

**Efecto de los procesos de fermentación sobre los atributos  
sensoriales en taza de café especial honey en el municipio de  
Algeciras, Huila**

German Darío Gómez Blanco

Asesor

Claudia Parra Cortes

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD

Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente ECAPMA

Agronomía

2025

### **Dedicatoria**

Este trabajo se lo dedico a todos los agricultores del campo colombiano que cada día, se levantan a trabajar en sus unidades productivas generando patria desde allí, para el progreso de este país tan maravilloso.

### **Agradecimientos**

A mis padres Luis y Gladis y mis dos (2) hermanos Javier y Luis, que siempre estuvieron apoyándome en este proceso de formación tan bonito como es la agronomía, a ellos no tengo como agradecerles; ya que gracias a sus consejos y motivación esto es una realidad, de la cual me siento muy contento y satisfecho por este logro tan importante para mi vida profesional.

## Resumen

Los procesos de producción de café deben ser sustentables y rentables para la economía campesina, adquiriendo un valor agregado en el proceso semi lavado, caracterizándose por su enfoque ecológico y su bajo consumo de agua, favoreciendo el medio ambiente como también el bienestar de las comunidades productoras. Se realizó un análisis conjunto de tres procesos de fermentación en la finca La Argentina de la vereda Santa Clara baja, municipio de Algeciras, Huila. Se midieron factores pH de la masa de fermentación, y los grados Brix. También se estudiaron las bacterias y levaduras que intervienen en el proceso fermentativo en campo, se emplearon placas de agar Man Rogosa Sharpe (MRS) ácido láctico para el análisis de la presencia de bacterias y levaduras. Para la identificación se realizó descripción morfológica y tinción de Gram. Para finalizar se realizó la evaluación sensorial según SCA y estimación costo/beneficio. Como resultado se identificó que no existen características iguales entre los tratamientos en cuanto a variables de temperatura ambiente, pH de la masa de fermentación, y los grados Brix. En el análisis en taza SCA para el tratamiento uno de 130 horas de proceso alcanzo 84 puntos, tratamiento dos de 150 horas obtuvo 84.5 y tratamiento tres de 72 horas alcanzo 85 puntos; clasificando a los tres tratamientos como café especial tipo muy bueno. Los resultados muestran la presencia de bacterias ácido lácticas Gram positivas de los géneros *Lactobacillus*, *Enterobacter*, y levaduras *Saccharomyces cerevisiae*. Se concluye que los protocolos de café semi lavado usados permiten tener un café especial con mayor valor, se sugiere seguir con los ensayos para obtener una mejor taza con puntaje superior a los 86 puntos en taza SCA.

**Palabras clave:** Bacterias ácido lácticas, análisis sensorial, *Coffea arábica*, Semi Lavado, Sostenibilidad.

### Abstract

The coffee production processes must be sustainable and profitable for the peasant economy, where the added value of the semi-washed process obeys ecological processes, since the use of water is zero or minimal, depending on the type of coffee to be obtained. A joint analysis of three fermentation processes was carried out at the La Argentina farm, located in the Santa Clara Baja district, municipality of Algeciras, Huila. Factors were measured, pH of the fermenting mass and Brix degrees. The bacteria and yeasts involved in the fermentation process were also studied in the field, using nutrient agar plates of Man Rogosa Sharpe (MRS) lactic acid to analyse the presence of bacteria and yeasts. For identification, morphological description and Gram staining were carried out. Finally, sensory evaluation according to SCA and cost-benefit estimation were carried out.

The results showed that there was no significant difference between the treatments for the variables of ambient temperature, pH of the fermenting mass and Brix degrees. In the cup analysis, the SCA rate for treatment one of 130 hours of processing reached 84 points, treatment two of 150 hours obtained 84.5 and treatment three of 72 hours reached 85 points, classifying the three treatments as very good speciality coffees. The results show the presence of gram-positive lactic acid bacteria of the genera *Lactobacillus*, *Enterobacter* and *Saccharomyces cerevisiae* yeasts. It is concluded that the semi-washed coffee protocols used allow us to have a speciality coffee with greater value and it is suggested to continue the trials to obtain a better cup with a score higher than 86 points in rate SCA.

**Keywords:** *Lactic acid bacteria, sensory quality, Coffea arabica, Semi-washed, Sostenibilide.*

## Tabla de Contenido

Introducción.....	11
Justificación.....	13
Objetivos.....	15
Objetivo General .....	15
Objetivos Específicos .....	15
Marco de Referencia .....	16
Estado del Arte .....	16
Estudios de calidad de taza en el Huila del método semiseco o conocido como café honey.....	16
Estudios de calidad de la taza del método honey de acuerdo a las diferentes Variedades de café.....	18
Estudios microbiológicos de los organismos presentes y que favorecen el Proceso de fermentación.....	19
Marco Teórico.....	22
Beneficio del café.....	22
Fermentación.....	23
Importancia de estandarizar procesos de café honey.....	24

Valoración de la calidad sensorial en café.....	25
Análisis comparativo en los costos de la producción de café tradicional y café honey.....	26
Análisis de costos.....	27
Metodología.....	28
Tipo de Estudio.....	28
Objetivo 1) Caracterizar los factores relacionados con los procesos de fermentación de café honey.....	28
Objetivo 2) Comparar diferentes procesos de fermentación de café semiseco o honey.....	29
Objetivo 3) Identificar bacterias y levaduras presentes en los diferentes procesos de fermentación.....	31
Objetivo 4) Evaluar el costo/beneficio d ellos procesos de fermentación evaluados.....	32
Diseño experimental.....	33
Resultados y Discusión.....	35
Objetivo 1) Caracterizar los factores relacionados con los procesos de Fermentación de café honey.....	35

Objetivo 2) Comparar diferentes procesos de fermentación de café semiseco o honey.....	38
La prueba de taza mediante el protocolo de la SCA (Specialty Coffee Association).....	40
Objetivo 3) Identificar bacterias y levaduras presentes en los diferentes procesos de fermentación.....	44
Fase IV.....	49
Objetivo 4) Evaluar el costo/beneficio de los procesos de fermentación Evaluados.....	49
Conclusiones.....	52
Recomendaciones.....	53
Referencias Bibliográficas.....	54
Apéndices.....	63

## Lista de Tablas

<b>Tabla 1</b> <i>Variables medidas en campo promedios para pH y grados Brix antes de despulpar el café.....</i>	40
<b>Tabla 2</b> <i>Análisis de la Varianza variable pH antes de despulpar el café.....</i>	40
<b>Tabla 3</b> <i>Análisis de la Varianza variable Brix antes de despulpar el café.....</i>	40
<b>Tabla 4</b> <i>Promedios para puntajes de catador para los tres tratamientos evaluados.....</i>	41
<b>Tabla 5</b> <i>Varianza variable puntajes de catador.....</i>	41
<b>Tabla 6</b> <i>Análisis de la Varianza variable crecimiento Unidades Formadoras de Colonias (UFC).....</i>	48
<b>Tabla 7</b> <i>Promedios para la variable de crecimiento de Unidades Formadoras de Colonias UFC y su transformación log.....</i>	48
<b>Tabla 8</b> <i>Resumen Evaluación costo/beneficio.....</i>	50

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1</b> <i>Mapa finca La Argentina</i> .....	32
<b>Figura 2</b> <i>Marquesina</i> .....	40
<b>Figura 3</b> <i>Oreador marca NUNA</i> .....	40
<b>Figura 4</b> <i>Tratamiento 1 (130 Horas)</i> .....	47
<b>Figura 5</b> <i>Tratamiento 2 (150 Horas)</i> .....	48
<b>Figura 6</b> <i>Tratamiento 3 (72 Horas)</i> .....	49
<b>Figura 7</b> <i>Lactobacillus tinción de Gram en agar MRS. Vista 100X</i> .....	51
<b>Figura 8</b> <i>Enterobacter sp. tinción de Gram en agar MRS. Vista 100X</i> .....	51
<b>Figura 9</b> <i>Saccharomyces cerevisiae, tinción de Gram en agar MRS. Vista 100X</i> .....	52
<b>Figura 10</b> <i>Crecimiento de bacterias (UFC) a las 48 horas en las muestras antes de despulpado el café</i> .....	50

## Lista de Apéndices

<b>Apéndice A</b> <i>Entrevistas semi estructuradas</i> .....	64
<b>Apéndice B</b> <i>Desarrollo ensayo</i> .....	65
<b>Apéndice C</b> <i>Crecimiento en medio de cultivo</i> .....	69
<b>Apéndice D</b> <i>Socialización de avances</i> .....	70
<b>Apéndice E</b> <i>Socialización con productores</i> .....	71

## Introducción

Es muy complejo definir lo que es un café especial, ya que cada persona puede tener un concepto diferente de lo que esto significa. Por medio de varias investigaciones se logró obtener la siguiente definición: los cafés especiales se caracterizan por mantener una uniformidad en la identificación físicas del grano (tamaño, forma, apariencia, ausencia de defectos), análisis sensorial (gustativa olfativa, visuales), prácticas culturales ( recolección, despulpado, lavado, secado) y en sus procesos finales ( tueste, molienda, métodos de extracción de café y preparación), características que los diferencian de los cafés corrientes. Es así como el cliente acepta pagar un valor adicional por el producto, él café especial expresado anteriormente posee un perfil único en taza, brindándole al consumidor final una experiencia única en su paladar. (Farfan, 2007).

