

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto del tipo de empaque sobre la calidad física y sensorial de granos de dos
genotipos de cafeto (*Coffea arabica* L.) a diferentes periodos de almacenamiento,
en Oxapampa**

Para optar el título profesional de

Ingeniero Agrónomo

Autores:

Bach. Neyl Raul MEDRANO AYALA

Bach. Monica ALIAGA VELASQUEZ

Asesor:

Mg. Ladislao Cesar ROMERO RIVAS

Oxapampa – Perú – 2026

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



T E S I S

**Efecto del tipo de empaque sobre la calidad física y sensorial de granos de dos
genotipos de cafeto (*Coffea arabica* L.) a diferentes periodos de almacenamiento,
en Oxapampa**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Dr. Crecencio Amaro QUIÑONES NARVAEZ
PRESIDENTE

Dr. Javier Justo GONZALES ARTEAGA
MIEMBRO

Dr. Alfredo Ruben BERNAL MARCELO
MIEMBRO



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Unidad de Investigación

INFORME DE ORIGINALIDAD N° 055-2025/UIFCCAA/V

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Presentado por
MEDRANO AYALA, Neyl Raúl
ALIAGA VELASQUEZ, Mónica

Escuela de Formación Profesional
Agronomía – Oxapampa

Tipo de trabajo
Tesis

Efecto del tipo de empaque sobre la calidad física y sensorial de granos de dos genotipos de cafeto (*Coffea arabica* L.) a diferentes periodos de almacenamiento, en Oxapampa

Asesor
Mag. ROMERO RIVAS, Ladislao Cesar

Índice de similitud
5 %

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el reporte de evaluación del software anti-plagio.

Cerro de Pasco, 30 de setiembre de 2025



Firmado digitalmente por HUANES
TODAR Luis Antonio FAU
20154933346 soft
Módulo: Soy el autor del documento
Fecha: 30.09.2025 18:58:39 -05:00

Firma Digital
Director UIFCCAA

c.c. Archivo
LHT/UIFCCAA

DEDICATORIA

Este trabajo, lo dedicamos a nuestros padres y familiares quienes en todo momento nos apoyaron a cumplir con nuestra meta profesional.

AGRADECIMIENTO

A docentes y administrativos del Programa de Estudios de Agronomía Oxapampa, quienes, con su experiencia y conocimientos compartidos, contribuyeron a nuestra formación profesional.

MSc. Ladislao Cesar Romero Rivas, por su apoyo como asesor de esta investigación.

RESUMEN

La calidad de los granos de café constituye un factor determinante para la competitividad de los productores en el distrito de Oxapampa. Esta región se caracteriza por el cultivo de cafetos que producen granos con atributos físicos y sensoriales valorados a nivel nacional e internacional. Se desarrolló una investigación en la que se evaluaron granos de *Coffea arabica* L. de los genotipos Bourbon y Catimor. Los frutos fueron recolectados en el distrito de San Luis de Shuaro, provincia de Chanchamayo, región Junín (Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI], 2023). Las muestras de café pergamino fueron almacenadas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, sede Oxapampa, utilizando bolsas de sisal y bolsas herméticas GrainPro. Se realizaron análisis físicos y sensoriales en tres momentos: al inicio (0 días), a los 60 días y a los 120 días. Las evaluaciones se efectuaron en el Laboratorio de Café MOALI S.A.C., empleando técnicas que garantizan la precisión y reproducibilidad de las mediciones. Se utilizó un diseño de bloques completamente aleatorizado con arreglo factorial 2×2 y tres repeticiones, considerando como factores el tipo de empaque y el genotipo. Los resultados evidenciaron que el empaque GrainPro permitió mantener mayor contenido de humedad a los 60 días en ambos genotipos. Asimismo, Catimor en sisal presentó menor proporción de cascarilla a los 120 días, mientras que Bourbon en GrainPro mostró mayor densidad de grano al inicio del almacenamiento. Se concluye que la selección adecuada del tipo de empaque, en función del genotipo del cafeto, influye significativamente en la conservación de la calidad del café durante el almacenamiento.

Palabras clave: *Coffea arabica*, calidad del café, almacenamiento, empaque, genotipo, análisis sensorial.

ABSTRACT

Coffee bean quality is a key factor for the competitiveness of producers in the district of Oxapampa. This region is characterized by the cultivation of coffee plants that produce beans with physical and sensory attributes valued at both national and international levels. This study evaluated *Coffea arabica* L. beans from Bourbon and Catimor genotypes. The fruits were collected in San Luis de Shuaro district, Chanchamayo province, Junín region (National Institute of Statistics and Informatics [INEI], 2023). Parchment coffee samples were stored in the Plant Physiology Laboratory of the Professional School of Agronomy at the Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Oxapampa campus, using sisal and hermetic GrainPro bags. Physical and sensory analyses were conducted at three storage periods: 0, 60, and 120 days. Evaluations were performed at the MOALI S.A.C. Coffee Laboratory using standardized techniques to ensure measurement accuracy and reproducibility. A completely randomized block design with a 2×2 factorial arrangement and three replications was applied, considering packaging type and genotype as factors. Results showed that GrainPro packaging maintained higher moisture content at 60 days for both genotypes. Additionally, Catimor stored in sisal showed lower husk proportion at 120 days, while Bourbon stored in GrainPro presented higher bean density at the beginning of storage. It is concluded that the appropriate selection of packaging type, according to genotype, significantly influences the preservation of coffee quality during storage.

Keywords: *Coffea arabica*, coffee quality, storage, packaging, genotype, sensory analysis

INTRODUCCIÓN

El mercado global del café enfrenta fluctuaciones en sus precios, que son considerados por los compradores a nivel nacional, esta situación adversa impacta de manera particular a los pequeños productores de café, según la (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2024). Los precios bajos los obligan a conservar sus cosechas hasta que los valores del mercado se vuelvan más favorables. No obstante, se observa que los cafés con características físicas y sensoriales sobresalientes tienden a ser adquiridos a precios más altos. Además, la calidad del grano de café no puede ser garantizada sin la disponibilidad de recursos económicos, de acuerdo con la Junta Nacional del Café (2019). A ello se suma la intermediación en la cadena de comercialización, donde los distribuidores obtienen mayores márgenes de ganancia, lo que reduce la rentabilidad de los pequeños caficultores, quienes en muchos casos no logran cubrir sus costos de producción (Martínez et al., 2021).

En consecuencia, la preservación de la calidad física y sensorial del café depende de los materiales utilizados para su conservación y del genotipo del cafeto, especialmente en las condiciones de almacenamiento, que son cruciales para mantener la calidad original del producto, influyendo significativamente en el comercio. Además, prácticas inadecuadas de almacenamiento pueden incrementar el contenido de humedad por encima del 12 %, lo que genera deterioro del grano y pérdida de calidad (Osorio et al., 2021). La comercialización del café se basa fundamentalmente en su calidad física, la cual incluye parámetros como rendimiento, defectos, densidad, humedad y proporción de cáscara (Márquez et al., 2020).

Por lo tanto, es fundamental identificar alternativas que permitan conservar tanto la calidad física como la calidad sensorial del café durante el almacenamiento, con el fin de mejorar su competitividad en el mercado.

ÍNDICE

Página.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1.	Identificación y determinación del problema	1
1.2.	Delimitación de la investigación.....	2
1.3.	Formulación del problema	3
1.3.1.	Problema general	3
1.3.2.	Problemas específicos	3
1.4.	Formulación de objetivos.....	4
1.4.1.	Objetivo general.....	4
1.4.2.	Objetivos específicos	4
1.5.	Justificación de la investigación	5
1.6.	Limitaciones de la investigación.....	5

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Antecedentes de estudio.....	6
2.2.	Bases teóricas - científicas	9
2.2.1.	Generalidades del Cafeto.	9
2.2.2.	Clasificación Taxonómica del Cultivo de Café.	11
2.2.3.	Variedades de cafeto:	13
2.2.4.	Partes del grano de café.	16
2.2.5.	Características físicas del grano de café.	17
2.2.6.	Proceso de beneficio de café.....	18
2.2.7.	Características de calidad física del grano.	19
2.2.8.	Calidad física del grano del café.....	21
2.2.9.	Características sensoriales del grano	22
2.3.	Definición de términos básicos	24
2.4.	Formulación de hipótesis	27
2.4.1.	Hipótesis general.....	27
2.4.2.	Hipótesis específicas.....	27
2.5.	Identificación de variables	28
2.6.	Definición operacional de variables e indicadores	28

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1.	Tipo de investigación.....	29
3.2.	Nivel de investigación.....	29
3.3.	Métodos de investigación	30
3.4.	Diseño de investigación	30

3.4.1. Modelo aditivo lineal	30
3.4.2. Factores en estudio.....	31
3.4.3. Tratamientos estudiados.....	31
3.5. Población y muestra	31
3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos	31
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación	32
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	32
3.9. Tratamiento estadístico	33

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo	34
4.1.1. Lugar de Recolección de los Granos de Café	34
4.1.2. Lugar de almacenamiento de muestras	34
4.1.3. Almacenamiento de granos de café	35
4.1.4. Preparación de muestras para análisis físico y sensorial:	36
4.1.5. Evaluación de variables:	36
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados	37
4.2.1. Humedad de grano (%):	37
4.2.2. Descascarillado (%):	39
4.2.3. Rendimiento físico (%):.....	40
4.2.4. Defectos de granos (%)......	41
4.2.5. Densidad de grano g/ml):.....	42
4.2.6. Análisis sensorial (%).	45
4.3. Prueba de hipótesis	47
4.3.1. Hipótesis general.....	47

4.3.2. Hipótesis específicas.....	48
4.4. Discusión de resultados.....	49
4.4.1. Tipo de empaque.....	49
4.4.2. Genotipo.....	52
4.4.3. Interacción del tipo de empaque por genotipo	54

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Página.

Tabla 1 calidad física y sensorial del café sobre el tipo de empaque de almacenamiento bajo diferentes tiempos de almacenamiento	28
Tabla 2 Tratamientos aplicados en la experimentación.	31
Tabla 3 Formato para registro de datos de cada variable en estudio.	32
Tabla 4 Temperaturas y humedades relativas del almacén del Laboratorio de Fisiología Vegetal durante el año 2023.	35
Tabla 5 Promedio de humedad de grano (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).	39
Tabla 6 Promedio del porcentaje de cascarilla (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).	40
Tabla 7 Promedio de rendimiento físico de grano (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).	41
Tabla 8 Promedio de defectos de grano (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).	42
Tabla 9 Promedio de densidad de grano (g/ml) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).	44
Tabla 10 Promedio del análisis sensorial de bebida de café (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).	47

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página.
Figura 1 Cafeto variedad bourbon	15
Figura 2 Cafeto variedad catimor.	16
Figura 3 Semilla.....	17

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Identificación y determinación del problema

El café es uno de los productos agrícolas de más alto consumo alrededor del mundo. Para el Perú, el café es el producto de mayor exportación y, por consiguiente, uno de los más importantes generadores de incremento de divisas. De otra parte, en las zonas cafetaleras, la producción de café es generadora de puestos laborales, además de permitir el cultivo de diversas variedades de café por los ecosistemas a diferentes alturas.

Así, el Perú es conocido, en el mercado internacional, por exportar algunas variedades de café de excelente calidad. Siendo el genotipo *Catimor* con 70% de producción, principalmente por su resistencia a las plagas como la roya amarilla, otros genotipos son *Catuai*, *Bourbon*, *Caturra*, *Mundo Novo* y *Pache*, los cuales tienen buena calidad en taza, formando el 20% de la producción y, de otro lado, las variedades como *Typica*, *Geisha* y *Marsellesa* solo producen el 10%. La exportación de café se presupone que la calidad se mantenga en el tiempo para determinar la calidad del grano de café se usan dos componentes, los cuales hacen referencia a los atributos

físicos de los granos y a la calidad sensorial en la bebida del café servido. Sin embargo, debido a las fluctuaciones en los precios internacionales del café, no es conveniente comercializar el café una vez cosechado y los caficultores esperan que los precios sean favorables, por lo que necesitan almacenar sus productos por varios meses, con la esperanza de acceder a precios más favorables en el mercado.

Es importante considerar que la calidad del café puede disminuir cuando se almacena por tiempos prolongados, lo que sucede igual con envíos del producto a destinos muy distantes. En este contexto, hay una necesidad de reconocer cuáles son los tipos de empaques que permitan mayor conservación de la calidad física y sensorial del café, para diferentes periodos de almacenamiento. Lo que beneficiará a los caficultores a tomar decisiones coherentes para comercializar sus productos a mejores precios, con cafés con alta calidad física y sensorial. Consecuentemente, los productores incrementarán sus ganancias, contribuirán al crecimiento de la región y posicionarán a Oxapampa en el mercado nacional e internacional.

1.2. Delimitación de la investigación

En este estudio se delimitó la evaluación del tipo de empaque, específicamente entre bolsas de fibra de Sisal y bolsas herméticas GrainPro, por ser los materiales más utilizados en el Perú, especialmente en la provincia de Oxapampa. La calidad física se evaluó considerando variables como el contenido de humedad, porcentaje de descascarillado, rendimiento físico, defectos y densidad del grano.

Por otro lado, la calidad sensorial se determinó a partir de los parámetros establecidos en la Coffee Cupping Form Quality Scale de la Specialty Coffee Association of America (SCAA). Para ello, se emplearon dos genotipos de cafeto: *Bourbon* y *Catimor*, los cuales fueron analizados en tres momentos del almacenamiento: 0, 60 y 120 días. Cabe señalar que todas las muestras fueron

almacenadas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Escuela de Formación Profesional de Agronomía de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, sede Oxapampa. Asimismo, los análisis físicos y sensoriales se llevaron a cabo en el Laboratorio Moali (Moalilab), ubicado en el distrito de Villa Rica, provincia de Oxapampa, departamento de Pasco.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de los tipos de empaque en la calidad física y sensorial de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento?

1.3.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de los tipos de empaque en la humedad de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento?
- ¿Cuál es el efecto de los tipos de empaque en el descascarillado de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento?
- ¿Cuál es el efecto de los tipos de empaque en el rendimiento físico de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento?
- ¿Cuál es el efecto de los tipos de empaque en los defectos de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento?

- ¿Cuál es el efecto de los tipos de empaque en la densidad de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento?
- ¿Cuál es el efecto de los tipos de empaque en la calidad sensorial de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de los tipos de empaque en la calidad física y sensorial de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los tipos de empaque en la humedad de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Determinar el efecto de los tipos de empaque en el descascarillado de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Determinar el efecto de los tipos de empaque en el rendimiento físico de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Determinar el efecto de los tipos de empaque en los defectos de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.

