



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

**Procesos de fermentación de café (*Coffea arabica*
L.) variedad parainema, en piletas aclimatadas
para mejorar la calidad de taza, Dipilto, Nueva
Segovia 2024-2025**

Autor(a)

Janely Gisell Rodríguez López

Misael de Jesús Saucedo Olivas

Tutor(es)

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

M.Sc. Alexander Benavidez Rodríguez

**Estelí, Nicaragua
Septiembre, 2025**



Universidad
Nacional
Francisco Luis
Espinoza Pineda

**Tesis para optar al título de
Ingeniero Agropecuario**

**Procesos de fermentación de café (*Coffea arabica L.*)
variedad parainema, en piletas aclimatadas para
mejorar la calidad de taza, Dipilto, Nueva Segovia 2024-
2025**

Autor(a)

Janely Gisell Rodríguez López

Misael de Jesús Saucedo Olivas

Tutor(es)

Ph.D. Oscar Enrique Bustamante Morales

M.Sc. Alexander Benavidez Rodríguez

Presentado a la consideración del Honorable Comité
Evaluador como requisito de culminación de estudio

**Estelí, Nicaragua
Septiembre, 2025**

Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Comité Evaluador designado por la Dirección de Ciencias Agropecuarias como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Agropecuario

Miembros del Comité Evaluador

Ing. Byron Uriel Rojas Valverde
Presidente

M.Sc. Trinidad German Reyes
Barreda
Secretario

M.Sc. Didier Gabriel Matey Fajardo
Vocal

Lugar y Fecha: 26 de septiembre de 2025, Estelí, Nicaragua

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado, en primer lugar, a Dios, quien ha sido mi guía, mi fortaleza y mi luz en cada paso de este camino. A él le debo todo lo que soy y lo que he logrado.

A mis padres, Arlen López y Lebning Rodríguez, por ser el pilar de mi vida, por su amor incondicional, por enseñarme el valor del esfuerzo y por apoyarme en cada uno de mis sueños, este logro no sería posible sin ustedes.

A mis padrinos, Guadalupe Martínez y Omar López, quienes han sido como unos segundos padres para mí, ofreciéndome su cariño, apoyo y sabios consejos en cada momento importante de mi vida.

A mis hermanas y a mi hermanito, por ser mi inspiración y mi mayor motivación para seguir adelante, recordándome siempre la importancia de la familia y del amor que nos une.

A mis abuelitos, por su ternura, su amor incondicional y sus oraciones que siempre han sido una fuente de bendiciones en mi vida.

Y a mí misma, por no rendirme, por superar los obstáculos con valentía, por creer en mis capacidades y por valorarme en cada paso del camino.

Este trabajo representa el inicio de todo lo que soñamos y construimos juntos. Es para cada uno de ustedes, que han sido mi mayor bendición, este logro también es suyo.

Janely Gisell Rodríguez López

DEDICATORIA

Este trabajo final se lo dedico primeramente a Dios padre y a la Santísima Virgen María por regalarme vida, inteligencia y sabiduría para poder cumplir con esta etapa de estudio universitario.

A la Divina Providencia, fuente de infinita sabiduría, amor y fortaleza, quien ha guiado mis pasos iluminando mi mente y fortaleciendo mi espíritu a lo largo de este camino.

A mis padres, Misael Saucedo y Delvis Olivas, a mis hermanos, Harby Saucedo y Ángel Gabriel Saucedo, por siempre brindarme su apoyo emocional, espiritual y económico, cada consejo y cada palabra de aliento me ha ayudado a seguir persistiendo para cumplir mis sueños.

También se lo dedico a mis abuelitos por siempre inspirarme a ser una mejor persona, y por animarme a seguir estudiando en esos momentos donde quería desistir, sin sus palabras de aliento no hubiese podido llegar hasta aquí.

Este trabajo representa un logro más en mi vida, todo el esfuerzo de tantos años de estudio ha dado resultados, este logro no solo es mío si no de cada uno de ellos.

Misael de Jesús Saucedo Olivas

AGRADECIMIENTO

Primeramente, damos gracias a Dios por habernos guiado hasta este momento más importante de nuestra vida y por la oportunidad que nos brindó de culminar nuestra carrera con mucho éxito, por otro lado, le agradecemos a nuestros padres que siempre nos han brindado su apoyo incondicional para cumplir todos nuestros objetivos como terminar nuestra carrera profesional. A ellos les agradecemos tanto que con su máximo esfuerzo, cariño y bendición nos han motivado siempre a no rendirnos en cada una de nuestras metas y sueños.

A la Universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, por abrirnos sus puertas del conocimiento, donde crecimos no solo como profesionales, sino también como personas, gracias por brindarnos un espacio para soñar, aprender y construir nuestro futuro.

Agradecemos también a nuestro tutor, Ph.D. Oscar Bustamante por su dedicación y paciencia, sin sus correcciones precisas no habiéramos podido llegar a esta parte final de nuestra carrera, sus palabras y enseñanzas quedaran siempre como una huella en nuestra vida profesional.

A nuestro asesor Ing. Alexander Benavidez por su acompañamiento cercano y su apoyo constante en nuestro trabajo, sus aportes fueron fundamental para dar forma y sentido a nuestra investigación.

Culminamos con esta etapa con el corazón lleno de gratitud, cada esfuerzo, cada palabra de aliento y cada gesto de apoyo nos impulsaron a no rendirnos y a creer en nuestros sueños. A todos los que fueron parte de este camino, gracias por inspirarnos a seguir adelante y recordarnos que cada esfuerzo tiene su recompensa

INDICE DE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del problema	3
1.3. Objetivos (General y específicos)	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Limitaciones	5
1.6. Hipótesis	6
1.7. Variables.....	6
1.8. Supuestos básicos.....	6
1.9. Contexto de la investigación	7
II. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Producción de café en Nicaragua	8
2.2. Generalidades del café	8
2.3. Procesos postcosecha del café	11
2.4. Factores, procesos y controles en la fermentación del café	13
2.5. Tipos de fermentación	15
2.6. Aclimatización.....	16
2.7. Calidad.....	17
2.8. Atributos de la calidad del café	17
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Ubicación geográfica	19
3.2. Tipo de paradigma	19
3.3. Enfoque de la investigación	19
3.4. Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance).....	20

3.5.	Según nivel de amplitud: transversal o longitudinal.....	20
3.6.	Descripción de la unidad de análisis experimental.....	21
3.7.	Definición de variables con su operacionalización:	24
3.8.	Diseño experimental	26
3.9.	Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos	26
3.10.	Validez o confiabilidad de los instrumentos.....	27
3.11.	Procesamiento y análisis de datos	28
3.12.	Consideraciones éticas de la investigación	28
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
4.1.	Parámetros de la fermentación	30
4.2.	Análisis de la retención de mucilago en el proceso de fermentación	34
4.3.	Propuesta de manejo del café Parainema en piletas aclimatadas	39
V.	CONCLUSIONES	42
VI.	RECOMENDACIONES	43
VII.	LITERATURA CITADA.....	44
VIII.	ANEXOS	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiado de las muestras	21
Tabla 2. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables incluidas en el estudio.....	24
Tabla 3. Puntajes sensoriales del café según el tratamiento	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. <i>Variación de pH durante la fermentación en los tratamientos</i>	30
Figura 2. <i>Comportamiento de la temperatura en piletas</i>	32
Figura 3. <i>Tiempo de fermentación según cada muestra</i>	33
Figura 4. <i>Retención del mucilago</i>	35
Figura 5. <i>Tiempo de sacado de cada muestra</i>	37

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica donde se llevó a cabo la investigación	48
Anexo 2. Resultados de catación de los tratamientos según el formato SCAA.....	49
Anexo 3. Hoja de campo que se utilizó para la recolección de datos para la investigación	50
Anexo 4. Método para medir la retención de mucilago honey	51

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la finca "Los Laureles", ubicada en la comunidad de Loma fría, municipio de Dipilto, Nueva Segovia, con el objetivo de evaluar el efecto de tres métodos de fermentación (Lavado, Honey y Natural) en piletas aclimatadas sobre la calidad de taza del café (*Coffea arabica L*), variedad Parainema. El estudio tuvo un enfoque mixto, analizando variables fisicoquímicas como pH, temperatura del agua y tiempo de fermentación, así como parámetros organolépticos mediante la evaluación sensorial, siguiendo el protocolo de la Speciality Coffea Association of America (SCAA). Los datos obtenidos se aplicaron a procedimientos estadísticos descriptivos, se organizaron en matrices según el proceso y se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión. Las muestras fueron sometidas a un proceso monitoreado en condiciones térmicas estables (16°-18°C), utilizando bolsas selladas colocadas en las piletas con agua aclimatada. El tiempo de fermentación vario de 3.5 y 7 días según el tratamiento. Los resultados mostraron que el método Natural obtuvo el mayor puntaje de evaluación sensorial (87 puntos), destacándose por su perfil afrutado y balanceado, seguido por el Honey (85.5 puntos) con notas dulces y florales y el Lavado (84.5 puntos), mostrando un perfil más limpio y clásico. Se observó que la retención del mucílago fue del 100% en el proceso Natural, 30% en Honey y solo el 5% en lavado, lo cual influyó directamente en la calidad de taza, el secado se realizó bajo sombra parcial, con duración de 22 y 44 días. Se concluye que el método Natral, bajo condiciones controladas, favorece significativamente los atributos sensoriales del café en la bebida final, posicionándose como una estrategia efectiva para incrementar el valor agregado del café parainema en mercados de especialidad, contribuyendo una alternativa viable para pequeños productores que buscan mejorar su competitividad en mercados de cafés especiales.

Palabras clave: Fermentación, Parainema, Calidad de taza, Piletas Aclimatadas, Sensorial

ABSTRACT

This research was conducted at the "Los Laureles" farm, located in the community of Loma Fría, municipality of Dipilto, Nueva Segovia, with the objective of evaluating the effect of three fermentation methods (Washed, Honey, and Natural) in climate-controlled tanks on the cup quality of Parainema variety coffee (*Coffea arabica* L). The study employed a mixed-methods approach, analyzing physicochemical variables such as pH, water temperature, and fermentation time, as well as organoleptic parameters through sensory evaluation, following the Specialty Coffee Association of America (SCAA) protocol. The data obtained were subjected to descriptive statistical procedures, organized into matrices according to the process, and measures of central tendency and dispersion were used. The samples were subjected to a monitored process under stable thermal conditions (16–18°C), using sealed bags placed in tanks with climate-controlled water. The fermentation time varied between 3.5 and 7 days depending on the treatment. The results showed that the Natural method obtained the highest sensory evaluation score (87 points), standing out for its fruity and balanced profile, followed by Honey (85.5 points) with sweet and floral notes, and Washed (84.5 points), exhibiting a cleaner and more classic profile. Mucilage retention was observed to be 100% in the Natural process, 30% in Honey, and only 5% in Washed, which directly influenced cup quality. Drying was carried out under partial shade, lasting 22 and 44 days. It is concluded that the Natural method, under controlled conditions, significantly enhances the sensory attributes of the coffee in the final beverage, positioning itself as an effective strategy to increase the added value of Parainema coffee in specialty markets, contributing a viable alternative for small producers seeking to improve their competitiveness in specialty coffee markets.

Keywords: Fermentation, Parainema, Cup Quality, Climate-Controlled Tanks, Sensory

I. INTRODUCCIÓN

El cultivo de café es uno de los más importantes del mundo, ya que, es la bebida con más consumo a nivel mundial, para la conservación de esta bebida se realizan una serie de procesos durante su cadena de valor, los cuales, otorgan ciertas características deseadas al grano y a la bebida final. Dos de las etapas más importantes son el beneficiado y el secado del grano; gracias a estos procesos se pueden lograr distintos atributos deseados en el café como el aroma, sabor, consistencia, entre otros. (Guzman, 2021)

Nicaragua ha logrado posicionarse en el mercado internacional, gracias a la calidad de su café, siendo la región central la más apta para el cultivo del café, especialmente los departamentos de Nueva Segovia, Jinotega y Matagalpa donde el cultivo encuentra sus mejores condiciones agroclimáticas favorables, como altitud, suelo y clima que favorecen la producción de cafés especiales. (Pacheco, 2018)

En el municipio de Dipilto, la variedad parainema ha comenzado a ser adoptada por los productores por su resistencia a enfermedades y su adaptabilidad a diversos suelos y climas, además de su destacado rendimiento en taza.