El café honey se caracteriza por presentar un sabor único destacando un perfil con un dulzor peculiar y sabores afrutados. También la calidad se define a partir de la cantidad de luz y su tiempo de secado que recibe. Estos tipos de café requieren de manejo y cuidado constante durante su proceso de fermentación, aportando un valor agregado ya que son unos de los cafés mejor cotizados en el mercado (IICA, 2019).

El municipio de Algeciras es uno de los territorios que hacen parte del programa de desarrollo con enfoque territorial (PDET), de acuerdo con el marco de paz en Colombia y su objetivo es impulsar el desarrollo rural, la inclusión social y la estabilización territorial en el país (Castro y Roldán, 2022). El sector cafetero brinda oportunidades tanto en la economía local, laboral, y el fortalecimiento de las buenas prácticas sostenibles. Colombia, principalmente el Huila, es reconocido y exaltado por su calidad y rendimiento, esto hace que sea impulsado a

nuevos mercados mediante la producción de café diferenciado en procesos de honey o semilavado (Federación Nacional de cafeteros, 2025).

En esta investigación se evalúa la calidad en los perfiles sensoriales del proceso de café honey y los diferentes tiempos de fermentación, identificando los microorganismos que actúan en el proceso, con el fin de estandarizar técnicas que permitan obtener una taza de calidad que cumpla con los estándares en el mercado. El estudio se realizó en la vereda santa clara, municipio de Algeciras en la vereda la Argentina; Con el fin de contribuir al conocimiento técnico y científico para fortalecer la caficultura sostenible.

## **Justificación**

El café colombiano es de los más exquisitos del mundo, en Colombia más de 500 mil familias están dedicadas en el cultivo de café, en el Huila son más de 80 mil familias soportan su economía en la producción de café; la creciente disponibilidad de café proveniente de otros países productores como Brasil y Vietnam, reducen la capacidad de aumentar en los precios del café en el mercado nacional, agravado por los altos costos de producción por carga y la ausencia de cafés especiales.

La alternativa para conseguir mejores precios por carga de café es sin duda la comercialización de café con atributos de calidad diferenciados, conocidos como cafés especiales; la carga de cafés especiales dependiendo de su valoración mediante protocolos de Cata de la Specialty Coffee Association (SCA).

La producción de café especiales es un problema multivariable en el que intervienen factores como la dependencia de las condiciones agroambientales de difícil control por el productor, pero también es necesario el adecuado manejo de cultivo y la apropiada postcosecha que otorguen características destacables en la bebida.

La investigación científica que busca innovación en las operaciones postcosecha que confieran atributos de calidad diferenciados en taza, en el caso de la fermentación del grano despulpado que es realizada de manera artesanal, no se han conseguido avances importantes, por lo que el presente proyecto busca estandarizar el proceso de fermentación para obtener café de proceso honey, así como aportar en la reducción del consumo de agua en beneficio del café y la disposición de las aguas mieles producto de este proceso.

La exploración de alternativas en el proceso de beneficio del café que disminuyan el impacto del consumo hídrico y se mejoren los atributos sensoriales en taza; atributos que los

diferencian de los cafés convencionales y que los consumidores valoran lo suficiente como para pagar un precio más alto. (Arismendy, 2015).

El desarrollo de la presente investigación constituye un soporte científico para proponer innovaciones tecnológicas en la operación de fermentación de café, en la búsqueda de mejorar el concepto de calidad alimentaria y potenciar los atributos sensoriales en la bebida, de manera que las operaciones poscosecha en finca, principalmente la operación de fermentación puedan ser definidas como operaciones agroindustriales estandarizables, y el efecto de cada variable interviniente sea conocido y manipulable en la búsqueda de mejorar la calidad del producto, disminuyendo los matices de artesanidad con la que se realiza en la actualidad.

Siendo el departamento del Huila el mayor productor de café en el país, es importante que este sea de alta calidad, por lo que se debe fortalecer la capacidad científica de investigadores de la región (Huila) en cafés especiales, para que nuestros productores puedan acceder a mercados especializados y nuestro recurso humano esté capacitado producción de café especiales como el honey y actividades propias del proyecto.

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Evaluar el efecto de los procesos de fermentación sobre los atributos sensoriales en la taza para un café especial.

### **Objetivos Específicos**

Caracterizar los factores relacionados con los procesos de fermentación de café Honey.

Comparar diferentes procesos de fermentación de café semiseco o Honey.

Identificar bacterias y levaduras presentes en los diferentes procesos de fermentación.

Evaluar el costo/beneficio de los procesos de fermentación evaluados.

## Marco de Referencia

### Estado del Arte

El café en Colombia es exaltado por sus propiedades físicas, químicas, sensoriales y culturales, mediante su portafolio selecto como parte de una estrategia enfocada en la diferenciación de los cafés por su origen regional y por alcanzar estándares de calidad a nivel internacional que lo haga un referente a nivel cultural de alto valor en el mercado (Villegas *et al.*, 2019). Esta estrategia ha demostrado que mejora el precio, tanto en la calidad del grano y competitividad de las zonas cafeteras como Santander, Huila y Sierra Nevada (Osorio y Silva, 2018).

### *Estudios de Calidad de Taza en el Huila del Método Semiseco o Conocido Como Café Honey*

Según Osorio y Silva (2018) el café del Huila es reconocido como un “café arábico suave lavado con un perfil que combina notas dulces y ácidas, de cuerpo medio-alto, con un aroma intenso y sensaciones frutales y acarameladas”. Sin embargo, el método usado en el beneficio puede alterar algunas características en el producto final. Actualmente se cuenta con el método seco o los también llamados cafés naturales, el cual es el más antiguo conocido. Así mismo está el método semiseco o conocido como café honey, donde el proceso se realiza en un punto intermedio de humedad y donde se deja el mucilago previo al proceso de secado. A su vez, dependiendo del porcentaje de mucilago presente se les clasifica como *black honey* (100 %), *red honey* (75 %) o *yellow honey* (25 %). Y finalmente, está el café lavado tradicionalmente el cual es el más utilizado en el territorio nacional, pero con un impacto ambiental elevado al usar altos volúmenes de agua en el proceso de eliminación del mucilago.

Posteriormente, Burbano, M. & Cabrera, W. I. (2019) realizaron pruebas en café variedad castillo cultivado en el municipio de Acevedo, Huila, con el objetivo de comparar calidad en taza de granos procesados bajo las metodologías natural, honey y lavado. Con muestras de 250 g, se determinó que no hubo diferencias significativas en las características físicas, como el factor de rendimiento. En taza, el café honey obtuvo un total de 84 puntos, seguido del café lavado (83,8) y natural (82,55).

Martínez Castro, *et al.*, (2022), realizaron pruebas comparativas de procesos de beneficio de café arábica variedades castillo, caturra y Colombia en el municipio de Timaná, Huila. Los tratamientos comprendieron fermentación en húmedo y semiseco de dos cosechas diferentes. Finalmente, en la calidad en taza no lograron encontrar resultados significativos que los diferenciara entre sí; no obstante, según los puntos alcanzados en la escala SCA todos los tratamientos alcanzaron un puntaje superior a 82 puntos, por lo que se catalogaron como café especial. Entre las variedades con tratamiento semiseco (Honey), la variedad castillo obtuvo el mayor puntaje con 82.87 puntos.

