Anacafe (2020), indica que los árboles de la especie Arábica bajo libre crecimiento pueden llegar a medir entre 4-6 metros de alto, con ramas con crecimiento vertical (orto trópico) que producen un par con crecimiento horizontal (plagio trópico), estas con hojas onduladas que pueden medir entre 10 -15 x 5 -10 cm. Bajo unas buenas condiciones de campo, las plantas jóvenes pueden comenzar a tener floración entre los 12-15 meses y producir su primera cosecha 2 años y medio después de la plantación. Los frutos del cafeto tardan entre 7 a 9 meses en alcanzar su estado óptimo de madurez.

El café arábico es cultivado a altitudes entre los 900-2100 msnm a una temperatura óptima entre 15-24 °C. Esta especie tiene un potencial para producir cafés con tazas limpias, notas dulces, fructuosas, y con mayor acidez. Es importante recordar que sólo un 20% de los cafés de la variedad Arábica que se cultivan en el mundo están considerados como Cafés de Calidad Superior o Cafés Especiales. El porcentaje de cafeína de los cafés arábicas tiene un promedio de 1.2%. El mayor productor de café Arábica del mundo es Brasil (Cicafe, 2011).

2.5.1. Variedades de café

2.5.1.1. Variedad Catuaí

Es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil, se adapta muy bien en rangos de 600 a 1,370 msnm. El Catuaí es una variedad de porte bajo, pero un poco más alta que Caturra, con una altura promedio de 2.25 metros, las ramas laterales forman un ángulo cerrado de 45 grados con el tallo principal, con entrenudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde claro, las hojas adultas tienen una forma redondeada y de color verde oscuro. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con ramas secundarias, conocidas como “palmillas” (Anacafe, 2020).

El Catuaí es una variedad de porte bajo, pero un poco más alta que Caturra, con una altura promedio de 2.25 metros, las ramas laterales forman un ángulo cerrado de 45 grados con el tallo principal, con entrenudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde claro, las hojas adultas tienen una forma redondeada y de color verde oscuro (Landaverde, 2017).

Esta variedad produce frutos de color rojo y amarillo, predominando en la caficultura de Guatemala la variedad de frutos rojos, tamaño de grano mediano, tiene alta capacidad de producción. En condiciones óptimas de clima y suelo, podría llegar a producir 79 quintales de café pergamino por hectárea. Requiere de un manejo adecuado y oportuno de las diferentes actividades agronómicas, especialmente lo que se refiere a la nutrición y control de roya. La maduración de los frutos es tardía y no se desprenden fácilmente de las bandolas, lo que es una ventaja para las zonas donde la maduración coincide con períodos de lluvias intensas. Produce una excelente calidad de bebida (Anzueto, 2013).

2.5.1.2. Variedad Coipisa

La variedad Coipisa es un fenotipo local propio del lugar de San Pablo Municipio de Caranavi departamento de La Paz ubicado a una altitud de 1217 msnm, la planta madre tiene una edad de 30 años que se a desarrollado en pleno bosque, con características de resistencia a la Roya y ojo de gallo, presenta un porte frondoso de unos 3 metros de altura, con un diámetro de tallo de 51mm (Figura 1), esta área o terreno es del señor Isaac Quispe Choque y de ahí se da origen al nombre de la variedad Coipisa que significa Café Origen Isaac Pablo Salvador (Mendoza y Romero, 2024).

Las generación F1 de esta variedad con tres años de producción presenta un porte frondoso con una altura de 1.90 a 2 m, diámetro de tallo de 21mm, hojas ovadas con ondulaciones, los frutos son grandes de color rojo purpura, sin ninguna presencia de enfermedades como la roya y ojo de gallo, presentando resistencia a las mismas (INIAF, 2023).



Figura 1. Características planta madre de café variedad Coipsa (Mendoza y Romero 2024)

2.6. Productos Derivados del Café

FECAFEB (2009), menciona que en la actualidad se producen los siguientes tipos de café, para su comercialización:

- ❖ Café verde o crudo
- ❖ Café tostado
- ❖ Café tostado y molido
- ❖ Café soluble atomizado
- ❖ Café soluble aglomerado
- ❖ Café soluble liofilizado
- ❖ Café descafeinado

2.7. Beneficio y procesamiento del café

El beneficio del café consiste en someterlo a una serie de operaciones que se inician con el despulpado del fruto del cafeto, (la cereza del café), que se realiza por vía húmeda o con el secado del café sin despulpar, si es por vía seca, hasta obtener un grano tipo pergamino seco o cacota; una vez pase por la operación de trilla recibe el nombre de café verde en almendra. En estas condiciones el café queda listo para exportarlo o para procesarlo. A continuación una ligera descripción de los sistemas de beneficio más comúnmente empleados (FECAFEB, 2009).

2.7.1. Beneficio en Seco.

Se inicia cuando los frutos comienzan a secarse en el propio árbol, estado en el cual contiene una humedad de 60% a 65%. El grano se cosecha e inmediatamente debe someterse al proceso de secado. El secado al aire o secado natural puede durar entre dos y cuatro semanas, dependiendo el clima. Cuando se utilizan secadores dinámicos se recomienda hacer un pre secado al sol hasta que el grano reduzca su contenido de humedad entre el 30% y 35%, lo cual permite un mejor manejo y eficiencia de la secadora. El proceso de secado se debe suspender cuando el grano haya alcanzado un 12% de humedad, momento en el cual se somete a la trilla con el fin de separar la pulpa seca y el pergamino (técnicamente denominado cacota) quedando lo que se denomina café verde (FECAFEB, 2009).

2.7.2. Beneficio en Húmedo.

Se debe recolectar el grano completamente maduro, en forma manual y se debe despulpar el mismo día, puesto que después de 24 horas de cosechado, el mucílago comienza a colorearse (acción de taninos) por oxidación y puede manchar el pergamino. Las semillas frescas despulpadas están recubiertas de una capa de mucílago (miel, goma o baba) esta debe eliminarse por fermentación antes que las semillas se sequen (Cenicafe, 2022).

Las semillas se dejan fermentar humedecidas o sumergidas totalmente en agua. La descomposición del mucílago (insoluble en agua) puede durar entre 12 y 30 horas, dependiendo de la temperatura del lugar (a mayor temperatura menor tiempo de fermentado), de la madurez del café, del diseño de los tanques y de la calidad del agua.

Luego se lava para retirar completamente el mucílago, cambiando el agua por lo menos dos veces durante el proceso de lavado y se hace una clasificación de los granos que pueden ser; café tipo exportación, café corriente y pasilla o grano de baja densidad (Cenicafe, 2022).

Después de lavado y escurrido el grano tiene un contenido de humedad entre el 52% y 55%, la cual se extrae durante el proceso de secado, hasta obtener un grano de humedad final del 10% al 12%. El secado se puede realizar natural o mecánicamente. Luego se almacena en forma de café pergamino o de café verde el cual ha sido pasado por el proceso de trilla, donde se retira el pergamino (Cenicafe, 2022).

2.8. Cosecha del café

El éxito de la buena calidad del café se centra en la recolección del fruto maduro y la buena aplicación de los pasos del beneficiado. En la mayoría de los países sudamericanos la recolección de la cosecha se hace a mano y en forma selectiva, es decir, recogiendo principalmente una a una las cerezas maduras y se van guardando en canastos, costales o cubetas. El grado de maduración de la cereza mejora la calidad de la bebida (aroma, acidez y sabor del café) (Puerta, 2011).

Sin embargo, en Bolivia se realiza la cosecha de manera manual sólo fruto maduro, ya que esta práctica es componente de alto rendimiento y mayor calidad. Los frutos verdes o sobre maduros pesan menos y dan sabor desagradable a la taza (Pañuela, 2011).

CACS (2013), menciona que la calidad del café se define durante la cosecha. Siendo importante realizar una cosecha selectiva, en donde solo se deben extraer o cosechar los granos maduros, de cereza roja o amarilla, para asegurar una mayor concentración de azúcares:

- ✓ **Grano pintón:** La cosecha en este estado afecta la taza presentando notas astringentes, inmaduraz, verde. A nivel de defectos (6-7%).
- ✓ **Grano maduro:** En esta etapa es donde el fruto del café es óptimo para su cosecha donde favoreces en la evaluación de taza con notas dulces afrutados y cítricos. A nivel de defectos (1.14%).
- ✓ **Grano sobre maduro:** Presenta notas vinosas y a nivel de taza se detectan tazas fermentadas. A nivel de broca (13.81%).

2.9. Evaluación de la calidad de café

La calidad del café depende de numerosos factores como la especie *Coffea arabica* (Arábica) o *Coffea Canephora* (Robusta), la variedad, las condiciones edafoclimáticas y el manejo agronómico del cultivo. Sin embargo, la calidad del café es el resultado de muchos procesos y operaciones realizados por todas las personas de la cadena del café que efectúan las labores de producción, cosecha y pos-cosecha (Puerta, 2010).

Cuando se obtiene un café de buena calidad, es porque el café ha presentado características de inocuidad, buena calidad física, buena calidad sensorial y una composición química natural, (Pañuela, 2011).

2.9.1. Análisis físico del grano del café

Según ICONTEC (2019), se evalúa los granos en pergamino y grano verde, para calcular el rendimiento en volumen, el porcentaje de grano exportable, el descarte y la cascarilla y este análisis físico del café se realiza en la etapa de acopio y principalmente en el laboratorio. Consiste de cinco etapas que corresponden a:

- ✓ **Toma de Muestra:** Extraer la muestra, mezclando saco por saco del lote de café, mezclar uniformemente y pesar 500 gramos.
- ✓ **Trillado:** Retirar la cáscara o pergamino con la ayuda de una trilladora portátil para obtener el café verde (Oro).
- ✓ **Humedad:** con ayuda de un hidrómetro, medir la humedad; siendo óptima de 10 a 12%.
- ✓ **Pasado de Malla o tamizado:** Pasar la muestra por la malla N° 14 a 18 (este número dependerá del tipo de contrato); mover la malla de un lado a otro para que los granos se clasifiquen entre segunda e impurezas.
- ✓ **Selección de defectos:** Consisten en escoger los granos con defectos primarios, secundarios y obtener granos sanos exportables libres de defectos.

2.9.1.1. Se identifican los siguientes defectos:

a) Defectos primarios: Agrupan defectos que pueden causar daños graves a una taza de café, dentro de ellos, negros, sobre fermentado, cerezas secas, daño severo de insectos y materias extrañas (Puerta, 2015).

b) Defectos secundarios: Se agrupan los defectos cuyo daño puede ser menor que los anteriores, es decir, parcialmente negros, parcialmente sobre fermentados, pergaminos, flotes, inmaduros, deformados, conchas, partidos, cáscaras y daños leves de insectos (Pacheco, 2016).

Finalmente se reflexionará sobre los resultados de la práctica de evaluación física, generando un dialogo con los productores sobre el hecho de que cuanto más grano sano exportable tienen (rendimiento físico) es mejor para sus ingresos por la venta de estos.

2.9.2. Evaluación sensorial del café

Esta evaluación sensorial o catación, se realiza con la finalidad de entender que no siempre la apariencia física de un lote de café pergamino es de alta calidad, puede estar muy presentable (limpio, uniforme, granos selectos), pero no sabemos si los granos están libres de defectos (fermento, presencia de moho, sabor a tierra, entre otros), por lo tanto en esta etapa se determinan y evalúan los atributos, olores y sabores de una taza de café, haciendo uso de un formato de catación proporcionado por la SCAA (CACS, 2013).

Los métodos de la evaluación sensorial se usan básicamente en la industria de los alimentos para determinar la calidad de las materias primas y del producto, en el control de los procesos de fabricación y para los estudios de preferencias en los consumidores (Cenicafe, 2022).

Asimismo, Cenicafe (2013), menciona que, en el café, la evaluación sensorial es el método usado para conocer el aroma, el sabor y la sanidad del café, se denomina también cata o prueba de taza. Por medio de esta técnica se pueden identificar los defectos presentes en la bebida, cuantificar y calificar la intensidad de una característica sensorial.

2.9.2.1. Las características organolépticas del café

Están son valoradas a través de los sentidos, la fragancia que es la característica del aroma del café tostado y molido. Es la primera cualidad que el catador percibe en la bebida del café al oler. Su intensidad, cualidad y tipo, dan indicios de la calidad del café, de su frescura y de las condiciones de cultivo, así como del proceso para la obtención del producto final. (Cenicafe, 2022).

- ✓ **Fragancia o aroma:** Un buen café presenta un aroma dulce con notas herbales, frutales o a especias. A través del gusto se identifica la acidez, amargor y el dulzor. Los atributos de aroma se basan en el olor característico en tres estadios: muestra molida seca, al agregar el agua caliente (infusión) y captar aroma al romper las burbujas formadas (Atavillos, 2019).
Chávez (2019), establece un Aroma fuerte, fragante característico, le corresponde altas puntuaciones y Aroma débil, ausente y con notas desagradables darán puntajes bajos.
- ✓ **Sabor:** El atributo sabor es el más importante en el café, se le conoce: “las notas en el rango medio”, es decir que esta entre lo percibido en el aroma, y el resabio final. Se percibe en las papilas gustativas y aromas retronasales que van de la boca a la nariz. Para la nota que se obtiene se basa en la intensidad, la calidad y la complejidad del sabor y aroma combinados, esto se logra sorbiendo la infusión de café en forma firme, para involucrar el paladar entero en el test (Rivera, 2017).
- ✓ **La acidez:** Es el sabor característico de ciertos ácidos como el acético o de frutas cítricas como el limón o la naranja. Esta es una cualidad propia y muy positiva que presenta la especie *Coffea arabica* L. cuando se ha beneficiado por la vía húmeda. La acidez resulta indeseable cuando se califica como agria, picante, acre, astringente o ausente y se derivada de inadecuadas prácticas de cosecha y de beneficio del café. La acidez intensifica la vivacidad, el dulzor y al carácter de fruta fresca, todos estos aspectos se sienten al momento de ser sorbida la muestra (Rovira, 2020). El exceso de esta cualidad en definitiva baja el puntaje en general.
- ✓ **El cuerpo:** Se refiere a la sensación del café en la boca, a la viscosidad, el peso y el grosor con que es percibido en la lengua. Esa característica se relaciona con los aceites y las sustancias que se extraen durante el tratamiento del grano. Una buena bebida de café presenta cuerpo completo, moderado y balanceado. Por último, se encuentra la impresión global que enmarcan todas las propiedades percibidas con el sentido del olfato, el gusto y el tacto. Es la clasificación y calificación general que acepta o rechaza la calidad de un café (Café Saula, 2017).
- ✓ **Regusto o resabio:** El resabio es la sensación en combinación de sabor y aroma que proviene desde el interior del paladar y que permanece posterior a la degustación y expectoración de la muestra analizada. Si el resabio fuera corto o desagradable, se debe dar un puntaje más bajo (De La Cruz, 2018).