- Determinar el efecto de los tipos de empaque en la densidad de los granos de dos genotipos de cafeto (Bourbon y Catimor) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Determinar el efecto de los tipos de empaque en la calidad sensorial de los granos de dos genotipos de cafeto (Bourbon y Catimor) en diferentes periodos de almacenamiento.

1.5. Justificación de la investigación

Para garantizar la calidad física y sensorial del café pergamino y asegurar un valor comercial, es importante proteger los granos durante el almacenamiento. Considerando que, en Oxapampa, como zona subtropical con variaciones en sus condiciones ambientales, se busca que la venta de este *commodity* sea cuando el precio este alto, lo que puede suceder después de la cosecha o hasta después de 120 días. De esta forma, este estudio determina el tipo de empaque más eficaz, de acuerdo con el genotipo de cafeto, que mejor conserva la calidad del café en diferentes tiempos.

1.6. Limitaciones de la investigación

En la ejecución de la investigación se presentaron limitaciones como: la escasa información de estudios sobre el uso de empaques para conservar la calidad física y sensorial de granos del cafeto a lo largo del tiempo en el contexto peruano y sobre todo en Oxapampa. Otra limitación fue los pocos laboratorios certificados para realizar el análisis de calidad física del café; y, de otra parte, la escasez de catadores profesionales capacitados (como *Q Graders*) para el análisis sensorial.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Anokye-Bempah et al. (2023).menciona un estudio donde analizaron tres diferentes tipos de empaque (GRAINPRO SuperGrain, GRAINPRO TranSafeliner y/o sacos de yute) sobre la calidad del grano verde de café, mientras que están expuestos a un almacenamiento prolongado y transporte de larga distancia entre Italia y Brasil (periodo de 42 semanas), imitado por una cámara ambiental; determinando que los paquetes herméticos son los que brindan más estabilidad al café verde comparado con el saco de yute; además, mencionan que el uso de desecantes son importantes, puesto que ayudan a la eliminación de humedad y mejor preservación de la calidad. Castaño et al. (2004). Menciona que realizaron una investigación con el objetivo de poder valorar como es el desempeño de empaques que son usados al momento de almacenar el café tostado y molido; el estudio en 3 estructuras de empaque por un periodo de 9 meses; determinaron que las impresiones finales del café no mostraron variaciones significativas entre las estructuras ni el tiempo de almacenamiento.

Osorio (2022). Según el autor, en su investigación menciona cómo el grado de madurez del fruto de café en diferentes condiciones de almacenamiento con un mismo empaque y cómo estas condiciones generarían cambios en la calidad sensorial del grano de café; estimando que la madurez avanzada de frutos mantiene los estándares de calidad; aunque su comportamiento está en relación al procesamiento: en específico a la fermentación (temperatura alta por tiempos prolongados), derivándose en la reducción de los niveles sensoriales.

Valarezo (2022). Manejo post cosecha influye sobre los atributos fisicoquímicos y sensoriales del café para su industrialización; debido a que, la calidad del café es resultado de las prácticas agronómicas y del procesamiento; asimismo, Santamaría (2022) estudió el desempeño del material de empaque para el almacenamiento y preservación; determinando que, los materiales de empaque de mayor barrera a la humedad preservan la calidad de la semilla durante 12 meses.

Rivera (2016) investigó el impacto de diferentes tipos de envases, como yute, super bolsa y una combinación de superbolsa con yute y trilaminado, en la calidad del café mediante análisis fisicoquímicos, microbiológicos y organolépticos; para este propósito, se llevó a cabo pruebas de envejecimiento acelerado, con temperaturas relativamente altas, en muestras de café verde y café pergamino almacenadas en anaquel; los resultados indicaron que el mejor envase para preservar la calidad del café, evaluada principalmente por medio de la catación, fue el trilaminado (con una media de 81.52), en comparación con los envases de super bolsa más yute (con una media de 81.09) y yute solo (con una media de 80.95).

Díaz (2018) experimentó cómo el tipo de envase y el nivel de humedad afectan la preservación de la calidad de los cafés especiales; se sometieron los granos acondicionados un nivel inicial de humedad del 12% para los granos verdes y del 10%,

12% y 14% para los granos en pergamino, en tres tipos de empaques diferentes: yute convencional, GRAINPRO SGB más yute y Ecotac más yute; se llevaron a cabo análisis físicos, químicos, sensoriales y microbiológicos; los resultados mostraron que, bajo las condiciones de temperatura y humedad relativa de almacenamiento, la calidad de un café de especialidad en estado verde (oro) se mantuvo durante 180 días en el envase GRAINPRO SGB más yute, durante 150 días en el envase Ecotac más yute y durante 60 días en el envase de yute; para los granos en pergamino con un nivel inicial de humedad del 10%, se conservó hasta por 210 días en el envase GRAINPRO SGB más yute, durante 180 días en el envase Ecotac más yute y durante 150 días en el envase de yute Mendez,J.(2014).

Méndez (2014) evaluó tipos de envases de almacenamiento sobre la calidad física y sensorial del café pergamino, llevándose a cabo evaluaciones en muestras de café sin endocarpio a intervalos de 30 días durante un período de almacenamiento de 180 días; los resultados revelaron que el almacenamiento convencional en sacos de fibra natural no pudo proteger al grano del deterioro causado por las condiciones de temperatura y humedad relativa en la bodega; por otro lado, el uso de bolsas de propileno negro de baja densidad, ubicadas dentro de sacos de polipropileno, demostró una mejor preservación de la calidad durante los seis meses de almacenamiento; concluyendo en un deterioro significativo en la calidad del café empacado en sacos de kenaf.

Reyes (2018). se examinó cómo el procesamiento y almacenamiento afectan las características físicas y sensoriales del café; ante ello, investigó dos variedades de café (Parainema y Catuaí), dos métodos de fermentación (abierta y cerrada) y dos condiciones de almacenamiento (climatizado y no climatizado), con mediciones repetidas en diferentes momentos (0, 30, 60 y 90 días); las variables fueron calidad

física, incluido el color y los daños, en el café trillado, y la calidad sensorial, mediante catación y preferencia, en el café tostado; observó que los tratamientos con fermentación cerrada experimentaron una disminución significativa en la calidad física y sensorial, calificándolos como cafés convencionales; todos los tratamientos almacenados en condiciones controladas mantuvieron su perfil de sabor durante 90 días, y los catadores no mostraron preferencia por ninguno de los tratamientos.

2.2. Bases teóricas - científicas

2.2.1. Generalidades del Cafeto.

El café tiene su origen en Etiopía, donde, según registros históricos, ya en el siglo XI se encontraron los primeros cafetos o árboles de café, cuyos frutos contenían las semillas que hoy conocemos como granos de café. En la actualidad, el cultivo de esta planta se ha extendido a regiones tropicales y subtropicales de África, América y Asia. Dependiendo de la especie principalmente *Coffea arabica* y *Coffea canephora* (robusta), el café puede desarrollarse en altitudes superiores a los 800 metros sobre el nivel del mar, lo que influye notablemente en su calidad y características sensoriales González, M. (2015).

El cultivo del café llegó al Perú cuando los colonos austro alemanes introducen esta planta al país, motivados por los buenos resultados obtenidos en otros países, desde entonces, el café se ha posicionado como el principal producto agrícola de exportación para el país y una de las más destacadas expresiones de la calidad en los mercados internacionales. Perú produce exclusivamente café de la especie (*Coffea arabica*) la densidad promedio en las fincas cafetaleras es de aproximadamente 2,000 plantas por hectárea, esta cifra puede variar según la región de cultivo Junta Nacional del Café (2020). Los pequeños productores mantienen hasta cinco variedades distintas dentro de una misma parcela, cultivadas bajo sombra en un 90 % de los casos, lo que favorece la

calidad del grano y la sostenibilidad del sistema de producción. En cuanto al almacenamiento, advierte que este proceso es crítico para preservar la calidad del café. Señala que guardar granos con niveles de humedad superiores al 12,5 % puede deteriorar significativamente su calidad. La evaluación del café no solo considera aspectos físicos como rendimiento, defectos y contenido de humedad, sino también sus atributos sensoriales, por lo que un almacenamiento adecuado es esencial para mantener su valor comercial y satisfacer las exigencias del mercado internacional. El café puede conservarse en diversos tipos de envases, como sacos, bolsas, latas y cajas de cartón. La elección del empaque depende del tipo de café y del método de transporte. Entre los más utilizados a nivel comercial destacan los sacos de yute, por su disponibilidad y bajo costo, y los envases plásticos con propiedades de barrera, que ofrecen mejores condiciones para preservar la calidad física y sensorial del grano. Así, el café puede almacenarse en diferentes tipos de empaques, como bolsas, sacos, latas, y envases de cartón. El tipo de empaque depende del tipo de café y de cómo se va a transportar los empaques más comerciales los hechos con yute y, por otro lado, los fabricados con plásticos.

La DRAE (2015) señala que el yute es el material textil que se obtiene del tejido o hilado de la corteza interior de una planta de la familia de las Tiliáceas.

Grain Pro Inc (2016) menciona que la GrainPro SGB, actúa como barrera de humedad y gases, donde puede colocarse dentro de sacos convencionales de yute, polipropileno o papel para incrementar la protección física de la bolsa. Las propiedades únicas del plástico multi laminado utilizado en bolsas, permiten una inmejorable protección contra el ingreso de vapor de agua, favoreciendo y conservando altas concentraciones de dióxido de carbono y bajos niveles de oxígeno creados por el metabolismo de los insectos y la respiración de la semilla o el grano almacenado el

polietileno extruido posee un material multi laminado resistente, con una barrera de alta tecnología contra la humedad y los gases, entre dos capas de polietileno (PE) de 0.078 mm de espesor que la hace 60 veces más impermeable que otros materiales plásticos comunes del mismo calibre.

Debe considerarse que el café recorre un largo camino desde la plantación hasta la taza de café que disfrutamos en casa, en el bar o en la oficina. Una parte fundamental de este proceso se desarrolla en las zonas de cultivo y el proceso de almacenamiento, que son las que marca la calidad final del café.

2.2.2. Clasificación Taxonómica del Cultivo de Café.

Reino: *Plantae*

Subreino:

Tracheobionta Filo:

Magnoliophyta

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Asteridae*

Orden: *Rubiales*

Familia: *Rubiaceae*

Género: *Coffea*

Especie: *Coffea arábica* L. (Educación Helvética S. A., 2019)

- **Raíz:** El cafeto tiene una raíz principal que se introduce verticalmente en suelos sin limitaciones físicas, alcanzando profundidades de hasta (50 cm), de esta raíz principal surgen raíces secundarias más gruesas que se extienden horizontalmente, brindando soporte a las raíces delgadas o absorbentes, conocidas también como raicillas (Banco de Colombia, 2018).

- *Tallo*: En los primeros 9 a 11 nudos del cafeto, únicamente se observan hojas organizadas en una filotaxia de 2/5. A partir del duodécimo nudo, comienzan a desarrollarse las ramas primarias, que se disponen en posiciones opuestas formando pares con orientación alterna, dándole a la parte aérea de la planta una forma cónica (Arcila et al., 2007).
- *Yemas Seriadas*: Estas yemas promueven el crecimiento de brotes ortotrópicos, los cuales pueden aumentar de tamaño a medida que la planta madura (Figueroa et al., 2015).
- *Hojas*: Las hojas poseen un brillo distintivo, con un color verde oscuro en la parte superior y un tono más claro en la inferior. Las hojas jóvenes presentan un verde claro, que se oscurece con el tiempo hasta alcanzar un verde oscuro definitivo (Figueroa et al., 2015).
- *Flores*: Las flores del cafeto se agrupan en las axilas de las hojas situadas en las ramas plagiotrópicas, aunque en ciertos casos también pueden aparecer en ramas ortotrópicas jóvenes. Estas flores, pequeñas y de color blanco, presentan un aroma característico. Su corola está formada por un tubo compuesto generalmente por cinco pétalos, aunque este número puede variar entre cuatro y nueve, dependiendo de la variedad. El cáliz, por su parte, está dividido en cuatro o cinco sépalos, y en especies del grupo *Coffea robustoides*, en tres a cinco. El desarrollo floral se da principalmente sobre madera lignificada de uno a tres años, o en tejidos formados el año anterior, apareciendo de forma abundante. En cuanto a la polinización, las variedades *Canephora* y *Liberica* presentan granos de polen livianos que son fácilmente transportados por el viento, a diferencia de *Coffea arabica*, cuyos granos son más pesados y pegajosos, dificultando su desplazamiento. Además, *Canephora* y *Liberica* se reproducen mediante polinización cruzada (alógamas),

- mientras que *Arabica* lo hace por autopolinización (autógama), siendo los insectos los principales agentes de polinización en las especies alógamas Moncayo (2024),
- *Fruto y Semillas*: La fecundación del óvulo por el grano de polen da origen a la formación de los frutos y semillas del café, que pasan por cuatro etapas de desarrollo, primera etapa va desde la fecundación hasta la sexta semana, donde el crecimiento en tamaño y peso de los frutos es lento, segunda etapa comienza cuando los frutos se desarrollan; en esta fase es crucial contar con suficiente agua, de lo contrario, los frutos permanecerán pequeños, tercera etapa, la demanda de nutrientes aumenta, y los frutos comienzan a cambiar de color de verde a amarillo, mientras la almendra se endurece y la cuarta etapa, la falta de agua puede llevar a una formación inadecuada del fruto, resultando en granos a-veranados. Finalmente, en la época de maduración, los frutos adquieren un color rojo; si no se cosechan, se convierten en frutos sobremaduros o secos (Avendaño, 2017). El endospermo del café almacena compuestos como almidón, aceites, azúcares y alcaloides, entre ellos la cafeína. Durante el proceso de tostado, la temperatura provoca alteraciones en la estructura celular de esta parte de la semilla, lo que da lugar a la formación de compuestos aromáticos. Estos se originan a partir del calentamiento de los aceites específicos presentes en el grano, los cuales se liberan al momento de moler el café tostado. Además, la semilla presenta una hendidura central en su lado plano, punto donde ambas mitades se unen, y un extremo agudo en el que se encuentra el embrión Banco de Colombia (2018).