Molina (2022), realizó un ensayo comparativo de café variedad Pacamara procesado de forma natural, honey y lavado, en el municipio de Acevedo, Huila, donde bajo el método honey se obtuvo el menos porcentaje de pasillas (3,48%) frente a los demás tratamientos. En la prueba de taza presentó mejores características y puntuación el café procesado por el método natural (87,5 puntos) frente a honey (85,75 puntos) y lavado (85 puntos).

Por su parte Chaguala & Bocanegra (2023), evaluaron el perfil de taza, utilizando los métodos de procesamiento Natural y Honey en dos variedades de café, Geisha y Bourbon Rosado, cultivados a 1800 msnm en el municipio de San Agustín – Huila. Como resultados de la prueba de taza, la variedad Geisha alcanzó 82.81 según la escala de la SCA, mientras que el

Bourbon Rosado obtuvo 79.5 puntos. Para el método Natural la variedad Geisha alcanzó 82 puntos en total, mientras que el Bourbon Rosado obtuvo 76 puntos. Por lo cual concluyen que el método de fermentación tipo Honey mejora las características de calidad en taza.

### ***Estudios de Calidad de la Taza del Método Honey de Acuerdo a las Diferentes Variedades de Café***

Boyacá, (2018) llevó a cabo un estudio exploratorio sobre la obtención de café verde mediante el método honey, en el cual, para la determinación de su calidad, se evaluó tanto la calidad sensorial y física dentro del proceso tradicional en húmedo y el semiseco tipo honey, mediante la caracterización organoléptica en taza de cada una de las muestras y tanto la medición de glucosa, fructosa, sacarosa y total de azúcares por medio de HPLC. Al final, las muestras procesadas tipo honey, pese a tener una merma del 20,7%, obtuvieron la mayor cantidad de granos sin daños físicos. Así mismo, exhibieron contenidos relativamente altos de fructosa 2,42 g·L<sup>-1</sup> y de Total de azúcares 14,22 g·L<sup>-1</sup>, siendo mayores a los encontrados con el café lavado tradicional. En taza, el café honey exalta cualidades como dulzor, suave, taza limpia, con notas frutales, en cambio con el café lavado se acentuaron la astringencia, amargo, pesado, con algo de notas cítricas. Lo cual perfila al café honey como una alternativa para los productores de los municipios de Somondoco, Guateque y Sutatensa del departamento de Boyacá, ubicadas entre los 1600 y 2000 m.s.n.m.

De forma similar, Alomia -Lucero, & Untiveros -Soldevilla (2021), evaluaron el beneficio de café variedad Catimor con los métodos lavado, honey y natural, para conocer su efecto en la calidad física y organoléptica, en los granos cosechados de la región de Satipo – Perú, donde se determinó que el puntaje en taza fue superior con el método natural (84,4 puntos),

honey (82,7 puntos) y lavado (81,1 puntos). A partir del proceso de lavado se alcanzó un 80.83% de café exportable, en el método honey un 75.19% y mediante el método natural solamente 47.33%.

En el departamento del Cauca, se han realizado prácticas artesanales de postcosecha con los cuales no se mantienen la calidad en el tiempo, para lo cual Anacona *et al.*, (2022) realizaron procesos de fermentación húmeda y tipo honey en granos cosechados de la variedad castillo, en la que se tuvieron en cuenta variables de temperatura y tiempo, para finalmente realizarle un perfil de taza. Los resultados indicaron que sin importar la temperatura y el tiempo en la fermentación el método honey obtuvo mejores características organolépticas.

### ***Estudios Microbiológicos de los Organismos Presentes y que Favorecen el Proceso de Fermentación***

En la actualidad no se han estandarizado los valores requeridos en factores ambientales y físico-químicos que intervienen en el proceso de fermentación, al no tener un control del proceso se puede llegar a perder calidad en taza al intensificarse la acidez o sabores a vinagres y fermentos, lo cual está asociado al tiempo empleado durante la fermentación; así mismo, se desconoce información específica de los organismos que intervienen en los diferentes procesos de la fermentación durante el beneficio (Osorio & Silva, 2018).

De Melo *et al.*, (2014), realizaron pruebas de laboratorio en las cuales, se aislaron cepas de microorganismos que intervienen en el proceso de fermentación del café bajo el método café lavado, donde tras 48 horas de fermentación, se pudo aislar un total de 144 cepas de levaduras procedentes de la fermentación espontánea de granos de café. De esta población se identificaron por métodos moleculares *Pichia fermentans* y *Pichia kluyveri*, *Candida glabrata*, *quercitrusa*,

*Saccharomyces* sp., *Pichia guilliermondii*, *Pichia caribbica* y *Hanseniaspora opuntiae*.

Al evaluar la capacidad de las cepas de levadura tolerantes al estrés para producir compuestos aromáticos en un medio de simulación de pulpa de café y su actividad pectinolítica, se determinó que *P. fermentans* produjo las concentraciones más altas de compuestos éster activos para el sabor (a saber, acetato de etilo y acetato de isoamilo), mientras que *Saccharomyces* sp. fue la mejor cepa productora de pectinasa. Cepas que al ser inoculadas a muestras de café seleccionadas arrojó que mejoraron significativamente la formación de compuestos aromáticos volátiles durante el proceso de fermentación en comparación con el control no inoculado., traducido en mejores las propiedades de la bebida de café en aroma y sabor.

Hamdouche *et al.*, (2016), evaluaron muestras de café de dos localidades de Camerún Occidental (Bafoussam y Dschang). Las muestras de la especie *Coffea arabica* se recolectaron con métodos húmedos y secos y las muestras de *Coffea canephora* se recolectaron solo con el método seco. Las comunidades bacterianas y fúngicas presentes en los granos de café se determinaron mediante el uso de un método molecular PCR-DGGE (Electroforesis en Gel de Gradiente Desnaturalizante) generando perfiles de ADNr 16S y ADNr 26S para bacterias y hongos. El análisis estadístico aplicado permitió medir el impacto de todos los parámetros y mostró que el método era el principal parámetro que influía en la estructura de las comunidades microbianas; destacándose que las Bacterias Acido-lácticas (BAL) se hallaron en el proceso húmedo y son propias del proceso de fermentación, además se halló hongos del género *Wallemia* sp únicamente en granos de café robusta (*C. canephora*). Por lo cual los resultados mostraron que las estructuras de la ecología microbiana fueron diferentes dependiendo de tres parámetros principales: i) el método aplicado, ii) las especies de café y iii) su origen geográfico.

Estudios realizados en la Universidad Federal de Lavras, en Minas Gerais, Brasil, estudiar bacterias mesófilas (MB) y bacterias ácido-lácticas (LAB) aisladas del procesamiento húmedo del café. y evaluar su desempeño en un medio de café despulpado, esto con el fin de seleccionar microorganismos iniciadores de los procesos fermentativos, a fin de estandarizar el proceso y obtener un producto de mayor calidad. De las cepas recolectadas se realizó una prueba de selección en medio modificado con pulpa de café, y se midió la eficiencia de metabolización de los compuestos presentes, los cuales se convierten en fenoles y alcoholes durante la fase fermentativa, lo cual se ve reflejado en las características de calidad en taza. Finalmente se obtuvo un total de 59 Bacterias mesófilas y 27 Bacterias ácido lácticas, de estas las más promisorias para su utilización como inóculo iniciador correspondieron a las especies *Microbacterium testaceum*, *Leuconostoc mesenteroides*, que redujeron hasta en un 38% el pH del medio de cultivo. En cuanto a la tasa de crecimiento de la población se destacaron las cepas de *Microbacterium testaceum* y *Lactobacillus plantarum*. En cuanto a la mayor acción pectinolítica las especies *B. subtilis*, *B. pumilus*, *Microbacterium testaceum*, *Leu. mesenteroides* y *Lac. Plantarum* (Ribeiro *et al.*, 2020).