Las sensaciones permanentes de carácter dulce dan buena nota, pero si el resabio es bajo y no agradable: astringentes obtienen notas bajas (Vásquez, 2005, citado por Pacheco, 2016).

- ✓ **Balance:** Una muestra tiene balance cuando se armoniza el sabor, acidez y cuerpo de la muestra actuando juntos y complementándose uno al otro. Si la muestra no dispone de otros atributos de aroma o sabor o si algunos atributos se minimizan u opacan, la nota del balance disminuye (PROMPERÚ, 2019).
- ✓ **Uniformidad:** La uniformidad se da cuando una muestra logra la consistencia del sabor en las tazas, es el nivel de uniformidad en la que están los atributos y características de la muestra. Si estas saben distintas, la calificación sería baja. Se otorgan 2 puntos a cada taza para este atributo, para un total de 10 puntos si las 5 tazas son iguales (Coffee IQ, 2019).
- ✓ **El dulzor:** es una cualidad propia del café Arábica debida a su composición química. Cuando se activan los terminales del sentido del tacto, se puede percibir si la bebida está caliente o fría, la astringencia y el cuerpo. La astringencia es la sensación de ardor al final de la lengua, la garganta y en la boca del estómago. Básicamente este defecto del café se debe a la gran cantidad de granos inmaduros incluidos en el tostado (Romero, 2021).
- ✓ **Taza Limpia:** Cuando una muestra tiene el calificativo de taza limpia significa que no posee impresiones negativas desde la primera ingestión hasta el resabio final. Si la muestra tuviera trazas de moho, tierra, u otra característica que altere el sabor, una o más tazas exhibirán el sabor atípico, descalificando una taza individual. 2 puntos se dan a cada taza para esta característica, hasta 10 puntos si las 5 tazas son idénticas (PROMPERÚ, 2019).

2.10. Breve reseña histórica de la catación del café

Desde el inicio del Siglo XIX, prácticamente todo el café que se comercializaba en los Estados Unidos, se calificaba por su apariencia del grano en crudo, cuya Norma de Catación fue la base del desarrollo para definir la calidad y el precio del producto, siendo a partir de 1840, que la clasificación mediante la “Prueba de calidad de la Bebida” se estableció como una de las más importantes sobre el café y actualmente ésta prueba es una de las principales fases la Catación (OCA, 2005).

2.10.1. Catación

La catación continúa siendo el factor determinante más importante del valor y la utilidad del café. Todos los exportadores clasifican el café visualmente según el número de defectos, el tamaño y la apariencia, pero no todos lo catan lo que es realmente malo porque, solo la catación es capaz de revelar el verdadero valor del café, centrándose en el aroma, el sabor y el gusto del café en infusión (CCI, 2002).

Ahora se define como el proceso o técnica para degustar y clasificar el café, conocida también como “Medición Sensorial” de la Ciencia Agroindustrial del Café, la cual se desarrolla por especialistas en la materia (catadores), haciendo uso de los materiales y equipo necesarios para tal fin (Lata16, 2017).

Son muchos los factores que condicionan la venta y la elaboración de un buen café, pero utilizando una buena materia prima, el café tostado y molido, se tienen mayores posibilidades, y catar el café es la mejor forma de valorar su calidad (Cleves, 1995).

Es la evaluación sensorial y de gustativa, a la que se somete el café, en la que mediante los receptores del gusto se aprecian las características organolépticas de la bebida (acidez, aroma, cuerpo) (IBNORCA 2001).

2.10.2. Catador

Es el profesional que posee conocimientos y especial desarrollo de los sentidos del gusto y olfato para evaluar la calidad del café en su aspecto físico y sensorial, siendo de vital importancia conocer la esencia misma de este encada una de sus fases y los procesos necesarios para la catación (Puerta, 2011).

2.10.2.1. Funciones del Catador

- Definir las etapas del proceso a seguir para determinar la calidad del café especificada en el contrato de venta.
- Define la calidad o mezcla de cafés para obtener una bebida o producto de características acordes al gusto del consumidor.
- Asesora y dirige la transformación del café a través del Beneficio Húmedo, Seco y su Conservación en Almacén, así como también sirve de árbitro en los conflictos o

controversias entre compradores y vendedores sobre la calidad de un determinado volumen de café (OCA, 2005).

2.10.2.2. Autonomía de los catadores

Cada catador trabajara en su evaluación autónomamente y en ningún momento ningún catador debe hacer comentarios o referencias a los otros catadores sobre las muestras de café que están evaluándose en el momento de la catación (INCOTEC, 2019).

2.11. Metodología de la Catación

En la industria de café, las cataciones son la manera más o menos estandarizada para realizar una evaluación sensorial del café. Es posible determinar la calidad de un café evaluando los aromas y sabores. Este proceso también nos deja determinar el éxito de un tueste, y/o la presencia de defectos sensoriales. La catación es un componente esencial de las transacciones de café en grano tanto como del café tostado. Con estas herramientas y procedimientos los miembros de la comunidad cafetera pueden conversar sobre la calidad del producto por toda la cadena de suministro (Alvarado, 2007).

Lata16 (2017), refiere que la metodología consiste en preparar el café por realizar una serie de pasos, que nos brindan la oportunidad de realizar una evacuación del olor, sabor y degustación. Para poder calificar la calidad el café primero se debe transformar el café verde en bebida, para esto son necesarios tres pasos:

1. Tostar
2. Moler
3. Finalmente mezclar con agua

2.11.1. Los protocolos de tueste de SCAA

Según Alvarado (2007), los protocolos del tueste incluyen:

- ✓ Duración del tueste de entre 8 y 12 minutos. Debe ocurrir 8 – 24 horas antes de la catación.
- ✓ El nivel o color de tueste se mide entre 30 minutos y 4 horas después de tostar el café, utilizando café molido de acuerdo con el las normas de la SCA (SCA Standard Grind for Cupping), a temperatura ambiente. La medida debe de cumplir

con las siguientes especificaciones, con una tolerancia de sólo ± 1.0 unidades: Agtron “Gourmet”: 63.0 / Agtron “Commercial” 48.0 / Colortrack: 62.0 / Probat Colorette 3b: 96.0

- ✓ No todos se adhieren a las sugerencias de color del SCA. Cada catador debe encontrar el nivel de tueste que mejor combine con sus intereses al catar, tomando en cuenta que un tueste demasiado ligero puede fallar en desarrollar suficientemente los compuestos aromáticos y que un tueste muy oscuro puede cubrir los sabores y esconder defectos.

2.12. Puntaje del Catador.

Al finalizar la evaluación de las muestras cada catador deberá dar la calificación integral a esto es el aspecto total del puntaje. Cada muestra recibe su puntuación de cada penalista y se establece la nota final para cada una de ellas este es el paso donde los penalistas hacen su apreciación personal (Andrade, 2018).

En el cuadro 3 se presenta la escala de calificación para el análisis sensorial de los cafés de especialidad según la SCAA (Specialty Coffee Association of America).

Cuadro 3. Escala de Calificación análisis sensorial de los cafés de especialidad según la SCAA

Puntaje	Descripción	Calificación
95 – 100	Ejemplar (Súper Premium especial)	Taza de la excelencia
90 – 94	Extraordinario (Especial Premium)	
85 – 89	Excelente (especial)	Especial
80 – 84	Muy Bueno (Premium)	
75 – 79	Bueno (Calidad usualmente buena)	Premium
70 – 74	Promedio (Calidad promedio)	
60 – 69	Grado intercambio	Comercial
50 – 59	Comercial	Local
40 – 49	Grado Bajo	Trilla o pasilla
< 40	Inferior	

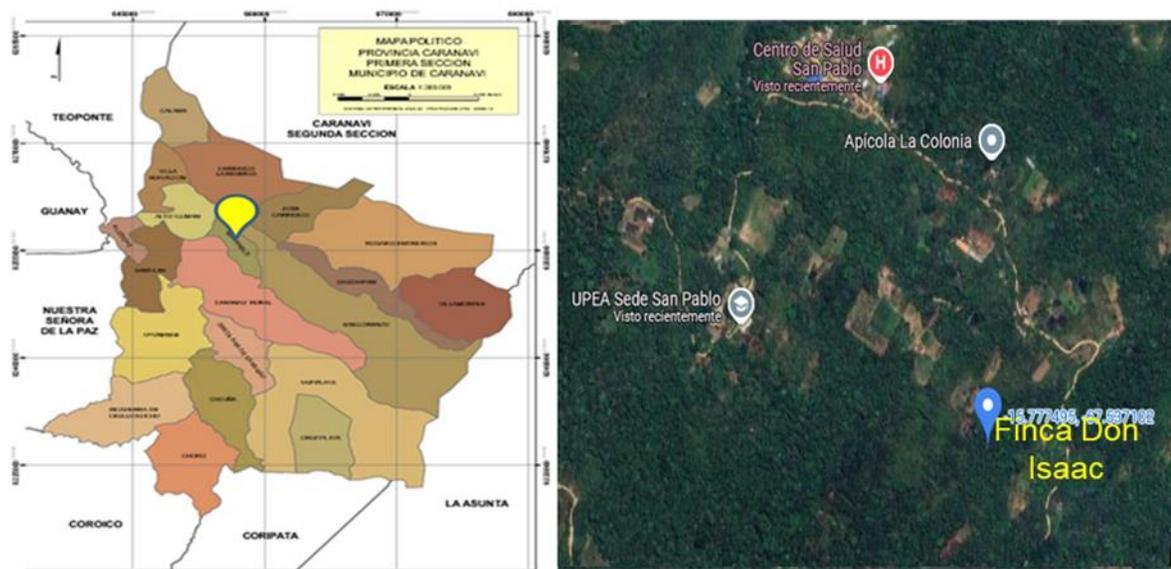
Fuente: Lata16, (2017).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización

3.1.1. Ubicación Geográfica

La investigación se realizó en la Colonia San Pablo de la Provincia Caranavi en las parcelas del Señor Isaac Quispe Choque, en cultivos de café con 4 años de edad y un área de una hectárea donde se encuentra la variedad Catuai, Coipsa y Criolla. Según el Plan Territorial de Desarrollo Integral (PTDI, 2021 – 2025) del municipio de Caranavi la Colonia San Pablo se ubica a una altitud de 1217 msnm figura 2.



Fuente: PTDI – 2020- 2025 y Google Maps, 2025

Figura 2. Mapa de ubicación de la zona de estudio

3.2. Características ecológicas .

3.2.1. Suelo

Los suelos de los Yungas en general se han originado por sedimentaciones pluviales jóvenes, y son en su mayoría de textura franco arcillosa, con una estructura de tipo bloque angular medio y fino, con un PH que varía desde 4,5 hasta 5,5; existiendo zonas donde el PH es ligeramente más bajo existiendo problemas de absorción de calcio y magnesio

debido a los altos porcentajes de acumulación de aluminio y fierro (Plan Territorial de Desarrollo Integral Municipio de Caranavi PTDI, 2021 -2025).

3.2.2. Flora

La biodiversidad de la flora del área constituye un recurso de alto valor, principalmente desde el punto de vista de los servicios ambientales que cumple la vegetación en estos ecosistemas de Yungas. Sin embargo, actualmente está altamente expuesta a la presión de las comunidades y colonias a nivel de todos los cantones, por la intervención en la ampliación de la actividad agrícola, ganadera y la explotación maderera (Barrientos, 2011)

Los bosques del municipio de Caranavi, forman parte del llamado “Bosque subhúmedo pluvio estacional subandino inferior de los Yungas del Beni”, cuyas características son bosques subhúmedos semidesiduos emplazados en los yungas subandinos. En estos espacios existen especies típicas del piso ecológico subandino, entre las que predominan y están casi siempre presentes en laderas y quebradas de estos espacios: Ochoo (*Hura crepitans*), Cedrillo (*Spondias mombin*), Bi (*Genipa americana*), Mara (*Swietenia macrophylla*) y el Verdolago (*Terminalia oblonga*) (Plan Territorial de Desarrollo Integral Municipio de Caranavi PTDI, 2021 -2025).

Los cultivos más importantes de la provincia Caranavi como fuente de generación de ingresos económicos están primero el café, cítricos, cereales, bananos, plátano, cacao, papaya, palto, mango, té, coca y algunos cultivos anuales como la yuca y hortalizas que se destinan para el consumo familiar (Plan Territorial de Desarrollo Integral Municipio de Caranavi PTDI, 2021 -2025).