2.2.3. Variedades de cafeto:

El cafeto, que pertenece al género *Coffea*, cuenta con más de cien especies (Sharma,2020). Desde una perspectiva económica, según la Asociación Nacional del Café, dos especies son las más representativas: arábica (*Coffea arabica*) que representa

un 75% de producción mundial y, de otra parte, la especie robusta (*Coffea canephora*) que cuenta con un 25%, según el ([ANACAFÉ], 2019).

En el Perú, la producción cafetalera se basa casi exclusivamente en la especie *Coffea arabica*, con predominio de variedades como *Caturra*, *Catimor*, *Pache*, *Typica* y *Bourbon*. Este cultivo representa uno de los principales pilares del desarrollo agrícola, económico y social en regiones como Junín, Pasco, Cajamarca, Amazonas, San Martín, Puno y Cusco (JNC, 2020).

- *Cafeto Bourbon*: Este cafeto es muy distintivo por su forma conoidal, en cuanto a sus ramas primarias tienen un ángulo en el eje principal de 45°, tiene abundantes ramas secundarias, hojas más grandes, sus bordes son ondulados y cuenta con entrenudos cortos; en cuanto al fruto es pequeño y de color rojo, en la etapa de maduración es muy probable que sufra de caídas de sus frutos a causa de la lluvia o debido a los fuertes vientos porque posee una altura de 3 m aproximadamente; puede ser cultivado en diversas altitudes, pero tiene mejores resultados entre los 1070 a 1980 msnm según el (ANACAFÉ, 2020). Se siembran a una densidad de 3000 a 4000 árboles por hectárea y su potencial de calidad es muy elevado cuando es cultivado en zonas altas, el cafeto *Bourbon* presenta una muy buena calidad en taza, esto es, cuando el café está servido y listo para disfrutar, recibiendo la calificación de cuatro tazas mencionada por el (WCR, 2023).

Figura 1 *Cafeto variedad bourbon*



Nota: Elaboración propia

- *Cafeto Catimor*: Son plantas de tamaño intermedio, caracterizadas por su follaje de color verde oscuro y hojas de gran tamaño; presentan entrenudos cortos, aunque con ramas alargadas, lo que da lugar a una estructura con numerosos brotes laterales. una copa robusta; además y un rendimiento que es considerado muy alto. Los granos obtenidos destacan su buena calidad de taza, caracterizados por una acidez pronunciado, un aroma agradable, un amargor suave y un cuerpo equilibrado.

El *café Catimor* no presenta diferencias con relación a la calidad de taza, es decir, es considerado un *café común* que no supera los estándares de calidad física y sensorial frente a otros cafetos como *Bourbon* (Puerta, 2000a).

Esta variedad puede desarrollarse desde los 600 hasta los 2000 msnm, pero es importante aclarar que dependiendo de la altitud donde sea cultivado presentará un sabor distintivo a nivel de bebida (ANACAFÉ, 2020). Así, el *café Catimor* se puede sembrar en grandes parcelas y soporta fácilmente las enfermedades fúngicas como roya.

Figura 2 *Cafeto variedad catimor.*



Nota: Elaboración propia

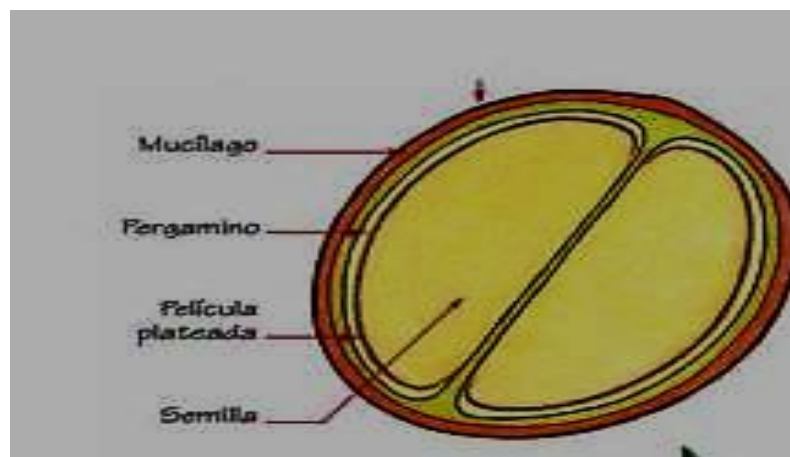
2.2.4. Partes del grano de café.

- *Grano de Cafeto y Semilla:* El fruto del cafeto corresponde a una baya drupácea conformada por diferentes capas: el exocarpio o piel externa, una pulpa intermedia, y el mucílago, una sustancia azucarada y pegajosa que rodea a las dos semillas enfrentadas por sus lados planos. La porción del grano empleada para elaborar la bebida, denominada almendra, está protegida por dos envolturas: una capa interna y frágil llamada pergamino (endocarpio) y una película plateada que la recubre de forma delicada (Puerta, 2005). En los frutos que se desarrollan de forma adecuada, el endocarpio da origen al pergamino que protege la semilla. Esta última representa el órgano reproductivo del cafeto y se forma a partir del proceso de fecundación en la flor. En condiciones normales, el fruto contiene dos semillas, una en cada cavidad del ovario. El tiempo que tarda la semilla en alcanzar su madurez fisiológica varía entre 180 y 330 días, dependiendo tanto de la variedad de café cultivada como de las condiciones climáticas de la zona cafetalera (Flórez et al., 2013). La semilla del cafeto presenta forma de nuez oblonga, con una cara plana y

otra convexa, y puede variar en tamaño entre 10 y 18 mm de largo y entre 6.5 y 9.5 mm de ancho Arcila et al. (2007).

- Película plateada: Es una capa delgada que cubre el endospermo, compuesta por células fusiformes de pequeño tamaño.
- Endospermo: Constituye la mayor parte de la masa de la semilla y actúa como tejido de reserva. Durante las etapas iniciales del desarrollo, el embrión lo utiliza como fuente de nutrientes, especialmente antes de que los cotiledones emerjan del café.
- Embrión: Ubicado en la cara convexa de la semilla, está formado por el hipocótilo a sección del eje embrionario situada por debajo de los cotiledones, que origina la radícula y el epicótilo, del cual se desarrollan los dos cotiledones (Velásquez, Arcila, & Aristizábal, 2003).

Figura 3 Semilla



Nota: IICA (2019)

2.2.5. Características físicas del grano de café.

Los granos presentan características físicas que influyen en el análisis sensorial, estas se detallan a continuación.

- Tamaño: Varía desde tamaños pequeños a grandes; las proporciones variadas del grano conllevan a un tostado des uniforme (Salazar et al., 1994).
- Forma: En el mercado tiene como base la forma del grano plano convexa o chata, la cual se considera como forma normal que pueden distinguirse, granos cortos y largos (ANACAFE, 2011).
- Color: Las propiedades genéticas del cafeto influyen directamente en aspectos físicos del grano, como su tonalidad. Así, los granos provenientes de zonas altas suelen tener un color verde grisáceo, mientras que los cultivados en áreas de menor altitud presentan un tono verde más claro. Además, el grado de madurez del fruto especialmente si se recolectan cerezas verdes o pintones afecta la textura del grano, que puede ir de lisa y brillante hasta áspera. Estas variaciones texturales repercuten tanto en la formación de sabores durante el tueste como en la eficiencia del molido y la extracción del café (Carrión M. 2015).
- Densidad: Es la cantidad de granos de café contenidos en un volumen específico; esta condición puede variar según diversos factores, como la variedad del café, las condiciones de crecimiento, altitud, clima y el procesamiento (Monroig, 1988).

2.2.6. Proceso de beneficio de café

- Recolección de frutos: La madurez de los frutos en la recolección es un factor determinante en la calidad final del café, pueden presentar frutos en distintos grados de madurez de forma simultánea, es importante recolectarlos cuando han alcanzado una maduración uniforme y un tiempo de desarrollo óptimo (Bastian et al., 2021). La cosecha de granos inmaduros o con defectos puede afectar negativamente la calidad del producto final. Por ello, se recomienda implementar una recolección selectiva, la cual

favorece no solo la calidad del grano, sino también una comercialización más eficiente (Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2017).

- Procesamiento postcosecha: Después de seleccionar los granos óptimos a un estado de madurez, se procede con la postcosecha que termina con el secado del grano, todo este proceso afecta a las características intrínsecas del café. Los estudios relacionados al proceso postcosecha del café se enfocaron en desarrollar optimizaciones, controles y equipos para evitar la aparición de imperfecciones. Pero actualmente se tiene un punto de vista adicional, en el cual se han incluido etapas como la madurez del fruto, la eliminación del mucílago, el lavado y secado, estas condiciones pueden afectar significativamente la composición del café y en su calidad física y sensorial. Asimismo, periodos de almacenamiento antes del procesamiento del fruto, fermentación por periodos prolongados con variación de temperaturas, también influyen en la calidad del fruto (Osorio,2022).
- Tostado de Granos de Café: Es un proceso donde los granos de café son sometidos a diferentes temperaturas y tiempos, los cuales influirán en sus características físicas y también en el aroma, cuerpo y sabor (Huanca,2018) y existen 4 fases en relación al tostado del café, estas son tueste ligero, medio, medio a oscuro y tueste oscuro desde la perspectiva comercial, el tueste medio es el más frecuente, porque conserva un sabor más equilibrado y natural, manteniendo una acidez moderada, con un color pardo oscuro y un sabor dulce Giesen Coffee Roasters - GCR (2020).

2.2.7. Características de calidad física del grano.

- Humedad: Es el porcentaje de agua que tienen los granos de café después del secado y antes del tostado. La humedad es una característica importante

para preservar la calidad, porcentajes superiores al 12% favorecerán el crecimiento de mohos y causar olores desagradables que afectan a las cualidades gustativas del café verde oro (Kipkorir et al.,2015; Patiño-Velasco et al., 2016). El café con un contenido de humedad tan bajo como el 11% pierde su calidad después de 6 meses. Para conservar la calidad del café debe mantenerse a una humedad entre el 11 y 12 %.

- Descascarillado: Es el proceso de trillado o despergaminado, este proceso consiste en eliminar el pergamino (endocarpio) que recubre al grano de café, con el fin de prepararlo para la etapa de tostado y su consumo final. Según (Gómez 2019), el pergamino representa entre el 15 % y el 20 % del peso del grano seco de café en pergamino.
- Rendimiento Físico: El rendimiento se define como la cantidad de café pergamino seco que se obtiene a partir de una muestra específica de café en su estado original. Este se expresa mediante un factor de rendimiento, el cual permite estimar la calidad física del grano; cuando dicho factor es igual o menor al 92 %, se considera que el café presenta buenas características físicas.
- Defectos: Son aquellos granos que presentan al menos una de las siguientes condiciones: coloraciones oscuras o negras, decoloradas, malformadas, aplastadas, inmaduras (verdes), mordidas, picadas por insectos, fermentadas, manchadas y los efectos que producen estos daños en el café se pueden clasificar en dos, los primarios que se consideran como los más graves y que distorsionan significativamente la calidad física; y por otro lado, se encuentran los defectos secundarios, cuyo impacto es menor Morales,(2014). La clasificación de defectos físicos es hecha

tradicionalmente por los expertos humanos y asegura la conservación de la calidad de los granos de café (Ramirez- Ticona et al., 2016). Los defectos pueden expresarse tanto en porcentaje o en cantidad (MARÍN et al., 2003b), en el Perú se espera que los defectos no pasen del 10%.

2.2.8. Calidad física del grano del café

Está determinada por la forma de los granos; así como, por la presencia de compuestos defectuosos propios del café y componentes extraños, muchas veces estos defectos son categorizados por los requisitos de la Asociación de Cafés Especiales de América (SCAA, 2011) la misma que se describe a continuación superar el tamaño de la malla número 14 y además se tienen que evitar la presencia de compuestos defectuosos propios del café y otros componentes extraños. La misma que se describe a continuación:

- *Grano Negro*: Conocido como defecto fisiológico de la cosecha que pueden originarse durante las diferentes etapas de desarrollo del fruto y especialmente por una deficiencia del tipo híbrido, también se observa en la trilla al grano verde que no despulpó y se secó como semidespulpado los granos negros también se obtienen cuando el grano cae al suelo y se recoge al momento de la cosecha estos se encuentran con hongos como *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus* y *Fusarium* que ponen en riesgo la calidad sanitaria del café; estos hongos tienen efectos negativos en el rendimiento, apariencia y la calidad de la bebida del café (Puerta-Quintero, 2000).
- *Grano Brocado*: Son granos perforados por el insecto de la broca del café (*Hyphotenemus hampei*) únicamente por las hembras son consideradas las que producen plagas y enfermedades. Todo el ciclo posterior ocurre dentro del grano donde las larvas y adultos consumen cerca del 5 al 20 % del fruto. La preferencia

de las hembras de entrar por el extremo distal se debe a estímulos físicos más que químicos (Alarcón, 2016).

- Grano Agrio: Se produce por fermentación, que es resultado de la contaminación de microbios en varias etapas (desde la cosecha hasta el beneficio), considerando las causas específicas de recoger cerezas sobre maduras, recoger cerezas del suelo, contaminación de agua durante el proceso de lavado, o sobre fermentación de la cereza en el árbol en condiciones de alta humedad (SCAA, 2011).
- Rendimiento Físico: Se refiere a la cantidad de café pergamino seco que se obtiene de una determinada cantidad de café. Un factor de rendimiento menor o igual a 92 % indica un café de buena calidad física.
- Densidad: Es la cantidad de granos de café contenidos en un volumen específico; esta condición puede variar según diversos factores, como la variedad del café, las condiciones de crecimiento, la altitud, el clima y el procesamiento (Monroig, 1988).

2.2.9. Características sensoriales del grano

- Catación de bebida de café: Esta técnica permite categorizar e identificar defectos en el café, medir el nivel de intensidad de características sensoriales como el dulzor, la acidez, clasificar el aroma, sabor y la calidad del producto global (CENICAFÉ, 2009). Asimismo, permite describir características organolépticas y físicas del café; lo que categoriza atributos, defectos y cualidades; en efecto, es una herramienta, que permite determinar el perfil organoléptico, que presenta dos tipos de procedimiento: cuantitativo y cualitativo, la primera mide la intensidad de las características investigadas y la segunda describe defectos del sabor del café (Espinoza & Godoy, 2017).