## **Marco Teórico**

Un café especial es un café de alta calidad que se diferencia de los cafés comerciales por sus características organolépticas positiva, que le da un sabor de taza diferente que brinda al consumidor una experiencia muy especial para su paladar.

El café especial se evalúa bajo el protocolo de la SCA (Specialty Coffee Association) bajo un rango de 0 a 100 puntos, en el cual se considera café de especialidad por obtener 80 o más puntos (Specialty Coffee Association, 2025).

Los cafés especiales según la asociación de café especial de América (SCAA) se clasifican en cinco: café de origen, café orgánico, café saborizado, café de alta tostión, café descafeinado.

Según Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (2025) en la región norte del Huila se cultivan 31.598 hectáreas de café distribuidas en 13 municipios, incluida la capital del Departamento. El café de esta subregión se distingue por tener una taza con fragancia y aroma cítricos y aromáticos, sabor con notas de panela, frutos rojos, cítricos y chocolate amargo, así como una acidez media y un cuerpo medio cremoso.

## **Beneficio del Café**

Existen principalmente dos métodos de beneficio para el grano de café: Proceso lavado o vía húmeda y proceso natural o vía seca. Hay una combinación entre estos procesos llamado honey o miel (Galvez & Ricardo, 2018).

El café de proceso honey o semilavado, se caracteriza por ser llevado durante el secado, el café es capaz de conservar el mucílago adherido, lo que, según se espera en este tipo de procesamiento es aportar un sabor único y dulce similar al de la miel, junto con otras cualidades.

El método honey está vinculado al secado al sol, ya que su duración del secado como la cantidad de mucílago influyen en su color final del grano. Por eso, se conocen variedades como el honey amarillo, rojo y negro (Sanz-Uribe *et al.*, 2017).

El café honey amarillo se obtiene dejando una cantidad entre 20% y 49% de mucílago en el grano, luego se le da un secado solar de 8 a 10 días. El café honey rojo se obtiene entre el 50% y el 79% del mucílago con un secado solar de 12 a 15 días. Por su parte el café honey negro se logra dejar más del 80% o la totalidad del mucílago, con un proceso de secado solar que se puede extender hasta los 30 días. Cada uno de los métodos presenta características diferentes en la bebida (Sanz-Uribe & Velásquez-Henao, 2022).

Entre las características sensoriales de un café honey es su sabor único, se destaca su dulzor peculiar, acidez balanceada y notas afrutadas. La calidad del café está determinada por la cantidad de luz recibida y el tiempo de secado. Estos tipos de café requieren de monitoreo constante, para evitar la sobre fermentación y la presencia de moho. Este esfuerzo es muy bien recompensado en el mercado, ya que son unos de los cafés mayor valorizados (IICA, 2019).

## **Fermentación**

Durante la fermentación natural del café se desarrollan diferentes procesos bioquímicos, en los cuales las enzimas producidas por levaduras y bacterias presentes en el mucílago fermentan y degradan sus azúcares, lípidos, proteínas y ácidos. Estos son transformados en alcoholes, ácidos, ésteres y cetonas, sustancias que modifican las características de olor, color, pH y composición tanto del mucilago como de los granos de café. La velocidad y el tipo de productos generados en la fermentación dependen de varios factores que influyen el metabolismo mismo de los microorganismos tales como la temperatura ambiente, el sistema de fermentación,

el tiempo de proceso, la calidad del café en baba, la acidez del sustrato, la disponibilidad de oxígeno y condiciones de higiene. (Puerta & Echeverry, 2015).

Por ejemplo, las levaduras son microorganismos facultativos, crecen en presencia de oxígeno, pero en condiciones anaerobios fermentan los azúcares. Por su parte, las bacterias lácticas son microaerófilos, es decir, requieren ambientes con concentración de oxígeno inferior a la del aire, y sin oxígeno fermentan los carbohidratos para producir ácido láctico. Las bacterias entéricas son anaerobias facultativas y producen fermentaciones lácticas, fórmicas y de otras mezclas de ácidos. En tanto que las especies de *Clostridium* producen diversas neurotoxinas, incluso *C. butyricum*, que por fermentación produce ácido butírico (Puerta y Echeverry, 2010), por lo que el manejo de la fermentación del café es una actividad de vital importancia, ya que podemos variar su sabor por una mala manipulación, perdiendo el trabajo en campo.

En las fermentaciones abiertas del café ocurre de forma natural y simultánea a las fermentaciones lácticas llevada a cabo por las bacterias como *Lactobacillus spp.* y *Streptococcus spp.*, y la fermentación alcohólica por las levaduras, principalmente *Saccharomyces cerevisiae*. Por el contrario, en los sistemas cerrados, los fermentadores se tapan, lo cual favorece también el desarrollo de fermentaciones mixtas, por las *Enterobacteriaceae* (Puerta & Echeverry, 2015).

### **Importancia de Estandarizar Procesos de Café Honey**

Se resalta la importancia de la fermentación ya que es la única operación en la que tiene la posibilidad de mejorar la calidad final del producto, debido a que allí suceden una serie de reacciones que pueden otorgar compuestos responsables de sabor y aroma a los granos de café. Conocer el tiempo de fermentación para tener una correcta degradación del mucílago

por fermentación natural Sanz-Uribe & Velásquez-Henao, (2022) proponen un tiempo de 12 a 24 horas.

Durante el proceso de secado del café se generan cambios en el grano, que inciden en los atributos sensoriales de la bebida. La forma en que se manifiestan los cambios varía según los tipos de secados.

### **Valoración de la Calidad Sensorial en Café**

La evaluación sensorial en los alimentos es necesaria cuando se requiere definir y cuantificar los atributos de calidad y los niveles de aceptación por consumidores; la evaluación sensorial requerida para definir la categoría de cafés especiales es diferente que en el resto de alimentos, ya que mediante el protocolo desarrollado por la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCA) (Pérez, 2019), se valora el café como materia prima y su potencialidad para la preparación de diferentes bebidas, este protocolo además de valorar los aromas del café tostado molido en seco, evalúa el resto de atributos en una infusión no consumible de café tostado y molido en agua caliente, que después de hacer recorrer la infusión por el paladar, el líquido es escupido sin ser ingerido.

Se requiere un panel entrenado de catadores que permite definir si la muestra corresponde a un café especial o a un café regular y dependiendo del puntaje obtenido por cada muestra, el precio de un café diferenciado puede llegar a ser de hasta 6 veces mayor al de un café regular.

De acuerdo con la Specialty Coffee Association (SCA), el café que obtiene de 90-100 puntos, son considerados de especialidad exquisita, alcanzando un precio significativo en el mercado. Aquellos que tengan una puntuación de 85-89 se clasifica como café de especialidad

excelente, mientras que los que tienen de 80-84 son catalogados café de especialidad muy bueno. En cambio, los que tengan un puntaje menos de 80 no se consideran cafés de especialidad.

El municipio de Algeciras se destaca por sus altitudes superiores a los 1800 msnm. Entre los diferentes tipos de beneficio del café, el método enmielado honey siendo uno de los más implacables en la taza de sabores, que a la vez permite ser amigable con el medio ambiente (Burbano & Cabrera, 2018). Los estudios realizados recientemente en el café tipo honey, han alcanzado puntajes superiores a los 84 puntos en escala SCA, tomando notas dulces, frutales y un cuerpo balanceado, con ciertos atributos que lo exaltan en ser un café especial y de alta calidad. El café honey representa una oportunidad real para los caficultores de todo el departamento del Huila y en especial el municipio de Algeciras, ya que puede acceder a mercados especializados y así garantizar sus ingresos de una manera más efectiva, suficiente en la carga y la dinamización de la economía local (Osorio & Silva, 2018).

### **Análisis Comparativo en los Costos de la Producción de Café Tradicional y Café Honey**

Determinar el costo exacto de producción de un kilogramo de café honey en Colombia para el año 2024 es complejo debido a la variabilidad en factores como la región, las prácticas agrícolas, las condiciones económicas, tamaño de la finca y prácticas agrícolas específicas. Sin embargo, se debe considerar que el método honey no solo contribuye al cuidado del medio ambiente, sino que también resulta beneficiosa para los caficultores al generar menores costos operativos. La reducción del uso de agua y la minimización de residuos que se generan durante el proceso de postcosecha permiten a los productores mejorar la eficiencia de sus cultivos y, al mismo tiempo, fortalecer su sostenibilidad.