3.3. Materiales

3.3.1. Material Biológico

Cultivo de café:

- ✓ Variedad Catuai
- ✓ Variedad Coipsa
- ✓ Variedad Criolla

3.3.2. Materia de laboratorio

- ✓ Equipos de tostado de café

- ✓ Molinillos de café
- ✓ Balanzas de precisión
- ✓ Termómetros
- ✓ Medidores de humedad
- ✓ Medidores de pH
- ✓ Equipos de extracción de café (por ejemplo, cafeteras expreso o sistemas de filtrado)
- ✓ Copas de catación.
- ✓ Papel de filtro
- ✓ Recipientes para muestras
- ✓ Microscopio (opcional, para la evaluación de características físicas y morfológicas de los granos de café)

3.3.3. Material de campo

- ✓ GPS
- ✓ Cámaras fotográficas
- ✓ Libretas de campo y lápices
- ✓ Cinta métrica
- ✓ Herramientas para la recolección de muestras de café
- ✓ Bolsas yute
- ✓ Regla vernier
- ✓ Flexómetro
- ✓ Romana

3.3.4. De gabinete

- ✓ Cuaderno
- ✓ Papel bond
- ✓ Fotocopias
- ✓ Computadora Portátil
- ✓ Impresora
- ✓ Flash memory
- ✓ Empaste

3.4. Metodología

3.4.1. Desarrollo del ensayo

3.4.1.1. Ubicación de parcela experimental del cultivo de café.

El cultivo a evaluar durante la investigación estuvo ubicada en Cantón San Pablo perteneciente al señor Isaac Quispe Choque que cuenta con un área de cultivo de café de una hectárea donde se encuentran las tres variedades de café (Variedad Catuai, Coipsa y Criolla) una vez ubicado y delimitado se realizó todas las labores necesarias para garantizar las condiciones óptimas del trabajo de investigación (Figura 3).

Una vez marcado el área del cultivo en el terreno se seleccionaron tres repeticiones por cada variedad con un área de 40 metros cuadrado cada uno, de donde se seleccionaron 10 plantas o unidades de muestreo que fueron evaluadas.



Figura 3. Parcela experimental con cultivo de café

3.4.1.2. Evaluación física de las plantas de café

En la evaluación física del cultivo de las tres variedades de café se tomaron aspectos relevantes de la planta como ser altura planta, diámetro del tallo, peso, longitud y diámetro del fruto o guinda que son de mucha importancia para ver y comparar aspectos en la

evaluación sensorial del café en las diferentes variedades con una edad de cuatro años del cultivo.

3.4.1.3. Control y evaluación de la calidad del café oro verde

Todas estas actividades lo realizaron en el Laboratorio Boliviano de café Lata16, (2017) certificado por el Coffe Quality Institute, donde cuentan con un personal altamente calificado y especializado en todas las etapas de la cadena del café bajo las normas SCAA.

- ✓ **Rango del color:** Se lo realizó en el laboratorio mediante la inspección visual del café verde que sirve únicamente como referencia para el comprador
- ✓ **Humedad:** A la hora de recepcionar el café debe tener un rango de humedad permisible de 10 a 12%.
- ✓ **Tamaño del grano:** El tamaño de los granos se lo realizó usando zarandas (Figura 4), donde estas tienen mallas de diferentes tamaños que van desde el Nro. 14 a 18, que lo establecen según la norma SCA.



Figura 4. Seleccionadora de café grano de oro

3.4.1.4. Evaluación organoléptica sensorial

En la industria de café, las cataciones son la manera más o menos estandarizada para realizar una evaluación sensorial del café. Es posible determinar la calidad de un café evaluando los aromas y sabores. La catación es un componente esencial de las transacciones de café en grano tanto como del café tostado. Con estas herramientas y procedimientos los miembros de la comunidad cafetera pueden conversar sobre la calidad del producto por toda la cadena de suministro.

Para la determinación de los valores organolépticos se contó con catadores locales y nacionales del laboratorio autorizado Laboratorio Boliviano de café Lata16,(2017) certificado por el Coffe Quality Institute quienes determinaron los valores conforme a las normas de SCAA los parámetros de evaluación de una taza de calidad como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4. Parámetros de evaluación sensorial del café se la SCAA

DESCRIPTOR	CARACTERISTICAS
Intensidad color crema.	Referencia al color avellana con tonos atigrados.
Textura de la crema.	Crema densa (burbujas muy pequeñas, casi invisibles), con ninguna burbuja de aire ni manchas claras y sin insinuar la tendencia a abrirse dejando entrever el líquido del fondo.
Intensidad Olfativa	Fuerza del olor (que puede ser agradable o no)
Intensidad Tostado	Resalta las notas gustativas. Si el tueste es ligero resalta notas gustativas cítricas frutales, florales y miel) si es medio resalta sabores a nuez, chocolate y caramelo) y si es oscuro resaltan los sabores chocolate amargo.
Cuerpo	Sensación de perdurabilidad, intensidad, redondez y espesor en la boca
Acidez	Referencia a la frescura o suavidad y viveza. Entre más suave el café es más ácido.
Amargo	Se siente en toda la boca e incluye la lengua (Referencias: solución de quinina o cafeína).
Astringencia	Sensación compleja olfato-gustativa, generalmente debido a la presencia de compuestos ácidos. Acidez no franca.
Olores +	Importancia de la nota característica del olor de café.
Olores -	Aspectos negativos en el olor

Fuente: Romero, (2021).

3.4.2. Diseño experimental

3.4.2.1. Diseño para la evaluación física del cultivo

Para este estudio, se utilizó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con tres tratamientos (variedades Coipsa, Catuai y Criollo) cada uno con tres repeticiones. Este diseño permite comparar las tres variedades de café en términos de sus características físicas del cultivo y del fruto según lo recomendado por Castro *et. al*, (2017)

$$Y_{ij} = \mu + t_i + u_{ij}$$

Dónde:

Y_{ij} = Una observación cualquiera de la variable de respuesta

μ = Efecto de la Media general

t_i = Efecto de i-ésima variedades de café

u_{ij} = Error experimental

3.4.3. Factor de estudio

T₁: Variedad Catuai rojo

T₂: Variedad Coipsa

T₃: Variedad Criolla

3.4.4. Variables de Respuesta

3.4.4.1. Características físicas del cultivo

Se tomó en cuenta las siguientes variables según Cenicafe (2022), menciona que la calidad del café depende de las condiciones ambientales, variedad, manejo, sistema productivo, cosecha y beneficio).

- ✓ **Altura planta:** la altura planta se lo realizo con un flexómetro tomando en cuenta la medida en centímetros, desde la base hasta la yema terminal de la planta, tomando como muestreo a 10 plantas por cada repetición como se observa en la figura 5.



Figura 5. Toma de datos de la altura planta del café

- ✓ **Diámetro del tallo:** El diámetro del tallo de la planta del café de las tres variedades evaluadas se tomó como referencia la parte media del árbol midiendo en milímetros con una regla vernier (Figura 6).



Figura 6. Medida del diámetro tallo de la planta

- ✓ **Longitud y diámetro del fruto:** La medida se realizó a 30 frutos de café, tomados al azar de cada variedad, se les midió el largo del fruto, desde el ombligo o disco hasta el pedicelo del fruto de café y el ancho tomando en cuenta la parte central utilizando un vernier Disco u ombligo pedicelo o pedúnculo (Figura 6).



Figura 6. Selección al azar de café guinga para el peso, longitud y diámetro del fruto

3.4.4.2. Diseño experimental evaluación física y sensorial del grano de café

Para determinar un café de calidad de las tres variedades estudiadas del Cantón San Pablo, donde se preserven las características óptimas del café, se presenta el diseño experimental a continuación Figura 7

Fuente: Elaboración propia en base a normas SCAA

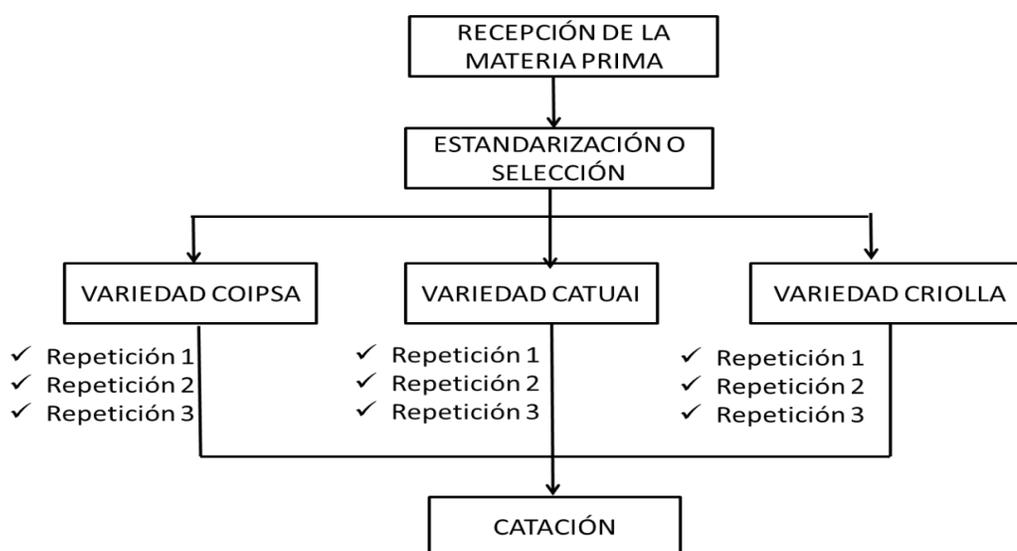


Figura 7. Procedimiento de evaluación sensorial del café

La evaluación física del pergamino del café lo realizó Lata16 (Laboratorio boliviano del café) tomando los siguientes parámetros:

- ✓ **El color del café:** Se lo realizó mediante una inspección visual que sirve únicamente como referencia para el comprador, pero que no forma parte de las especificaciones para determinar la calidad del café y la gama de café sin tostar o pergamino va desde verde- azul hasta un tono más pardusco dependiendo del origen o la edad del café.
- ✓ **Características físicas:** En las características físicas se ve el contenido de humedad del café verde, donde el rango promedio aceptable es de 10 a 12% a su recepción.
- ✓ **Tamaño del grano:** se da a conocer usando zarandas que tiene mallas de diferentes medidas, que van desde el Nro. 14 a 18 y los importadores prefieren mallas de Nro. 16 a 18.

3.4.4.3. Evaluación la calidad sensorial del cafe

La calidad del café se evaluó en laboratorio autorizado, que es Lata16, (2017) en función a:

- ✓ Las características del café pergamino
- ✓ Las características del café verde o grano de oro.
- ✓ Las características organolépticas o sensoriales de la taza de café: aroma, acidez, cuerpo, fragancia, nariz, gusto y sabor.

Todos estos parámetros están en función a los protocolos que emite SCAA (Asociación de Cafés Especiales de América) (Cuadro 5), tomando en cuenta que estas pautas garantizan la capacidad de evaluar con mayor precisión la calidad del café.

Cuadro 5. Escala de calidad en la evaluación sensorial en todos los atributos

Escala de puntuación en la calidad de taza del café (0-10 Puntos)			
Bueno	Muy Bueno	Excelente	Extraordinario
6.00	7.00	8.00	9.00
6.25	7.25	8.25	9.25
6.50	7.50	8.50	9.50
6.75	7.75	8.75	9.75

Fuente: Lata16, (2017)

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Características físicas de la planta del café

4.1.1. Altura planta

Realizado el análisis de varianza cuadro 6 para la evaluación de la altura planta en las tres variedades de café Catuai, Coipsa y Criolla, los resultados nos muestra que existe diferencia altamente significativa en el desarrollo de altura de la planta entre las tres variedades a los cuatro años de edad, teniendo un coeficiente de variación de variación de 4.55% lo que indica que los datos tomados son confiables.

Cuadro 6. Análisis de varianza para la altura planta del café

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.91	2	0.46	43.25	0.0003**
Error	0.06	6	0.01		
Total	0.98	8			
C.V.%	4.55				

** = altamente significativo

Por otro lado Blanco *et al*, (2018), hacen referencia que la altura del cultivo de café es una variable importante ya que nos indica el crecimiento ortotrópico de la planta, lo que va a proporcionar bandolas que garantizarán la producción en los próximos años. Además, la altura de la planta de café según Zelada y Soteldo (2020), varían considerablemente y está determinado por la variedad, esto es importante, ya que por su tamaño se puede determinar la densidad de plantación y la forma de recolectar al momento de cosecha.

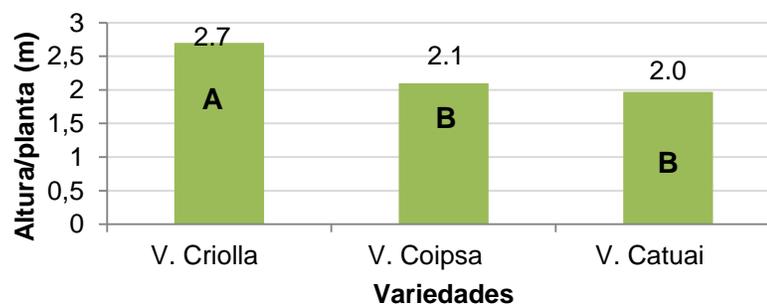


Figura 7. Prueba Duncan altura planta del café

En la figura 7 prueba de comparación de medias Duncan para la altura planta en las tres variedades de café de los cuatro años de edad, los resultados muestran que la variedad Criolla muestra una diferencia estadística en comparación a las demás variedades, desarrollando una mayor altura, sin embargo la variedad Coipsa y Catuai no muestran diferencia estadística entre sí, pero son inferiores en el desarrollo en la altura frente a la variedad Criolla, tomando en cuenta que estas dos variedades están consideradas plantas de porte intermedio.

Esta característica morfológica coincide con el valor encontrado por Contreras (2017), donde menciona que las variedades de porte intermedio alcanzan alturas promedios de 2.25 m aproximadamente a los 6 años de edad, de manera que, dentro de las variedades de porte intermedio estudiados en la investigación se encuentran las variedades, Coipsa con 2.1 m y Catuai de 2 m y la variedad Criolla considerada planta de porte alto alcanzo 2.7 m y por otro lado Orozco y Hernández (2017), señalan que las variedades de porte alto alcanzan alturas de 3 m promedio aproximadamente como se ve en nuestro resultado para la variedad Criolla o Típica.