Esta variedad desarrollada por el laboratorio del Instituto Hondureño del Café (IHCAFE) a partir de la línea T05296 (*Sarchimare*), ha demostrado un alto potencial en certámenes como la taza de la excelencia, si bien ya se ha validado su calidad, aún existe una oportunidad de potenciar sus características sensoriales mediante mejoras en los procesos postcosecha, como la fermentación. («Parainema», s. f.-a).

En la actualidad, muchos productores continúan utilizando métodos tradicionales de fermentación, con escaso control sobre variables como la temperatura, el tiempo o el pH, frente a esto, surge la necesidad de implementar un nuevo método que permita una mayor estabilidad y control del proceso. En este contexto, se propone como alternativa innovadora el uso de fermentación controlada en piletas aclimatadas, lo cual podría mejorar la calidad de taza del café de manera más precisa y replicable. (Cenicafe , 2015).

El propósito práctico de esta investigación es evaluar el efecto de los diferentes procesos de fermentación sobre la calidad de taza de la variedad parainema, utilizando como herramienta la fermentación controlada, con el fin de identificar protocolos que puedan ser adoptados por los productores del municipio de Dipilto, este estudio pretende generar recomendaciones concretas que permitan acceder a nichos de mercado más exigente y especializados, fortaleciendo así la competitividad del café nicaragüense.

1.1. Antecedentes

Después de haber realizado una exploración bibliográfica, presentamos a continuación opiniones acerca de investigaciones realizadas sobre los procesos de fermentación del café.

En la investigación titulada "Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café", se menciona que, en el proceso de beneficio húmedo, es necesario separar el mucílago del grano de café para facilitar su secado y obtener bebidas suaves. Este paso es crucial para garantizar la calidad del grano y de la bebida, ya que cualquier defecto causado por una falta de control durante este proceso es irreversible y no se puede corregir en las etapas posteriores del beneficio ni en la preparación de la bebida. En el caso de la fermentación natural, los granos despulpados se colocan en tanques sin tapa y se dejan allí, con o sin agua, hasta que se procede a su lavado y secado (Quintero, 2015).

En una investigación titulada "Estudio de la renovación del mucilago de café, a través de fermentación natural", indica que la fermentación natural y el lavado posterior para la remoción del mucilago se han considerado como etapas básicas y primordiales dentro del beneficio de café para producir cafés, "suaves lavados", los cuales son de mucha importancia en el mercado internacional. Siendo la fermentación unas de las etapas del proceso del café de mayor cuidado, ya que una fermentación incompleta, puede producir defectos como grano negro, cardenillo y vinagre, que ocasionan el rechazo de los lotes que contengan estos tipos de granos, lo cual implica pérdidas económicas (Peñuela, 2016).

En una investigación encontrada como "Evaluación de procesos de fermentación natural en café" realizada por el instituto hondureño del café, realizo un análisis de la calidad, en donde se

midieron diversos factores, la temperatura, el pH durante la fermentación se evaluó la variedad lempira, se utilizaron cuatro procesos diferentes, aeróbico seco, anaeróbico seco, anaeróbico sumergido y aeróbico sumergido, los procesos se detuvieron al presentar aroma a alcohol y el descenso de pH por debajo de 3.7, no se encontró ningún daño sensorial (Medina, 2021).

En la investigación "Optimización del proceso fermentativo honey en café especial" fue realizada en el salvador a la variedad de café Pacamara, evaluando comparativamente el comportamiento del pH a lo largo del tiempo, y estableciendo una cama de 3cm hasta 7 cm, en dicho estudio se evaluó la significancia de las variables, del cual se obtuvo que el pH fue significativo y el grosor de las camas no muestra influencia en la calidad de taza, demuestra que para tener una puntuación arriba de 85 puntos se determinó la combinación ideal de un pH final de 2.3 y un grosor de cama de 7.52 cm, con temperatura ambiente de 25° C, (Gálvez, 2018).

En investigaciones realizadas con café procedente de varias fincas y en análisis de calidad del café en bodega se han detectado en mayor frecuencia los defectos brocado, fermentado, reposado y contaminado (ALMACAFE, 2014).

En un estudio realizado en Colombia en 2015, se encontró que el 67% de las muestras de café provenientes de 59 fincas ubicadas en los municipios de Chinchiná, Palestina, Manizales (en el departamento de Caldas), y Santa Rosa de Cabal (Risaralda), presentaban defectos de fermentación en la bebida. En el 82% de las fincas que empleaban la fermentación, se mezclaban cafés despulpados durante un período de 2 a 9 días, y el 41% de aquellas que desmucilaginaban, mezclaban los cafés durante 2 a 5 días. Solo en la mitad de las fincas se lavaba el café antes de secarlo. Además, se detectaron defectos contaminados y fenólicos en el 3,6% de las muestras de café pergamino provenientes de estas fincas (Puerta Q. , 2015).

1.2. Planteamiento del problema

La producción de café de calidad diferenciada representa un desafío constante para los pequeños productores de zonas altas como Dipilto, Nueva Segovia. Si bien la variedad parainema ha mostrado buen potencial en términos de rendimiento y resistencia, el proceso postcosecha, particularmente la fermentación, influye significativamente en la expresión sensorial en taza.

En la actualidad, se ha identificado una limitada adopción de métodos alternativos de fermentación, como el Honey o el Natural, debido a la falta de información técnica y validación local sobre su impacto real en la calidad final del grano.

Adicionalmente, la influencia del entorno térmico durante la fermentación (Como el uso de piletas aclimatadas) y la retención de mucilago en los diferentes métodos no ha sido debidamente cuantificada, a pesar de su potencial efecto sobre el perfil organoléptico del café. La ausencia de estudios sistematizados que comparen estas prácticas limita la toma de decisiones técnicas por parte de los productores, especialmente aquellos interesados en acceder a nichos de mercado de cafés especiales.

Ante la situación surge la necesidad de investigar como influyen los distintos métodos de fermentación (Lavado, Honey y Natural), aplicados en piletas aclimatadas, sobre la retención de mucilago, las condiciones fisicoquímicas del proceso y principalmente sobre la calidad sensorial del café parainema, con el fin de generar información aplicable que permita mejorar la competitividad del productor en mercados de mayor valor agregado.

1.3. Objetivos (General y específicos)

Objetivo general

Evaluar el efecto de los procesos de fermentación lavado, natural y melado, en piletas aclimatadas para mejorar la calidad de taza del café (*Coffea arabica L*), variedad Parainema, Dipilto, Nueva Segovia 2024-2025

Objetivos específicos

Determinar los efectos del proceso de beneficiado Honey en piletas aclimatadas en la retención de mucilago y su contribución a la calidad de taza del café Parainema

Identificar las características físicas u organolépticas que resulten de los procesos de fermentación del café

Elaborar una propuesta de manejo de la fermentación en café variedad parainema, basado en el tiempo y método para mejorar la calidad de la taza

1.4. Justificación

La variedad de café parainema ha tenido una creciente adopción en el municipio de Dipilto, Nueva Segovia, debido a características agronómicas como su resistencia a la roya y su productividad aceptable en condiciones de clima tropical. No obstante, a pesar de su presencia en competencias de calidad como la taza de la excelencia, se ha observado que los resultados en taza pueden variar significativamente dependiendo del método de procesamiento postcosecha.

En este contexto, la fermentación se plantea como una etapa crítica en el proceso de beneficio, con una influencia directa sobre la calidad física y sensorial del café. Sin embargo, en la zona de estudio existe limitada información técnica sobre el comportamiento de la variedad parainema bajo diferentes métodos de fermentación adquirida por pequeños productores, lo que dificulta el análisis objetivo de su impacto en la calidad de taza.

Esta investigación se justifica en la necesidad de generar conocimiento sobre los métodos de fermentación, Lavado, Honey y Natural, bajo condiciones controladas en piletas aclimatadas, evaluando su efecto sobre parámetros fisicoquímicos (Como pH, temperatura, y tiempo) y atributos organolépticos del grano procesado.

Con ello, se espera aportar evidencia que fortalezca el conocimiento técnico sobre esta variedad y sirva de base para futuras recomendaciones o adaptaciones en el procesamiento del café. De esta forma se impulsa el uso de prácticas más sostenibles y diferenciadas que puedan favorecer la competitividad de los caficultores, promoviendo una producción con mayor valor agregado y que puedan responder a las exigencias del mercado sin comprometer el equilibrio ambiental ni la viabilidad económica del productor.

1.5. Limitaciones

Restricción temporal del estudio:

El estudio se realizó durante una sola cosecha del periodo 2024-2025, por lo que no se evaluaron posibles variaciones entre ciclos productivos o condiciones de otros años.

Tamaño reducido de las muestras sensoriales:

Considerando los recursos disponibles en la finca, el número de muestras sometidas a la catación fue limitada.

Condiciones desfavorables para el secado:

Durante el periodo de secado, las condiciones climáticas no fueron las más favorables, lo que ocasionó un alargamiento en el tiempo de secado de las muestras, especialmente en el proceso Natural, esta situación pudo haber influido en la calidad sensorial del café.

Retraso en la obtención de resultados:

La entrega de resultados presentó retrasos debido a la alta carga de trabajo y a la saturación de muestras en el laboratorio de catación.

1.6. Hipótesis

La implementación de procesos de fermentación controlada mediante piletas aclimatadas, aplicados a los métodos Honey, Natural, Lavado, influirá positivamente en la calidad sensorial y organoléptica del café de la variedad parainema (*Coffea arabica* L.)

1.7. Variables

Temperatura de la fermentación

Retención de mucílago

Características organolépticas

Método de fermentación

1.8. Supuestos básicos

Se asume que la aplicación de procesos de fermentación lavado, natural y melado en piletas aclimatadas permite un control eficiente de variables como temperatura, tiempo y oxigenación, influyendo positivamente en la actividad microbiana. Se considera que el método honey favorece la retención de mucílago, contribuyendo al desarrollo de atributos sensoriales deseables. Asimismo, se presupone que las condiciones agroclimáticas de Dipilto inciden en las características físicas y organolépticas del café variedad Parainema. Finalmente, se plantea que

un manejo adecuado del proceso fermentativo mejora significativamente la calidad de la taza durante el período estudio 2024-2025.

1.9. Contexto de la investigación

El café (*Coffea arabica* L.) es un cultivo estratégico para la economía de Nueva Segovia, especialmente en el municipio de Dipilto, donde las condiciones de altitud y clima favorecen cafés de calidad. La variedad Parainema destaca por su resistencia y potencial sensorial, dependiente del manejo poscosecha. Los procesos de fermentación lavado, natural y melado influyen directamente en las características físicas y organolépticas del grano. El uso de piletas aclimatadas surge como alternativa para controlar tiempo y temperatura, respondiendo a la demanda de mercados especializados durante 2024-2025 y fortalecer prácticas sostenibles que mejoren ingresos, calidad y competitividad cafetalera regional local productiva.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Producción de café en Nicaragua

El café en Nicaragua juega un papel muy importante en la generación de divisas y por lo tanto en la economía del mismo.

También es importante señalar que es una fuente esencial de generación de empleos 15.87% de total de empleos en el 2009, según MIFIC, unas 30,000 familias siembran café y otras 150,000 – 200,000 familias obtienen partes de sus ingresos trabajando a tiempo completo o a medio tiempo en la producción procesamiento y comercialización del café. (Ortells Chabrera, 2009).

El café en Nicaragua se cultiva en la zona norte, central y pacífica. En la zona norte y central del país se encuentra, Nueva Segovia con un 10.9%, Madriz con 6.8%, Jinotega con un 31.7% y Matagalpa con un 24.9%. (Perez Martinez, 2013).

El 85% del café producido en Nicaragua se vende en el mercado externo y el 15% se consume localmente, exportando principalmente café oro o verde, se considera que más del 80% del grano oro es potencial elegible para el mercado de cafés especiales. Sin embargo, se requiere que los productores e intermediarios conozcan la demanda de calidad en el mercado y el perfil de taza.