Para analizar la viabilidad financiera que representa el método honey Ayala, (2020) estableció un comparativo que permite visualizar el incremento en precio por kilo teniendo como referente el incremento en puntos por taza, creando un aumento en el precio del 20% en comparación con el café lavado tradicional, lo que justifica la implementación del método honey.

### **Análisis de Costos**

Los costos variables de producción son correspondientes principalmente a los gastos operativos que son relacionados con el cultivo de café, por lo tanto, se incluye la mano de obra y los insumos necesarios para las diferentes actividades como la renovación del cultivo, fertilización, control de malezas, manejo de plagas y enfermedades, asimismo como la recolección y el proceso de beneficio. **Materia Prima.** Son aquellos materiales que intervienen directamente en la elaboración del producto, la cual será transformada durante el proceso de producción para obtener el producto final. **Mano de Obra.** Corresponde al esfuerzo físico o intelectual de las distintas etapas del proceso productivo.

**Costo Indirecto de Fabricación.** Este tipo de costos se utiliza para acumular los materiales indirectos, la mano de obra indirecta y los demás costos indirectos de fabricación que no pueden identificarse directamente con los productos específicos. **Costos por procesos.** De acuerdo con Wu (2020), el sistema de costos es utilizado por empresas que se elaboran bienes relativamente estandarizados. Es un procedimiento de control utilizado por empresas que transforman la materia prima en un nuevo producto a través de varios procesos que aplican las organizaciones, la cual se desarrolla mediante etapas sucesivas, en las que las unidades fabricadas se pueden medir en toneladas, litros, cajas, kilogramo, etc.

## Metodología

Ubicación y características del área de estudio:

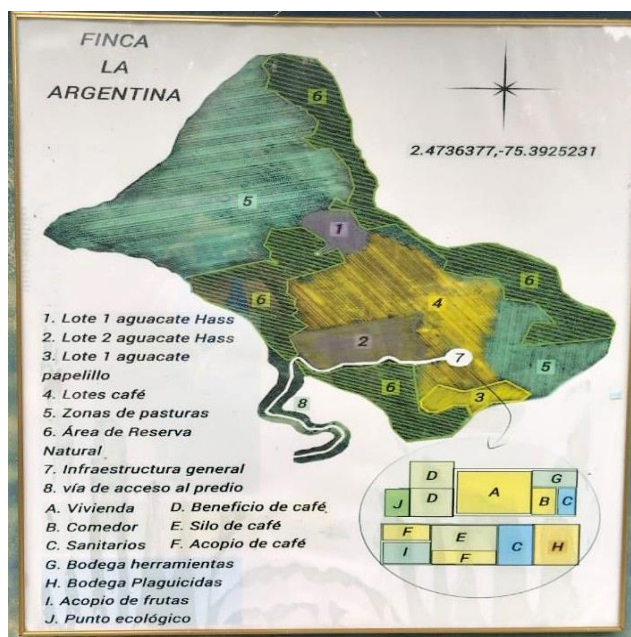
**Ubicación:** Finca La Argentina vereda Santa Clara baja, Algeciras, Huila

**Altitud:** 1800 msnm.

Coordenadas: 2°28'25.4"N 75°23'33.2"W

### Figura 1.

*Mapa finca La Argentina*



**Nota:** Representación gráfica del mapa de la finca La Argentina. *Fuente:* Autor.

## **Tipo de Estudio**

Estudio experimental con tipo de investigación mixta.

### ***Objetivo 1) Caracterizar los Factores Relacionados con los Procesos de Fermentación de Café Honey***

Los factores de campo que influyen significativamente en la calidad del proceso de fermentación del café honey incluyen las condiciones ambientales (temperatura, humedad, altitud y clima), la calidad del grano (variedad, madurez, sanidad y composición química), las prácticas agronómicas y la higiene durante el proceso. En este objetivo de manera indirecta se conoce las características de los factores relacionados con los procesos de fermentación de café honey en campo al describir el sistema productivo, el manejo del cultivo, desde la selección de variedades hasta la cosecha y la limpieza de las cerezas, determina la calidad de la materia prima que ingresa a la fase de fermentación, lo que a su vez afecta el perfil sensorial final del café. Se realizó una entrevista semi estructurada para conocer el sistema de producción como base para el establecimiento del proceso café Honey. Según Anexo 1. sobre maneja el cultivo, variedad de café, edad cultivo, cosecha, beneficio, despulpado, fermentación, horas de secado, infraestructura, ubicación del sitio de beneficio, secado, tiempo, ventilación y almacenamiento del café. La información resultado de la encuesta fue la base para la determinación de los tratamientos y testigo del ensayo. Lo anterior mediante un enfoque de investigación acción participativa (IAP), donde buscamos la participación de las comunidades (en este caso caficultor) en el proceso de investigación y acción.

***Objetivo 2) Comparar Diferentes Procesos de Fermentación de Café Semiseco o Honey***

Se recolectaron 100 kg de café en cereza con madurez fisiológica de la variedad Tabí, la cual se dejó reposar por 24 horas, luego se analizó con un cerezometro y la tabla de clasificación de frutos según producto.

Se realizó el balseo (consiste en una selección en agua por densidad) retirando impurezas, granos vanos y posterior pesaje.

La cereza de café se colocó en canecas plásticas cerradas, totalmente herméticas con una capacidad de 30 litros con válvula de retención de escape fermentación tipo cerveceras según los siguientes tratamientos:

Los tratamientos (T1 y T2) fueron seleccionados basados en la literatura, experiencia de los investigadores, el tratamiento testigo (T3) se definió mediante un enfoque de investigación acción participativa (IAP), mediante la vinculación de proceso de investigación y acción del caficultor con el proceso de fermentación que había realizado por más de 2 años y el cual se quiere validar sensorialmente y comparar con otros tratamientos de fermentación.

Tratamiento uno (T1): consiste en el paso 1: Fermentación inicial en caneca cerrada por 40 horas, se despulpa y pasa a una segunda fermentación en caneca cerrada por 90 horas más, se realiza el paso 2.

Paso 2: Se le adiciona el lixiviado que se recoge de la fermentación inicial y se agita la masa de fermentación en la mañana y tarde.

Tratamiento dos (T2): Paso 1: Fermentación inicial en una caneca cerrada por 50 horas, luego se despulpa y pasa a una segunda fermentación en caneca cerrada por 100 horas más, se realiza el paso 2.

Paso 2: Se le adiciona el lixiviado que se recoge de la fermentación inicial y se agita la masa de fermentación en la mañana y tarde.

Testigo (T3): Paso 1: Proceso realizado por el productor, fermentación inicial en una caneca cerrada por 24 horas, luego se despulpa y pasa a una segunda fermentación en caneca cerrada por 48 horas más, se realiza el paso 2.

Paso 2: Se le adiciona el lixiviado que se recoge de la fermentación inicial y se agita la masa de fermentación en la mañana y tarde.

En todos tratamientos se mide el pH del mucílago de la cereza, y los grados Brix al finalizar la fermentación, luego se llevó a un silo mecánico (secadora de gas), luego el café se lleva a un secador mecánico (oreada marca NUNA) por dos días donde se monitorea la humedad del grano de café y se finalizó de secar en marquesina por 30 días.

Posteriormente todas las muestras se tostaron ajustando a la misma curva de tueste, hasta obtener un tueste medio bajo ( $21.0 < L^* < 24.2$ ). Los granos de café tostado se molieron en iguales condiciones. Se sometió a evaluación sensorial mediante el protocolo de la SCA en la empresa Plop Coffee situada en el municipio de Pitalito Huila; consiste en evaluar el café por medio de captación estructurada usando 10 categorías para determinar la calidad y las características principales de cada muestra.

### ***Objetivo 3) Identificar Bacterias y Levaduras Presentes en los Diferentes Procesos de Fermentación***

Se tomaron muestras de 50 g de mucílago de café de proceso honey antes de ser despulpado, las muestras se recolectaron usando medidas asépticas en cada tratamiento, se conservaron a 4°C hasta su análisis en el laboratorio.