4.1.2. Diámetro medio del tallo

El análisis de varianza cuadro 7 para el resultado en el diámetro tallo en plantas de café de tres variedades con una edad de 4 años, los resultados muestran que existe diferencia altamente significativa en cuanto al grosor del tallo lo que demuestra que el diámetro de tallo medio de una variedad es mayor a los otros, el estudio presenta un coeficiente de variación de 1.4% donde nos indica que los datos estadísticos fueron tomados correctamente

Cuadro 7. Análisis de varianza en el diámetro tallo de la planta

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	54.57	2	27.28	372.06	<0.0001**
Error	0.44	6	0.07		
Total	55.01	8			
C.V.%	1.40%				

** = altamente significativo

En la prueba de medias Duncan (figura 8) realizado para el diámetro medio del tallo en las tres variedades de café con una edad de 4 años, los resultados muestran que la variedad Coipsa muestra una diferencia estadística en desarrollo del diámetro tallo de la planta en comparación a la variedad Criolla y Catuai con un promedio de 22.8 mm, sin embargo la variedad Criolla es superior estadísticamente frente a la variedad Catuai donde mostró un menor desarrollo del diámetro tallo de 17 mm en comparación a las otras.

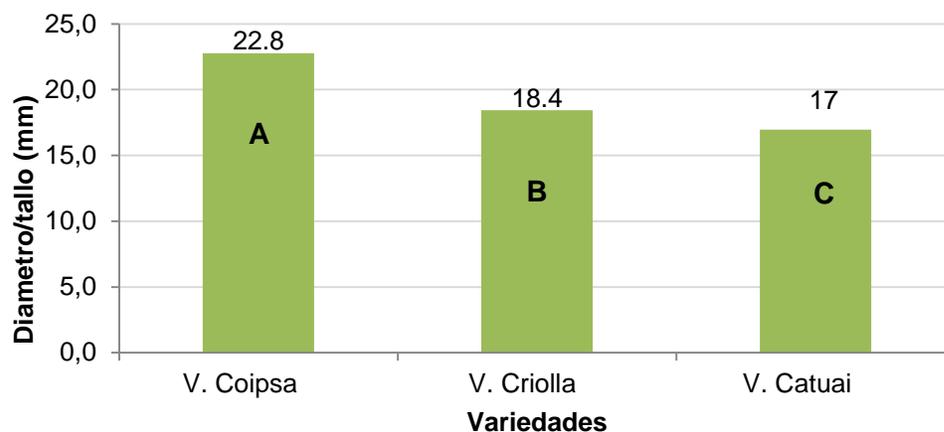


Figura 8. Comparación de medias Duncan, diámetro tallo en plantas de café

La variedad Coipsa presentó un mayor desarrollo del diámetro tallo presentando un mejor porte y resistencia a factores adversos como es el viento que puede causar acame y repercutir en la producción de los frutos. Por otro lado Arias *et al.* (2016), menciona que el desarrollo del diámetro del tallo se considera como un índice del vigor de la planta, siendo de mucha importancia ya que determina en gran manera la capacidad en sostener toda la parte aérea de la planta y resistencia a factores adversos, lo que repercute en un mayor rendimiento.

4.1.3. Peso del fruto guinda del café

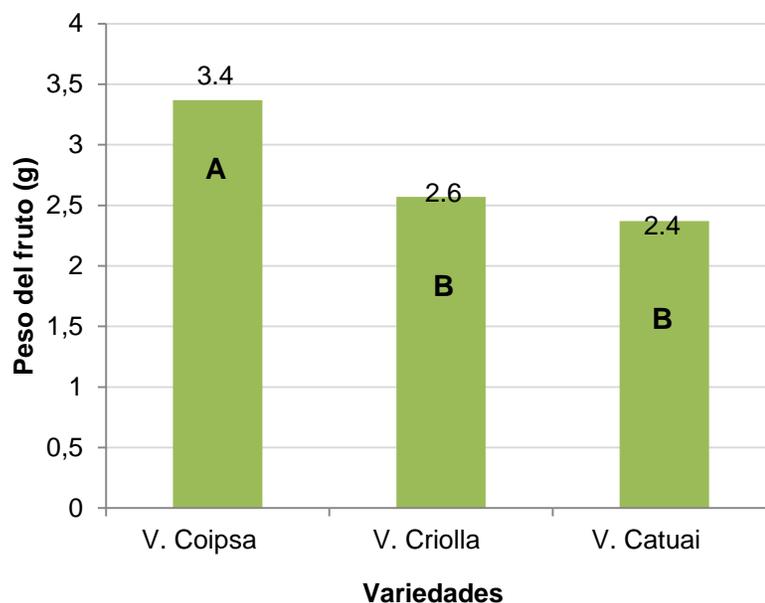
En el análisis estadístico de varianza en el peso de fruto cuadro 8 realizado a 30 frutos de café maduro o guindas tomados al azar de cada variedad se pesó con una balanza analítica, los resultados muestran diferencias en el peso altamente significativas, indicando que una de las variedades obtuvo un peso mayor en comparación a los demás, para esto se realizó la prueba de medias Duncan.

Cuadro 8. Análisis de varianza para el peso del fruto

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	1.68	2	0.84	31.5	0.0007**
Error	0.16	6	0.03		
Total	1.84	8			
C.V.%	5.9				

** = altamente significativo

Según los datos reportados (figura 9), se puede observar que las medias de los pesos de granos guindas indican que el mayor valor se encuentra para la variedad Coipsa mostrando diferencia estadística en comparación a la variedad Criolla y Variedad Catuai, sin embargo en estas dos variedades mencionadas se aprecia una moderada diferencia numérica y no así estadística.

**Figura 9. Prueba Duncan en el peso del fruto por variedades**

Estos resultados encontrados en la presente investigación son corroborados por Cenicafe (2022), donde mencionan que un grano de café guinda o cereza pesa aproximadamente 2.5 a 3 gramos promedio esto dependiendo de la variedad y la altitud donde se la produce. Comparando con nuestros resultados encontrados en la presente investigación

la variedad Coipsa presenta un peso superior de 3.4/g a lo mencionado por Cenicafe (2022). Por otro lado Núñez Rodríguez *et al*, (2021), describen que el tamaño y peso de los granos del café es valiosa tanto para el tostador como para el consumidor final. Antes de pedir muestras, los tostadores pueden predecir el potencial del café a partir de la indicación del tamaño garantizando un café de calidad.

4.1.4. Diámetro del fruto de café

El análisis de varianza realizado en el cuadro 9 para el diámetro del fruto en las tres variedades de café realizado en la Comunidad San Pablo muestra que existe diferencia estadística altamente significativa en el diámetro del fruto entre las diferentes variedades, lo que significa que una de las tres variedades presentó un mayor diámetro del fruto en comparación a las demás. Estos datos tomados en campo presentan un coeficiente de variación de 0.75% lo que muestra que los datos tomados son confiables.

Cuadro 9. Análisis de varianza en el diámetro del fruto de café

F.V.	SC	GL	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.9	2	0.45	80.6	<0.0001**
Error	0.03	6	0.01		
Total	0.93	8			
C.V.%	0.75				

** = altamente significativo

En la figura 10 se presenta el diámetro del fruto del café mediante la prueba Duncan, identificando tres grupos significativamente diferente en las tres variedades, los resultados de la investigación muestran diferencia estadísticas en las tres variedades, siendo que la variedad Coipsa obtuvo 10.3 mm de diámetro siendo superior y diferente estadísticamente a la variedad Criolla que obtuvo una medida de 9.8 mm y la variedad Catuai con una medida de 9.5 mm presentando el menor diámetro del fruto frente a las demás variedades

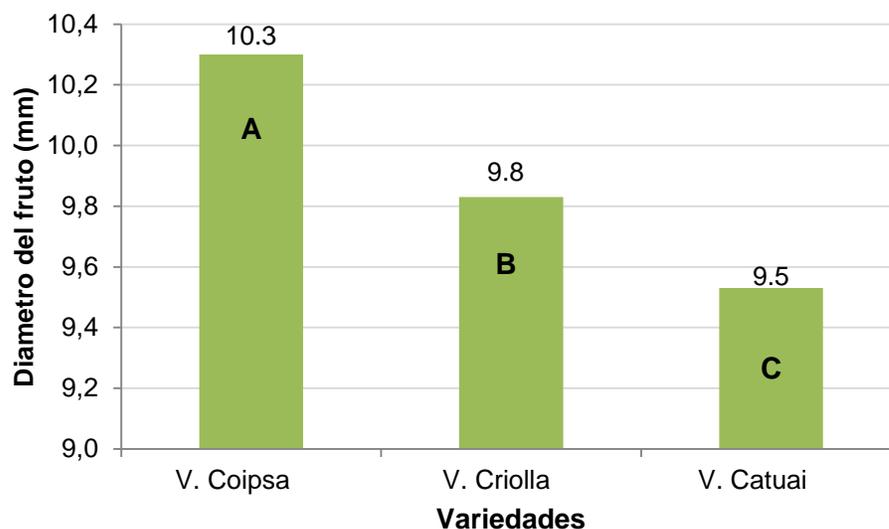


Figura 10. Prueba de medias Duncan en el diámetro del fruto de café

Los valores obtenidos como es en el desarrollo del diámetro del fruto favorable en la variedad Coipsa pueden explicarse por una combinación de factores que permiten el desarrollo óptimo del diámetro deseado. Uno de estos factores radica en la variedad o genética del café, altitud donde se cultiva y el manejo que se da durante el desarrollo y producción. Estos factores podrían haber contribuido de manera significativa en el desarrollo del diámetro del fruto en la variedad Coipsa.

En un estudio realizado a cabo por Anacafe (2020), reporta que la variedad Catuai es considerado una planta de porte medio donde se encontraron medidas del fruto en estado maduro, guinda o cereza con una longitud de 10.32 mm y ancho 9.14 mm durante la evaluación, por otro lado Bravo *et al.* (2018) también reportaron resultados en las dimensiones con un largo de 11.53 mm y ancho de 10.84 mm en frutos maduros de café, encontrando diferencias estadísticas significativas entre frutos maduros e inmaduros. En nuestros resultados se observa que las dimensiones de largo y ancho, contemplando en las tres variedades son inferiores a los encontrados por estos autores, solo la variedad Coipsa tiene un aproximado en cuanto al tamaño y longitud, considerándose una variedad de café con mayor tamaño en cuanto al fruto.

4.1.5. Longitud del fruto de café

En el análisis de varianza cuadro 10, realizado para la variable longitud del fruto en las tres variedades, los resultados de la investigación muestra que existe diferencia altamente significativa, donde muestra que una de las variedades es mayor en longitud del fruto del café que los otros.

Cuadro 10. Análisis de varianza en la longitud del fruto

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Tratamiento	0.9	2	0.45	80.6	<0.0001**
Error	0.03	6	0.01		
Total	0.93	8			
C.V. %	0.74				

** = altamente significativo

En la prueba de medias Duncan en la longitud del fruto en las tres variedades en la figura 11 los resultados muestran que existen diferencia significativa siendo la variedad Coipsa con mayor desarrollo de 10.1 mm de longitud del fruto presentando superioridad a las demás variedades, la variedad Criolla fue el segundo con mayor desarrollo de la longitud en el fruto con 10 mm y por último la variedad Catuai presentó 9.7 mm de longitud siendo inferior a los demás.

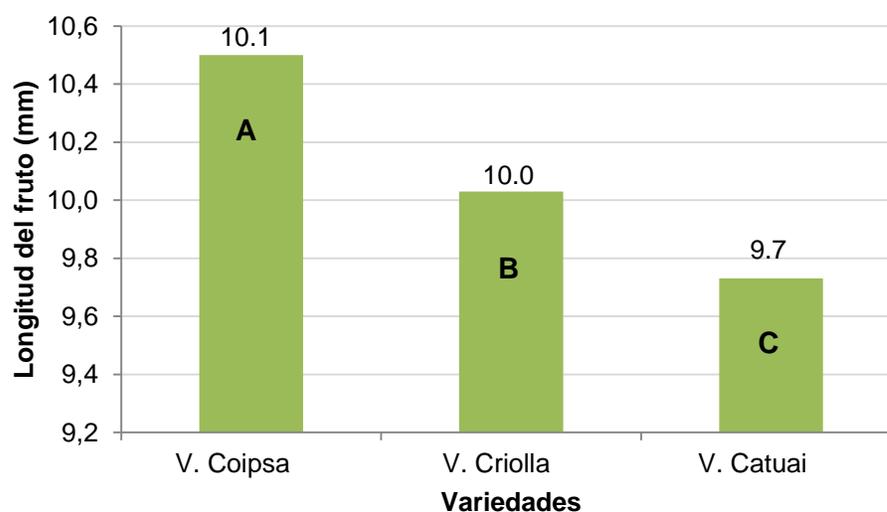


Figura 11. Comparación de medias Duncan en la longitud del fruto

Nuestros resultados se corroboran con Cenicafe (2022), donde menciona que una cereza de café típica o variedad criolla mide aproximadamente 4 a 6 pulgadas (10 a 15 cm) de largo y comienza como una luz de color verde, baya inmadura que madura gradualmente a amarillo y luego adquiere un color anaranjado/carmesí antes de volverse oscura de color rojo cereza/negro rojizo, ese es el momento en el que la fruta está lista para ser cosechada.

4.2. Evaluación física de la calidad del grano café pergamino

Las variables de la calidad física del café que se midieron, incluyeron la humedad del café pergamino seco, la merma, la proporción de grano brocado o dañado, almendra sana o de exportación y el factor de rendimiento en trilla, se midieron según los métodos de análisis de SCAA donde los resultados de laboratorio se mencionan en los Anexos 1, 2 y 3. Los promedios de los resultados indican que las variables físicas permiten el cumplimiento de los requisitos de calidad del café, aumentando la posibilidad de los caficultores de vender su producto a un mayor precio.

4.2.1. Evaluación del color, olor y aspecto del grano del café

Cuadro 11. Evaluación de la calidad del grano del café durante el tiempo de almacenamiento de un mes.