2.2. Generalidades del café

El café es la semilla del cafeto, un árbol de la familia Rubiáceas del género Coffea; es una de las pocas plantas que florece y da fruto al mismo tiempo. El árbol, de forma cónica, se caracteriza por la flexibilidad de sus ramas, unas hojas de color verde intenso y una flor blanca con agradable aroma, la baya, cereza o drupa son las denominaciones que recibe el fruto de cafeto, el cual se recolecta cuando alcanza un color rojo intenso y consta de las siguientes partes: pulpa, mucilago, pergamino y grano.

El 96% del café producido en Nicaragua es cultivado bajo sombra de diferentes especies que fijan carbono a la atmosfera y sirven de habitat para las aves migratorias del norte.

La mayoría de café nicaragüense es Arábica, esta especie es la más apreciada ya que crece en alturas entre 900 y 2,000 metros sobre el nivel del mar, su contenido en cafeína es relativamente bajo entre (0.9% y un 1.5%).

Variedad Parainema

La variedad parainema nació en los laboratorios del Instituto Hondureño de Café (IHCAFE), línea de T-05296, es una variedad de amplia adaptabilidad a condiciones climáticas, a enfermedades y posee un sistema radicular que la capacita para adaptarse a diferentes tipos de suelo.(Parainema, s. f.-b).

Esta variedad tiene las siguientes características:

- Porte de la planta: bajo/compacto
- Tamaño del grano: grande
- Potencial de calidad en taza: bueno
- Roya del cafeto: resistente
- Rendimiento en cosecha: bueno
- Años para la primera cosecha: 3 años

Ciclo productivo del café

El ciclo productivo del café variedad Parainema en Dipilto sigue estas etapas clave:

1. Selección de semilla y germinación: Se seleccionan semillas sanas y se germinan en viveros, en condiciones controladas de temperatura y humedad.
2. Trasplante: Cuando las plántulas alcanzan entre 20-30 cm, se trasplantan al campo, en suelos previamente preparados con buen drenaje.
3. Mantenimiento de la finca: Incluye podas, control de malezas, fertilización orgánica o química, y manejo de plagas y enfermedades (como la roya).
4. Floración y fructificación: La floración ocurre con las primeras lluvias. Los frutos, que son las cerezas del café, maduran en un periodo de 6 a 8 meses.

5. Cosecha: Se realiza manualmente para seleccionar cerezas maduras, generalmente una vez al año, entre noviembre y febrero.
6. Beneficiado: Después de la cosecha, las cerezas se despulpan, se fermentan y se secan para obtener los granos de café verde listos para su comercialización o exportación.

Parainema es una variedad resistente a la roya y muy apreciada por su calidad en taza, con características de sabor frutales y cítricas, lo que la hace ideal para las condiciones climáticas de Dipilto.

Tipo de manejo del cultivo

El manejo del café variedad Parainema en Dipilto se enfoca en prácticas sostenibles y en maximizar la calidad del grano, e incluye los siguientes aspectos:

1. Manejo del suelo: Uso de abonos orgánicos (como el humus y lixiviado), control de erosión y técnicas de conservación de suelos, asegurando un balance de nutrientes.
2. Manejo de sombra: Se mantiene un equilibrio adecuado de árboles de sombra para proteger las plantas del exceso de sol, mejorar la biodiversidad y fomentar el control natural de plagas.
3. Control de plagas y enfermedades: La variedad Parainema es resistente a la roya, lo que reduce el uso de fungicidas. Se aplican controles biológicos y químicos solo cuando es necesario.
4. Poda y renovación: Se podan ramas improductivas y plantas envejecidas, renovando constantemente el cafetal para mantener la productividad.
5. Cosecha selectiva: La recolección manual y selectiva asegura que solo se cosechen las cerezas maduras, lo que contribuye a la alta calidad en la taza.

Estas prácticas están alineadas con la tendencia hacia una agricultura climáticamente inteligente y la producción sostenible en la región de Dipilto.

2.3. Procesos postcosecha del café

Recepción del fruto

Se verifica que el fruto este en buen estado, se debe de ser muy observador al momento del despulpado para no dejar pasar cerezas verdes, sobre maduras y secas a la máquina. El fruto sobre maduro es un defecto que permanece en el pergamino y se mantiene en el café oro.

Despulpado

Este procedimiento es llevado a cabo por una máquina eléctrica sencilla denominada despulpadora. En su interior, un cilindro giratorio (camisa) se encarga de separar la pulpa de los granos, expulsando la pulpa por la parte trasera hacia el pulpero y dirigiendo los granos hacia las boquillas frontales, donde caen sobre la pila de fermentación.

El despulpado debe efectuarse a más tardar seis horas después de la recolección. La mejor manera de prevenir daños en el café recolectado es realizar el despulpado el mismo día de la cosecha y recepción, ya que de lo contrario podría sufrir una sobre fermentación (Cuchimba et al., 2018).

Fermentación

La fermentación consiste en la descomposición del mucilago, el cual cubre el grano del café, es intervenido por acciones de microorganismos, este proceso hace que resulte más fácil el lavado, dicho que el mucilago una vez descompuesto se disuelve y se elimina al relacionarse con el agua.

La fermentación normalmente tarda entre 12 a 24 horas, esto depende del efecto de la temperatura del ambiente y de la madurez del grano, de las piletas. (Curo, 2013).

Lavado

El proceso del lavado es aquel que separa el mucilago descompuesto y deja limpio el pergamino; un buen lavado es aquel que garantiza la calidad del producto, siempre y cuando siga un buen secado. Cuando se da una fermentación correcta se debe realizar el lavado, de lo contrario afecta la calidad de la bebida. (Gómez, 2018).

Secado

El secado del café en el beneficio es el proceso que hace disminuir la humedad del grano hasta el % que el personal tiene establecido y así poder almacenarlo en bodegas librándole de contaminación, mal olor y degustación. Sin embargo, es la etapa del beneficio que tiene como fin disminuir la humedad del grano. El proceso de secado debe iniciarse lo más pronto posible, después del lavado y clasificado (este último en el canal). Para llevarse a cabo el secado se puede hacer de dos maneras, con la ayuda del sol y herramientas artificiales. (Echeverri, 2016).

El tiempo de secado al sol depende del clima imperante en la región, del espesor de la capa de café y de la frecuencia con la que se revuelva, en términos generales el café necesita para secarse de 30 a 40 horas del sol, siempre y cuando el espesor de la capa no pase de cuatro centímetros y se revuelva al menos tres veces al día. (Cenicafe, 2016).

Etapas del tostado del café

- a) Escogida a mano: Seleccionando solo los granos completos, secando la media cara, los frutos picados, con cascara y brocados.
- b) Trillado: El trillo retira la casulla del grano pasando de ser pergamino a oro.
- c) Tostado: Con ayuda de la temperatura el grano pierde su humedad esto dependerá de la tonalidad que se desea obtener.
- d) Molido: Se pasan los granos por el molino para triturarlos y queden listos para ser utilizado en la elaboración de diferentes productos como son: dulces, tortas, helados, preparar café, etc.

Empaque y almacenamiento

El empaque del café debe realizarse de tal manera que al productor se le facilite su comercialización en costales quintaleros, de arroba y kilogramos limpios y en buen estado. (Cuchimba et al., 2018)

Influencia del manejo postcosecha en la calidad del café

El manejo adecuado en la postcosecha del café es crucial para alcanzar una excelente calidad en la taza. Para lograrlo, se requiere una atención cuidadosa desde la siembra del café y durante todo su crecimiento, que dura entre 2 y 3 años, hasta el momento de la cosecha. Una vez cosechado, el proceso de beneficio húmedo es fundamental, ya que en esta etapa intervienen el despulpado, tiempo de fermentación, lavado, selección de grano, hasta su secado y trillado.

Al brindar una atención minuciosa y llevar a cabo un proceso bien controlado, se puede obtener un café con altas calificaciones, dependiendo de la variedad (Petrich, 2021)

2.4. Factores, procesos y controles en la fermentación del café

Al hablar de fermentación, podemos mencionar que hay una amplia variedad de tipos, algunas originadas por las enzimas naturales de levaduras y bacterias, otras involucran azúcares que generan energías, y otras más producen combustibles y alcoholes. Además, se da una degradación de los lípidos presentes en el mucílago del café, lo que altera su olor, acidez, pH, composición química, color y microbiología, entre otros aspectos (Tantalean, UPA, 2022).

Durante el procesamiento del café, los granos despulpados se mantienen sumergidos en el mucílago fermentado hasta su lavado. Mediante la aplicación de procesos controlados de fermentación, lavado y secado, se obtienen bebidas de café con aromas y sabores de buena calidad. No obstante, cuando la fermentación no se realiza de forma adecuada, sin control de los factores involucrados, se generan defectos que afectan la calidad del café.

Factores de fermentación

Se pueden presentar diferentes factores que afectan la fermentación del café como son; Madurez del fruto, factores ambientales, equipos de tiempo, o si a la pila de la fermentación posee residuo de agua. (Tantalean, 2022)

El mesocarpio o mucílago es la parte que separa del grano de café por el proceso de fermentación, proceso en el que se dejan las pepas de café despulpadas en tanques durante doce a dieciocho horas, lo que permite la degradación de los azúcares y sustancias pépticas en ácidos,

alcoholes y otros, mediante la actividad de levaduras, bacterias y enzimas, presente en el mucilago, se controla el tiempo y la degradación de los azúcares y formación de ácidos. (Tantalean, 2022)

a) Sistema de fermentación

Existen diferentes sistemas de fermentación, dentro de los cuales podemos mencionar el sistema de sustrato sólido y el sumergido. En este tipo, las almendras despulpadas se acumulan en tanque y se espera que transcurra el tiempo de fermentación. Para el sistema sumergido, se añade agua al tanque en una proporción del 30% respecto a la masa de café, estos sistemas pueden ser abiertos o cerrados, continuos o discontinuos o desarrollarse a una temperatura o pH constante, entre otros. (Tantalean, 2022)

b) El sustrato

Las almendras de café que contienen el mucilago, es la materia prima, estas contienen cantidades variables de mucilago y los atributos del café, dependen de la juventud y los controles en el proceso de fermento y despulpado; la presencia de impureza y de incidencia de insecticidas y otras sustancias en el café en fermento, influye en los procesos de fermentación y para concluir en los sabores, aromas del café. La cantidad de mucilago en los frutos de café depende del estado de maduración de la cereza de café y presenta variaciones de acerca del 30% para cada grado de madurez. (Tantalean, 2022)

Microbiología de la fermentación del café

El café en fermento, contiene microorganismos que provienen de diferentes fuentes tales como de la tierra, viento, fuentes hídricas, de las plantas, seres humanos, animales, insectos, instalaciones y objetos que se utilizan para la fermentación. En las cerezas que ya están piladas se encuentran principalmente levaduras y bacterias lácticas, pero también bacterias y algunos hongos. (Cenicafe, 2012)

Los conjuntos de microorganismos que se encuentran presentes en el momento dado de la fermentación del café dependen mucho de la población inicial en las cerezas despulpadas, las cuales son parámetros que nos dan las condiciones ambientales como la temperatura, los gases

como el dióxido de carbono, la calidad del agua, el potencial de hidrogeno (pH protones), el potencial redox (electrones), la limpieza tanto de equipos como instalaciones, equipo transcurrido en el proceso de fermento también y no menos (Cenicafe, 2012).

2.5. Tipos de fermentación

Lavado

Este proceso se enfoca exclusivamente en el grano, permitiendo apreciar lo que hay en su interior, no fuera de él. Todo el proceso depende en un 100% de que el grano absorba los nutrientes y azúcares necesarios durante su ciclo, lo cual subraya la importancia de la variedad, el suelo, el clima, la maduración, la fermentación, el lavado y el secado como factores clave.

Los cafés lavados reflejan la eficiencia y efectividad del trabajo realizado en la siembra y el manejo que el productor ha llevado a cabo.