En el laboratorio se realizaron diluciones seriadas  $10^4$  y sembraron por triplicado en placas de Medio Agar MRS. Posteriormente se llevaron a incubación. Se realizaron recuentos de bacterias a las 48 horas después de sembradas.

Se seleccionaron las cepas predominantes en las placas sembradas, posteriormente se purificaron y descartaron las cepas similares en su desarrollo considerando crecimiento, color, forma. Se realizó observación al microscopio de la tinción de gram e identificación morfológica (de acuerdo al tamaño, forma, superficie, elevación, borde y color) siguiendo a Kandler, O. and Weiss, N. (1986) y Castilleja, D. E. (2015). Se seleccionaron las tres cepas predominantes en la siembra para la identificación.

#### ***Objetivo 4) Evaluar el Costo/Beneficio de los Procesos de Fermentación Evaluados***

Para evaluar el costo/beneficio en procesos de fermentación del presente estudio, se registraron datos asociados a mano de obra, número de horas por actividad realizada en cada proceso evaluado, registros de materias e insumos requeridos en cada proceso.

El método de evaluación de costos por procesos, en donde se inició con el registro de información asociada a cada proceso, para los tres tratamientos evaluados se inició con 100 kilogramos de café cereza y se registraron el número de horas de actividades invertidas en las labores de selección, despulpado y secado, para obtener el café pergamino seco. En cada una de las etapas del proceso se realizó el pesaje para conocer las mermas; el número de kilogramos de café inicial (100 kilogramos) fue dividido por el número de kilogramos de café pergamino en cada tratamiento y este resultado nos arroja el factor de conversión. Así mismo, en los costos adicional a la mano de obra, se contempló el precio de la materia prima (café cereza) y otros costos (Amortización de equipos Canecas, cocos recolectores; energía eléctrica).

Posteriormente, con la valoración sensorial obtenida para cada tratamiento se evaluó el ingreso obtenido del proceso café pergamino, con base en el proceso evaluado honey.

Seguidamente se realiza el análisis del proceso de café pergamino seco, hasta obtener café trillado, en donde se tienen en cuenta en los costos la materia prima (café pergamino seco), mano de obra (actividades de trillado) y otros costos (Amortización de equipos; energía eléctrica). Y el último proceso evaluado desde café trillado hasta café tostado y molido, en donde se tienen en cuenta en los costos la materia prima (café trillado, bolsa), mano de obra (empaqué) y otros costos servicio de torrefacción (Amortización de equipos; energía eléctrica; gas)

Lo anterior se desarrolló bajo una metodología propuesta por Wu (2020) de evaluación de costos por procesos, enfocada en identificar el modelo de costeo más adecuado para la empresa y en optimizar la extracción de datos, con el fin de determinar un costo de producción alineado con la realidad de la empresa cafetera. Con la información recolectada de perfiles físicos y sensoriales, se fijará el precio de venta del producto y de esta manera la relación beneficio/costo.

### **Diseño Experimental**

El trabajo es de tipo de investigación mixta y se desarrolló un diseño experimental por objetivo dada la diferencia entre los procesos realizados, los cuales se describen a continuación:

En los objetivos específico 1 no se usó un diseño experimental, se realizó una investigación descriptiva de los datos recolectados.

Se estableció para el objetivo específico 2, un diseño completamente al azar mediante tres tratamientos incluido testigo, con tres repeticiones, se tomaron datos de pH y grados Brix, antes de ser despulpado el café, los cuales se midieron con un peachímetro (marca Hanna) y

refractómetro análogo (marca ATC) respectivamente. También se evaluó el puntaje del catador. Se determinó diferencias estadísticamente significativas entre todos los tratamientos evaluados mediante ANOVA simple y se desarrolla el test de Test de Duncan con una confianza de 95% cuando se requería. Se empleó el Software estadístico Infostat y se elaboraron algunas gráficas en Microsoft Excel.

El diseño completamente al azar se estableció para el objetivo específico 3, donde se evaluó el mucilago recolectado antes de ser despulpado en café en los tres tratamientos, las muestras de mucilago se sembraron en placas de cultivo Medio Agar MRS ácido láctico, por triplicado; por ser una variable de conteo, se realizó una transformación logaritmo por Neperiano en R. Se determinaron diferencias estadísticamente significativas para el crecimiento microbiano UFC a las 48 horas de siembra entre todos los tratamientos evaluados mediante ANOVA simple y se desarrolla el test de Duncan con Alfa=0,05 cuando se requería. Se empleó el Software estadístico R, Infostat y se efectúan algunas gráficas Microsoft.

## **Resultados y Discusión**

### **Objetivo 1) Caracterizar los Factores Relacionados con los Procesos de Fermentación de Café Honey.**

El manejo agronómico impacta en la cantidad de café producido y es un pilar fundamental para asegurar la calidad intrínseca del fruto (grado de café) y, por ende, el éxito y la diferenciación de los cafés con proceso como honey, conocer el sistema de producción indirectamente permite estimar los factores claves en el proceso de fermentación de café honey; por ejemplo la fertilización influye directamente en la maduración del fruto y el contenido de azúcares; la sanidad de la planta afecta la calidad física del grano, esta puede impactar negativamente el perfil sensorial del café honey.

Un buen manejo agronómico asegura la obtención de cerezas de café en óptimo estado, con la concentración de azúcares necesaria y libre de enfermedades, lo cual es un punto de partida para lograr un café honey de alta calidad, en esto se basa nuestro análisis de la entrevista semiestructurada (anexo 1) sobre el sistema productivo, donde se preguntó sobre la variedad establecida, la ubicación de la finca, la observación directa de la tecnología que se dispone para el beneficio y secado del café, entre otros.

Con la información recolectada se determinó en conjunto con el estudiante y caficultor, realizar un tratamiento testigo como él lo realiza en su finca de modo que se tuviera un tratamiento testigo que el caficultor ha realizado muchas veces, así se validó a nivel de fermentación y sensorialmente frente a los otros tratamientos propuestos. Lo anterior mediante un enfoque de investigación acción participativa (IAP), donde buscamos la participación de las comunidades (en este caso caficultores) en el proceso de investigación y acción.

Se presenta algunos apartes sobre manejo del cultivo que nos permite conocer el antes del proceso de fermentación y el cual es muy importante para tener granos de calidad:

Variedad de café: Tabí.

Densidad de siembra: 2.5\*2.5 m

Número de plantas/ha: 2500/ha

Rendimiento según producción: 1 kilogramo de c.p.s\* árbol

Tiempo del ciclo de cultivo: 4 años

Despulpado: se realiza mediante una despulpadora mecánica circular

Infraestructura: si cuenta

Ubicación del sitio de beneficio: propio en finca

Secado: Marquesina (Figura 2) y oreador marca NUNA (Figura 3)

Tiempo de secado: el proceso de secado tuvo una duración de 27 días

Ventilación: natural

Almacenamiento del café: este se almaceno dentro de una bodega adecuada con estribas para su conservación y almacenamiento.

Fertilización: Química

Comercialización: el proceso de comercialización se desarrolla en la cooperativa departamental de caficultores del Huila (Cadefihuila).

El reconocimiento del cultivo y su manejo es importante para proyectar los resultados en taza; ya que esta refleja posibles problemas técnicos en la producción, como enfermedades (hongos), sequía, baja nutrición y entre otros.

**Figura 2.**  
Marquesina



*Nota:* Imagen gráfica de la infraestructura tipo marquesina utilizada para secado. *Fuente:* Autor.

**Figura 3.**  
Oreador marca NUNA



*Nota:* Imagen gráfica de la infraestructura tipo oreador utilizada para secado. *Fuente:* Autor.

## **Objetivo 2) Comparar Diferentes Procesos de Fermentación de Café Semiseco o Honey**

Respecto al pH inicial de 5.6 se observa que con las horas la masa de fermentación se acidifica y el pH se reduce (tabla 1), comportamiento normal en la fermentación del café, entre tanto para los grados Brix se evidencia una reducción (tabla 1) iniciando con 19°Brix; debió al consumo de los azúcares que se encuentran en los sólidos soluble, proceso metabólico que se da durante la fermentación. Al analizar los datos se presenta diferencia significativa (tabla 2) entre los tratamientos 1 y 2 frente al tratamiento 3 para las variables pH de la masa de fermentación.