Evaluación	Variedad Criollo	Variedad Coipsa	Variedad Catuai
Rango de color	Verdoso	Café	Verde azul
Olor	Limpio	Limpio	Limpio
Aspecto	Limpio	Limpio	Limpio

Fuente: Elaboración propia, (2024)

La comparación en laboratorio del café pergamino (cuadro 11) a los un mes de almacenamiento, el café Criollo resulto tener un color verdoso, variedad Coipsa color café y la variedad Catui presentó un color verde azulado suave, el rango de color es la variedad de colores que presenta el grano de café. Estos colores pueden variar desde tonos verdes hasta amarillos o marrones, dependiendo del nivel de madurez del café guinda y del manejo o procesamiento del grano. En cuanto al olor y aspecto las tres variedades fueron consideradas limpias lo que implican que fueron manejadas

cuidadosamente durante el proceso de cosecha, despulpado, fermentado y secado (beneficio húmedo).

Según la SCAA (2017), indican que lo primero que se tiene en cuenta a la hora de analizar la calidad del café en un análisis físico es el olor del grano, un café en grano de calidad debe oler a seco y fresco. Los olores desagradables a reposo, tierra, moho o químico son indicadores de mala calidad y el café debería descartarse.

4.2.2. Humedad del grano de café en las tres variedades

En la evaluación del porcentaje de humedad del grano de café Figura 12 en las tres variedades presentaron un rango de 10.2 % para las variedades Coipsa y Criollo, en cuanto a la variedad Catuai tuvo un 11.3 % de humedad siendo el más alto en comparación a las otras variedades, estos parámetros están permitidos al momento de la recepción del café pergamino para su evaluación sensorial.

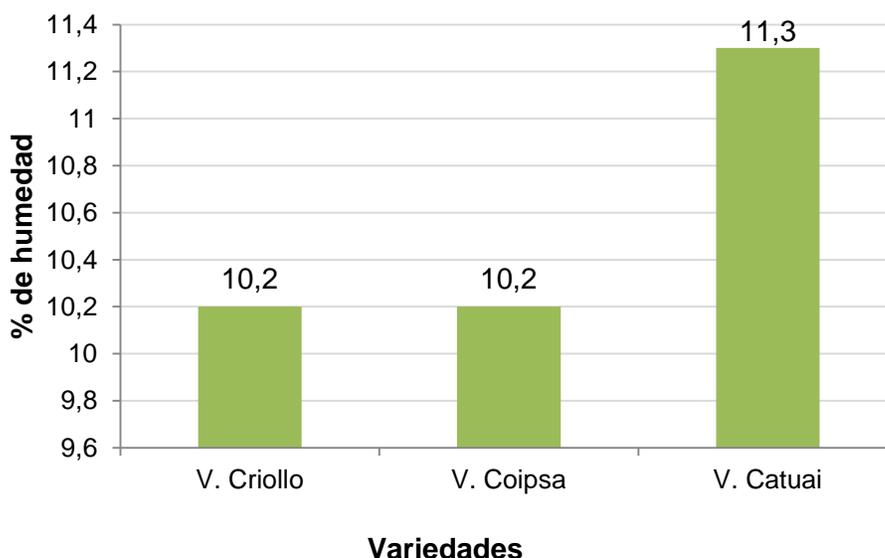


Figura 12. Porcentaje de humedad en el grano del café

Por otro lado, la humedad del grano de un café de buena calidad debe estar entre 10.5 % y 12 %. Si el porcentaje de humedad está por debajo del 10 %, quiere decir que el grano está muy seco y eso afecta negativamente a la calidad final de la bebida, en cambio, cuando el porcentaje de humedad está por encima del 12 %, es un indicador de que el café está muy húmedo y por lo tanto, no es posible hacer la trilla ni el tueste (Osorio, 2021).

Estos resultados de calificación del porcentaje de humedad en las tres variedades evaluadas en laboratorio se encuentran aceptado dentro los parámetros de evaluación de SCAA.

4.2.3. Densidad del grano del café

La densidad de los granos de café en las tres variedades Figura 12, realizado en laboratorio tuvo como resultado a las variedades Catuai y Criollo con una densidad de 0.7 g/ml y 0.67 g/ml para la variedad Coipsa. La densidad del grano de café es un dato importante para los tostadores, los compradores de café verde y los comerciantes. A menudo se considera un indicador simple de calidad y de mucha importancia que puede influir en la calidad y el sabor del café, siendo que la densidad más alta puede indicar un grano más lleno y compacto.

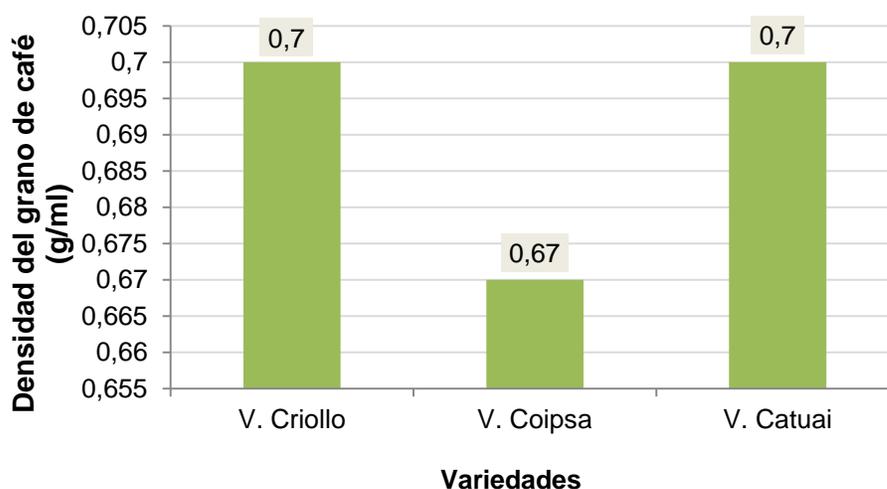


Figura 13. Densidad del grano de café grano de oro verde

Nuestros resultados indican que la variedad Criollo y Catuai muestran una mayor densidad del grano del café con 0.7 g/ml indicando mayor calidad del grano, sin embargo Salazar (2022) menciona que la densidad aparente del café verde suele oscilar entre 0.55 y 0.75 g/ml, aunque generalmente se espera que los Cafés de Especialidad sean más densos que el promedio, en el rango de 0.65 a 0.75 g/ml y en esto influye la altitud siendo uno de los principales factores que afectan a la densidad de los granos de café. A mayor altitud, las cerezas del café maduran más lentamente, por lo tanto los granos son más densos. También contienen mayores niveles de azúcar, lo cual da lugar a perfiles de taza más complejos y dulces, por lo cual son más buscados.

4.2.4. Actividad del agua en el grano del café

Realizado la evaluación física del grano de café en laboratorio (Anexo 1, 2 y 3) en las tres variedades, se tiene como resultado que la disponibilidad de agua en los granos de café tiene un valor de 0, por lo que el grano está seco y estable, no hay actividad de agua en los granos de café.

La actividad del agua en el café describe el estado energético del agua en una muestra de café específica y, por lo tanto, su potencial para participar en reacciones bioquímicas y el crecimiento de microorganismos (moho, bacterias, toxinas, etc.). Se utiliza para predecir la estabilidad y la salubridad del café y los alimentos en general, con respecto al crecimiento microbiano, las tasas de reacciones de deterioro y las propiedades químicas y físicas. A la hora de realizar el análisis sensorial

4.3. Clasificación del grano de oro verde del café

En la clasificación del grano de oro o café trillado cuadro 12, según la evaluación del laboratorio, los resultados muestran que de 500 g de muestra en café pergamino, en la variedad Coipsa 385.3 g es exportable del total, los granos menudos que solo se lo utilizan para consumo o venta local representa el 15.6 g, los defectuosos que corresponde a partidos, dañados por la broca y otros forman parte en un 6.3 g y la cascarilla con 92.8 g del total de la muestra, En la variedad Catuai el grano exportable representa 379.8 g y la variedad Criolla con 375 g siendo la que menor cantidad de grano exportable que ha presentado.

Cuadro 12. Clasificación del grano por tamaño y defectos en 500g

Trillado	Variedad Criolla	Variedad Coipsa	Variedad Catuai
	g	g	g
Pergamino	500	500	500
Menudo	38.5	15.6	30.5
Defectuoso	7.4	6.3	6.2
Exportable	375	385.3	379.8
Cascarilla	79.1	92.8	83.5

Fuente: elaboración propia, (2024)

En la figura 14, en la clasificación del grano de oro verde en las tres variedades una vez trillado, se presenta los resultados en las barras con cuatro variables (exportable, cascarilla, menudo y defectuoso) se observa que la variedad Coipsa presenta un 77.3 % de granos exportables. Sin embargo, también registra un porcentaje de cascarilla o desperdicio del 18.4 % que es la cascara exterior de grano, el menudo presenta en un 3% que son de menor tamaño y calidad inferior que solo se utiliza para consumo familiar, en cambio los granos defectuosos que son los partidos, brocados y otros corresponde al 1.3% del total de la muestra

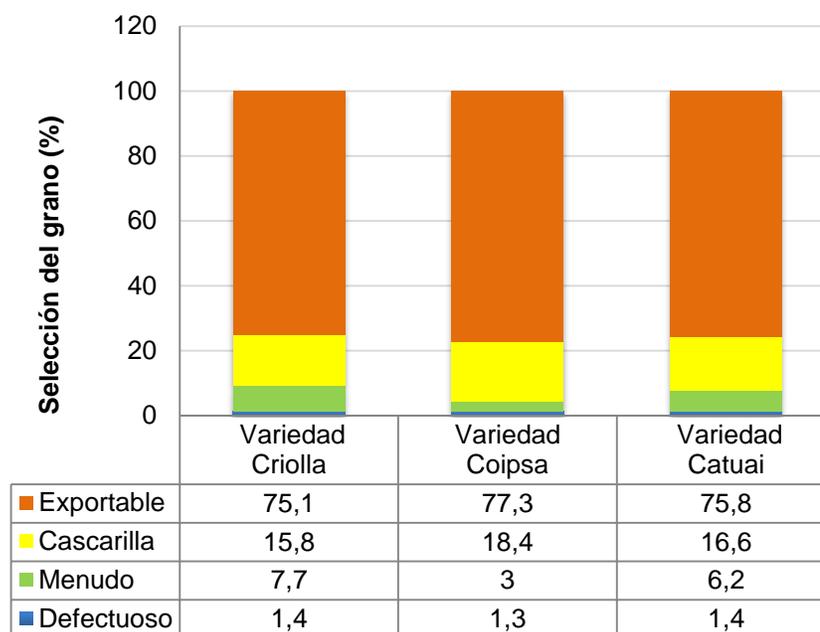


Figura 14. Porcentaje de clasificación del grano de café en el trillado

Los resultados para la variedad Catuai muestran que los granos exportables fue del 75.8 %, granos menudos 6.2 %, defectuosos 1.4 % y la cascarilla formo parte del 16.6% siendo la variedad con mejor porcentaje de granos de exportación después de la variedad Coipsa y la variedad Criolla muestra un 75.1 % de granos exportables.

El porcentaje de almendra sana se refiere a la cantidad de granos grandes, sanos, sin defectos, presente en una cantidad determinada de café. El valor promedio de un buen café exportable se estima en 74%, y valores superiores indican una mejor calidad física Según Romero (2021), el mismo autor menciona que un café estándar o grano de oro utilizado para la evaluación de la calidad, se tamiza con un tamiz de tamaño 16 o superior. Los granos más grandes tienen mejor precio en el mercado y saben mejor, esta se apoya

en la teoría de que los mejores perfiles de sabor se encuentran en cafés de mayores tamaños o bien desarrollados de regiones más altas y con bayas más grandes. Sin embargo, el tamaño y la calidad no siempre se correlacionan con el potencial de sabor.

Estos resultados nos muestran que la variedad Coipsa presenta un mayor rango en grano de exportación por la calidad del grano en guinda o cereza presentando mayor peso, longitud y diámetro en comparación a las demás variedades.

4.4. Análisis sensorial de las tres variedades de café

La evaluación sensorial en las tres variedades, se desarrollaron de acuerdo a la metodología descrita anteriormente que es SCCA que se evalúa con puntajes que va desde una escala mínima de 0 a un valor máximo de 10 puntos; los resultados se observan en el cuadro 13, donde nos permiten interpretar que los valores de cada atributo no muestra mucha variabilidad, respecto a las características organolépticas en las tres variedades, donde muestran puntajes de 7.75 a 10 donde este puntaje indica de muy bueno a extraordinario como se muestra los índices de puntuación de calidad.