Natural

Consiste en secar la uva entera después de recolectarla sin remover su cascara. Requiere de un clima con temperaturas de 24 a 32 grados centígrados y removerlo constantemente para un secado homogéneo. El perfil en catación de estos cafés es acidez baja, con mucho cuerpo, sabores afrutados o de vino. (Coffe Depot, 2021)

Se realiza de la siguiente manera:

1. Las cerezas de café se recogen, se seleccionan para separar las que están inmaduras o tienen imperfecciones.
2. Se ubican bajo el sol, en cajillas que están levantadas del piso o en patios de secado.
3. El tiempo destinado para el secado debe de ser de 7 a 15 días, según la temperatura del ambiente

Melado

Este proceso tiene similitud al del lavado, con la diferencia de que no se elimina el mucilago y el café se seca con esta sustancia que lo recubre. Este método también es conocido como enmielado, pero no por su degustación si no porque los granos, al estar rodeados del mucilago,

se siente viscoso como la miel. El perfil que resulta en la catación de estos cafés tiene acidez moderada, con tonos frutales y un perfil dulce. (Coffe Depot, 2021)

El proceso honey se realiza de la siguiente manera:

1. El fruto se recoge, se separan los granos pintos, sobre maduros y secos, luego son sometidos a una despulpadora.
2. Con el mucilago aun unido al grano se extiende en los patios del secado.
3. Dependiendo de las condiciones climatológicas, el ciclo de secado tarda de 10 a 12 días.

2.6. Aclimatización

Es el proceso mediante el cual un organismo se ajusta fisiológicamente a las modificaciones en su entorno, generalmente en relación directa con el clima, adaptándose a variaciones como la altitud, temperatura, humedad, fotoperiodo o pH, lo que le permite mantener su capacidad de adaptación en una variedad de condiciones ambientales (Acclimation, 2020).

Temperatura

La temperatura es una propiedad física que mide el calor y el frío. El calor representa la cantidad de energía presente en un objeto; en términos de la temperatura del aire, las moléculas de aire se mueven más rápidamente y tienen mayor energía cuando la temperatura es alta. La energía se transfiere de moléculas con alta energía a aquellas con menos energía cuando estas colisionan, lo que explica cómo el calor se transfiere de lo caliente a lo frío (Martínez, 2017).

Humedad

La humedad es una característica que indica la cantidad de vapor de agua presente en un gas o en el aire, alcanzando su nivel máximo bajo ciertas condiciones de presión y temperatura. Esta propiedad puede expresarse utilizando diversas magnitudes, algunas de las cuales pueden medirse directamente, mientras que otras se calculan a partir de las magnitudes ya medidas (Martínez, 2017).

2.7. Calidad

La calidad es el conjunto de características que cumple los requisitos, es decir expectativa o necesidad establecida generalmente obligatoria. (Porter, 2015)

El sistema de gestión de calidad se basa en la norma ISO 9001, las empresas se interesan por obtener esta certificación para garantizar a sus clientes la mejora de sus servicios.

Calidad sensorial

La evaluación sensorial se da en muchos aspectos de nuestras vidas; cuando tomamos algún líquido o probamos algún alimento y eso lo realizamos en una función primaria del ser humano. Es de ahí que se deriva el concepto de calidad sensorial, que es el resultado de la verificación de dichas bebidas y comidas de la cual el ser humano puede definir como la sensación de ciertos atributos o defectos que se pueden encontrar en todo lo saboreado. (Tantalean, 2022)

2.8. Atributos de la calidad del café

Los consumidores sofisticados de café evalúan los atributos sensoriales de la bebida, estos pueden variar de acuerdo con el origen, los procesos de producción de cosecha y post cosecha. La principales cualidades organolépticas o sensoriales que se evalúan en la bebida de café son:

La fragancia nos indica la frescura del café, el carácter de estas esencias nos da sabores dulces, ácidos y esencias fuertes nos dan sabores marcados.(Vanegas, 2017)

El aroma de un café no requiere mayor ilustración, es bien conocido el olor característico del café tostado. El aroma de la bebida tiene un olor muy notorio que incluso a algunas personas les gusta más su aroma que su sabor.

El sabor también es un rango fácil de evaluar para los consumidores, aunque las descripciones del sabor del café que hacen los expertos suelen ser bastantes complejas, el consumidor solo degusta de esta bebida sin embargo no va más allá de eso. Los catadores expertos lo pueden calificar como suave, dulce, ácido, afrutado, pronunciado, alto y propio del café. (Vanegas, 2017)

El cuerpo es el grosor del sabor, consistencia o espesor del líquido, se incluye la viscosidad, el peso y la textura de la bebida en la boca.

La acidez en el café hace referencia a la sensación que se introduce en la lengua ligeramente picante, y que le provoca al consumidor la sensación de estremecimiento, la acidez puede ser una de las características sensoriales más deseadas y que está relacionada con la temperatura promedio a la que se expone el cultivo.(Vanegas, 2017)

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación geográfica

Este trabajo se realizó en la finca "Los Laureles" en la comunidad de Loma Fría, la cual se encuentra ubicada en el municipio de Dipilto, departamento de Nueva Segovia a 7 km de la carretera panamericana. Esta se encuentra a una altura de 1,332 msnm (metros sobre el nivel del mar) y las coordenadas latitud 13.767595 y longitud -86.5547682 tomado de la APP Mapas, presenta suelos franco arenosos, el clima se define como sabana tropical de montaña (semicálido y subhúmedo) con una precipitación promedio que oscila entre los 1,000 y 1,200 mm³, se caracteriza por la buena distribución de las lluvias durante todo el año, la temperatura varía entre los 18° y 24.5°. (SINAP, 2020).

3.2. Tipo de paradigma

La presente investigación se enmarca dentro del paradigma positivista, ya que se fundamenta en la medición objetiva y sistemática de variables observables, con el propósito de describir y analizar el comportamiento de los procesos de fermentación del café variedad Parainema bajo condiciones controladas.

3.3. Enfoque de la investigación

La presente investigación tuvo un enfoque cuantitativo no experimental ya que se manejaron datos estadísticos para asociar las variables relacionadas con los resultados de las muestras de catación de los tres procesos, la unidad de medida fue tanto cuantitativa como cualitativa, describiendo las características organolépticas mediante el formato calidad SCAA.

En cuanto al alcance, se delimitaron las actividades que fueron realizadas, se trabajó con tres muestras representativas, listas para la catación, y se contó con un catador profesional, así como con los recursos necesarios para llevar a cabo las muestras tanto en beneficio húmedo como seco. Se estimó un tiempo de ejecución de entre tres a cuatro meses, en función al cronograma establecido.

Los productos finales de la investigación consistieron en la evaluación sensorial de las muestras, cuyos resultados permitieron identificar las particularidades de cada proceso.

Dentro de las limitaciones se consideraron posibles errores o contaminación fuera de nuestro alcance, tales como residuos de café en las maquinas utilizadas durante el trillado y tostado, que podrían haber afectado la pureza de las muestras.

3.4. Finalidad y profundidad de la investigación (Alcance)

De acuerdo con su finalidad, la investigación es de tipo aplicada, ya que estuvo orientada a generar información práctica y útil para mejorar los procesos de fermentación del café variedad Parainema, bajo condiciones reales de producción en la finca “Los Laureles”, en el municipio de Dipilto, Nueva Segovia.

En cuanto a su profundidad o alcance, el estudio es descriptivo–comparativo, debido a que se describieron y compararon los efectos de tres métodos de fermentación (Lavado, Honey y Natural) sobre variables fisicoquímicas (pH, temperatura, tiempo de fermentación, retención de mucílago) y sobre la calidad sensorial del café, sin pretender establecer inferencias estadísticas generalizables a una población más amplia.

El alcance descriptivo permitió caracterizar el comportamiento de cada tratamiento durante las etapas de fermentación y secado, mientras que el componente comparativo facilitó identificar diferencias en el perfil sensorial final de cada método, aportando evidencia técnica para la selección de prácticas postcosecha orientadas a mejorar la calidad de taza.

3.5. Según nivel de amplitud: transversal o longitudinal

El presente estudio, según su nivel de amplitud, es transversal, ya que se realizó en un periodo de tiempo específico. El nivel de amplitud de la presente investigación reflejó la variabilidad de los resultados que se generó en cada tratamiento en todo el proceso. Esta amplitud se expresa en los parámetros medidos, como lo es pH durante la fermentación, tiempo de secado, las condiciones de temperatura y, especialmente, en la evaluación sensorial final.

3.6. Descripción de la unidad de análisis experimental

El presente estudio se realizó a la variedad de café parainema, que se encuentra establecida en un lote productivo de la finca "Los laureles" con una distancia de siembra de dos por dos, quiere decir; dos varas por calle y dos varas por planta con una densidad poblacional de 2400 plantas por manzana.

Se selecciono un área de 250 m² por tratamiento, de dos surcos con 15 plantas cada uno, para un total de 30 plantas por tratamiento y un área total de 750 m².

El corte de café se realizó en 30 plantas por tratamiento, recolectando granos maduros y sanos de toda la planta. Seguidamente se realizó una selección en cajillas de madera eliminando granos sobre maduros, seco, pelado, pretendiendo obtener un total de dos latas para cada muestra (unidad de medida de la finca) dando un total de 6 latas.

Tabla 1. Beneficiado de las muestras

Procesos de fermentación	Tiempo de fermentación	Tiempo de secado en la fica	% de humedad
Lavado	3.5 días en uva y 3.5 días despulpado	18 a 22 días	15%
Natural	3.5 días en uva	39 a 45 días	15%
Honey	3.5 días en uva y 3.5 días despulpado	34 a 40 días	15%

Proceso de beneficiado del natural

Primeramente, se recolectaron dos latas de cereza de café, las cuales fueron sometidas a un proceso de flotación con el objetivo de eliminar los frutos vanos y defectuosos, posteriormente se procedió a la fermentación en bolsas plásticas quintaleras herméticamente selladas, la cual se colocó en la pileta con agua aclimatada, este proceso se llevó a cabo durante tres días y medio, manteniendo condiciones controladas de temperatura entre 14°C y 18°C, con renovación de agua para preservar un ambiente microbiológico estable.

Finalizada la fermentación, la muestra fue extraída sin despulpar y trasladada a una cama levantada del suelo (Cajilla) para el proceso del secado, el secado se realizó a temperatura ambiente, con una duración estimada de 39 a 45 días, durante los cuales la muestra fue removida cada 30 minutos para asegurar una deshidratación homogénea hasta alcanzar una humedad final del 15%, posteriormente el café fue trasladado al beneficio seco para continuar con su procesamiento hasta la catación.

Proceso de beneficiado de café lavado

Se inicio de igual manera, recolectando las cerezas, flotándolas para que sea fácil sacar los granos vanos, luego se llevó a cabo la fermentación en bolsa plástica quintalera sellada, que también fue ubicada en una pileta con agua aclimatada, por un lapso de tiempo de tres días y medio, manteniendo la temperatura del agua en un rango controlado de 14°C y 18°C, con renovación diaria del agua para preservar un ambiente microbiológico.

Posteriormente se extrajo la muestra de la bolsa y se trasladó para el despulpado sin utilizar agua, habiendo removido la pulpa del grano, la muestra fue reintroducida en nueva bolsa plástica sellada y colocada nuevamente en la pileta aclimatada, donde se llevó a cabo la segunda fermentación de tres días y medios más. Luego de esta fase, la muestra se extrajo de la bolsa para ser llevada al canal de lavado donde se le quito el mucilago que tenía adherido al grano con una pala artesanal y agua, se separó el grano limpio del grano defectuoso, luego se trasladó a la cama levantada del suelo que está en la finca para realizar su proceso de secado, tardando de 18 a 22 días durante los cuales fue removido cada 30 minutos para garantizar una pérdida de humedad uniforme, el secado en la finca concluyo al alcanzar una humedad final del 15%, momento en el que el producto fue trasladado al beneficio seco para continuar su procesamiento.

Proceso de beneficiado Honey o Miel

Se realizó el corte y selección de las cerezas en su punto de madurez optima (color uva), de igual manera se realizó el flotado para eliminar granos vanos o con imperfecciones, después se realizó la fermentación en bolsas plásticas quintaleras selladas, que fue ubicada en la pileta con agua aclimatada, por un tiempo de tres días y medios, manteniendo el agua de la pileta en temperatura de 14°C a 18°C.

Una vez completada la fermentación inicial, se extrajo la muestra y se procedió a despulparlo, una vez removida la pulpa del grano se volvió a ubicar en bolsa quintalera sellada para llevarse a la pileta aclimatada por tres días y medio más, finalizada esta fase se extrajo de la bolsa y se llevó a la cama levantada del suelo, en el caso de esta muestra no se ubicó en cajillas directamente, si no en plástico para que el grano se secase con el mucilago adherido a él, este proceso tardo de 34 a 40 días para bajar su humedad a un 15%, removiendo cada 30 minutos para obtener uniformidad en el secado del grano, luego de este proceso esto se trasladó al beneficio seco para seguir su proceso.