Para la variable grados Brix, la P tiene valor es menor a 0,05 por lo que se rechaza la hipótesis nula y con un 95% de confianza se concluye que hay una diferencia estadísticamente significativa en los tratamientos en prueba medidos con la variable grados Brix (tabla 3). Durante el proceso de fermentación del café, aproximadamente el 60% de los azúcares presentes son utilizados por los microorganismos por lo que se disminuyen los grados Brix, lo cuales dan lugar a la producción significativa de etanol y ácidos acético y láctico, resultando en una disminución del pH de 5.5–6.0 a 3.5–4.0 (Puerta, 2015).

Los resultados observados concuerdan con los de Aswathi et al. (2022), quienes reportan que el café procesado con el método Honey, la fermentación se inició con un pH inicial de 6.5 y una temperatura de 28 °C, con 9°Brix para las muestras de café canéfora. Al cabo de tres días después de iniciada la fermentación, los valores disminuyeron de manera constante, alcanzando un pH de 4.9 y 5°Brix en 3 días, esto se debe a la actividad de enzimas hidrolíticas producidas por el metabolismo microbiano.

**Tabla 1.**

*Variables medidas en campo promedios para pH y grados Brix antes de despulpar el café.*

<b>Tratamiento</b>	<b>pH</b>	<b>Brix</b>
Tratamiento 1: 130 horas	4,8 A	13 A
Tratamiento 2: 150 horas	4,7 A	11,3 B
Tratamiento 3: 72 horas	4,6 B	8,5 C

*Nota.* En la tabla se muestran los resultados en promedio de las variables medidas en campo pH y los grados Brix en la etapa final de la fermentación antes de ser despulpado el café. *Test de Duncan con una confianza de 95%* Medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). *Fuente:* Autor.

**Tabla 2.**

*Análisis de la Varianza variable pH antes de despulpar el café.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Tratamiento	0,07	2	0,03	5,17	0,0496
Error	0,04	6	0,01		
Total	0,11	8			

En la tabla se muestran los resultados de ANOVA de la variable pH en la etapa final de la fermentación antes de ser despulpado el café. *Fuente:* Autor

**Tabla 3.**

*Análisis de la Varianza variable Brix antes de despulpar el café.*

<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Tratamiento	31,06	2	15,53	34,68	0,0005
Error	2,69	6	0,45		
Total	33,74	8			

En la tabla se muestran los resultados de ANOVA de la variable Brix en la etapa final de la fermentación antes de ser despulpado el café. *Fuente:* Autor

### ***La prueba de taza mediante el protocolo de la SCA (Specialty Coffee Association)***

Consiste en catar el café usando 10 categorías para evaluar la calidad del café los resultados se presentan en las figuras 4, 5 y 6. Se realizó análisis del puntaje del catador con prueba de Duncan (tabla 4) donde se evidencia que no hay diferencia significativa entre los tratamientos (tabla 5) con un 95% de confianza. Las cualidades organolépticas que obtuvimos son consistentes con Aswathi et al. (2022), al aplicar *Saccharomyces cerevisiae* encontró que, al café robusta, aportaron olor dulce afrutado y acaramelado, mejorando las condiciones de calidad frente a café obtenidos con otros métodos de fermentación.

#### ***Tabla 4.***

*Promedios para puntajes de catador para los tres tratamientos evaluados.*

<b>Tratamiento</b>	<b>Puntaje catador</b>
Tratamiento 1: 130 horas	7,63 A
Tratamiento 2: 150 horas	7,63 A
Tratamiento 3: 72 horas	7,75 A

*Nota.* En la tabla se muestran los promedios de evaluación SCA para los tres tratamientos. Test de Duncan con una confianza de 95%, medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $p > 0,05$ ). *Fuente:* Autor.

#### ***Tabla 5.***

*Análisis de la Varianza variable puntajes de catador*

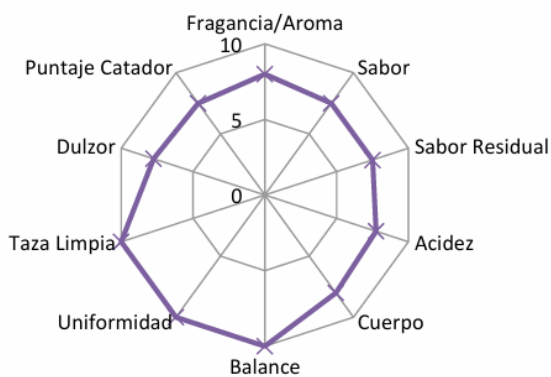
<b>F.V.</b>	<b>SC</b>	<b>gl</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>p-valor</b>
Tratamiento	0,03	2	0,02	1,46	0,3044
Error	0,06	6	0,01		
Total	0,09	8			

*Nota.* En la tabla se muestran el análisis ANAVA de los datos de evaluación SCA para puntaje de catador en los tres tratamientos. *Fuente:* Autor.

La figura 4 presenta resultados un análisis sensorial de café por medio de un gráfico de radar, donde se evalúa los 10 atributos en taza, todos se encuentran calificados de 0-10, las puntuaciones se ven reflejadas en una alta calidad sensorial con valores cercanos al rango superior, se obtuvo 84 puntos SCA. Su análisis indica un perfil complejo y atractivo por medio de unas notas muy percibidas en taza con sabores a caramelo, caña, cítrico de naranja, áspero y toques herbales. Abubakar et al. (2019) compararon el café honey con otros procesos (húmedo y semiseco), encontrando sabores a caramelo, chocolate, nuez y especias, aunque también presencia de defectos como notas agrias o sobrefermentadas, asociadas a fermentaciones irregulares; atributos similares a los presentados en los tres tratamientos (figura 4, 5 y 6).

**Figura 4.**

*Tratamiento 1 (130 Horas)*



**CARACTERÍSTICAS TAZA / ANALISIS CUALITATIVOS**

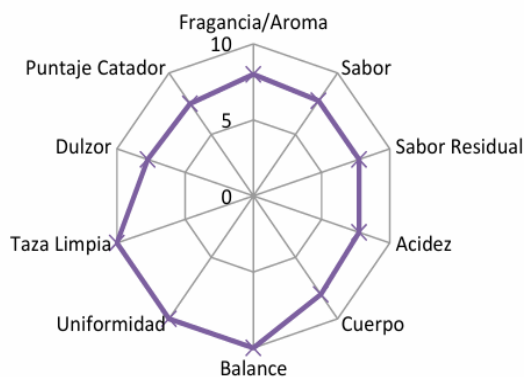
Caña, caramelo, citrico naranja, aspero, herbal

*Nota.* En la figura se muestra los resultados de las características sensoriales para el tratamiento 1 (130 horas) por medio de un gráfico de radar. *Fuente:* Autor

La figura 5 presenta un análisis sensorial de café para el tratamiento de 150 horas de fermentación por medio de un gráfico de radar. Este tratamiento se clasifico como café muy bueno según SCA. 84.5. En este análisis presenta un perfil de sabor complejo, dulce, con unos sabores a miel de caña, caramelo, cítrico naranja, cuerpo delicado, áspero y herbal. Rodríguez et al. (2020) hallaron que el tipo de procesamiento no modificó de forma significativa las propiedades químicas del café tostado, aunque el honey obtuvo puntajes SCAA de 82–85, clasificados como “muy buenos”, en café Castillo. En dicho caso, los atributos sensoriales alcanzaron calificaciones destacadas en aroma (7,9), sabor (7,7), retrogusto (7,6), acidez (7,5), cuerpo (7,9) y equilibrio (7,6); lo que concuerda con nuestros resultados.