Cuadro 13. Análisis sensorial del café grano de oro

Análisis	Variedad Criollo	Variedad Coipsa	Variedad Catuai
Sensorial	Puntaje	Puntaje	Puntaje
Aroma/fragancia	8	7.75	8
Sabor	8	8	8
Regusto/resabio	7.75	8	7.75
Acidez	8	7.75	7.75
Cuerpo	7.75	8	7.75
Balance	8	7.75	7.75
General	8	8	8
Uniformidad	10	10	10
Dulzura	10	10	10
Limpieza de taza	10	10	10
Total puntaje final	85.5	85.25	85

Fuente: elaboración propia, (2024)

La figura 15, presenta el balance de los atributos sensoriales en variedad de café Criollo, los atributos evaluados incluyen: Limpieza de taza, Dulzura y Uniformidad mostraron una puntuación de 10 calificándoles dentro de un café de extraordinario, no mostrando impresiones negativas desde la absorción hasta el regusto final de la catación en cuanto a limpieza, de la misma manera en la uniformidad mostró consistencia del sabor en todo el proceso y siendo una agradable plenitud del sabor. La Fragancia o aroma, Sabor, Acidez e Impresión general y Balance después de la molienda en seco y posterior en húmedo muestra un puntaje de 8 según la escala de puntuación considerando en una calidad de excelencia, en cuanto regusto/resabio y Cuerpo alcanzo una puntuación de 7.5 considerándose una taza de muy buena calidad

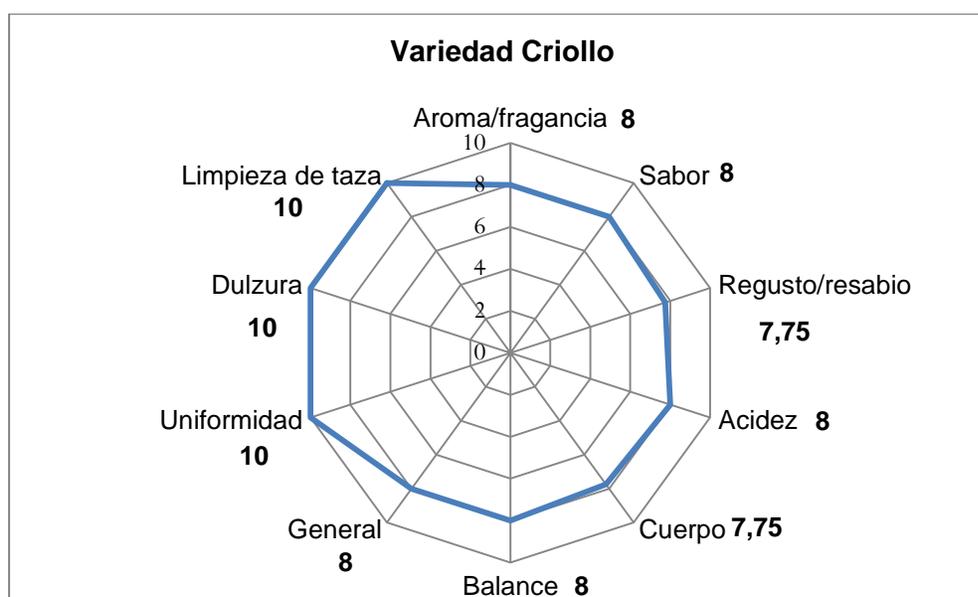


Figura 15. Evaluación sensorial variedad Criollo

En la figura 16 en la evaluación sensorial o taza de la variedad Coipsa según la escala de 0 a 10 según las normas SCAA, se observa como resultado que los atributos de esta variedad Limpieza, Dulzura y Uniformidad alcanzaron un puntaje de 10 mostrando consistencia o igualdad del sabor en las diferentes muestras probadas, si las tazas tuvieran un sabor diferente no alcanzarían este puntaje. En cuanto al Aroma, Sabor e Impresión General mostró un puntaje de 8 considerándose en una escala de excelente calidad en su evaluación y en el regusto, Acidez, Cuerpo y Balance alcanzó puntaje de 7.75 con una calidad de evaluación de muy bueno.

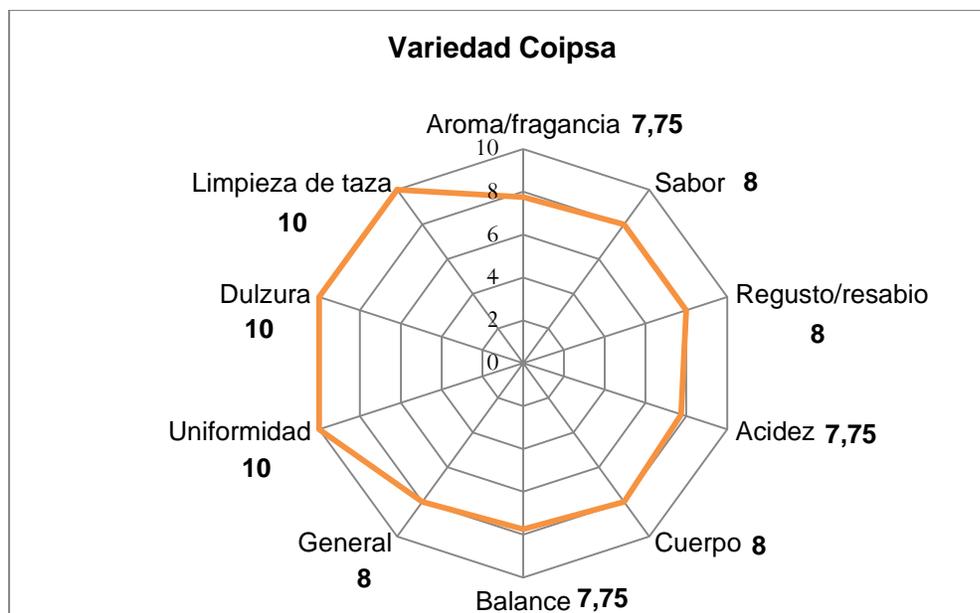


Figura 16. Evaluación sensorial variedad Coipsa

En la evaluación sensorial de la variedad Catuai figura 17 los resultados indican que Limpieza, Dulzura y Uniformidad obtuvo un puntaje de evaluación de 10 considerándose un café extraordinario, en los atributos Aroma, Sabor y General llegó con un puntaje de 8 y en la Acidez, Cuerpo, Balance y Regusto alcanzó un puntaje de 7.75 considerándose un café con parámetros de muy bueno en la escala de calidad de evaluación.

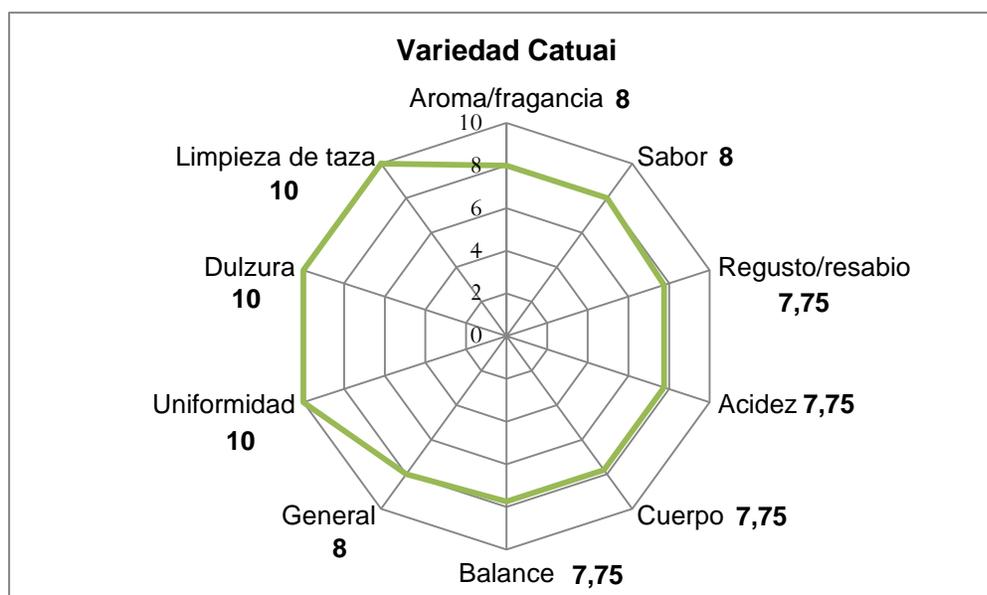


Figura 17. Evaluación sensorial variedad Catuai

En el atributo del aroma en el café de las tres variedades, los resultados en la evaluación presenta la variedad Criollo y Catuai con puntaje de 8, que según la escala de calidad es de excelente aroma, mientras que en la variedad Coipsa presenta un valor ligeramente inferior de 7.75 puntos sobre 10 que está dentro del rango de un aroma muy bueno, siendo que las variedades Criollo y Catuai presentan un mejor aroma en comparación a la variedad Coipsa. Lo que significa que cuando se mezcla o infunde el café molido con agua caliente se siente o puede olfatear la calidad e intensidad del aroma a frutal, dulce y muy agradable en la Variedad Criollo y una intensidad en el aroma a frutal y licoroso en la variedad Catuai.

En el resultado del atributo sabor del café en las tres variedades Criolla, Coipsa y Catuai muestran un puntaje de 8 siendo similares los tres y que según la escala de calidad se encuentran con una excelente intensidad del sabor combinando todas las sensaciones gustativas y aromas retrosonales que van desde la boca a la nariz.

Respecto al regusto o resabio las variedades Criollo y Catui alcanzaron una calidad muy buena con un puntaje de 7.75, sin embargo la variedad Coipsa tuvo una calidad de excelencia alcanzando un puntaje mayor de 8 puntos, lo que indica que el regusto en esta variedad presentan cualidades positivas del sabor y aroma que emanan desde la parte posterior del paladar y permanecen después de que el café se ingiere.

En la evaluación de la acidez del café en la catación en las tres variedades, la variedad Criollo preservó mejor la acidez con un puntaje de 8, en cambio la variedad Coipsa y Criollo obtuvieron un puntaje de 7.75, presentando una calidad de muy buena, demostrando que la calidad de la acidez en las tres variedades se atribuye a la vivacidad, dulzura y característica de una fruta fresca de un café.

En el atributo cuerpo realizado para las tres variedades, muestra como resultado un puntaje de 8 en la variedad Coipsa presentando una sensación táctil del líquido en la boca con una excelente característica de sensación agradable en la boca, especialmente cuando se percibe entre la lengua y el paladar, mientras que en la variedad Criollo y Catuai presentaron una calidad muy buena en este atributo con un puntaje de 7.75 siendo menor a la variedad Coipsa.

En la evaluación de los atributos uniformidad, dulzura y limpieza de taza, los resultados obtenidos muestran que las tres variedades presentaron un puntaje de 10, encontrándose

dentro la escala de calidad extraordinaria siendo el máximo puntaje, lo que significa que las tres muestras presentaron impresiones positivas en la taza limpia desde la primera absorción hasta el retrogusto final, para la uniformidad presentó consistencia del sabor para la diferentes tazas y en cuanto a la dulzura presentaron una agradable plenitud del sabor.

Con respecto al balance o equilibrio de las pruebas sensoriales de las tres variedades los resultados indican que la Coipsa y Catuai alcanzaron una calidad de muy bueno con 7.75 puntos, sin embargo la variedad Criolla obtuvo un puntaje mayor de 8 indicando un excelente balance o equilibrio de la taza en esta variedad donde los diversos aspectos del sabor, retrogusto, acidez y cuerpo de la muestra funcionan juntos y se complementan o contrastan entre si y eso es el equilibrio.

Para la impresión general de la taza en la evaluación sensorial las tres variedades Criolla, Coipsa y Catuai mostraron un puntaje de 8 teniendo una calidad extraordinaria, indicando que presentaron impresiones positivas durante toda la etapa de la catación.

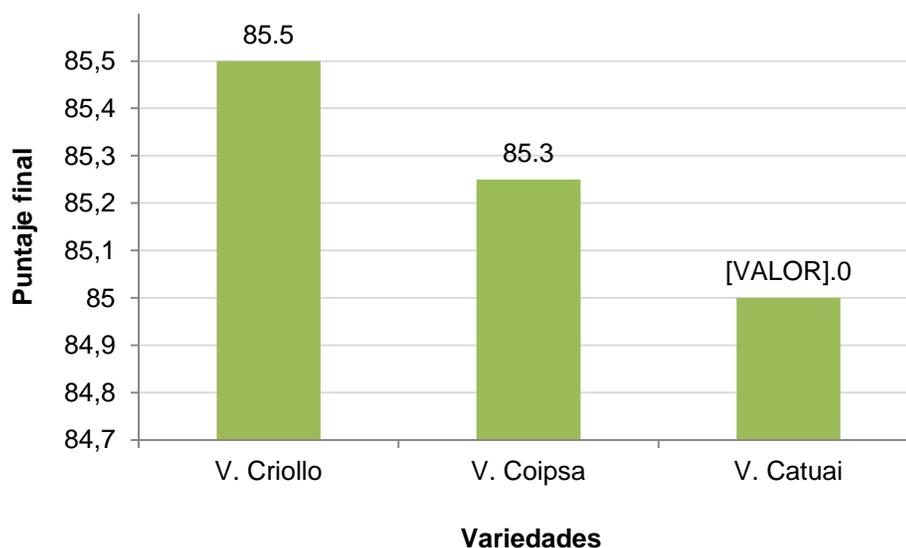


Figura 18. Puntuación final del análisis sensorial en las tres variedades

Los puntajes finales se dan restando los defectos del puntaje total para llegar a un puntaje final figura 18. Los resultados finales de la calidad sensorial de las tres variedades figura 19, la variedad Criollo presentó una puntuación mayor de 85.5 puntos, seguido con una ligera variación la variedad Coipsa con 85.3 y la variedad Catuai presento un puntaje final

de 85.0, donde estos puntajes en las tres variedades son considerados como un café de excelencia, la puntuación alta puede deberse a la altitud de la producción donde se encuentra el cultivo que es de 1200 msnm y al manejo mismo del cultivo, ya que el señor Isaac dueño de la parcela mantiene limpia su cultivo y con una asociación de árboles forestales para regular la temperatura o calor.

Estos factores mencionados que influyen en la calidad del café son corroborados por Alves *et al.* (2017), donde mencionan que la calidad sensorial del grano de café está en función del factor genético (variedad) y factor ambiental (clima, suelo, altitud, etc.) pero a ello también se debe sumar el factor humano (manejo).

Por otro lado Osorio (2021), también refieren que los atributos sensoriales del café pueden describirse desde su intensidad y calidad en una escala descriptiva del el café y la calidad se asocia con el compromiso del caficultor en la cadena productiva para lograr una bebida con atributos sensoriales sobresalientes que incentivan al consumidor a pagar un precio superior por el producto, lo que representa mejores ingresos para el caficultor.

5. CONCLUSIONES

Al culminar el presente trabajo de investigación se han llegado a las siguientes conclusiones:

Para la evaluación física de la planta

- En las características físicas de la altura planta en las tres variedades, la variedad Criolla desarrollo mayor altura en comparación a la variedad Catuai y Coipsa que mostraron similitud en la altura, debido a que la variedad Criolla o Typica es considerado una planta de porte alto y las otras variedades se las caracteriza de porte medio.
- En la comparación del diámetro tallo de las plantas en las tres variedades, se evidencio que la variedad Coipsa presentó un mayor diámetro en el tallo lo que significa una planta con mejor vigor para resistir factores adversos, seguido de la variedad Criollo y por ultimo con menor diámetro presentó la variedad Catuai.
- En la evaluación del granos de café guinda o cereza tomando como parámetros el peso, diámetro y la longitud del fruto. La variedad Coipsa obtuvo los frutos con mejor tamaño en comparación a la variedad Criolla y Catuai,

Para las propiedades físicas del grano oro verde del café.