- Características Organolépticas: Características como el aroma después de la fermentación es un ejemplo (Wei et al., 2015); asimismo, la evaluación de características organolépticas considera los siguientes atributos: aroma, acidez, sabor residual, taza limpia, base, cuerpo, color y uniformidad (Espinoza & Godoy, 2017). También, se consideran características organolépticas del café, como: textura, color y humedad; siendo el color verde oliva un excelente indicador y si es oscuro es malo; el olor a fruta madura es excelente, un olor putrefacto es malo; la textura de contorno definido se estima excelente y malo cuando es masa jabonosa y amorfa al tacto; una humedad excelente cuando al comprimir con el puño no humedece la mano y después de quitar la presión se mantiene suelto y se considera malo si genera efluentes con moldeamiento fácil (Betancourt et al., 2011).

Según Quispe (2011), la calidad en taza del café puede evaluarse mediante cinco parámetros organolépticos fundamentales, el aroma, primer atributo considerado, es percibido a través del olfato durante la catación y está determinado por los aceites esenciales presentes en la almendra del grano; un buen café se caracteriza por una fragancia fina y delicada, en cuanto a la acidez, se identifica por las sustancias ácidas presentes, las cuales contienen átomos de hidrógeno que, al disolverse en agua, permiten que las papilas gustativas detecten su sabor distintivo, el sabor, por su parte, refleja una combinación de la intensidad, complejidad y calidad del aroma con el gusto percibido al sorber la bebida, el cuerpo del café se asocia con la sensación física del líquido en la boca, en especial entre la lengua y el paladar; un cuerpo más denso puede deberse a la presencia de coloides, mientras que un cuerpo más ligero puede resultar agradable en ciertos perfiles. Finalmente, el postgusto representa la armonía entre

acidez, sabor y cuerpo, y se ve afectado negativamente cuando el aroma es débil, reduciendo su puntuación sensorial y balance.

2.3. Definición de términos básicos

- Cafeto: El fruto del cafeto presenta forma de drupa y guarda similitud con una pequeña cereza. Durante su proceso de maduración, cambia progresivamente de color: inicialmente es verde, y al alcanzar su punto óptimo puede tornarse rojo o, en algunas variedades, amarillo, en su interior se encuentran generalmente dos semillas, conocidas como granos de café, separadas por un surco longitudinal. Estas semillas están recubiertas por una película plateada (endospermo) y protegidas por una fina capa amarilla denominada pergamino.
- Características físicas del grano de café: Comprenden un conjunto de propiedades visuales y estructurales que determinan su valor comercial y su aptitud para la producción de cafés de alta calidad.
- Características sensoriales del grano de café: La Specialty Coffee Association of America (SCAA) definió en 2020 el análisis sensorial como una disciplina científica que permite describir, medir, analizar e interpretar las características organolépticas del café, este enfoque se fundamenta en la percepción sensorial a través de los cinco sentidos: vista, olfato, gusto, tacto y oído. A través de esta evaluación, se busca identificar atributos positivos como el aroma, la acidez, el cuerpo, el sabor, el postgusto y la uniformidad, los cuales son determinantes en la clasificación y valoración de cafés especiales, la calidad sensorial, por tanto, no solo depende del origen o del procesamiento, sino también de cómo el café es percibido por catadores entrenados mediante protocolos estandarizados.

- Catador: Se refiere a los “profesionales que evalúan y miden las características sensoriales del café mediante la degustación” (SCAA, 2020). Se analizan aspectos como la fragancia o aroma, acidez, dulzura, cuerpo y sabor.
- Captación de Café: Es el procedimiento utilizado para evaluar el aroma, sabor y calidad de los granos de café. A través de las evaluaciones sensoriales, se pueden identificar defectos en la bebida y medir la intensidad de características sensoriales como la acidez y dulzura. La catación permite reconocer y clasificar el sabor y aroma, proporcionando una medida de la calidad general del producto.
- Densidad: Se define como el peso de un grano de café en relación con su volumen.
- Empaque GRAINPRO: Este tipo de bolsa está compuesta por una mezcla de materiales como polietileno de baja y alta densidad, poliéster y silicagel. Este empaque impide la entrada de humedad y oxígeno, y sus dimensiones son de 110 cm de largo por 65 cm de ancho.
- Empaque SISAL: Consiste en un saco fabricado con fibras de yute de doble urdimbre, que permite la permeabilidad al aire. Las dimensiones más comunes son 112 cm de largo por 67.5 cm de ancho.
- Factor de Rendimiento del Grano de Café: Se refiere a la cantidad de café pergamino seco necesaria para obtener un saco de 70 kilogramos de café seleccionado. Actualmente, el promedio de este factor en el país es del 92.8%, lo que implica que se requieren 92.8 kg de café pergamino seco para producir 70 kg de café seleccionado, mientras que el resto corresponde a cisco y defectos.
- Genotipo: Se refiere a la composición genética específica que impacta en la expresión fenotípica de un cafeto.
- Humedad: Un elevado contenido de humedad puede afectar la calidad del grano, ya que puede causar calentamiento de la masa y propiciar la aparición de hongos e

insectos. El contenido óptimo de humedad en el café debe estar entre el 10% y el 12%.

- Oxapampa: También conocida como Ocshapampa, es una región subtropical situada entre 1200 y 1800 msnm, caracterizada por sus pisos ecológicos y suelos propicios para la producción de café de alta calidad.
- Porcentaje de almendra del cafeto sano: Se refiere a la cantidad de granos sanos, sin defectos, en una cantidad específica de café.
- Cafeto Variedad Bourbon: Se trata de una variedad de café de excelente calidad en taza, que se caracteriza por una producción relativamente baja y su susceptibilidad a ciertas enfermedades y plagas.
- Cafeto Variedad Catimor: Es el resultado de un cruce realizado en Portugal en 1959 entre el Híbrido de Timor y Caturra (ANACAFE, 1998). El cafeto Catimor se distingue por su altura baja, tronco de grosor intermedio y un número considerable de ramas laterales que forman una copa medianamente vigorosa y compacta. Su productividad es relativamente alta y presenta un comportamiento favorable ante la roya *Hemileia Vastatrix* (Fischersworring y Robkamp, 2001). Produce más de 30 frutos por nudo y se recomienda su cultivo a altitudes superiores e inferiores a los 1200 m.s.n.m. (Castañeda, 2000). Según ANACAFE (1998), es una variedad precoz y productiva, aunque exige un manejo cuidadoso en su cultivo, especialmente en lo que respecta a fertilización y manejo de sombra.
- Pergamino: Todos aquellos granos que todavía poseían la capa llamada pergamino (Díaz y Perdomo, 2015).

2.4. Formulación de hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

Los tipos de empaque influyen significativamente en la calidad física y sensorial de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.

2.4.2. Hipótesis específicas

- Los tipos de empaque influyen significativamente en la humedad de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Los tipos de empaque influyen significativamente en el descascarillado de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Los tipos de empaque influyen significativamente en el rendimiento físico de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Los tipos de empaque influyen significativamente en los defectos de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Los tipos de empaque influyen significativamente en la densidad de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.
- Los tipos de empaque influyen significativamente en la calidad sensorial de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento.

2.5. Identificación de variables

En este estudio se consideraron dos variables independientes (tipo de empaque y genotipo de cafetos) y dos variables dependientes (calidad física de los granos y calidad sensorial de la bebida de café).

2.6. Definición operacional de variables e indicadores

Las variables de estudio fueron la calidad física y sensorial del café sobre el tipo de empaque de almacenamiento bajo diferentes tiempos de almacenamiento, su operacionalización se detalla en el Tabla 1.

Tabla 1 *calidad física y sensorial del café sobre el tipo de empaque de almacenamiento bajo diferentes tiempos de almacenamiento*

Variable	Dimensión	Definición	Definición operacional	Unidad de medida	
Calidad física de granos de café.	Humedad de grano	Cantidad de agua presente en el grano de café.	Medida cuantitativa de la cantidad de agua presente en un grano de café.	Humedad	%
	Descascarillado	Separación de la cascarilla de granos de café.	Estimación cuantitativa de la cascarilla de los granos de café.	Peso	gr
	Rendimiento físico	Cantidad y calidad de granos obtenidos a partir de granos de café pergamino.	Estimación de granos utilizables bajo condición de sanos, libres de enfermedades y daños físicos.	Peso	gr
	Defectos	Imperfecciones que afectan la calidad de los granos.	Estimación cuantitativa de la proporción de granos defectuosos.	Peso	gr
	Densidad de grano	Cantidad de granos que ocupan un determinado volumen.	División de la estimación del peso entre el volumen de una muestra de granos.	Peso/Volumen	gr/ml
Calidad sensorial de bebida de café.	Análisis sensorial	Evaluación de las características organolépticas de una bebida de café.	Estimación del aroma, sabor, acidez, dulzura, cuerpo, taza limpia, puntaje general, sabor de boca, balance y uniformidad.	Perfil de taza	%

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, porque siguió el proceso secuencial de investigación para evaluar el efecto de los tipos de empaque en la calidad física y sensorial de los granos de dos genotipos de cafeto (*Bourbon* y *Catimor*) en diferentes periodos de almacenamiento. Asimismo, se utilizaron técnicas estadísticas cuantitativas, como el análisis de varianza y prueba de comparación de medias conocida como Test de Tukey.

3.2. Nivel de investigación

La investigación tuvo el nivel de aplicada, dado que los resultados de este estudio proporcionan información beneficiosa para los productores, procesadores y distribuidores, siendo un apoyo al momento de seleccionar el tipo de empaque adecuado para preservar la calidad física y sensorial de los granos de café durante el almacenamiento y mejorar la experiencia del consumidor.

3.3. Métodos de investigación

El método fue experimental: Al observar y medir los efectos del tipo de empaque y de los genotipos de cafetos en la calidad física y sensorial. Para lo cual, se realizaron experimentos bajo condiciones de laboratorio; se utilizaron granos de café que tuvieron un periodo de almacenamiento de 0 días, 60 días y 120 días.

3.4. Diseño de investigación

En condiciones de laboratorio, se empleó un diseño de bloques completamente aleatorizado (DBCA) con arreglo factorial 2x2 con tres repeticiones por tratamiento. Además, en tres momentos se evaluaron los cuatro tratamientos resultantes de la combinación de los factores: tipo de empaque y genotipo.

3.4.1. Modelo aditivo lineal

En la investigación se usó el modelo aditivo lineal para los experimentos con la ecuación siguiente:

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

Donde:

Y_{ijk} : respuesta observada en la unidad experimental para las variables calidad física y sensorial de granos de cafeto.

μ : media de la población a la cual pertenecen las observaciones

α_i : efecto del i-ésimo nivel del factor tipo de empaque

β_j : efecto del j-ésimo nivel del factor genotipo de los granos de café

$(\alpha\beta)_{ij}$: efecto de interacción entre los factores tipo de empaque y genotipo

δ_k : efecto del k-ésimo bloque

ϵ_{ijk} : efecto aleatorio de variación

i: 1 y 2 nivel del factor tipo de empaque

j: 1 y 2 nivel del factor genotipo

k: 1, 2 y 3 bloques

3.4.2. Factores en estudio

Los factores en estudio fueron tipo de empaque con dos niveles: Sisal y GrainPro y genotipo de cafeto con dos: *Bourbon* y *Catimor*.

3.4.3. Tratamientos estudiados

Como se presenta en la Tabla 2, los tratamientos se generaron a partir de la combinación de la tipología de los factores en estudio:

Tabla 2 *Tratamientos aplicados en la experimentación.*

Tipo de	Genotipo	Tratamiento
SISAL	<i>Bourbon</i>	T1
	<i>Catimor</i>	T2
GRAINPRO	<i>Bourbon</i>	T3
	<i>Catimor</i>	T4

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Población y muestra

La población estuvo constituida por un total de 777 kg de granos de café del genotipo *Bourbon* y otros de la variedad *Catimor*, cosechadas en el mes de julio del 2023 del fundo el Milenio. De los cuales, se extrajeron 9 kg de granos de la variedad *Bourbon* y otros 9 kg del tipo *Catimor*. Cada muestra fue dividida en 2 paquetes, cada uno con un peso de 4.5 kilogramos embolsados uno en Sisal y otro en GrainPro.

3.6. Técnicas e instrumento de recolección de datos

En la tesis se usaron dos técnicas: la observación y la degustación. La primera, permitió evaluar los cinco factores de la calidad física de los granos de café. Y con la segunda, la degustación, se probó la calidad sensorial de la bebida del café en taza. En ambos casos, se registraron los datos en los formatos para la recolección de datos, como

es apreciado en la Tabla 3, en el que se distinguen los tres bloques y los cuatro tratamientos para cada variable o factor y periodo de tiempo.

Tabla 3 *Formato para registro de datos de cada variable en estudio.*

Bloque	Tratamiento	Nombre de variable o factor Periodo de tiempo
1	1	
1	2	
1	3	
1	4	
2	1	
2	2	
2	3	
2	4	
3	1	
3	2	
3	3	
3	4	

Fuente: Elaboración propia.

3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

Manteniendo el diseño de experimentos, se elaboró y construyó el instrumento de recolección de datos, validado principalmente por sus constructos.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Una vez obtenido los datos de los laboratorios especializados, estos fueron pasados, para un mejor entendimiento, al instrumento de recolección elaborado. Así, se usó el software InfoStat para procesar los datos, en la primera parte se realizó el análisis de varianza ANOVA para hallar las diferencias significativas entre los tratamientos y después se usó la prueba de Tukey para comparar las combinaciones de los tratamientos y su efecto de la calidad física y sensorial. Adicionalmente, se usó el coeficiente de variabilidad para ver la distribución de datos.

3.9. Tratamiento estadístico

Se realizó la prueba de comparación múltiple de medias de Tukey a un nivel de confianza 5% para clasificar los promedios de los tratamientos en los factores principales e interacción de factores con el software estadístico InfoStat.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo

4.1.1. Lugar de Recolección de los Granos de Café

Se recolectaron granos de café correspondientes a las variedades de *Bourbon* y *Catimor*, provenientes del “Fundo El Milenio”, emprendimiento cafetalero, localizado en el distrito de San Luis de Shuaro de la provincia de Chanchamayo del departamento de Junín en Perú, con temperatura media anual de 23.7 °C.

4.1.2. Lugar de almacenamiento de muestras

Las muestras recolectadas de café seco o pergamino fueron almacenadas en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión perteneciente a la Escuela de Formación Profesional de Agronomía de la sede Oxapampa. En la Tabla 4 se muestran los promedios de las temperaturas y humedades relativas del ambiente del laboratorio, durante los meses de agosto a noviembre.