3.7. Definición de variables con su operacionalización:

Tabla 2. Matriz de conceptualización y operacionalización de las variables incluidas en el estudio

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
Determinar los efectos del proceso de beneficiado Honey en piletas aclimatadas en la retención de mucilago y su contribución a la calidad de taza del café Parainema.	Temperatura de la fermentación	Se refiere a la cantidad de mucílago que permanece adherida a la superficie del grano de café después de que ha sido despulpado. El mucílago es una sustancia viscosa compuesta de azúcares y pectinas, que recubre el grano dentro de la cereza de café.	Peso del grano con mucilago Peso del grano sin mucilago	Medida de temperatura en °C Peso en gramos	Formato de toma de datos	Muestras de café Laboratorio
Determinar las características sensoriales u organolépticas que resulten en los	Características organolépticas	Proceso para analizar las características organolépticas del café, deben ser valorados como calidades de intensidad de	Atributos: fragancia, aroma, sabor, sabor residual, acidez,	Textura, olor, sabor, color	Formato de catación SCAA	Laboratorio

Objetivo específico	Variable	Definición conceptual	Subvariables	Indicadores	Técnica de recolección de información	Fuente de información
procesos de fermentación		los aspectos provenientes de su manejo	intensidad, cuerpo, uniformidad, balance, taza			
Elaborar una propuesta de manejo de la fermentación en café variedad parainema, basado en el tiempo y método para mejorar la calidad de la taza	Método de fermentación	Es el método que se le brinda a cada muestra, con el fin de que el grano pueda absorber todos los azúcares posibles, que se encuentran en el mucilago	Lavado, honey, natural	pH, temperatura	Calendario Hoja de campo	Beneficio húmedo

3.8. Diseño experimental

El estudio se desarrolló bajo un diseño experimental simple, no balanceado y sin repeticiones, con enfoque cuantitativo y carácter demostrativo.

Se evaluaron tres tratamientos, correspondientes a los métodos de fermentación Lavado, Honey y Natural, aplicados a café (*Coffea arabica* L.) variedad Parainema, procesados en piletas aclimatadas bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo. Cada tratamiento fue aplicado a una unidad experimental independiente, constituida por una muestra representativa de café cosechado en condiciones homogéneas de manejo agronómico.

Debido a limitaciones operativas, logísticas y de disponibilidad de materia prima, no se realizaron repeticiones experimentales, por lo que los resultados obtenidos se analizaron mediante estadística descriptiva, sin aplicación de pruebas inferenciales. Este diseño permitió observar el comportamiento de cada tratamiento y comparar sus efectos de manera exploratoria y técnica, sin pretender establecer conclusiones generalizables.

El diseño adoptado es coherente con estudios de carácter aplicado en condiciones reales de finca, donde el objetivo principal es evaluar alternativas tecnológicas y generar información preliminar que sirva de base para futuras investigaciones con mayor nivel de control experimental.

3.9. Técnicas e instrumentos para la recolección de los datos

Para dar salida a los objetivos planteados en la investigación, se diseñó una hoja de campo que sirvió como guía de observación para el registro de variables relevantes durante los procesos de beneficio, entre estas se incluyeron: cantidad de café cortado, duración del secado, tiempo de fermentación, temperatura del agua en las piletas aclimatada y además en el laboratorio de catación se utilizó el formato de evaluación sensorial.

La determinación de la retención de mucilago en el tratamiento honey se realizó a partir de una muestra tomada inmediatamente después del despulpado, la muestra fue pesada, posteriormente se lavó con agua limpia y se tomó su peso, por lo que, a través de las diferencias de peso, se obtuvo el porcentaje de la retención de mucilago.

Proceso de catación

Una vez que los tratamientos alcanzaron en el beneficio seco un 12% de humedad, se realizó el trillado y el proceso de catación.

Para obtener los datos o puntaje de la variedad Parainema en cada uno de los procesos de beneficiado se utilizó el formato de lineamiento de calidad Speciality Coffea Association of América, en sus siglas en inglés (SCAA).

El proceso de catación para cada tratamiento se realizó en el beneficio seco de café. Las muestras por tratamiento se codificaron en el beneficio; asignándoles una numeración que correspondía al lote, para evitar riesgos al momento de realizar la catación, la cual debe realizarse por el personal del beneficio, acreditado como catador, siguiendo el protocolo establecido por SCAA en donde se evaluó de cada tratamiento, Fragancia, Aroma, Sabor, Acidez, Cuerpo, Balance – Equilibrio, Taza limpia, Dulzor, Puntaje catador, Defectos.

3.10. Validez o confiabilidad de los instrumentos

Para garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos, se utilizaron instrumentos validados y reconocidos en el ámbito del análisis sensorial y de procesos de fermentación en café. El análisis sensorial se realizó utilizando el formato oficial de catación de la Specialty Coffee Association of America (SCAA), El cual cuenta con criterios estandarizados y es ampliamente aceptado internacionalmente como herramienta confiable para la evaluación de la calidad de taza.

El termómetro digital y el medidor de pH utilizado en la fase de la fermentación fueron previamente calibrados según las indicaciones del fabricante, asegurando las lecturas precisas y consistente durante todo el proceso. De esta manera se garantizó que los instrumentos utilizados para la recolección de datos sensoriales y físicoquímicos ofrecieran resultados confiables para el estudio.

3.11. Procesamiento y análisis de datos

Se realizó un análisis descriptivo para cada variable sensorial, aromas, valores mínimos, valores máximos para las variables intensidad de aroma (Iaroma), aroma de la bebida (Aroma), acidez de la bebida (Acidez), amargor de la bebida (Amargo), cuerpo de la bebida (Cuerpo).

Se aplicaron procedimientos estadísticos con el fin de interpretar las variables sensoriales del café sometido a diferentes procesos de fermentación: natural, honey y lavado. Se recolectaron datos sobre la temperatura durante la fermentación, la retención de mucílago y las características organolépticas evaluadas por un panel sensorial.

Las variables fueron organizadas en matrices según el tipo de proceso, y se utilizaron medidas de tendencia central y dispersión para describir el comportamiento de cada variable. Asimismo, se aplicaron comparaciones entre los promedios de las características sensoriales por tipo de proceso para identificar posibles diferencias significativas en la calidad del café asociadas a las condiciones de fermentación.

Este análisis, se realizó considerando los datos obtenidos de la hoja de campo, y se hizo principalmente uso del formato de lineamiento de calidad (SCAA).

3.12. Consideraciones éticas de la investigación

La presente investigación se enmarca dentro de los principios éticos establecidos por la universidad Nacional Francisco Luis Espinoza Pineda, no se utilizaron seres humanos ni animales como sujetos de estudio. Sin embargo, se obtuvo la autorización verbal del propietario de la finca donde se recolectaron y procesaron las muestras.

Se garantizó el manejo responsable de los recursos naturales, evitando el desperdicio del agua durante el lavado del café y minimizando el impacto ambiental de los residuos generados, asimismo los datos obtenidos fueron tratados con objetividad.

Todas las fuentes bibliográficas y técnicas empleadas fueron debidamente citadas, en cumplimiento con las normas de integridad académica. El estudio se realizó exclusivamente con fines investigativos y educativos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir del desarrollo de esta investigación se obtuvieron diversos datos que permiten evaluar el impacto de los métodos de procesamiento Lavado, Natural y Honey sobre la calidad del café. Este capítulo presenta los resultados más relevantes, organizados según las etapas claves del procesamiento, fermentación, secado y análisis sensorial.

4.1. Parámetros de la fermentación

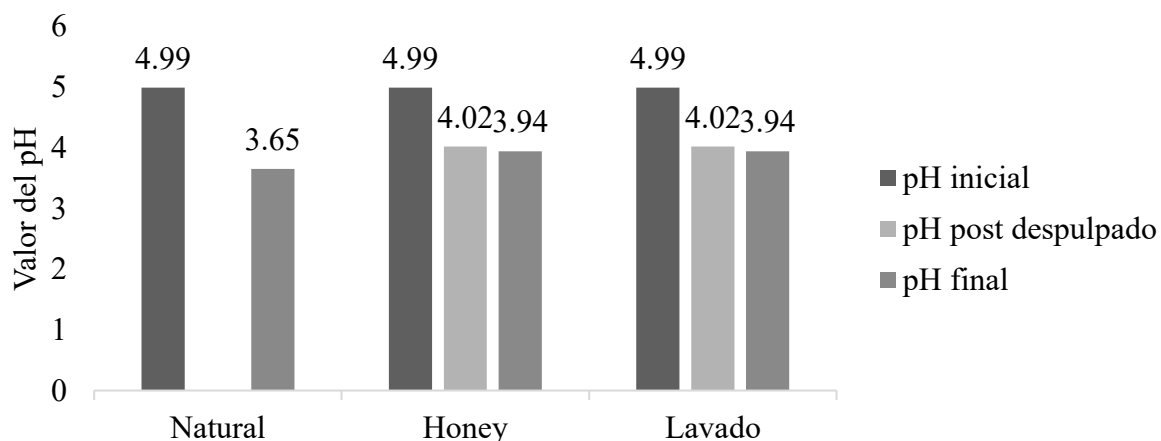
Durante el estudio se monitorearon distintos parámetros fisicoquímicos a lo largo del proceso de fermentación de las muestras del café parainema, con el fin de evaluar el comportamiento microbiano y su relación con la calidad del grano.

Potencial de hidrógeno (pH)

En la figura 1, se muestra que el proceso de fermentación inicial, fue similar para los tres tratamientos (Natural, Honey y Lavado), con un valor promedio de 4.99. A medida que avanzó la fermentación, se registró una disminución progresiva del pH, posiblemente atribuida a la producción de ácidos orgánicos por parte de las levaduras y bacterias presente en el mucilago, en el tratamiento Natural el pH final alcanzó 3.65 y en los tratamientos Lavado y Honey tras el despulpado un pH de 4.02 y después de la fermentación complementaria el pH final fue de 3.94.; este descenso del pH fue clave para detener el proceso en el momento adecuado y evitar la aparición de sabores indeseables.

Figura 1.

Variación de pH durante la fermentación en los tratamientos



La evolución del pH durante la fermentación es un indicador crítico de la actividad microbiana en los procesos postcosecha del café. En todos los métodos de procesamiento evaluados, se observó una tendencia descendente en el pH a lo largo del tiempo, lo cual es consistente con la acción de microorganismos como levaduras, bacterias que generan metabolitos ácidos al descomponer azúcares (Bruyn, 2017).

El procesamiento natural, al mantener el mucilago en contacto con el grano durante la fermentación, tiende a favorecer una mayor actividad microbiana, lo que generalmente se traduce a una fermentación más intensa y una reducción más marcada de pH (Avallone, 2001), este descenso puede influir positivamente en el perfil sensorial.

Por otro lado, los métodos Lavado y Honey, al involucrar la remoción total o parcial del mucilago, limitan la disponibilidad de sustratos fermentables, reduciendo la intensidad de la fermentación y, por ende, el cambio en el pH, esta menor actividad puede estar asociada a sabores más limpios, menos fermentativos, (Velmourougane., 2016).

Los valores finales del pH alcanzados se encuentran dentro de un rango considerado favorable para la fermentación controlada, evitando condiciones externas que podrían afectar negativamente la integridad del grano y la calidad sensorial.