- En la clasificación física del café grano de oro o trillado se encontró resultados favorables para la variedad Coipsa presentando mayor cantidad de granos grandes de exportación con 77 % del total evaluado, seguido de la variedad Catuai con 75.8% y la variedad Criolla con el 75% de granos grandes de exportación.
- La presencia de humedad en el grano de café presentaron un rango de 10.2 % en la variedad Coipsa y Criollo, para la variedad Catuai presento 11.3 % de humedad lo que significa que las tres variedades estuvieron dentro en rango permitido por la SCAA y que fueron manejados cuidadosamente durante el proceso de beneficio húmedo.

Para las propiedades organolépticas del café o análisis sensorial

- Se ha determinado que la calidad sensorial del café en sus atributos (aroma, acidez y sabor) no muestra variación en puntaje de 7.75 a 8 que son considerados de muy bueno a excelentes en las tres variedades evaluadas debido a fueron procesadas correctamente durante el beneficio húmedo y además que las tres variedades se encuentran cultivadas en el mismo piso ecológico e igual condiciones edafoclimáticas y que estas cualidades lo dan una calidad de taza limpia alta.
- El mejor puntaje final en el análisis sensorial lo obtuvo la variedad Criolla con 85.5 seguido de la variedad Coipsa 85.3 y la variedad Catuai 85 puntos donde estos resultados presentan mínima diferencia y que los tres cultivares en su evaluación sensorial o de calidad alcanzaron la calidad de café de excelencia, lo que le permite al productor vender a mejor precio en el mercado

6. RECOMENDACIONES

En base a los objetivos, resultados y conclusiones del presente trabajo, se pueden formular las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda evaluar los rendimientos productivos de la variedad Coipsa tomando en cuenta que es un cultivar propio de la zona y según la evaluación sensorial presenta una taza de calidad de 85.3 puntos que es café de excelencia o especial.
- Dinamizar el cultivo de café de la variedad Coipsa con otros productores y comunidades con el fin de promover la variedad y tener producciones en mayor cantidad, para poder vender y exportar un café de buena calidad.
- Realizar una degustación del café elaborado, dirigido a los consumidores a nivel local y departamental para promocionar esta nueva variedad.
- Competir en torneos locales departamental y nacional en la taza de calidad compitiendo con otras variedades y promocionando la variedad local, ya que cuenta con un puntaje alto en su evaluación.
- Se recomienda evaluar los tiempos de fermentación del beneficio húmedo y encontrar el punto óptimo de tal manera que se logre mejorar la calidad en taza y por ende incrementar los ingresos económicos debido a que se logra tener mejor calidad sensorial del café.

7. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

- Alves, R; Volpato; L; Vieira, C; Borém, M; Barbosa, N. 2017. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. Informe Agropecuario do Brasil. 26p.
- Alvarado, M. & Rojas, G. 2007. El cultivo y beneficio del café. Segunda reimpresión. Costa Rica. 119p.
- Anacafe (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2020. Guía de variedades de café. Tercera edición. 55p.
- Anacafé. Asociación Nacional del Café. 2019b. Guía de Variedades de Café Guatemala.”49p.
- Anacafe. (Asociación Nacional del Café, Guatemala). 2023. Situación actual de los precios internacionales del mercado de café, Guatemala. 66p.
- Andrade, K. 2018. Evaluación de los parámetros tiempo; temperatura y variedad de café arábica (*Coffea arabica*) Caturra amarillo; en el proceso de tostado. Tesis de Pregrado. Carrera Ingeniería Agroindustrial. Facultad de Ingeniería en ciencias agropecuarias y ambientales. Universidad Técnica del Norte. Ecuador.
- Anzueto, R. F. 2013. Revista el Cafetal. Edición 35. P. 3. Asociación Nacional del Café (Anacafé). Guatemala.
- Arias, S y Gutiérrez, Z. 2016. Relaciones entre las características morfológicas y la producción en cinco cultivares de café (*Coffea arabica* L.). 45p
- Atavillos, C. 2019. Caracterización fisicoquímica, determinación de polifenoles. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Huánuco.
- Barrientos, R. 2011. Café – Manual para las escuelas de campo. 1 ed. Liliana Ríos Vargas. La Paz, Bolivia. 70 p.

- Blanco, M; Hagggar, J; Moraga, P; Madriz, J; Giovanni, P. 2018. Morfología del Café (*Coffea arabica* L.), En Lotes Comerciales. Nicaragua.” *Agronomía Mesoamericana* 14(1):97p.
- Café Saula. 2017. Diccionario de café: crema, cuerpo y densidad. Visitada el 02 de octubre 2024. <https://www.cafesaula.com/blog/es/diccionari-de-cafecrema-cos-i-densitat/>.
- CACS. (Cooperativa Agraria Cafetalera Satipo Ltda). 2013. Manual para la producción y análisis de calidad de cafés especiales para productores (1ra ed.). Perú.
- CCI. (Centro de Comercio Internacional). 2002. Café. Guía del exportador, mercados nicho, aspectos ambientales y sociales, Ginebra. 67-73p.
- Castañeda, P. 2007. Manual Técnico Cafetalero, Primera edición. Lima – Perú. 62p: TECNAPROT S.R.L.
- Cenicafe. 2013. (Centro Nacional de Investigación de Café, Colombia). 2022. Factores e indicadores de la calidad física, sensorial y química del café. 27p.
- Contreras, M. 2017. Efecto de Una Generación de Endogamia Sobre Caracteres Vegetativos y Productivos En Yuca (*Manihot esculenta crantz*).” Universidad Nacional de Colombia.
- Condori, W. 2020. Comportamiento agronómico de nueve cultivares de café (*Coffea arabica* L.) en vivero con tres tipos de sustratos en Chijchipani, Caranavi- La Paz. Universidad Mayor de San Andres. Bolivia: UMSA. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/24911>.
- CICAFE. (Centro de Investigaciones en Café) 2011. Instituto del café de Costa Rica Guía Técnica para el Cultivo del Café. 72p.
- Coffee IQ. 2019. Una Mirada a la Catación del café. Visitada el 01 de noviembre de 2024. <https://www.coffeeiq.co/una-mirada-a-la-catacion-de-cafe/>.
- Cleves, R. 1995 Tecnología en el beneficiado de café Técnicafe internacional S.A. San José – C R 1ra edición. 196-198p

- Chambi, F. 2021. Colonia de los Yungas. Breve historia del café en los Yungas.
- Chávez, A. 2019. Evaluación de la calidad física, fisicoquímica y sensorial de granos de café verde oro (*Coffea arabica* L.) de diferentes zonas – Leoncio 78 Prado. Tesis de Pregrado. Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María-Huánuco. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1575>.
- Dzebo, A. y Adams, K. 2022. La cadena de suministro de café ilustra los riesgos climáticos transfronterizos: perspectivas sobre vías de gobernanza. SE
- De La Cruz, R. 2018. Influencia del tipo de perfil de tostado del café en la calidad en taza para una tostadora de 2 KG. Tesis de Maestría Ingeniería Mecánica. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/4977>.
- ECF. 2022a. Declaración Reactiva de la Federación Europea del Café sobre la Propuesta de Regulación de la Comisión Europea para minimizar el riesgo de deforestación y degradación forestal asociada a productos colocados en el mercado de la UE
- Franco, R. M. 2021. Manual del cafetalero colombiano. Federación Nacional de Cafeteros. 28p.
- Gabriel J, Castro C, Valverde A, Indacochea B 2017. Diseños experimentales: Teoría y práctica para experimentos agropecuarios. Grupo COMPAS, Universidad Estatal del Sur de Manabí (UNESUM), Jipijapa, Ecuador. 146 p.
- Huanca, M. M. 2007. Evaluación de los factores que inciden en la calidad del café (*Coffea arabica*) en cosecha y beneficiado en el Cantón Rosario Entre Ríos. (M. M. Huanca, Intérprete) Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Murillo, Bolivia.
- INIAF. (Instituto Nacional de innovación Agropecuaria y Forestal, Bolivia). 2023. Programa Nacional del Café, Norte de La Paz y Santa Cruz.
- ICONTEC. (Instituto colombiano de normas técnicas y certificación del café, Bogotá. Colombia. 2019. Análisis sensorial. Metodología de la prueba triangular. Bogotá, ICONTEC. 88 p. (Serie Industrias Agrícolas) (NTC 2681).

- IBNORCA, (Instituto Nacional de Normalización de la Calidad). 2001. Norma Boliviana 315 002, Estimulantes – Café – Café verde en Grano Clasificación, La Paz. Bolivia. 11p.
- IBCE. (Instituto Boliviano de Comercio Exterior, Bolivia). 2022. Producción y comercialización del café a mercados extranjeros. 56p.
- Franco, R. M. 2021. Guía del Cultivo de Café. Colombia. Obtenido el 25 de octubre de: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/831/1/01.%20Historia%20del%20caf%C3%A9.pdf>.
- Gómez, L., Torres, E., & Martínez, C. 2022. Effects of post-harvest processing on sensory profile of arabica coffee. *International Journal of Food Science*, 210-225p.
- Juárez, B. A. 2018. Características físicas del fruto de café (*Coffea arabica* L.) en híbridos de Timor." *agro productividad*, vol. 11, no. 3.
- Landaverde, Q. 2017. Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café (Procafé). Artículo Técnico. Variedad Cuscatleco. Santa Tecla, El Salvador.
- Lara, L y Vaast, P. 2018. Effects of altitude, shade, yield and fertilization on coffee quality (*Coffea arabica* L. var. Caturra) produced in agroforestry systems of the Northern Central Zones of Nicaragua. En: *Second International Symposium on Multistrata agroforestry systems with perennial crops: Making ecosystem services count for farmers, consumers and the environment*, Costa Rica. IUFRO, CIRAD, CATIE. Turrialba.
- Lata16. 2017. Laboratorio boliviano del café. Manual de Calidad del Café. Rueda de sabores del Catador del café. Creada sobre las bases del diccionario sensorial de World Coffee Resaarch. 26p.
- Mendoza, R. y Romero, S. 2024. Monitoreo y evaluación de las características físicas y sensoriales del cultivo de café Variedad Coipsa. San Pablo Caranavi.
- FECAFEB. 2009. Federación de Caficultores Exportadores de Bolivia.

- Núñez, R; Carvajal, R & Mendoza; F. 2021. Tamaño y peso de granos de café en relación con rangos altitudinales en zonas cafetaleras de Toledo, Norte de Santander (Colombia).
- OCA (Organización Comercial Autónoma, S.A.). 2005. Manual de El Café y la Catación. 2-9p.
- Orozco, E y Hernández, C. 2017. Selección de Cultivares de Café (*Coffea arabica* L.) Adaptados a Las Regiones Cafetaleras de Guatemala Basados En Caracteres Agromorfológicos, Resistencia a Plagas, Enfermedades y Calidad de Taza. 77p.
- Osorio, V. 2021. La calidad del Café. En Centro Nacional de Investigaciones de Café, Guía más agronomía, más productividad, más calidad (3a ed, p. 219–234). Cenicafé.
- Pacheco, R. 2016. Estimación del tiempo de vida útil del café tostado tipo Premium (*Coffea arabica*) en diferentes empaques mediante pruebas aceleradas. (Tesis de Pregrado). Facultad de Industrias alimentarias. Universidad Nacional Agraria la Molina. Perú.
- Peña, O. 2018. Historia del café y sus características taxonómicas. Londres. Obtenido de http://www.ico.org/mission07_e.asp?Section=About_Us. (Consultado el 3 de marzo, 2024)
- Poltronieri, P; Rossi, F. 2016. Challenges in Specialty Coffee Processing and Quality Assurance. Italy. 78 p.
- Peñuela (2011), M. E. 2010. Estudio de la Remoción del Mucílago de Café A Través de La Fermentación Natural. Tesis de Grado. 84p
- Puerta, Q. G. 2010. Fundamentos del Proceso de Fermentación En El Beneficio del Café. Cenicafé. Avances Técnico. 402p.
- PTDI. (2020-2025). Plan territorial de desarrollo integral para vivir bien. Gobierno Autónomo Municipal de Caranavi. La Paz Bolivia. 87p
- Puerta, Q. G. 2011. Composición Química de Una Taza de Café. Cenicafé. Avances Técnicos 414: 1-12p.