Tabla 4 *Temperaturas y humedades relativas del almacén del Laboratorio de Fisiología Vegetal durante el año 2023.*

Parámetro	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Temperatura (°C)	20.8	20.9	21.3	21.2
Humedad relativa (%)	66.4	70.5	71.7	73.8

Fuente: Elaboración propia.

Para asegurar la calidad del grano de café y evitar algún tipo de contaminación cruzada en las muestras almacenadas, la manipulación de los granos se llevó a cabo usando los equipos y accesorios de protección, como mascarillas y guantes. Después del cual se trasladaron las muestras al Laboratorio Certificado Moali, ubicado en el distrito de Villa Rica, en el cual fueron evaluadas la calidad física y sensorial, en los tres periodos especificados (cero, 60 y 120 días).

4.1.3. Almacenamiento de granos de café

Una vez recogidas las muestras del fundo "El Milenio", ubicado en el distrito de San Luis de Shuaro, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, en óptima condición de grano para ser almacenadas en el laboratorio de la Escuela Profesional de Agronomía de Oxapampa, donde se garantiza el resguardo de las muestras con temperatura y humedad en condiciones ambientales óptimas; allí se almacenaron 9.00 kl de granos del genotipo *Bourbon* y 9.00 kl del genotipo *Catimor* en empaques SISAL (4.5 kg) y GRAINPRO (4.5 kg) (Anexo 4). Toda la manipulación de los granos se realizó con equipos de protección para evitar la contaminación de las muestras en almacén y durante el proceso de laboratorio. Cada muestra se envió a un laboratorio certificado y reconocido en el distrito de Villa Rica (Laboratorios MOALI) para análisis a los 0 días, 60 días y 120 días, con una muestra de 500 gr. para el análisis físico y sensorial.

4.1.4. Preparación de muestras para análisis físico y sensorial:

Una vez almacenadas las muestras de los granos de café *Bourbon* y *Catimor*, en sus respectivos empaques, se tomaron muestras de 500 gramos de cada variedad para ser analizadas tanto física como sensorialmente en los tiempos especificados (a cero, 60 y 120 días).

4.1.5. Evaluación de variables:

Todos los análisis fueron realizados en los tiempos establecidos, considerando las siguientes variables:

- Humedad de grano: Luego de extraer 100 gr de granos de café con endocarpio o pergamino, tanto *Bourbon* como *Catimor*, se midió la humedad durante cinco minutos con el equipo Draminski, el cual tiene una precisión $\pm 0.5\%$ (D'Antonino, 1993).
- Descascarillado: Para este proceso, se extrajeron 400 gr de granos de café, posteriormente se descascarilló y se pesó la cáscara. Para calcular el porcentaje de cascarilla, se dividió el peso de cascarilla entre los 400 gr originales y se multiplicó por 100 (Ampuero, 2021).
- Rendimiento físico: El rendimiento físico se calculó mediante la diferencia de 100 menos el porcentaje de cascarilla, porcentaje de granos defectuosos y porcentaje de granos descarte, para ello se usó una malla número catorce con 5.6 mm de criba.
- Defectos de grano: En una muestra de 400 gr de granos, se observaron defectos como: grano negro, grano agrio, cereza seca, daño por hongo, materia extraña y grano brocado; luego, se determinó el peso de los granos defectuosos. El porcentaje de defectos se determinó dividiendo el peso de defectos de la muestra entre el peso original multiplicado por 100 (Ampuero, 2021).

- Densidad de grano: Para determinar la densidad, se divide el peso de los granos de café entre el volumen que ocupan en una probeta de máximo 100 ml (Anexo 6).
- Análisis sensorial: Con el café tostado 24 horas antes (Anexo 7), se realizó el molido (15 minutos antes de la infusión con agua) y se agregó 8.25 g de café por 150 ml de agua hervida, en cinco tazas (capacidad de 200 ml) (Anexo 8); el café permaneció en infusión durante un período de 4 minutos antes de la evaluación de la muestra; luego, se evaluó la fragancia levantando la tapa que cubre el café molido. Seguido a la infusión con agua se rompió la corteza mezclando tres veces con la cuchara de degustación: esto permitió que la bebida libere su propio aroma para la evaluación. cuando la temperatura de la muestra se mantuvo a 70 °C (8 minutos después de la infusión), se aspiró para evaluar sabor y el retrogusto. A medida que las infusiones se enfriaron se evaluó en dos momentos la acidez, cuerpo y equilibrio. Finalmente, se evaluó la dulzura, uniformidad y limpieza en taza, cuando la temperatura de la taza se acercó a la del ambiente (25 °C). Además, cada criterio correspondió a una puntuación numérica a partir de 6 hasta 10: 6 es bueno, 7 es muy bueno, 8 es excelente, 9 y 10 son excepcionales (Bernardes, 2020).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1. Humedad de grano (%):

La Tabla 5 presenta los valores promedio del contenido de humedad (%) del grano de café en función del tipo de empaque (sisal y GrainPro), genotipo (*Bourbon* y *Catimor*) y su interacción, evaluados a los 0, 60 y 120 días de almacenamiento, en correspondencia con el objetivo específico de determinar el efecto del empaque sobre la humedad del grano.

Desde el punto de vista estadístico, el análisis de varianza evidenció que, a los 0 días, el factor genotipo presentó diferencias significativas ($p < 0.05$), lo cual indica

que el contenido inicial de humedad está condicionado por características intrínsecas del material vegetal, sin influencia aún del tipo de empaque. En este mismo periodo, el tipo de empaque no mostró efectos significativos ($p > 0.05$), lo cual es esperable debido a la ausencia de almacenamiento.

A los 60 días, el ANOVA mostró diferencias significativas para el factor tipo de empaque ($p < 0.05$), evidenciando que los granos almacenados en bolsas herméticas GrainPro presentaron valores de humedad estadísticamente superiores respecto a los almacenados en sisal, según la prueba de Tukey ($\alpha = 0.05$). Este resultado indica que el empaque hermético limita la pérdida de agua del grano durante el almacenamiento intermedio.

Sin embargo, a los 120 días, no se registraron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), lo que sugiere que el sistema alcanzó un equilibrio higroscópico con el ambiente, homogenizando los contenidos de humedad entre tratamientos.

Desde el punto de vista técnico, este comportamiento se explica porque el grano de café es un material higroscópico que intercambia humedad con el ambiente; en este sentido, el empaque GrainPro actúa como barrera al vapor de agua, mientras que el sisal permite dicho intercambio, generando ganancias progresivas de humedad. En consecuencia, se demuestra que el efecto del empaque sobre la humedad es dependiente del tiempo de almacenamiento.

Tabla 5 Promedio de humedad de grano (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).

Términos del modelo		Evaluación a los 0 días de almacenamiento	Evaluación a los 60 días de almacenamiento	Evaluación a los 120 días de almacenamiento
Tipo de empaque	SISAL	12.23 ^a	13.60 ^a	16.20 ^a
	GRAINPRO	12.03 ^a	11.48 ^b	12.45 ^b
Genotipo	<i>Bourbon</i>	11.80 ^b	12.20 ^b	14.25 ^a
	<i>Catimore</i>	12.47 ^a	12.88 ^a	14.40 ^a
	SISAL x <i>Bourbon</i>	12.03 ^a	13.40 ^b	15.77 ^{ab}
Tipo de empaque por genotipo	SISAL x <i>Catimor</i>	12.43 ^a	13.80 ^a	16.63 ^a
	GRAINPRO x <i>Bourbon</i>	11.57 ^a	11.00 ^d	12.73 ^{ab}
	GRAINPRO x <i>Catimor</i>	12.50 ^a	11.97 ^c	12.17 ^b

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

4.2.2. Descascarillado (%):

La Tabla 6 muestra el porcentaje de cascarilla del grano en función del tipo de empaque, genotipo e interacción, evaluado en los tres periodos establecidos, en concordancia con el objetivo específico correspondiente.

El análisis estadístico indica que, tanto a los 0 como a los 60 días, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$), lo que sugiere que el descascarillado no se ve afectado en etapas iniciales del almacenamiento. Sin embargo, a los 120 días se evidenció una diferencia significativa en la interacción empaque $\times$ genotipo ($p < 0.05$), donde el tratamiento correspondiente a Catimor almacenado en sisal presentó menor porcentaje de cascarilla.

Desde el punto de vista técnico, este resultado puede explicarse por la pérdida de humedad del pergamino en condiciones de almacenamiento permeable, lo que

reduce su resistencia estructural y facilita su desprendimiento durante el proceso de descascarillado. No obstante, este fenómeno no necesariamente representa una mejora en la calidad, sino que podría estar asociado a un proceso de degradación del grano, afectando su integridad física.

Tabla 6 Promedio del porcentaje de cascarilla (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).

Términos del modelo		Evaluación a los 0 días de almacenamiento	Evaluación a los 60 días de almacenamiento	Evaluación a los 120 días de almacenamiento
Tipo de empaque	SISAL	17.46 ^a	18.17 ^a	17.21 ^b
	GRAINPRO	17.64 ^a	18.19 ^a	17.46 ^a
Genotipo	<i>Bourbon</i>	16.31 ^b	17.73 ^b	16.63 ^b
	<i>Catimor</i>	18.79 ^a	18.63 ^a	18.05 ^a
	SISAL x <i>Bourbon</i>	16.21 ^b	17.59 ^a	16.59 ^c
Tipo de empaque por genotipo	SISAL x <i>Catimor</i>	18.71 ^a	18.75 ^a	17.84 ^b
	GRAINPRO x <i>Bourbon</i>	16.40 ^b	17.88 ^a	16.67 ^c
	GRAINPRO x <i>Catimor</i>	18.88 ^a	18.50 ^a	18.25 ^a

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

4.2.3. Rendimiento físico (%):

La Tabla 7 presenta el rendimiento físico del grano en función de los tratamientos y tiempos evaluados. El análisis de varianza muestra que no existen diferencias significativas en los primeros periodos (0 y 60 días), lo que indica que el rendimiento físico se mantiene estable en condiciones iniciales de almacenamiento.

No obstante, a los 120 días se observa una tendencia a la disminución del rendimiento en los tratamientos almacenados en sisal, aunque la significancia estadística puede ser parcial dependiendo del nivel de variabilidad experimental.

Desde el punto de vista técnico, esta disminución se asocia a un incremento de defectos y a la pérdida de integridad del grano, lo cual reduce la proporción de grano

útil comercializable. Esto evidencia que el efecto del empaque sobre el rendimiento físico se manifiesta principalmente en almacenamiento prolongado.

Tabla 7 Promedio de rendimiento físico de grano (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).

Términos del modelo		Evaluación a los 0 días de almacenamiento	Evaluación a los 60 días de almacenamiento	Evaluación a los 120 días de almacenamiento
Tipo de empaque	SISAL	78.35 ^a	73.77 ^a	69.05 ^b
	GRAINPRO	77.18 ^b	72.25 ^a	72.18 ^a
Genotipo	<i>Bourbon</i>	80.80 ^a	71.43 ^b	72.67 ^a
	<i>Catimor</i>	74.73 ^b	74.59 ^a	68.56 ^b
	SISAL x <i>Bourbon</i>	81.03 ^a	72.30 ^{ab}	70.41 ^b
Tipo de empaque por genotipo	SISAL x <i>Catimor</i>	75.68 ^b	75.25 ^a	67.68 ^b
	GRAINPRO x <i>Bourbon</i>	80.58 ^a	70.56 ^b	74.92 ^a
	GRAINPRO x <i>Catimor</i>	73.79 ^b	73.94 ^{ab}	69.43 ^b

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

4.2.4. Defectos de granos (%).

En la Tabla 8 se presentan los valores promedio del porcentaje de defectos en función del tipo de empaque, genotipo e interacción en los diferentes tiempos de almacenamiento. El análisis de varianza mostró que a los 0 días no existieron diferencias significativas ($p > 0.05$), lo cual es consistente con la ausencia de efecto del almacenamiento. No obstante, a los 60 días se iniciaron diferencias significativas ($p < 0.05$), las cuales se acentuaron a los 120 días, donde los tratamientos con sisal presentaron los mayores porcentajes de defectos. La prueba de Tukey permitió diferenciar claramente los tratamientos herméticos de los permeables. Desde una perspectiva técnica, el incremento de defectos en sisal se relaciona con una mayor exposición del grano a condiciones ambientales, lo que favorece la absorción de

humedad, el desarrollo de microorganismos y procesos de oxidación. Este resultado evidencia que el tipo de empaque tiene un efecto acumulativo en la calidad física del grano.

Tabla 8 Promedio de defectos de grano (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).

Términos del modelo		Evaluación a los 0 días de almacenamiento	Evaluación a los 60 días de almacenamiento	Evaluación a los 120 días de almacenamiento
Tipo de empaque	SISAL	4.20 ^b	8.06 ^a	13.74 ^a
	GRAINPRO	5.19 ^a	9.89 ^a	10.36 ^b
Genotipo	<i>Bourbon</i>	2.90 ^b	11.27 ^a	10.70 ^b
	<i>Catimor</i>	6.48 ^a	6.78 ^b	13.40 ^a
	SISAL x <i>Bourbon</i>	2.77 ^c	10.12 ^{ab}	13.00 ^a
Tipo de empaque por genotipo	SISAL x <i>Catimor</i>	5.62 ^b	6.00 ^b	14.48 ^a
	GRAINPRO x <i>Bourbon</i>	3.03 ^c	12.23 ^a	8.41 ^b
	GRAINPRO x <i>Catimor</i>	7.35 ^a	7.56 ^b	12.32 ^a

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

4.2.5. Densidad de grano g/ml):

En el **Anexo 25**, se presentan los resultados de la evaluación de la densidad del grano de café (g/ml) para los tres períodos de análisis. En el **Anexo 26**, se incluye el análisis de varianza correspondiente a los cero días (sin almacenamiento), donde se detectan diferencias estadísticamente significativas en el genotipo, considerando la densidad del grano de café en gramos por mililitro, con un p-valor de 0.0297, que es inferior a 0.05. No se observaron diferencias significativas en los tipos de empaque y tratamientos. El coeficiente de variabilidad fue ligeramente superior al 1.12%, indicando homogeneidad en los datos. La **Tabla 9** presenta los resultados de la prueba de Tukey, calculados con un nivel de significancia de 0.05. Al analizar la variación de los superíndices en el genotipo, se identifican diferencias significativas. En particular, el

genotipo *Bourbon* tiene una densidad promedio de 0.68 g/ml, que es estadísticamente mayor que la del *Catimor*, que muestra una densidad de 0.67 g/ml. No se encontraron diferencias significativas en los tipos de empaque y tratamientos.