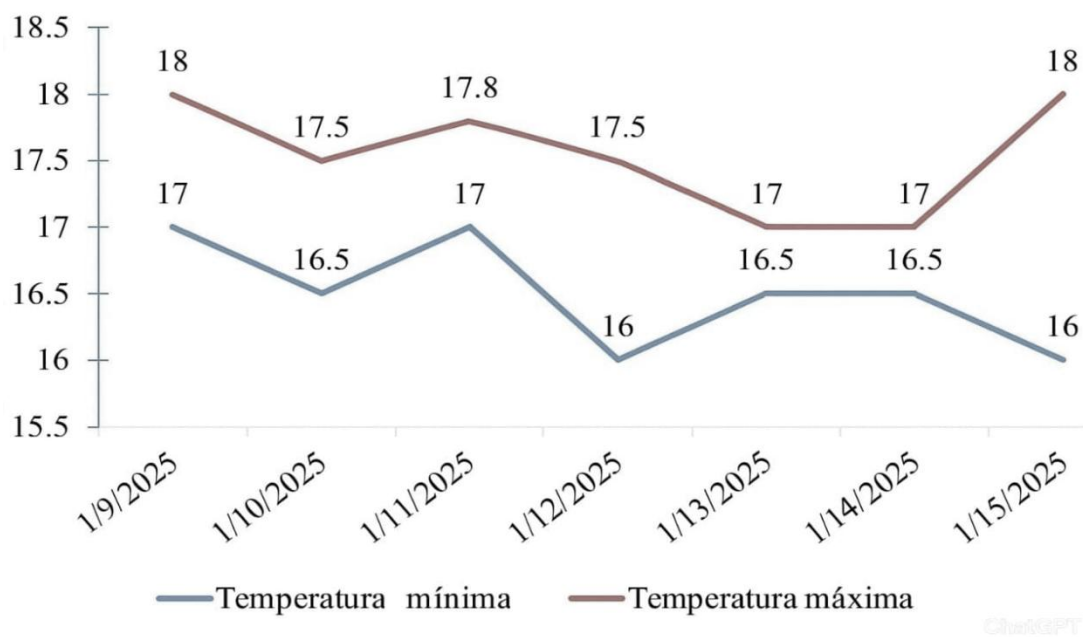
Temperatura

La figura 2, muestra el comportamiento de la temperatura de las muestras de café evaluadas. Durante el período de evaluación (del 10 al 16 de enero de 2025), las temperaturas a las que estuvieron expuestas las muestras de café procesadas mediante los métodos natural, honey y lavado oscilaron entre un mínimo de 16 °C y un máximo de 18 °C. La temperatura mínima promedio fue de 16.5 °C, mientras que la temperatura máxima promedio alcanzó los 17.54 °C.

La variación térmica diaria fue relativamente baja, con diferencias promedio entre temperatura máxima y mínima de alrededor de 1 °C, lo cual indica condiciones térmicas estables durante el proceso de fermentación.

Figura 2.

Comportamiento de la temperatura en piletas



La temperatura ambiental registrada en las piletas de fermentación, fue un factor determinante en comportamiento del proceso fermentativo especialmente en los métodos natural y honey, donde el grano permanece más tiempo en contacto con la pulpa o el mucílago. Según (Bruyn, 2017) la fermentación bajo condiciones térmicas controladas puede favorecer una actividad microbiana más estable y, en consecuencia, una mejor formación de compuestos aromáticos, particularmente en cafés procesados mediante el método natural.

En este estudio, las temperaturas se mantuvieron dentro de un rango relativamente bajo y constante. Este comportamiento favorece un fermentación uniforme y controlada, lo cual puede ser positivo para el desarrollo de atributos sensoriales, sobre todo en cafés honey, ya que una variación térmica abrupta podría afectar negativamente la actividad microbiana responsable de la fermentación del mucilago.

Estas temperaturas también son adecuadas, ya que permiten un proceso estable sin afectar negativamente la calidad. No obstante, en el caso del café natural, las temperaturas ligeramente bajas podrían extender el tiempo de fermentación, incrementando el riesgo de fermentación no deseadas si no se manejan adecuadamente aspectos como la aireación o la duración total del

proceso. (Borém, 2013). Dado lo anterior, podemos afirmar que, las condiciones térmicas observadas durante la fermentación en las piletas fueron favorables para preservar la calidad física y sensorial de los cafés.

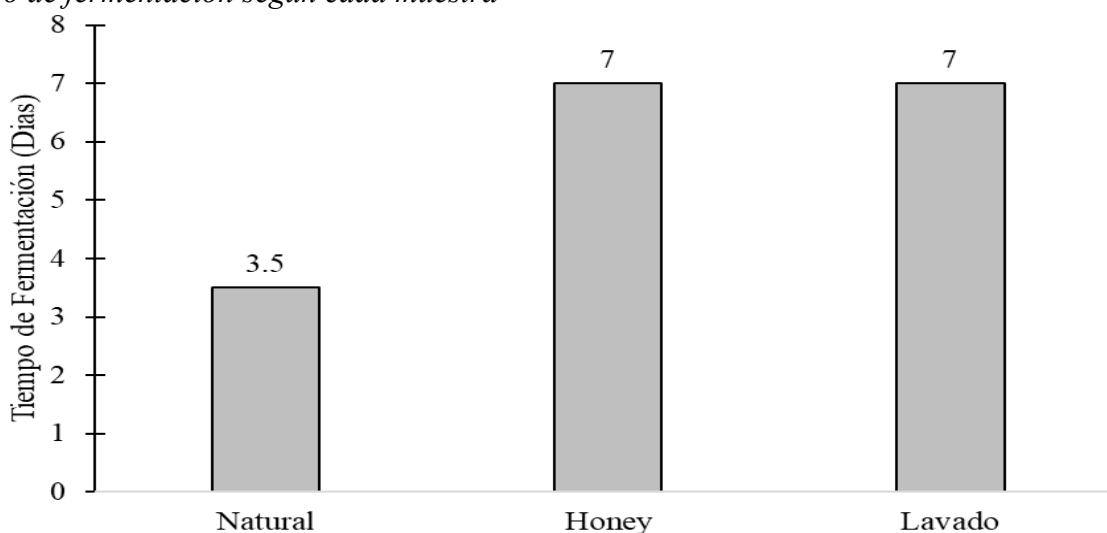
Tiempo de fermentación

En la figura 3, se muestra el comportamiento del tiempo de fermentación de las muestras de café evaluadas. Durante el periodo experimental, se observaron diferencias debido al método utilizado. En el tratamiento Natural, la fermentación tuvo una duración de 3.5 días (84 horas), manteniéndose el grano en contacto con el mucilago dentro de una bolsa quintalera sellada, ubicada en la pileta.

Para los tratamientos Honey y Lavado, el tiempo total de fermentación fue de 7 días (168 horas), dividiendo en dos fases: 3.5 días antes del despulpado y 3.5 días posteriores al despulpado, manteniéndose el grano junto al mucilago en condiciones controladas y nuevamente ubicado en la pileta con agua aclimatada, en bolsas selladas.

Estas condiciones permitieron una fermentación progresiva y controlada, influyendo directamente en el desarrollo de las características organolépticas del café y aportando diferencias relevantes en el perfil sensorial final de cada tratamiento.

Figura 3.
Tiempo de fermentación según cada muestra



El tiempo de fermentación observado en los distintos tratamientos influyo de manera significativa en el comportamiento físico y sensorial del grano. El menor tiempo registrado en el tratamiento natural (3.5 días) puede explicarse por la exposición constante del grano a una alta carga microbiana presente en la pulpa y el mucilago, lo cual acelera los procesos metabólicos y enzimáticos (Avallone, 2001), En cambio, los métodos Honey y lavado, al incluir una etapa posterior al despulpado con fermentación controlada prolongando el proceso hasta los 7 días, favoreciendo una degradación más gradual del mucilago.

De acuerdo con (Bruyn, 2017) la duración de la fermentación y el tipo de proceso influyen la actividad microbiana, lo que impacta directamente en la formación de compuestos volátiles que determinan el perfil sensorial del café.

Asimismo, la división del tiempo de fermentación en dos fases en los métodos Honey y Lavado permitieron mantener la interacción prolongada entre el grano y los compuestos del mucilago, lo que podría favorecer el desarrollo de las notas sensoriales complejas, esto concuerda con lo planteado por (Evangelista, 2014) quienes destacan control cuidadoso del proceso fermentativo permite mejorar la calidad final en taza.

4.2. Análisis de la retención de mucilago en el proceso de fermentación

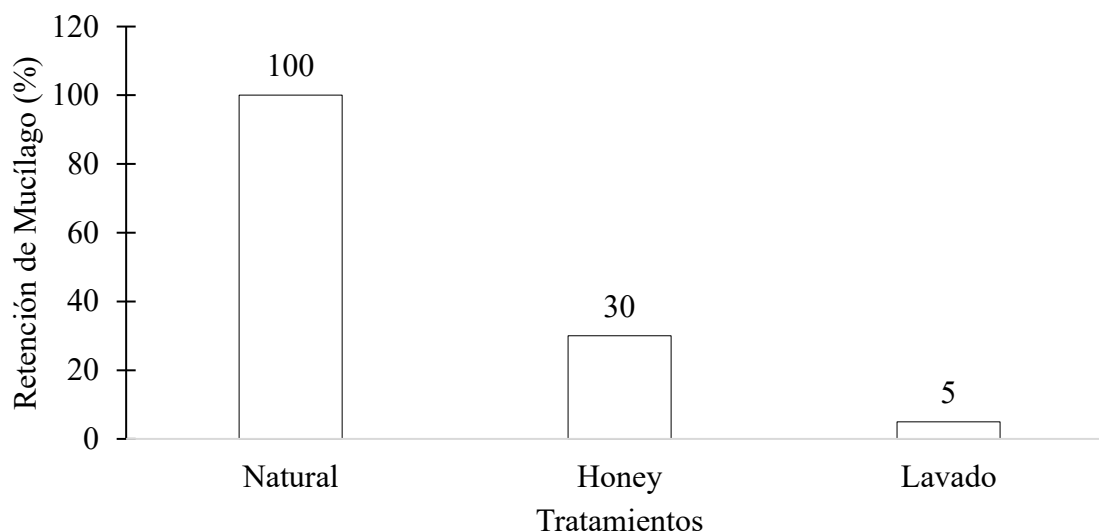
Uno de los aspectos relevantes en el estudio de los métodos de procesamiento del café es cantidad de mucilago que permanece adherida al grano después del despulpado, ya que esto influye directamente en el comportamiento de la fermentación y en ultima estancia, en el perfil sensorial del café.

En la figura 4, se muestra el porcentaje de retención de mucilago en granos de café procesados bajo tres métodos distintos: Natural, Honey y Lavado. Se observa que el tratamiento Natural conserva el 100% del mucilago, mientras que el Honey retiene aproximadamente un 30%, y el Lavado presenta una mínima retención del 5%.

Estos resultados reflejan diferencias sustanciales entre los métodos en términos del contenido de mucilago que permanece en el grano después del procesamiento. El método natural, al secar

el fruto completo sin lavado ni remoción de pulpa, conserva todos los compuestos adheridos al grano. En contraste, el proceso lavado, que incluye fermentación y lavado mecánico, elimina casi por completo el mucílago.

Figura 4.
Retención del mucílago



El alto porcentaje de retención en el proceso natural es característico de este método, ya que el fruto se seca completo, incluyendo la cáscara, pulpa y mucílago. Según (Avallone, 2001), esta práctica permite conservar compuestos solubles que pueden enriquecer el perfil sensorial del café, aportando notas frutales y dulces.

El tratamiento Honey, que implica una remoción parcial del mucílago sin lavado posterior, retiene una proporción significativa del mismo. De acuerdo con (Mayer, 2021), esta técnica busca un balance entre las características sensoriales del café natural y las del lavado, permitiendo cierto desarrollo de compuestos aromáticos derivados del mucílago durante el secado.

En el caso del tratamiento lavado, la retención de mucílago es mínima (5%), lo cual está en línea con lo reportado por (Bytof & et al, 2007) quienes señalan que un proceso de lavado completo

puede eliminar entre el 90% y el 95% del mucílago mediante fermentación controlada y enjuague. Esto contribuye a un perfil sensorial más limpio y ácido, típico del café lavado.

Estas diferencias en la retención de mucílago no solo afectan el perfil organoléptico del café, sino también su contenido químico (azúcares, pectinas, ácidos orgánicos) y la dinámica de secado. Según (Clarke & Vitzthum, 2001), la presencia de mucílago puede modificar la actividad microbiana durante el secado, lo cual influye en la generación de compuestos volátiles que definen la calidad final del grano.

Secado

El proceso del secado fue una etapa importante para garantizar la estabilidad del café y preservar los atributos desarrollados durante la fermentación, el tiempo del secado tuvo una variación según el tratamiento, debido a la cantidad de mucilago residual y de las condiciones climáticas de la finca durante el periodo del estudio.