- Puerta, Q. G. 2015. Generalidades sobre evaluación sensorial, el panel, los métodos, la interpretación de los resultados. Chinchiná, Cenicafé. 115 p.
- PROMPERÚ. 2019. Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo. Aromas y sabores. El mapa sensorial del café peruano. Visitado el 10 de noviembre 2024. www.promperu.gob.pe
- Rodríguez, A; López, M; García, J. 2020. Estudio de mercado y calidad del café en la región de Caranavi. *Revista de Agricultura Sostenible*, 45-60p.
- Rodríguez, N. 2012. Taxonomía del café y características edafoclimáticas del cultivo.
- Romero, C. A. 2021. Universidad de Girona. Métodos estadísticos para la evaluación de calidad de café: España. 56p.
- Rovira, J. 2020. La acidez en café. Percepción en boca. Fórumcafé. Disponible http://www.forumdelcafe.com/sites/default/files/biblioteca/la_acidez_del_cafe.pdf.
- Rivera, J. 2017. Estudio de la influencia del método de Tostión en la calidad sensorial del café. Tesis de Pregrado. Facultad de Agronomía. Universidad Nacional de Colombia.
- SCAA. Specialty Coffee Association of the América 2017. Protocolos de taza de especialidad del café. Comité de normas técnicas de la Asociación de Cafes especiales de America. 67p.
- Salazar, D. 2022. Análisis sensorial del café. Guía para catación de cultivares de café. Colombia. 89p.
- Sepúlveda, W; Maza, M; Mantecón, A. 2013. Information demanded by consumers: New issues in voluntary beef labeling. *Acta Alimentaria*. 42(2):3 - 10. doi: 10.1556/AAlim.42.2013.2.2.
- USDA. 2024. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. Coffee: World Markets and Trade. 55p.
- Zelaya, F. and Sotelo, C. 2020. Manejo de La Fertilización orgánica e inorgánica en el cultivo del café (*Coffea arabica* L.), en dos años consecutivos. 63p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Resultado del Análisis sensorial Variedad Coipsa

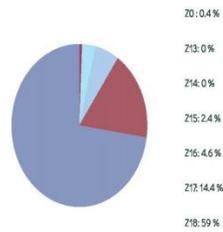
30/09/24, 23:29

Lata 16

Reporte Latabol-602

Tipo: CPS | Fecha de recepción: 30/09/24 | Fecha de cosecha: n/a - n/a | Muestra: 500 gr | Productor: - | Finca: - (-rsm) | Variedad: COIPASA | Proceso: Lavado

TAMAÑO DE GRANO



TRILLADO

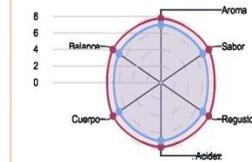
Dato	Gramos	Porcentaje
Pergamino	500.00 gr	100 %
Menudo	15.60 gr	3.00 %
Defectos	6.30 gr	1.20 %
Exportable	385.30 gr	77.00 %
Cascarillo	92.80 gr	18.40 %

SENSORIAL

PUNTAJE
 Aroma: 7.75
 Sabor: 8
 Regusto: 8
 Acidez: 7.75
 Cuerpo: 8
 Balance: 7.75
 General: 8
 Uniformidad: 10
 Dulzura: 10
 Limpieza de taza: 10
TOTAL PUNTAJE: 85.25

PENALIZACIÓN
 Tazas con defecto: 0
 Intensidad: 0
TOTAL PENALIZACIÓN: 0

BALANCE DE ATRIBUTOS



ANÁLISIS FÍSICO

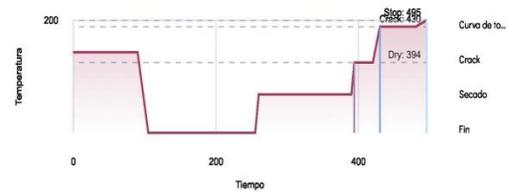
Rango de color: Café
 Olor: Limpio
 Aspecto: Limpio
 Actividad de agua: 0 aw
 Densidad: 0.67 g/ml
 Humedad: 10.2 %

ACEPTADO POR PARÁMETROS SCA

RESULTADO: SÍ

TOSTADO

Tiempo de secado: 06:34 | Desarrollo: 13%
 Tiempo de crack: 07:10 | Tostadora: Santoker
 Tiempo de tueste: 08:15 | Densidad de tostado: 0 g/ml



NOTAS

- 1) Físico: Olor y granos limpios
- 2) Tostado: Medición de color (LightTells): 64 Medium Light. Porcentaje de desarrollo: 13% Porcentaje de pérdida: 11%
- 3) Cata: Aroma frutal y dulce. Acidez cítrica/tartárica. Cuerpo sedoso y resabio prolongada. Notas a mango, frutilla, menta y flor de jamaica.

Anexo 2. Resultado del Análisis sensorial Variedad Catuai

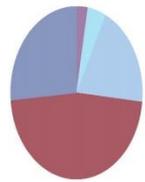
30/09/24, 23:28

Lata 16

Reporte Latabol-603

Tipo CPS	Fecha de recepción 30/09/24	Fecha de cosecha n/a - n/a	Muestra 500 gr	Productor --	Finca - (-msm)	Variedad CATUAÍ	Proceso Lavado
-------------	--------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------	-------------------	--------------------	-------------------

TAMAÑO DE GRANO



TRILLADO

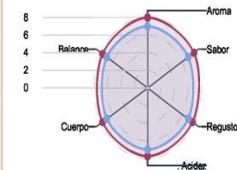
Dato	Gramos	Porcentaje
Pergamino	500.00 gr	100 %
Menudo	30.50 gr	6.00 %
Defectos	6.20 gr	1.20 %
Exportable	379.80 gr	75.80 %
Cascarilla	83.50 gr	16.60 %

SENSORIAL

PUNTAJE
 Aroma 8
 Sabor 8
 Regusto 7.75
 Acidez 7.75
 Cuerpo 7.75
 Balance 7.75
 General 8
 Uniformidad: 10
 Dulzura: 10
 Limpieza de taza: 10
TOTAL PUNTAJE: 85

PENALIZACIÓN
 Tazas con defecto: 0
 Intensidad: 0
TOTAL PENALIZACIÓN: 0

BALANCE DE ATRIBUTOS



ANÁLISIS FÍSICO

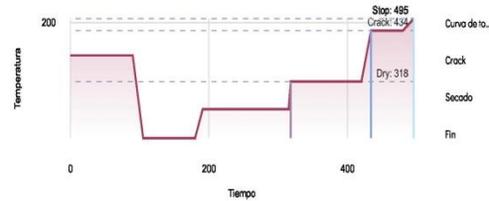
Rango de color: Verde-azul
 Olor: Limpio
 Aspecto: Limpio
 Actividad de agua: 0 aw
 Densidad: 0.7 g/ml
 Humedad: 11.3 %

ACEPTADO POR PARÁMETROS SCA

RESULTADO: SI

TOSTADO

Tiempo de secado: 05:18
 Tiempo de crack: 07:14
 Tiempo de tueste: 08:15
 Desarrollo: 12%
 Tostadora: Sanitoker
 Densidad de tostado: 0 g/ml



NOTAS

- 1) Física: Olor y granos limpios
- 2) Tostada: Medición de color (LightTells): 64 Medium Light. Porcentaje de desarrollo: 12% Porcentaje de pérdida: 11%
- 3) Cata: Aroma frutal y licoroso. Acidez cítrica. Cuerpo medio y resabio corto. Notas a cardamomo, flor de café, frutos blancos como pacaí, chirimoya y licor de copoazú.

Anexo 3. Resultado del Análisis sensorial Variedad Criolla

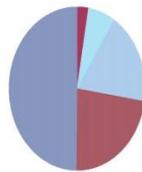
30/9/24, 23:10

Lata 16

Reporte Latabol-601

Tipo CPS Fecha de recepción 30/09/24 Fecha de cosecha n/a - n/a Muestra 500 gr Productor -- Finca - (-msm) Variedad CRIOLLO Proceso Lavado

TAMAÑO DE GRANO



Z0: 22.2%
Z13: 0.0%
Z14: 0.0%
Z15: 5.4%
Z16: 15.2%
Z17: 19.9%
Z18: 41.6%

TRILLADO

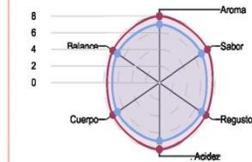
Dato	Gramos	Porcentaje
Pergamino	500.00 gr	100.00 %
Meruado	38.50 gr	7.60 %
Defectos	7.40 gr	1.40 %
Exportable	375.00 gr	75.00 %
Cascarilla	79.10 gr	15.80 %

SENSORIAL

PUNTAJE
Aroma 8
Sabor 8
Regusto 7.75
Acidez 8
Cuerpo 7.75
Balance 8
General 8
Uniformidad: 10
Dulzura: 10
Limpieza de taza: 10
TOTAL PUNTAJE: 85.5

PENALIZACIÓN
Tazas con defecto: 0
Intensidad: 0
TOTAL PENALIZACIÓN: 0

BALANCE DE ATRIBUTOS



ANÁLISIS FÍSICO

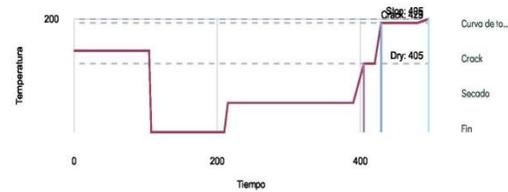
Rango de color: Verdoso
Olor: Limpio
Aspecto: Limpio
Actividad de agua: 0 aw
Densidad: 0.7 g/ml
Humedad: 10.2 %

ACEPTADO POR PARÁMETROS SCA

RESULTADO: SI

TOSTADO

Tiempo de secado: 06:45 Desarrollo: 13%
Tiempo de crack: 07:09 Tostadora: Santoker
Tiempo de tueste: 08:15 Densidad de tostado: 0 g/ml



NOTAS

- 1) Físico: Olor y granos limpios
- 2) Tostado: Medición de color (LightTells): 64 Medium Light. Porcentaje de pérdida: 11% Porcentaje de desarrollo: 13%
- 3) Cata: Aroma dulce y frutal. Acidez cítrica/fosfórica media alta. Cuerpo ligero. Resabio corto. Notas a sidra de cerezas, leche, durazno, cedrón y cacao.

Anexo 4. Proceso de la evaluación física de la planta de café en las tres variedades**Figura 19. Plantas de variedad Coipsa y Catuai de café****Figura 20. Medida del diámetro y longitud del fruto**

Anexo 5. Evaluación de la calidad física del grano de café



Figura 21. Peso y medida del café pergamino



Figura 22. Tamizaje del café por tamaño



Figura 23. Selección de la calidad física del café pergamino

Anexo 6. Evaluación sensorial de la calidad del café



Figura 24. Catación de los cafés en las tres variedades

Anexo 7. Registro de datos altura planta

MEDIDA ALTURA PLANTA DE LAS TRES VARIEDADES (m)											
VARIEDAD	REPETICION	UNIDADES DE MUESTREO (PLANTAS POR REPETICION)									
		Pit. 1	Pit. 2	Pit. 3	Pit. 4	Pit. 5	Pit. 6	Pit. 7	Pit. 8	Pit. 9	Pit. 10
COIPSA	REPETICION 1	1.8	2.20	2.22	2.30	2.10	2.25	2.20	2.15	2.25	2.17
	REPETICION 2	1.95	2.20	2.25	2.22	2.27	1.95	2.25	1.97	2.30	2.18
	REPETICION 3	1.85	2.32	1.78	2.22	2.19	2.09	1.95	1.1	2.18	2.23
CATUAI	REPETICION 1	2.10	1.82	1.80	1.87	1.95	1.80	1.77	1.90	1.78	1.82
	REPETICION 2	2.20	2.15	2	2.21	1.94	2.15	2.10	2.10	2.10	2
	REPETICION 3	2.15	1.73	2.15	2.15	1.92	1.98	1.77	1.82	1.96	1.98
CATUAI	REPETICION 1	3.1	2.29	2.92	2.67	2.76	2.55	2.91	2.87	2.67	2.86
	REPETICION 2	2.58	2.87	2.97	2.45	2.96	2.98	2.34	2.78	2.8	2.75
	REPETICION 3	2.7	2.6	1.9	2.5	2.57	3.40	2.67	2.22	2.89	2.5

Anexo 8. Registro de datos diámetro tallo

MEDIDA DIAMETRO DE TALLO DE LAS TRES VARIEDADES (mm)											
VARIED	REPETICION	UNIDADES DE MUESTREO (PLANTAS POR REPETICION)									
		Pit. 1	Pit. 2	Pit. 3	Pit. 4	Pit. 5	Pit. 6	Pit. 7	Pit. 8	Pit. 9	Pit. 10
COIPSA	REPETICION 1	24.2	24.4	22.3	19.8	21.6	24.7	23.6	23.2	24.2	22.8
	REPETICION 2	20.32	23.4	19.8	21.2	24.2	23.8	21.3	22.5	23.7	24.2
	REPETICION 3	20.1	23.7	23.8	22.7	25.2	21.2	20.5	24.1	24.1	22.2
CATUAI	REPETICION 1	19.2	18	15.3	13.8	12.9	17.3	16.4	17.8	16.4	20.2
	REPETICION 2	20.1	15.7	16.2	16.1	17.2	19.1	14.9	18.4	15.3	18.3
	REPETICION 3	17.2	15.3	21	17.2	16.3	15.2	16.3	17.2	17.9	17.1
CRIOLLA	REPETICION 1	18.6	17.8	16.3	19.8	16.4	21.4	19.4	18.7	20.2	16.3
	REPETICION 2	19.1	19.3	17.8	20.1	19.2	20.1	16.9	17.1	19.3	17.3
	REPETICION 3	16.5	20.2	15.6	16.5	17.3	19.5	18.2	19.9	19.1	19.5

Anexo 9. Registro de datos peso del fruto

PESO DE FRUTO POR PLANTA DE LAS DOS VARIEDADES (g)											
VARIEDAD	REPETICION	UNIDADES DE MUESTREO (PLANTAS POR REPETICION)									
		Plt. 1	Plt. 2	Plt. 3	Plt. 4	Plt. 5	Plt. 6	Plt. 7	Plt. 8	Plt. 9	Plt. 10
COIPSA	REPETICION 1	3.4	3.3	3.4	3.5	3.6	3.4	3.3	3.6	3.4	3.6
	REPETICION 2	3.5	3.6	3.3	3.4	3.6	3.6	3.4	3.4	3.3	3.6
	REPETICION 3	3.6	3.4	3.6	3.6	3.3	3.6	3.3	3.6	3.4	3.5
CATUAI	REPETICION 1	2.4	2.6	2.3	2.4	2.3	2.4	2.6	2.3	2.3	2.6
	REPETICION 2	2.4	2.3	2.6	2.4	2.4	2.6	2.4	2.3	2.4	2.4
	REPETICION 3	2.6	2.4	2.3	2.6	2.6	2.3	2.3	2.6	2.6	2.6
CRIOLLA	REPETICION 1	2.6	2.7	2.5	2.6	2.5	2.7	2.5	2.6	2.6	2.5
	REPETICION 2	2.5	2.4	2.6	2.4	2.7	2.4	2.7	2.4	2.4	2.6
	REPETICION 3	2.7	2.5	2.4	2.7	2.6	2.5	2.5	2.5	2.7	2.4