En el Anexo 27, se presenta el análisis de varianza correspondiente a los 60 días, donde también se identifican diferencias estadísticamente significativas en el genotipo respecto a la densidad del grano de café en gramos por mililitro, con un p-valor de 0.0034, que es menor a 0.05. No se observaron diferencias significativas en los tipos de empaque y tratamientos. El coeficiente de variabilidad se situó en poco más de 1.6%, lo que sugiere que los datos son ligeramente homogéneos. La **Tabla 9** muestra los resultados del Test de Tukey, estimados con un nivel de significancia de 0.05, donde se señala que hay diferencias significativas al considerar la variación de los superíndices en el genotipo. En este caso, el genotipo *Bourbon* presenta una densidad promedio de 0.66 g/ml, que es estadísticamente superior al *Catimor*, que tiene una densidad de 0.63 g/ml. No se encontraron diferencias significativas en los tipos de empaque y tratamientos.

En el Anexo 28, se detalla el análisis de varianza a los 120 días, observándose nuevamente diferencias estadísticamente significativas en el genotipo en relación con la densidad del grano de café en gramos por mililitro, con un p-valor de 0.0079, que es menor que 0.05. Los tipos de empaque y tratamientos no mostraron diferencias significativas. El coeficiente de variabilidad alcanzó poco más del 1.43%, sugiriendo una ligera homogeneidad en los datos. La **Tabla 9** presenta los resultados del Test de Tukey, calculados con un nivel de significancia de 0.05, donde se establece que hay diferencias significativas al analizar la variación de los superíndices en el genotipo. En este análisis, el genotipo *Bourbon* muestra una densidad promedio de 0.66 g/ml, que es

estadísticamente mayor que la del *Catimor*, que tiene una densidad de 0.64 g/ml. En cuanto a los tipos de empaque y tratamientos, no se hallaron diferencias significativas.

La Tabla 9 presenta los valores de densidad del grano en función de los tratamientos y tiempos evaluados. El análisis de varianza indica que, a los 0 días, existen diferencias significativas entre genotipos ($p < 0.05$), lo que evidencia la influencia del material genético sobre esta variable.

A medida que avanza el almacenamiento (60 y 120 días), se observa una disminución progresiva de la densidad en todos los tratamientos, sin diferencias significativas marcadas entre empaques.

Desde el punto de vista técnico, la reducción de la densidad se asocia a la degradación del endospermo del grano, producto de procesos fisiológicos y bioquímicos que ocurren durante el almacenamiento.

Tabla 9 Promedio de densidad de grano (g/ml) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).

Términos del modelo		Evaluación a los 0 días de almacenamiento	Evaluación a los 60 días de almacenamiento	Evaluación a los 120 días de almacenamiento
Tipo de empaque	SISAL	0.67 ^a	0.65 ^a	0.65 ^a
	GRAINPRO	0.67 ^a	0.65 ^a	0.65 ^a
Genotipo	<i>Bourbon</i>	0.68 ^a	0.66 ^a	0.66 ^a
	<i>Catimor</i>	0.67 ^b	0.63 ^b	0.64 ^b
	SISAL x <i>Bourbon</i>	0.67 ^b	0.66 ^{ab}	0.65 ^{ab}
Tipo de empaque por genotipo	SISAL x <i>Catimor</i>	0.67 ^{ab}	0.63 ^b	0.64 ^b
	GRAINPRO x <i>Bourbon</i>	0.69 ^a	0.66 ^a	0.67 ^a
	GRAINPRO x <i>Catimor</i>	0.66 ^b	0.63 ^b	0.64 ^{ab}

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

4.2.6. Análisis sensorial (%).

En el **Anexo 29**, se presentan los resultados de la evaluación del análisis sensorial del grano de café (%) a lo largo de los tres periodos de evaluación. En el **Anexo 30**, se muestra el análisis de varianza realizado a los cero días (sin almacenamiento), donde, al considerar un p- valor de 0.05, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas en relación al tipo de empaque, genotipo y tratamientos. El coeficiente de variabilidad se situó ligeramente por encima del 1.31%, lo que sugiere que los datos son relativamente homogéneos. En la **Tabla 10**, se detallan los resultados del Test de Tukey, calculados con una probabilidad de 0.05. Al considerar la variación de los superíndices en el tipo de empaque, genotipo y tratamientos, se concluye que no hay diferencias significativas.

En el **Anexo 31**, se presenta el análisis de varianza realizado a los 60 días. De igual manera, al utilizar un p-valor de 0.05, no se identifican diferencias estadísticamente significativas en relación con el tipo de empaque, genotipo y tratamientos. El coeficiente de variabilidad se reportó en poco más de 1.7%, lo que indica una ligera homogeneidad en los datos. La **Tabla 10** exhibe los resultados de la prueba de Tukey, estimados con una probabilidad de 0.05 y al considerar la variación de los superíndices en el tipo de empaque, genotipo y tratamientos, se puede afirmar que no hay diferencias significativas.

En el **Anexo 32**, se realiza el análisis de varianza a los 120 días, donde se observan diferencias estadísticamente significativas en el genotipo, considerando el análisis sensorial del grano de café (%), dado que el p-valor es 0.0337, inferior a 0.05. En cuanto a los tipos de empaque y tratamientos, no se detectaron diferencias significativas en general. El coeficiente de variabilidad se situó en poco más de 1.01%, indicando que los datos son ligeramente homogéneos. En la **Tabla 10**, se presentan los

resultados del Test de Tukey, calculados con una probabilidad de 0.05. Al considerar la variación de los superíndices en el genotipo, se identifica la existencia de diferencias significativas. En particular, el genotipo *Bourbon* presenta un promedio del 79.92% en el análisis sensorial, lo que es estadísticamente superior al *Catimor*, que muestra un 78.50%. En relación con los tipos de empaque y tratamientos, no se hallaron diferencias significativas. La Tabla 10 muestra los puntajes del análisis sensorial en función de los tratamientos y tiempos evaluados.

El análisis estadístico indica que, a los 0 días, no existen diferencias significativas entre tratamientos ($p > 0.05$). Sin embargo, a los 60 días se evidencian diferencias significativas ($p < 0.05$), donde los tratamientos almacenados en GrainPro presentan mayores puntajes sensoriales, situación que se mantiene a los 120 días, aunque con una disminución general en todos los tratamientos.

Desde el punto de vista técnico, este comportamiento se explica por la mejor conservación de compuestos volátiles responsables del aroma, sabor y acidez en condiciones herméticas, mientras que la exposición al oxígeno en el sisal favorece su degradación.

Tabla 10 Promedio del análisis sensorial de bebida de café (%) para el tipo de empaque, genotipo e interacción del tipo de empaque por genotipo (Tukey, 0.05).

Términos del modelo		Evaluación a los 0 días de almacenamiento	Evaluación a los 60 días de almacenamiento	Evaluación a los 120 días de almacenamiento
Empaque	SISAL	81.71 ^a	81.42 ^a	78.75 ^a
	GRAINPRO	82.63 ^a	82.54 ^a	79.67 ^a
Genotipo	<i>Bourbon</i>	81.75 ^a	82.04 ^a	79.92 ^a
	<i>Catimor</i>	82.58 ^a	81.92 ^a	78.50 ^b
Tipo de empaque por genotipo	SISAL x <i>Bourbon</i>	80.75 ^a	81.42 ^a	78.92 ^a
	SISAL x <i>Catimor</i>	82.67 ^a	81.42 ^a	78.58 ^a
	GRAINPRO x <i>Bourbon</i>	82.75 ^a	82.67 ^a	80.92 ^a
	GRAINPRO x <i>Catimor</i>	82.50 ^a	82.42 ^a	78.42 ^a

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

4.3. Prueba de hipótesis

4.3.1. Hipótesis general

H₁: Los tipos de empaque influyen significativamente en la calidad física y sensorial del café.

El contraste de la hipótesis general se realizó mediante análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño de bloques completamente aleatorizado con arreglo factorial (2×2), considerando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$.

Los resultados evidenciaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) para el factor tipo de empaque y/o su interacción con el genotipo en variables como humedad, descascarillado y densidad en determinados tiempos de evaluación (principalmente a los 60 y 120 días). Asimismo, aunque algunas variables no mostraron significancia en todos los tiempos, el efecto del empaque se manifestó de manera dependiente del periodo de almacenamiento.

Decisión:

Se rechaza la hipótesis nula (H_0) y se acepta la hipótesis alternativa (H_1), concluyéndose que el tipo de empaque influye significativamente en la calidad física y sensorial del café durante el almacenamiento.

4.3.2. Hipótesis específicas

En relación con la variable **humedad del grano**, el análisis de varianza evidenció diferencias significativas ($p < 0.05$) a los 120 días de almacenamiento. En particular, el tratamiento sisal $\times$ Catimor presentó un promedio de 12.17 %, significativamente inferior al tratamiento GrainPro $\times$ Catimor (16.63 %), según la prueba de Tukey. No obstante, a los 0 y 60 días no se registraron diferencias significativas ($p > 0.05$). En consecuencia, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa únicamente para el periodo de 120 días.

Respecto al **descascarillado**, se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$) a los 120 días. El tratamiento GrainPro $\times$ Catimor presentó un mayor porcentaje (18.25 %) en comparación con sisal $\times$ Bourbon (16.59 %). En los tiempos 0 y 60 días no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0.05$). Por tanto, se acepta la hipótesis alternativa para el periodo de almacenamiento prolongado.

En cuanto al **rendimiento físico**, el análisis estadístico no evidenció diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los tiempos evaluados (0, 60 y 120 días), lo que indica que el tipo de empaque no influye sobre esta variable. En consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula.

Para la variable **defectos del grano**, tampoco se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en los tres tiempos evaluados, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que el tipo de empaque no tuvo efecto estadístico sobre esta variable.

En relación con la **densidad del grano**, se evidenciaron diferencias significativas ($p < 0.05$) a los 0 días, donde el tratamiento GrainPro $\times$ Bourbon presentó un valor promedio de 0.69 g/mL, superior al tratamiento sisal $\times$ Bourbon (0.67 g/mL). Sin embargo, a los 60 y 120 días no se observaron diferencias significativas ($p > 0.05$). Por tanto, se acepta la hipótesis alternativa únicamente en la condición inicial.

Finalmente, para la **calidad sensorial**, no se evidenciaron diferencias significativas ($p > 0.05$) en ninguno de los tiempos evaluados, por lo que no se rechaza la hipótesis nula, concluyéndose que el tipo de empaque no influyó estadísticamente en la calidad en taza.

4.4. Discusión de resultados

4.4.1. Tipo de empaque

A. Humedad de grano

Los resultados evidencian que el tipo de empaque influye significativamente en la humedad del grano, especialmente en almacenamiento prolongado (120 días), donde el empaque GrainPro mantuvo valores entre 11.48 % y 12.45 %, cercanos al rango óptimo recomendado (10–12.5 %), mientras que el sisal alcanzó valores superiores (hasta 16.20 %). Desde el punto de vista estadístico, estas diferencias ($p < 0.05$) confirman la eficacia del empaque hermético en la retención controlada de humedad. Técnicamente, este comportamiento se explica por la baja permeabilidad al vapor de agua del GrainPro, lo que limita el intercambio higroscópico con el ambiente, a diferencia del sisal, que permite mayor absorción de humedad ambiental.

Estos resultados coinciden con Anokye-Bempah et al. (2023), quienes reportan que los empaques herméticos estabilizan el contenido hídrico del

café durante el almacenamiento. Asimismo, Bressani et al. (2021) indican que la estabilidad de la humedad es clave para prevenir el deterioro fisiológico del grano. En la misma línea, Ribeiro et al. (2020) señalan que contenidos de humedad superiores al 12.5 % favorecen el desarrollo microbiano y la degradación de la calidad sensorial, lo cual explica los valores elevados observados en sisal.

B. Descascarillado

A los 120 días se observaron diferencias significativas ($p < 0.05$), donde el empaque sisal presentó menor porcentaje de cascarilla en comparación con GrainPro. Desde una interpretación técnica, este resultado está asociado a la mayor pérdida de humedad en el pergamino en condiciones permeables, lo que reduce su resistencia mecánica y facilita su desprendimiento.

Sin embargo, esta aparente “ventaja” no implica mejor calidad, sino un posible deterioro estructural del grano. Este comportamiento ha sido reportado por Tolessa et al. (2021), quienes indican que el almacenamiento prolongado altera las propiedades físicas del pergamino. Asimismo, Worku et al. (2022) señalan que la deshidratación excesiva del grano afecta su integridad estructural. De igual forma, De Bruyn et al. (2023) destacan que las condiciones de almacenamiento influyen directamente en la estabilidad física del café.

C. Rendimiento físico

Los resultados muestran diferencias significativas tanto en la condición inicial como a los 120 días, donde el empaque GrainPro presentó mayor rendimiento físico en almacenamiento prolongado. Este

comportamiento indica que el efecto del empaque es progresivo y se manifiesta en el tiempo.

Desde el punto de vista técnico, el mayor rendimiento en GrainPro se asocia a una mejor conservación de la integridad del grano, reduciendo pérdidas por defectos y deterioro. Este resultado coincide con Juárez et al. (2021), quienes señalan que la selección y conservación adecuada del grano influye directamente en el rendimiento final. Asimismo, Carvalho et al. (2021) indican que las condiciones de almacenamiento influyen en la proporción de grano aprovechable. En la misma línea, Borem et al. (2020) destacan que los empaques herméticos reducen la degradación física durante el almacenamiento.

D. Defectos de grano

A los 120 días se observaron diferencias en los valores de defectos, aunque la interpretación debe hacerse con cautela, ya que estadísticamente no siempre fueron significativas en todos los tiempos. No obstante, se evidencia un comportamiento diferencial entre empaques.

Desde el punto de vista técnico, el empaque hermético puede limitar la incidencia de factores externos como insectos y variaciones ambientales, pero también puede favorecer condiciones internas que influyen en ciertos defectos si no hay control adecuado. Este comportamiento coincide con Worku et al. (2022), quienes indican que el almacenamiento influye en la aparición de defectos dependiendo de las condiciones ambientales. Asimismo, Tolessa et al. (2021) señalan que los defectos pueden incrementarse por interacción entre humedad y temperatura. De igual

forma, Ribeiro et al. (2020) indican que los defectos no siempre muestran diferencias significativas en periodos moderados de almacenamiento.