Durante todo el periodo, cada muestra de café fue secada en la finca, bajo sombra parcial, con ventilación natural, las condiciones fueron controladas de acuerdo al clima de la finca para evitar que hubiera una fermentación indeseada, que le ocasionaran daño a los granos, moho o daños por sobreexposición solar, se realizó movimientos periódicos al café de cada cajilla para obtener un secado uniforme de cada una de las muestras.

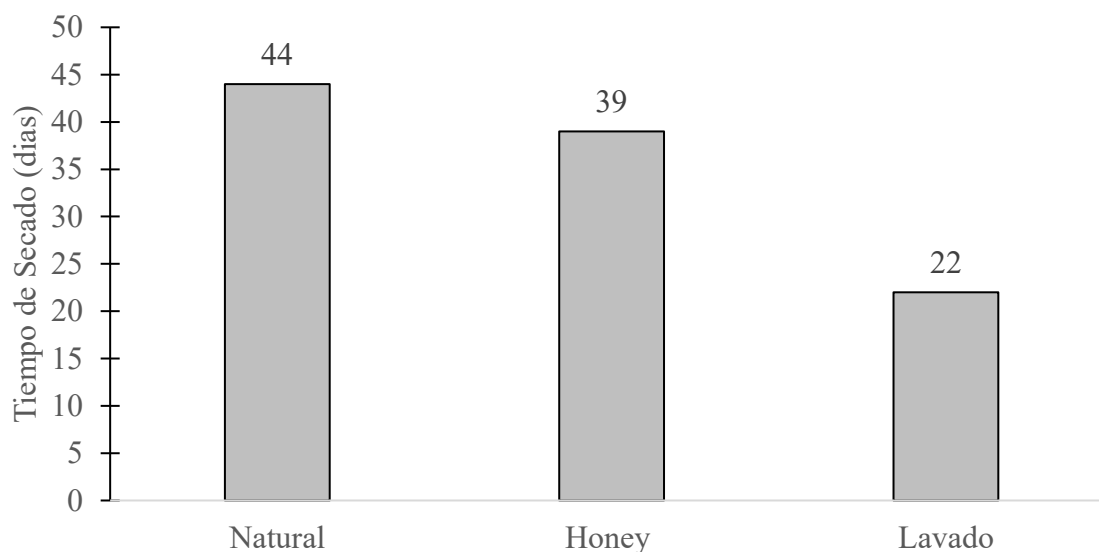
En la figura 5, se muestra variación de los días según el tratamiento, debido a la cantidad de mucilago residual y de las condiciones climáticas de la finca durante el periodo del estudio. El café natural se secó durante 44 días, debido a que el grano se mantuvo integro, con toda la pulpa y mucilago adherido, este proceso requirió más tiempo, además se realizó un secado lento en cajillas (camas elevadas) bajo sombra parcial, permitiendo conservar los compuestos volátiles responsables del perfil sensorial complejo.

El tiempo del secado del honey fue de 39 días ligeramente menor que el natural, ya que el grano fue despulpado, pero conservo parte del mucilago, este tipo de proceso retiene humedad por más tiempo que el café lavado y menos tiempo que el café natural. Se realizó el secado igual en cajillas.

En el tratamiento del lavado, fue el proceso más rápido de secado, con una duración de 22 días, ya que el grano fue despulpado y lavado completamente, eliminando el mucilago, este proceso permitió un secado más uniforme y rápido.

Figura 5.

Tiempo de sacado de cada muestra



El proceso de secado desempeña un papel crucial en la preservación de los atributos desarrollados durante la fermentación, incluyendo directamente en la expresión final del perfil sensorial del café. Los distintos métodos de procesamiento condicionan la tasa de pérdida de humedad, al modificar la cantidad de mucilago residual y la interacción del grano con su entorno inmediato. De acuerdo con (Borém, 2013) los métodos con mayor contenido de materia orgánica requieren secados más prolongados y controlados para evitar la aparición de defectos y preservar la calidad física del pergamino.

Un secado lento y uniforme, especialmente bajo sombra parcial, favorece la retención de compuestos volátiles y antioxidantes que enriquecen la complejidad aromática (Toci, 2020). En cambio, una pérdida de humedad rápida puede limitar la formación de notas sensoriales distintivas, tal como (Joet, 2010).

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las muestras procesadas mediante los métodos Lavado, Honey y Natural reveló diferencias significativas en cuanto al perfil de sabor, complejidad aromática y calidad percibida en taza. A continuación, se describen los resultados obtenidos para cada tratamiento, considerando los atributos evaluados bajo el protocolo del cup of Excellence y los descriptores organolépticos registrados durante la catación.

En la tabla 1 se muestra la evaluación sensorial de las muestras procesadas mediante los métodos Lavado, Honey y Natural en donde reveló diferencias significativas en cuanto al perfil de sabor, complejidad aromática y calidad percibida en taza.

La muestra procesada por método Natural obtuvo el mayor puntaje total (87.0 puntos), posicionándose como la más destacada del estudio. Su perfil sensorial fue notablemente complejo, con notas intensas de acidez málica, piña, fresa, zacate de limón, melaza, limoncillo. La taza presentó un cuerpo cremoso, acidez viva y bien entregada y un balance general armonioso, los atributos de dulzura, acidez, cuerpo, sabor y balance recibieron toda una calificación de 6.5, mientras que el postgusto y el puntaje global fueron evaluados en 6.0.

Por otro lado, la muestra Honey alcanzó un puntaje de 85.5, mostrando un perfil sensorial refinado, aunque menos expresivo que el natural. Se identificaron notas de jazmín, caña de azúcar, yogurt, cítricos y limoncillo, lo que sugiere una taza con buen desarrollo aromático y dulzor limpio.

La muestra lavada, con un puntaje total de 84.5, presentó un perfil más clásico, con sabores más discretos y menor intensidad aromática. Se identificaron descriptores como chocolate, melaza, con acidez picante, y un cuerpo denso, lo que refleja una taza limpia y equilibrada, pero de menor complejidad.

Tabla 3. Puntajes sensoriales del café según el tratamiento

Nº	Atributo	Natural	Honey	Lavado
1	Limpieza de taza	6.5	6	6.5
2	Dulzura	6.5	6	6
3	Acidez	6.5	6	6
4	Cuerpo	6.5	6.5	6
5	Sabor	6.5	6.5	6

N°	Atributo	Natural	Honey	Lavado
6	Postgusto (resabio)	6	6	6
7	Balance	6.5	6.5	6
	Puntaje global	6	6	6
	Puntaje total	87	85.5	84.5

El formato físico utilizado para la evaluación sensorial SCAA no contemplaba el registro de la variable de "uniformidad", por tal razón esta puntuación no fue incluida en el cuadro, sin embargo, durante la evaluación se observó que las muestras presentaron consistencia en la percepción de sabores y atributos, lo que indica resultados sensoriales confiables y consistentes.

Diversos estudios han demostrado que los métodos de tratamientos postcosecha, como el lavado, honey y natural, influyen significativamente las características sensoriales del café. El procesamiento natural, por ejemplo, tiende a producir cafés con perfiles más frutales y complejos debido al contacto prolongado del grano con la pulpa durante el secado, lo que favorece la formación de compuestos aromáticos volátiles (Velmourougane., 2016).

El método honey, que conserva parte del mucilago en el grano, ha mostrado resultados intermedios en términos de dulzura y acidez, ofreciendo un equilibrio entre los perfiles de café lavado y el natural (Borém, 2013) Este método permite una fermentación parcial que contribuye a la complejidad del sabor sin comprometer la limpieza en taza.

Por otro lado, el procesamiento lavado, aunque produce una taza más limpia y con mayor acidez, puede resultar en perfiles sensoriales menos complejos, debido a la eliminación completa del mucilago, lo que limita la formación de ciertos compuestos aromáticos (Velmourougane., 2016).

4.3. Propuesta de manejo del café Parainema en piletas aclimatadas

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, se propone un plan de manejo técnico para la fermentación del café (*Coffea arabica* L.) variedad Parainema, orientado a estandarizar las condiciones del proceso en piletas aclimatadas y mejorar la calidad sensorial de la taza.

La propuesta integra los tres métodos de procesamiento evaluados —Lavado, Honey y Natural y busca mantener condiciones controladas que favorezcan una fermentación uniforme, evitando la aparición de defectos físicos o sensoriales en el grano.

Selección y preparación del fruto

Se recomienda recolectar únicamente cerezas en su punto óptimo de madurez (color rojo uva) y realizar el proceso de flotado para eliminar granos vanos o defectuosos. Posteriormente,

Fermentación controlada.

El proceso debe realizarse en bolsas plásticas selladas, colocadas dentro de piletas con agua aclimatada a temperaturas entre 14 °C y 18 °C, renovando el agua diariamente para mantener estabilidad microbiológica. El tiempo total de fermentación varía según el método:

-Natural: 3.5 días (en uva, sin despulpar).

-Honey: 7 días (3.5 días en uva + 3.5 días despulpado con mucílago).

-Lavado: 7 días (3.5 días en uva + 3.5 días despulpado y lavado).

El proceso debe finalizar cuando el pH alcanza valores entre 3.6 y 4.0, punto en el que se evita la sobre fermentación y se preserva la calidad del grano.

Retiro y despulpado (Según el método)

En las muestras del café honey y lavado realizar el despulpado después de la primera fase de fermentación de 3.5 días y la muestra del natural no pasa por esta etapa si no que va directo al secado después de la fermentación.

Secado

Se recomienda realizar el secado en camas elevadas bajo sombra parcial, removiendo el café cada 30 minutos para asegurar uniformidad. La humedad final del grano debe situarse entre 12 % y 15 %, y el tiempo de secado dependerá del método: Natural (44 días), Honey (39 días) y Lavado (22 días).

Control y registro.

Durante el proceso se deben registrar los valores de pH, temperatura y tiempo de fermentación, así como las condiciones climáticas y duración del secado. Este control permite garantizar trazabilidad, reproducibilidad y estabilidad en los resultados obtenidos.

Termómetro digital (Para el agua de la pileta) registro cada 12 horas

Medidor de Ph (Calibrado) registro cada 12 horas

Hoja de campo /planilla de control

Evaluación y mejora continua.

Se sugiere realizar la evaluación sensorial mediante el protocolo de catación de la Specialty Coffee Association (SCAA), con el propósito de verificar los atributos de fragancia, aroma, sabor, acidez y cuerpo. En función de los resultados, se podrán ajustar los tiempos o temperaturas de fermentación para optimizar la calidad final de la taza.

V. CONCLUSIONES

A partir de los objetivos planteados en esta investigación fue posible evidenciar el impacto que tienen los diferentes métodos de fermentación, Lavado- Natural- Honey, en la calidad de taza del café variedad parainema. Los resultados obtenidos demostraron que estos tratamientos influyen significativamente en la características físicas y sensoriales del grano, destacando el proceso natural por su mayor puntuación sensorial y la complejidad de sus atributos, seguido por el tratamiento honey y posteriormente el lavado.

Asimismo, el análisis del tratamiento honey permitió valorar la influencia de la retención del mucilago en el desarrollo de perfiles aromáticos, lo cual incidió directamente en la calidad de taza. Esta información fue clave para entender como pequeños ajustes del proceso de beneficiado pueden generar mejoras en el producto final.

Los resultados sensoriales, combinados con los registros de parámetros como pH, temperatura y tiempo de fermentación, permitieron definir tendencias claras y establecer una propuesta técnica para el manejo óptico de fermentación. Esta propuesta considera la variedad, el método de procesamiento y las condiciones ambientales, lo cual representa una herramienta útil para productores que buscan mejorar la calidad del café parainema en entornos similares.

Se respalda el cumplimiento de los objetivos, ya que se logró no solo evaluar el efecto de los diferentes procesos de fermentación, sino también identificar los atributos deseables que aportan a una mayor calidad de taza y proponer recomendaciones prácticas para el beneficio del café en zonas de altura como Dipilto, Nueva Segovia.