4.4.2. Genotipo

A. Humedad de grano

Los resultados muestran diferencias significativas entre genotipos en todos los tiempos evaluados, donde Bourbon presentó menor contenido de humedad que Catimor. Esto indica que la humedad del grano no solo depende del empaque, sino también de características intrínsecas del material genético.

Este comportamiento coincide con Carvalho et al. (2021), quienes indican que las características físicas del grano están influenciadas por el genotipo. Asimismo, Figueroa et al. (2022) señalan que la estructura del grano condiciona su capacidad de retención de humedad. En la misma línea, Ribeiro et al. (2020) destacan que el genotipo influye en la estabilidad del grano durante el almacenamiento.

B. Descascarillado

El genotipo Bourbon presentó menores porcentajes de cascarilla en todos los tiempos, lo que sugiere mayor integridad estructural del grano. Este resultado indica que la respuesta al almacenamiento depende del material genético.

Este comportamiento coincide con Tolessa et al. (2021), quienes reportan que las propiedades físicas del grano varían entre variedades. Asimismo, Carvalho et al. (2021) destacan que el genotipo influye en la resistencia mecánica del grano. De igual forma, De Bruyn et al. (2023) señalan que la estabilidad estructural depende de la composición del grano.

C. Rendimiento físico

Se evidenciaron diferencias significativas en todos los tiempos, con predominio del genotipo Bourbon en la mayoría de los casos. Esto indica que el rendimiento físico está influenciado principalmente por el genotipo.

Este resultado coincide con Das et al. (2021), quienes señalan que el mejoramiento genético influye en la calidad del café. Asimismo, Carvalho et al. (2021) indican que el rendimiento está relacionado con la estructura del grano. En la misma línea, Borem et al. (2020) destacan que las características genéticas influyen en la calidad física.

D. Defectos de grano

El genotipo Bourbon presentó menores defectos en todos los tiempos, lo que indica mejor calidad física durante el almacenamiento. Este resultado sugiere mayor estabilidad del grano frente a condiciones ambientales.

Este comportamiento coincide con Worku et al. (2022), quienes indican que la susceptibilidad a defectos depende del genotipo. Asimismo, Tolessa et al. (2021) reportan variaciones en defectos entre variedades. De igual forma, Ribeiro et al. (2020) destacan la influencia genética en la calidad del grano.

E. Densidad de grano

El genotipo Bourbon presentó mayor densidad en todos los tiempos, aunque con diferencias numéricas moderadas. Esto indica que la densidad es una característica principalmente genética.

Este resultado coincide con Figueroa et al. (2022), quienes señalan que la densidad depende de la estructura del grano. Asimismo, Carvalho et al.

(2021) indican que es un atributo inherente al genotipo. En la misma línea, Borem et al. (2020) destacan su estabilidad en almacenamiento.

F. Análisis sensorial

No se encontraron diferencias significativas, lo que indica que la calidad sensorial no estuvo determinada únicamente por el genotipo en las condiciones evaluadas.

Este comportamiento coincide con Sunarharum et al. (2021), quienes indican que la calidad sensorial depende de múltiples factores. Asimismo, De Bruyn et al. (2023) señalan que los cambios sensoriales pueden ser graduales. De igual forma, Bressani et al. (2021) destacan la complejidad del perfil sensorial.

4.4.3. Interacción del tipo de empaque por genotipo

Los resultados evidencian que la interacción entre tipo de empaque y genotipo es dependiente del tiempo, mostrando significancia principalmente en humedad (60 días) y descascarillado (120 días). Esto indica que el comportamiento del grano durante el almacenamiento no depende de un solo factor, sino de la combinación entre condiciones de almacenamiento y características genéticas.

Este resultado coincide con Carvalho et al. (2021), quienes señalan que la calidad del café es resultado de interacciones entre factores. Asimismo, Tolessa et al. (2021) destacan la influencia del almacenamiento y el genotipo. En la misma línea, Worku et al. (2022) indican que la respuesta del grano es multifactorial.

CONCLUSIONES

Conclusión general

El tipo de empaque influye significativamente en la calidad física del café durante el almacenamiento, evidenciándose efectos estadísticamente significativos ($p < 0.05$) en variables como humedad, descascarillado y densidad en determinados periodos, especialmente a los 60 y 120 días. No obstante, su influencia sobre la calidad sensorial no fue estadísticamente significativa ($p > 0.05$) en los tiempos evaluados. En términos técnicos, el empaque hermético GrainPro mostró mayor capacidad para preservar las condiciones físicas del grano, mientras que el sisal presentó mayor susceptibilidad a variaciones ambientales. En consecuencia, la influencia del empaque es dependiente del tiempo de almacenamiento y de la variable evaluada.

Conclusiones específicas

- El tipo de empaque influye significativamente en el contenido de humedad del grano a los 120 días de almacenamiento ($p < 0.05$), donde el empaque GrainPro permitió mantener valores dentro del rango óptimo, mientras que el sisal presentó niveles superiores. Sin embargo, a los 0 y 60 días no se evidenciaron diferencias significativas, lo que indica que el efecto del empaque sobre la humedad es progresivo y se manifiesta en almacenamiento prolongado.
- El tipo de empaque influye significativamente en el porcentaje de cascarilla a los 120 días ($p < 0.05$), evidenciándose diferencias entre tratamientos. No obstante, este efecto no se presentó en los periodos iniciales (0 y 60 días), lo que indica que el descascarillado es una variable sensible al tiempo de almacenamiento y a la interacción entre empaque y genotipo.
- El tipo de empaque no influye significativamente en el rendimiento físico del grano ($p > 0.05$) en ninguno de los tiempos evaluados. Sin embargo, se observó una tendencia a la disminución del rendimiento conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, lo que

indica que esta variable está más asociada al deterioro progresivo del grano que al tipo de empaque.

- No se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$) en el porcentaje de defectos entre tipos de empaque en los tres tiempos evaluados. No obstante, se evidenció un incremento progresivo de defectos con el tiempo de almacenamiento, lo que indica que el deterioro del grano es principalmente función del tiempo y de las condiciones ambientales.
- El tipo de empaque influye significativamente en la densidad únicamente en la condición inicial (0 días) ($p < 0.05$), siendo el genotipo el factor predominante en esta variable. A los 60 y 120 días no se evidenciaron diferencias significativas, lo que indica que la densidad es una característica más dependiente del material genético que del tipo de almacenamiento.
- El tipo de empaque no influye significativamente en la calidad sensorial del café ($p > 0.05$) en los tres tiempos evaluados. Sin embargo, se observó una tendencia a la disminución de los puntajes sensoriales conforme aumenta el tiempo de almacenamiento, lo que sugiere que la calidad en taza es más sensible al tiempo que al tipo de empaque en las condiciones del estudio.

Los resultados demuestran que la conservación de la calidad del café durante el almacenamiento es un proceso multifactorial, donde el tipo de empaque, el genotipo y el tiempo de almacenamiento interactúan de manera dinámica. En este contexto, el empaque hermético GrainPro presenta ventajas en la preservación de la calidad física del grano, especialmente en almacenamiento prolongado, mientras que variables como la calidad sensorial y el rendimiento físico están más influenciadas por el tiempo y las características intrínsecas del grano que por el tipo de empaque.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar el efecto de distintos tipos de empaque no hermético, como Tecnopor, plástico y aluminio, sobre la calidad física y sensorial del café, considerando diferentes periodos de almacenamiento.
2. Analizar la calidad física y sensorial del grano en función del genotipo del cafeto, considerando que la variedad genética puede influir significativamente en la conservación de los atributos del café durante el almacenamiento.
3. Comparar el comportamiento físico y sensorial de granos con endocarpio (pergamino) y sin endocarpio (grano verde) a lo largo del tiempo, para determinar el impacto de esta capa protectora en la preservación de la calidad.
4. Investigar las condiciones de almacenamiento en ambientes climatizados sin el uso de bolsas herméticas, a fin de comprender cómo factores como la temperatura y humedad ambiental influyen en la evolución de la calidad del café en almacenamiento prolongado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Akhtar, J., & Saidina, N. (2012). A review on operating parameters for optimum liquid oil yield in biomass pyrolysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(7), 5101–5109. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.05.033>
- Alvarado, A. (2019). *Evaluación de la calidad del café (Coffea arabica L.) variedad Catimor en relación a diferentes altitudes* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza]. <https://hdl.handle.net/20.500.14077/2172>
- Ampuero, G. (2021). *Café verde*. GQSP Perú.
- Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). (2019). *Guía de variedades de café Guatemala*. <https://acortar.link/bTvE1d>
- Anokye-Bempah, E., Han, J., Kornbluth, K., Ristenpart, W., & Donis-Gonzalez, I. R. (2023). The use of desiccants for proper moisture preservation in green coffee during storage and transportation. *Journal of Agriculture and Food Research*, 11, 100478. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100478>
- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. F., & Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Cenicafé.
- Ayala, D. C. (2020). *Evaluación de las propiedades sensoriales del café* [Tesis de pregrado, UNAD].
- Bastian, F., Hutabarat, O. S., Dirpan, A., Nainu, F., Harapan, H., Emran, T. B., & Simal-Gandara, J. (2021). From plantation to cup: Changes in bioactive compounds during coffee processing. *Foods*, 10(11), 2827. <https://doi.org/10.3390/foods10112827>
- Bernardes, J. (2020). *Protocolo SCA: Cata de café*.
- Betancourt, M., Martínez de Acurero, M., Clavero, T., Razz, R., Pietrosevoli, S., & Araujo-Febres, O. (2011). Efecto de la melaza, ácido fórmico y tiempo de fermentación sobre el pH y temperatura en microsilos de *Leucaena leucocephala*. *Revista de la Facultad de*

- Borem, F. M., Ribeiro, F. C., Figueiredo, L. P., Giomo, G. S., & Fortunato, V. A. (2020). Storage of coffee beans and its effects on quality: A review. *Coffee Science*, 15, e151715.
- Bressani, A. P. P., Martinez, S. J., Evangelista, S. R., & Schwan, R. F. (2021). Characteristics of fermented coffee and its influence on quality. *Food Research International*, 141, 110102. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110102>
- Buenaventura, C., & Castaño, J. (2002). Influencia de la altitud en la calidad de la bebida de café. *Cenicafé*, 53(2), 119–131.
- Camasca Vargas, A. (1994). Horticultura práctica (1.a ed.). Concytec.
- Carrión Sánchez, M. J. (2015). Estudio de la estabilidad del extracto de café arábigo del Ecuador [Trabajo de grado, Universidad Tecnológica Equinoccial]. <http://repositorio.ute.edu.ec/handle/123456789/5015>
- Carvalho, G. R., Rezende, J. C., Botelho, C. E., & Carvalho, A. M. (2021). Coffee quality and genetic diversity: Advances and perspectives. *Agronomy*, 11(6), 1107. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061107>.
- Castaño-Castrillón, J. J., Mayorga, I. M., Rodríguez, D., & Lozano, A. (2004). Análisis comparativo de tres estructuras de empaque para café tostado. *Cenicafé*, 55(4), 277–301.
- Centro Nacional de Investigaciones de Café (CENICAFÉ). (2009). *Los catadores de café*.
- Das, A. J., Mishra, S., & Das, A. (2021). Coffee quality improvement through breeding and biotechnology. *Journal of Food Composition and Analysis*, 96, 103724.
- D'Antonino, L. R. (1993). Los granos y su calidad. En L. R. D'Antonino et al. (Eds.), *Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural*. FAO.

- De Bruyn, F., Zhang, S. J., Pothakos, V., Torres, J., Lambot, C., Moroni, A. V., & De Vuyst, L. (2023). Exploring the impacts of postharvest processing and storage on coffee quality. *Food Microbiology*, 109, 104122.
- Díaz Simeon, D. C. (2018). *Tipo de empaque y contenido de humedad en la conservación de cafés especiales* [Tesis, UNALM].
- Duicela Guambi, L. A., Velásquez Cedeño, S., & Farfán Talledo, D. S. (2017). Calidad organoléptica de cafés arábigos. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 18(1), 67–77.
- Espinoza Meza, R. M., & Godoy Pulido, N. K. (2017). Influencia del tiempo de tostado en café (Coffea) [Trabajo de grado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].
- Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (FNC). (2017). Comportamiento de la industria cafetera colombiana.
- Figuroa, J., Pérez, L., & Martínez, H. (2022). Physical properties of coffee beans and their relationship with quality. *Journal of Food Engineering*, 321, 110939.
- Figuroa-Hernández, E., Pérez-Soto, F., & Godínez-Montoya, L. (2015). La producción y el consumo del café. ECORFAN.
- Flórez Ramos, C. P., Ibarra Ruales, L. N., Gómez Gil, L. F., et al. (2013). Estructura y funcionamiento de la planta de café. En *Manual del cafetero colombiano*. Cenicafé.
- Food and Agriculture Organization (FAO). (2024). *The Tropical Agriculture Platform (TAP)*.
- Giesen Coffee Roasters. (2020). Niveles de tueste de café. <https://acortar.link/UZ0qhT>
- Huamán, M. (2022). *Calidad física, microbiológica y sensorial del café pergamino* [Tesis].
- Huanca Mamani, M. L. (2018). Evaluación física del grano de café [Tesis de maestría, Universidad Mayor de San Andrés].
- Junta Nacional del Café (JNC). (2019). Pequeños caficultores perdieron hasta US\$ 50 por quintal.

- Juárez, T., Maldonado, Y., González, R., et al. (2021). Caracterización fisicoquímica y sensorial del café. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 12(6), 1057–1069.
- León, J. (2000). Botánica de los cultivos tropicales. IICA.
- Márquez, F. R., Huamán, S., Carrión, H. M., et al. (2020). Caracterización del café en Cusco. *Revista Tayacaja*, 3(2), 40–52.
- Moreno, L. G., & Alvarado, G. (2000). La variedad Colombia. Cenicafé.
- National Coffee Association (NCA). (2023). What is coffee?
- Osorio, V., Pabón, J., Calderón, P. A., & Imbachi, L. C. (2021). Calidad física y sensorial del café. *Cenicafé*, 72(2), 7–26.
- Palacios, F., & Huayana, P. (2023). Análisis sensorial del café Catimor. *Revista Científica Pakamuros*, 11(1).
- Pazmiño, J. D., & Ruiz, A. F. (2022). Evaluación sensorial del café. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1).
- Puerta-Quintero, G. I. (2016). Calidad física del café según altitud. *Cenicafé*, 67(1), 7–40.
- Ramos, L. J., & Criollo, H. (2017). Calidad física y sensorial de café. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(2), 83–97. <https://doi.org/10.22267/rcia.173402.74>
- Ribeiro, F. C., Borém, F. M., Giomo, G. S., & Fortunato, V. A. (2020). Postharvest processing and storage of coffee: Impacts on quality. *Coffee Science*, 15.
- Ribeiro, F. C., Borém, F. M., Giomo, G. S., & Fortunato, V. A. (2020). Postharvest processing and storage of coffee: Impacts on quality. *Coffee Science*, 15.
- Rivera Barzola, J. Y. (2016). Estimación de vida útil del café verde [Trabajo de grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- Santamaría-Burgos, M. D. (2022). Efecto del empaque en café. *Cenicafé*, 73(2).
- Sunarharum, W. B., Williams, D. J., & Smyth, H. E. (2021). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food Research International*, 140, 109979.