VI. RECOMENDACIONES

A partir de los hallazgos, se recomienda realizar una recolección cuidadosa seleccionando únicamente cerezas maduras de color rojo uva, evitando daños durante el traslado. Es fundamental efectuar el flotado para eliminar impurezas y realizar una selección minuciosa de los frutos antes de la fermentación. Además, el café debe escurrirse en cajillas para iniciar el proceso en condiciones óptimas. Estas prácticas iniciales aseguran una materia prima de calidad, lo que repercute directamente en el perfil sensorial final del café.

El control preciso del tiempo y las condiciones de fermentación es esencial para obtener perfiles de taza diferenciados. Se aconseja mantener la fermentación entre 3.5 y 7 días, dependiendo del método, y conservar temperaturas del agua entre 16°C y 18°C mediante sistemas de regulación térmica pasiva o piletas aclimatadas. Además, el uso de embolsado en bolsas quintaleras dentro de las piletas permite una fermentación progresiva, controlando la temperatura, limitando contaminaciones y preservando el mucílago.

Durante la fermentación, es importante monitorear el pH como indicador clave para evitar sobre fermentaciones que alteren negativamente la calidad de taza. Un pH de alrededor de 3.65 en procesos naturales favorece perfiles frutales e intensos, mientras que el método lavado produce tazas más limpias y delicadas. Finalmente, se recomienda realizar el secado bajo sombra parcial o controlada, especialmente en el método natural, para proteger el grano de sobrecalentamientos y lluvias, asegurando así una calidad constante en el producto final.

Minimizar y reciclar el agua de lavado, renovar el agua en las piletas solo lo necesario, además tener un manejo de los residuos orgánicos, pulpa y mucilago que servirá de compostaje para producir enmiendas orgánicas en la finca ya que aporta fertilidad.

VII. LITERATURA CITADA

- Chabrera, V. O., & Chabrera, P. (2009). Obtenido de Open edition journals: <https://journals.openedition.org/Aclimation>. (2020, Mayo). Retrieved from <https://definicion.de/aclimatacion/>
- ALMACAFE. (2014). *Informe mensual de taza Diciembre del 2014*. Bogota: Gerencia Tecnica 2014.
- Avallone, S. G. (2001). *Microbiological and biochemical study of coffee fermentation*. *Current Microbiology*, 42(4), 252–256. . Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s002840010208>
- Borém. (2013). *Quality of natural and pulped coffee after different drying conditions*. *Journal of Food Quality*. Retrieved from <https://doi.org/10.1111/jfq.12005>
- Bruyn. (2017). *Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green coffee bean production*. *Applied and Environmental Microbiology*. Retrieved from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27793826>
- Bytof, G. K., & et al. (2007). Retrieved from Influence of processing on the generation of aroma precursors in green Arabica coffee beans.
- Cenicafe*. (2016). Retrieved from [file:///C:/Users/EliteBook%20840%20G3/Downloads/18%20Beneficio%20café%20C3%A9%20-%20Pte%201%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/EliteBook%20840%20G3/Downloads/18%20Beneficio%20café%20C3%A9%20-%20Pte%201%20(2).pdf)
- Clarke, y. O., & Vitzthum. (2001). *Coffee: Recent Developments*. Blackwell Science..
- Coffe Depot*. (2021, Septiembre 12). Retrieved from <https://www.com/photo.php?fbid=185427187034181&id=100306198879614&set=a.113270614249839>
- Cortez, S. (2022, Abril 21). *Tueste cafe*. Retrieved from <https://tuestecafe.mx/blogs/blog-del-cafe/la-fermentacion-en-el-cafe>

- Echeverri, C. (2016). Retrieved from file:///C:/Users/EliteBook%20840%20G3/Downloads/18%20Beneficio%20caf%C3%A9%20-%20Pte%201%20(1).pdf
- Evangelista. (2014). *Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts during the fermentation in dry process. Food Research International*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.033>
- Gálvez, R. (2018, Noviembre). Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d18941af-ad77-4664-b816-ea7e6e990cb4/content>
- Gómez, D. (2018). Retrieved from <https://quecafe.info/fermentacion-del-cafe-calidad-entaza/#:~:text=El%20caf%C3%A9%20fermentado%20debe%20lavarse,uno%20o%20dos%20lavados%20suaves.>
- Green Quality Coffe HN* . (2019). Retrieved from <https://greenqualitycoffeehn.com/our-team/parainema/>
- Guzman, D. E. (2021). *Revisión de literatura sobre avances en beneficiado y secado de café. Honduras*.
- Joet. (2010). *Influence of environmental factors, wet processing and their interactions on the biochemical composition of green Arabica coffee beans. Food Chemistry, 118(3), 693–701*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.05.048>
- Kilbride, D. (2017). Retrieved from <https://es.scribd.com/document/383413950/Proceso-Honey>
- Martínez, E. (2017). *Cenan*. Retrieved from <https://www.cenam.mx/dme/pdf/TM02.pdf>
- Mayer, F. M. (2021). *Post-harvest processing and quality of coffee. In The Craft and Science of Coffee (pp. 273–300). Elsevier*. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00014-4>
- Medina, D. (2021, Agosto 09). *IHCAFE*. Retrieved from https://wikicafe.promecafe.net/index.php/EVALUACI%C3%93N_DE_PROCESOS_D

E_FERMENTACION_NATURAL_DEL_CAFE_(COFFEA_ARABICA)

https://assets.rikolto.org/caracterizacion_de_fincas_nicafes.pdf

Peñuela, E. (2016). *Cenicafe*. Retrieved from <https://www.cenicafe.org/es/publications/arc061%2802%29159-173.pdf>

Porter, M. (2015, mayo 25). Retrieved from <https://egcperu.com/seguridad-calidad-medio-ambiente/calidad-y-ventaja-competitiva/>

Puerta, Q. (2010). *Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Chinchiná. cenicafe*.

Quintero, G. (2015, Diciembre). Retrieved from *Cenicafe*: <https://es.scribd.com/document/480396225/avt0402-proceso-de-fermentacion-del-cafe>

Salaverría, M. A. (2014). *Perfect Daily Grind*. Retrieved from <https://perfectdailygrind.com/es/>

SINAP. (2020). *Organization of American states*. Retrieved from <http://www.oas.org/usde/publications/Unit/oea05s/ch07.htm>


https://repositorio.upa.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12897/130/TESIS_TOMAPASCA_TANTALEAN_MARBIL.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Toci. (2020). *Chemical composition and beverage quality of coffees produced in different post-harvest processing conditions. Beverages*. Retrieved from <https://doi.org/10.3390/beverages6010004>

Velmourougane. (2016). *Impact of processing methods on physical and biochemical characteristics of Arabica and Robusta coffee. Journal of Food Science and Technology*, 53(2), 867–874. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2061-0>

Zeledon, R. U. (2013, Febrero). Retrieved from <https://ribuni.uni.edu.ni/363/1/Agro1.pdf>

011-r-cafe.pdf. (s. f.). Recuperado 23 de marzo de 2024, de <https://www.agrobanco.com.pe/data/uploads/ctecnica/011-r-cafe.pdf>


- Cuchimba, P. A. L., Valderrama, A. K. P., Trujillo, L. Y. M., & Manrique, A. D. (2018). PRÁCTICAS EN LA POST COSECHA DEL CAFÉ Y SU INFLUENCIA EN LAS FINANZAS DEL CAFICULTOR. *Crece Empresarial Journal of Management and Development*, 02, Article 02.
- Lores, A., Leyva, A., & Varela, M. (2008). Los Dominios de Recomendaciones: Establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.
- Parainema. (s. f.-b). Green Quality Coffee. Recuperado 23 de marzo de 2024, de <https://greenqualitycoffeehn.com/our-team/parainema/>
- Petrich, I. L. (2021, enero 29). Explorando las prácticas postcosecha y su relación con la calidad del café. *Perfect Daily Grind* español. <https://perfectdailygrind.com/es/2021/01/29/explorando-las-practicas-poscosecha-y-su-relacion-con-la-calidad-del-cafe/>
- Vanegas, F. (2017, mayo 2). La calidad del café y sus atributos. | Coffee Media . <https://www.yoamoelcafedecolombia.com/2017/05/02/la-calidad-del-cafe-y-sus-atributos/>

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Ubicación geográfica donde se llevó a cabo la investigación



Anexo 2. Resultados de catación de los tratamientos según el formato SCAA



COFFEE TASTING FORM
 NAME: Orhan Sanchez DATE: 15/04/2025
 ROUND: 2 SN: 2 T199: _____ COUNTRY: _____

CUP OF EXCELLENCE	ROAST	AROMA	DEFECTS	CLEAN CUP	SWEET	ACIDITY	MOUTH FEEL	FLAVOR	AFTERTASTE	BALANCE	OVERALL	TOTAL
COLOUR	DRY	CRUST	BREAK	M + A - SCORE								(/30)
1. <u>Lavado</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>Cacao, Balmaceda, Cuerpo denso, dulce limpio, melajero</u>				<u>84.5</u>
2. <u>Honey</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>yam, cana de azucar + dulce, chivo yegart, denso, limonillo</u>				<u>84.5</u>
3. <u>Natado</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<u>Acidit media + poco frasco, suave de limon, malta, limonillo, Cu maso</u>				<u>84</u>
4. <u>SAMPLE</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
5. <u>SAMPLE</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
6. <u>SAMPLE</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
7. <u>SAMPLE</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
8. <u>SAMPLE</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
9. <u>SAMPLE</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>
10. <u>SAMPLE</u>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>

COFFEE TASTING FORM

Anexo 3. Hoja de campo que se utilizó para la recolección de datos para la investigación

I. Datos Generales:

Municipio: Dipilto, Nueva Segovia

Nombre de la finca: Los laureles

Nombre del productor: Orlando López Osorio

Variedad de café: Parainema

Cantidad de café a utilizar: Seis latas

II. Características Edafoclimáticas

Altitud (m.s.n.m): 1,332 msnm

Temperatura media anual: 18° y 24°

III. Beneficiado húmedo del café

Fecha	Tratamiento	Día de Fermentación	Temperatura (°C)	pH	Notas
09-01-25	Natural / Honey / Lavado	Día 0	16°-17°	4.99°	Inicio de fermentación
10-01-25	Natural / Honey / Lavado	Día 1	16.3°- 17.1°	—	—
11-01-25	Natural / Honey / Lavado	Día 2	17°-18°	—	—
12-01-25	Natural / Honey / Lavado	Día 3	16.5°-17.5°	—	—

Anexo 4. Método para medir la retención de mucilago honey

1. Recolección de Muestra:

Selecciona una muestra representativa de granos de café recién despulpados. Asegúrate de que los granos no hayan pasado por ningún proceso adicional (como lavado) que pueda alterar la cantidad de mucílago.

2. Pesado Inicial:

Pesa una cantidad específica de granos de café despulpados antes de cualquier tratamiento adicional. Este peso es el peso fresco de la muestra con mucílago adherido.

3. Eliminación del Mucílago:

Lava la muestra cuidadosamente con agua para eliminar todo el mucílago adherido al grano. Asegúrate de que los granos estén completamente limpios y libres de cualquier mucílago.

4. Pesado Final:

Pesa nuevamente la muestra después de que los granos estén lavados y limpios, lo que te dará el peso final de los granos sin mucílago.

5. Cálculo de la Retención de Mucílago:

Utiliza la siguiente fórmula para calcular el porcentaje de retención de mucílago:

$$\text{Retención de mucilago (\%)} = \frac{\text{Peso inicial (Fresco)} - \text{Peso final (Lavado)} \times 100}{\text{Peso inicial (Fresco)}}$$

$$\text{Retención de mucilago (\%)} = \frac{(2 \text{ libras} - 1.4 \text{ libras}) \times 100}{2 \text{ libras}}$$

$$\text{Retención de mucilago (\%)} = \frac{(0.6) \times 100}{2 \text{ libras}} = 0.3 \times 100 = 30\%$$

Anexo 5. Galería fotográfica



Flotado y selección de café de cada una de las muestras



Condiciones iniciales del café, en las primeras horas de fermentación



Apertura de bolsas luego de la fermentación inicial (3.5 días) y preparación para el despulpado



Despulpado de las muestras de café Honey y Lavado



Nueva fermentación del café lavado y honey en bolsas por 3.5 días más



Medición del pH. durante la fermentación



Registro de temperatura del agua en la piletta de fermentación



Ubicación del café en cajillas para iniciar el proceso de secado



Preparación final de muestras para evaluación final (Catación)