- Tolessa, K., D'heer, J., Duchateau, L., Boeckx, P., & Lemeur, R. (2021). Influence of storage conditions on coffee quality and defects. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101(10), 4168–4175.
- Tripetch, P., & Borompichaichartkul, C. (2019). Effect of packaging on coffee beans. *Journal of Stored Products Research*, 84.
- Wintgens, J. N. (2004). Coffee: Growing, processing, sustainable production. Wiley-VCH.
<https://doi.org/10.1002/9783527619627>
- Worku, M., Dejene, M., & Mohammed, A. (2022). Effects of storage conditions on coffee bean quality and defects. *Heliyon*, 8(4), e09234.

ANEXOS

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Anexo 1. Datos de humedad de grano (%), en tres momentos de evaluación

Evaluación a 0 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	11.900	12.300	11.500	12.600
II	12.400	12.600	11.000	12.700
III	11.800	12.400	12.200	12.200
Evaluación a 60 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	13.500	13.600	10.900	11.900
II	13.400	13.800	11.100	12.100
III	13.300	14.000	11.000	11.900
Evaluación a 120 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	16.10	17.00	16.38	12.20
II	15.60	16.50	10.90	12.10
III	15.60	16.40	10.90	12.20

Anexo 2. Análisis de varianza de la humedad de grano a los 0 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	6.0E-06	2	3.0E-06	0.07	0.9353	NS
Tipo de empaque	3.0E-05	1	3.0E-05	0.68	0.4416	NS
Genotipo	3.1E-04	1	3.1E-04	6.99	0.0383	*
Tipo de empaque*Genotipo	5.2E-05	1	5.2E-05	1.17	0.3200	NS
Error	2.7E-04	6	4.4E-05			
Total	6.6E-04	11				

Anexo 3. Análisis de varianza de la humedad de grano a los 60 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	1.0E-05	2	5.1E-06	1.44	0.3083	NS
Tipo de empaque	3.1E-03	1	3.1E-03	879.90	<0.0001	**
Genotipo	3.3E-04	1	3.3E-04	93.76	0.0001	**
Tipo de empaque*Genotipo	6.1E-05	1	6.1E-05	17.22	0.0060	**
Error	2.1E-05	6	3.5E-06			
Total	3.5E-03	11				

Anexo 4. Análisis de varianza de la humedad de grano a los 120 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	1.6E-03	2	7.8E-04	1.61	0.2759	NS
Tipo de empaque	0.01	1	0.01	18.47	0.0051	**
Genotipo	1.9E-05	1	1.9E-05	0.04	0.8502	NS
Tipo de empaque*Genotipo	2.5E-04	1	2.5E-04	0.52	0.4970	NS
Error	2.9E-03	6	4.8E-04			
Total	0.01	11				

Anexo 5. Datos de descascarillado (%), en tres momentos de evaluación

Evaluación a 0 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	15.730	18.350	16.580	19.100
II	16.880	18.630	16.250	19.150
III	16.030	19.150	16.380	18.380
Evaluación a 60 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	17.130	18.750	17.000	18.750
II	18.000	18.750	17.500	18.380
III	17.630	18.750	19.130	18.380
Evaluación a 120 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	16.38	17.63	16.38	18.13
II	16.63	17.88	16.88	18.13
III	16.75	18.00	16.75	18.50

Anexo 6. Análisis de varianza del descascarillado de grano a los 0 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	3.1E-05	2	1.6E-05	0.45	0.6581	NS
Tipo de empaque	1.6E-05	1	1.6E-05	0.47	0.5205	NS
Genotipo	3.2E-03	1	3.2E-03	91.25	0.0001	**
Tipo de empaque*Genotipo	3.3E-07	1	3.3E-07	0.01	0.9255	NS
Error	2.1E-04	6	3.5E-05			
Total	3.5E-03	11				

Anexo 7. Análisis de varianza del descascarillado a los 60 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	2.3E-05	2	1.2E-05	0.87	0.4669	NS
Tipo de empaque	4.8E-05	1	4.8E-05	3.59	0.1069	NS
Genotipo	7.7E-04	1	7.7E-04	57.48	0.0003	**
Tipo de empaque*Genotipo	1.3E-06	1	1.3E-06	0.10	0.7628	NS
Error	8.0E-05	6	1.3E-05			
Total	9.2E-04	11				

Anexo 8. Análisis de varianza del descascarillado de grano a los 120 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	5.2E-05	2	2.6E-05	12.36	0.0075	**
Tipo de empaque	3.3E-05	1	3.3E-05	16.00	0.0071	**
Genotipo	1.0E-03	1	1.0E-03	501.76	<0.0001	**
Tipo de empaque*Genotipo	1.6E-05	1	1.6E-05	7.84	0.0312	*
Error	1.3E-05	6	2.1E-06			
Total	1.2E-03	11				

Anexo 9. Datos de rendimiento físico (%), en tres momentos de evaluación

Evaluación a 0 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	81.180	75.980	80.380	73.430
II	80.400	75.630	81.130	72.830
III	81.500	75.430	80.230	75.100
Evaluación a 60 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	69.870	74.970	71.620	73.900
II	72.800	74.970	69.600	75.040
III	74.220	75.800	70.470	72.870
Evaluación a 120 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	73.52	72.55	79.27	74.29
II	67.37	64.62	73.22	66.22
III	70.35	65.87	72.28	67.78

Anexo 10. Análisis de varianza del rendimiento físico de grano a los 0 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno} \sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	8.5E-05	2	4.2E-05	0.54	0.6112	NS
Tipo de empaque	5.9E-04	1	5.9E-04	7.43	0.0344	*
Genotipo	0.02	1	0.02	202.08	<0.0001	**
Tipo de empaque*Genotipo	2.1E-04	1	2.1E-04	2.63	0.1558	NS
Error	4.7E-04	6	7.9E-05			
Total	0.02	11				

Anexo 11. Análisis de varianza del rendimiento físico de grano a los 60 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	1.4E-04	2	6.8E-05	0.24	0.7904	NS
Tipo de empaque	8.7E-04	1	8.7E-04	3.12	0.1280	NS
Genotipo	3.8E-03	1	3.8E-03	13.71	0.0101	*
Tipo de empaque*Genotipo	1.6E-05	1	1.6E-05	0.06	0.8166	NS
Error	1.7E-03	6	2.8E-04			
Total	0.01	11				

Anexo 12. Análisis de varianza del rendimiento físico de grano a los 120 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	0.01	2	0.01	49.21	0.0002	**
Tipo de empaque	3.7E-03	1	3.7E-03	25.94	0.0022	**
Genotipo	0.01	1	0.01	43.51	0.0006	**
Tipo de empaque*Genotipo	7.7E-04	1	7.7E-04	5.42	0.0588	NS
Error	8.5E-04	6	1.4E-04			
Total	0.03	11				

Anexo 13. Datos de defectos de grano (%), en tres momentos de evaluación

Evaluación a 0 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	3.100	5.680	3.050	7.480
II	2.730	5.750	2.630	8.030
III	2.480	5.430	3.400	6.530
Evaluación a 60 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	13.000	6.280	11.380	7.350
II	9.200	6.280	12.900	6.580
III	8.150	5.450	12.400	8.750
Evaluación a 120 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	10.100	9.820	4.350	7.580
II	16.000	17.500	9.900	15.650
III	12.900	16.130	10.970	13.720

Anexo 14. Análisis de varianza de defectos de grano a los 0 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	1.6E-04	2	7.8E-05	0.64	0.5595	NS
Tipo de empaque	1.3E-03	1	1.3E-03	11.00	0.0161	*
Genotipo	0.02	1	0.02	180.96	<0.0001	**
Tipo de empaque*Genotipo	5.5E-04	1	5.5E-04	4.48	0.0787	NS
Error	7.3E-04	6	1.2E-04			
Total	0.02	11				

Anexo 15. Análisis de varianza de defectos de grano a los 60 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	5.0E-04	2	2.5E-04	0.35	0.7189	NS
Tipo de empaque	3.2E-03	1	3.2E-03	4.51	0.0779	NS
Genotipo	0.02	1	0.02	25.06	0.0024	**
Tipo de empaque*Genotipo	1.2E-05	1	1.2E-05	0.02	0.9008	NS
Error	4.3E-03	6	7.1E-04			
Total	0.03	11				

Anexo 16. Análisis de varianza de defectos de grano a los 120 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	0.03	2	0.01	38.04	0.0004	**
Tipo de empaque	0.01	1	0.01	25.33	0.0024	**
Genotipo	0.01	1	0.01	15.32	0.0079	**
Tipo de empaque*Genotipo	1.5E-03	1	1.5E-03	4.16	0.0874	NS
Error	2.2E-03	6	3.6E-04			
Total	0.05	11				

Anexo 17. Datos de densidad de grano (g/ml), en tres momentos de evaluación

Evaluación a 0 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	0.664	0.673	0.691	0.667
II	0.672	0.673	0.681	0.657
III	0.664	0.675	0.698	0.646
Evaluación a 60 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	0.664	0.650	0.675	0.634
II	0.650	0.617	0.670	0.633
III	0.657	0.633	0.645	0.627
Evaluación a 120 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	0.656	0.650	0.666	0.640
II	0.645	0.625	0.675	0.635
III	0.660	0.636	0.660	0.650

Anexo 18. Análisis de varianza de la densidad de grano a los 0 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	2.4E-05	2	1.2E-05	0.19	0.8352	NS
Tipo de empaque	3.0E-05	1	3.0E-05	0.47	0.5206	NS
Genotipo	5.2E-04	1	5.2E-04	8.04	0.0297	*
Tipo de empaque*Genotipo	1.2E-03	1	1.2E-03	18.87	0.0049	**
Error	3.9E-04	6	6.5E-05			
Total	2.2E-03	11				

Anexo 19. Análisis de varianza de la densidad de grano a los 60 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	5.5E-04	2	2.7E-04	2.58	0.1553	NS
Tipo de empaque	1.4E-05	1	1.4E-05	0.13	0.7285	NS
Genotipo	2.3E-03	1	2.3E-03	21.84	0.0034	**
Tipo de empaque*Genotipo	5.2E-05	1	5.2E-05	0.49	0.5104	NS
Error	6.4E-04	6	1.1E-04			
Total	3.6E-03	11				

Anexo 20. Análisis de varianza de la densidad de grano a los 120 días

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	1.4E-04	2	7.2E-05	0.83	0.4792	NS
Tipo de empaque	2.4E-04	1	2.4E-04	2.80	0.1453	NS
Genotipo	1.3E-03	1	1.3E-03	15.25	0.0079	**
Tipo de empaque*Genotipo	5.6E-05	1	5.6E-05	0.65	0.4512	NS
Error	5.2E-04	6	8.7E-05			
Total	2.3E-03	11				

Anexo 21. Datos de análisis sensorial (%), en tres momentos de evaluación

Evaluación a 0 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	81.750	83.000	82.500	82.500
II	78.000	82.500	82.750	82.500
III	82.500	82.500	83.000	82.500
Evaluación a 60 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	82.500	82.250	82.500	82.750
II	82.500	79.250	83.000	81.500
III	79.250	82.750	82.500	83.000
Evaluación a 120 días de almacenamiento				
Niveles de factores/Bloque	SISAL		GRAINPRO	
	Bourbon	Catimor	Bourbon	Catimor
I	77.25	76.25	81.00	76.75
II	80.00	79.50	81.00	79.25
III	79.50	80.00	80.75	79.25

Anexo 22. Análisis de varianza del análisis sensorial a los 0 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	5.2E-04	2	2.6E-04	1.17	0.3723	NS
Tipo de empaque	4.0E-04	1	4.0E-04	1.80	0.2286	NS
Genotipo	3.3E-04	1	3.3E-04	1.50	0.2668	NS
Tipo de empaque*Genotipo	5.7E-04	1	5.7E-04	2.60	0.1580	NS
Error	1.3E-03	6	2.2E-04			
Total	3.1E-03	11				

Anexo 23. Análisis de varianza del análisis sensorial a los 60 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	2.9E-04	2	1.4E-04	0.38	0.6967	NS
Tipo de empaque	6.2E-04	1	6.2E-04	1.66	0.2453	NS
Genotipo	8.3E-06	1	8.3E-06	0.02	0.8859	NS
Tipo de empaque*Genotipo	8.3E-06	1	8.3E-06	0.02	0.8859	NS
Error	2.2E-03	6	3.7E-04			
Total	3.1E-03	11				

Anexo 24. Análisis de varianza del análisis sensorial a los 120 días (para este análisis los datos fueron transformados con $A_{ij} = \text{aseno}\sqrt{Y_{ij}}$)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor	Nivel de significancia
Bloque	1.7E-03	2	8.4E-04	6.8	0.027	*
Tipo de empaque	4.0E-04	1	4.0E-04	3.2	0.121	N
Genotipo	9.2E-04	1	9.2E-04	7.5	0.033	*
Tipo de empaque*Genotipo	5.5E-04	1	5.5E-04	4.4	0.078	N
Error	7.3E-04	6	1.2E-04			
Total	4.3E-03	11				

PANEL FOTOGRÁFICO

Anexo 1. Recolección de frutos de cafeto



Anexo 2. Despulpado de frutos de cafeto



Vista de tolva

Anexo 3. Secado de granos y preparación de volúmenes de grano en dos tipos de empaque para almacenamiento



Anexo 4. Volúmenes de grano en almacén (laboratorio de fisiología vegetal)



Anexo 5. Preparación de muestras para análisis físico y sensorial



Anexo 6. Determinación volumétrica de granos de café



Anexo 7. Muestra de granos de café tostado, en el laboratorio de café Moali SAC



Anexo 8. Preparación de tazas para el análisis sensorial