### **Figura 5**

*Tratamiento 2 (150 Horas)*



#### **CARACTERÍSTICAS TAZA / ANALISIS CUALITATIVOS**

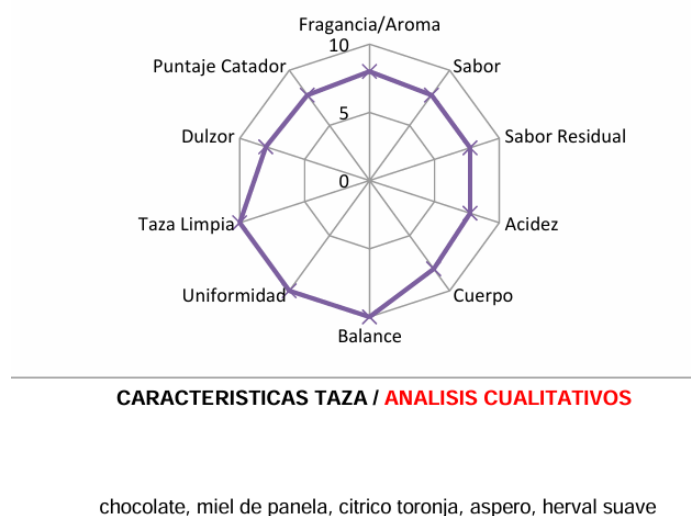
Miel de Caña, caramelo, citrico naranja, cuerpo delicado, aspero, herval

*Nota.* En la figura se muestra los resultados de las características sensoriales para el tratamiento 2 (150 horas) por medio de un gráfico de radar. *Fuente:* Autor

La figura 6 corresponde al tratamiento 3 con 72 horas de fermentación, el cual obtuvo mayor puntaje en taza (85), clasificado como café especial según SCA, presenta un perfil de taza equilibrado con matices duces, cítricos y herbales aportando a su mayor complejidad y carácter, se identificaron unas notas a chocolate, miel de panela, cítrico toronja, aspero y herbal suave. Entre los factores relacionados con los procesos de fermentación de café honey, se obtuvo en esta investigación como resultado que a menor tiempo de fermentación y bajo las condiciones ambientales, altitud y variedad de café. Estudios hechos por Aswathi et al., (2022) reportan que el café honey presenta una mayor abundancia de compuestos volátiles vinculados con notas dulces y de caramelo, en comparación con el café lavado, lo que confirma su potencial para nichos de mercado que valoran perfiles diferenciados y complejos como los presentados en los tres tratamientos evaluados en esta investigación.

**Figura 6.**

Tratamiento 3 (72 Horas)



*Nota.* En la figura se muestra los resultados de las características sensoriales para el tratamiento 3 (72 horas) por medio de un gráfico de radar. *Fuente:* Autor

### **Objetivo 3) Identificar Bacterias y Levaduras Presentes en los Diferentes Procesos de Fermentación**

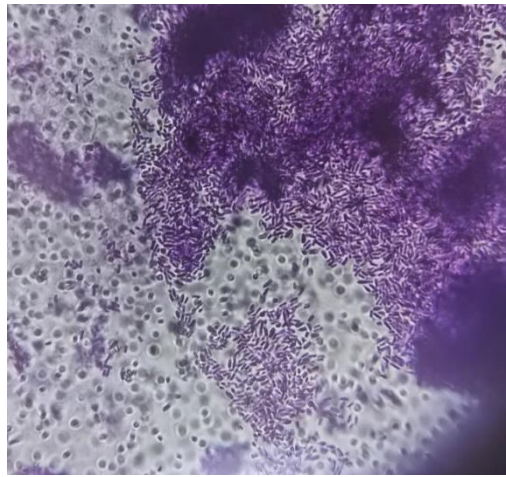
La fermentación del café especial es un proceso clave que involucra una amplia diversidad de microorganismos, principalmente bacterias y levaduras. Estos microorganismos no solo degradan el mucílago del grano, sino que también generan compuestos que influyen directamente en el perfil sensorial y la calidad final de la bebida. La cantidad y la clase de microorganismos presentes durante el proceso de la fermentación del café dependen de la población inicial en los frutos y granos despulpados (Puerta, 2012).

En el mucílago de café se encuentran diferentes microorganismos provenientes del ambiente, suelo, aire, agua, vegetales, personas, animales, insectos, equipos, instalaciones y utensilios usados para la postcosecha del café. En este ensayo se evaluaron los microorganismos presentes en la caneca de fermentación antes de ser despulpado en café. Se encontró en las muestras mucílago de café la presencia de levaduras y bacterias ácido lácticas gram positivas, de las cuales se seleccionaron las cepas predominantes en las 36 placas sembradas y se logró identificar bacterias del género *Lactobacillus* (figura 7), *Enterobacter* (figura 8) y levaduras *Saccharomyces cerevisiae* (figura 9), situación que concuerda con lo reportado por Cruz-O'Byrne et al 2021.

La figura 7 presenta *Saccharomyces cerevisiae* una levadura gram positiva; en los procesos de fermentación involucrados en la producción de café o la valorización de los residuos de café, se han detectado numerosas especies de levaduras de diferentes géneros en los pasos de procesamiento del café, que incluyen *Pichia*, *Candida*, *Saccharomyces* y *Torulaspota* (Ruta, L. & I. Farcasanu. 2021).

**Figura 7.**

*Lactobacillus* tinción de Gram en agar MRS. Vista 100X

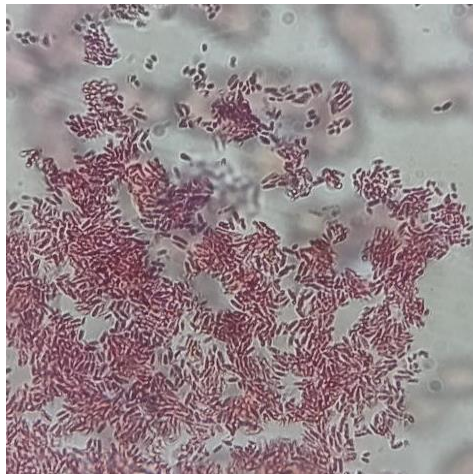


*Nota.* En la figura se muestra los *Lactobacillus* con tinción tomadas de placas de cultivo.

*Fuente:* Autor

**Figura 8.**

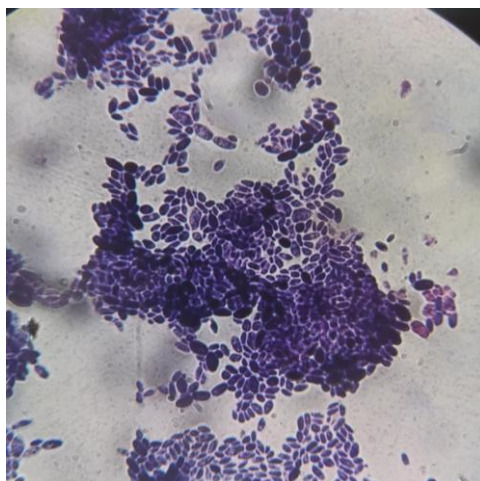
*Enterobacter* sp. tinción de Gram en agar MRS. Vista 100X



*Nota.* En la figura se muestra los resultados de *Enterobacter* con tinción tomadas de placas de cultivo. *Fuente:* Autor

**Figura 9.**

*Saccharomyces cerevisiae*, tinción de Gram en agar MRS. Vista 100X



*Nota.* En la figura se muestra los resultados de los *Saccharomyces* con tinción tomadas de placas de cultivo. *Fuente:* Autor

Una compleja comunidad microbiana, compuesta por bacterias, levaduras y, en menor medida, hongos filamentosos, participa en la fermentación del café. Su función principal es degradar la capa de mucílago. Durante la fermentación, la microbiota endógena utiliza los nutrientes disponibles en los granos, crece y produce una amplia gama de metabolitos, tanto volátiles como no volátiles, que pueden tener un impacto significativo en el sabor, el aroma y las cualidades generales de los productos de café, ya sean deseables o no (Elhalis et al., 2023).

Respecto al crecimiento de microorganismos (Unidades Formadoras de Colonias UFC) presentes en la caneca de fermentación (tabla 6), al realizar su análisis estadística se debe hacer una transformación, dado que la variable UFC es una variable de conteo no es continua, se requiere el desarrollo de una transformación en este caso se usó la transformación logaritmo Neperiano que en R se obtiene con el comando log.

**Tabla 6.**

*Análisis de la Varianza variable crecimiento Unidades Formadoras de Colonias (UFC)*

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Tratamiento	5,517	2	2,759	92,08	3,14 e-05
Error	0,180	6	0,030		
Total	5,697	8			

*Nota.* En la tabla se muestran los resultados ANAVA del crecimiento UFC y la transformación logaritmo Neperiano que en R se obtiene con el comando log. *Fuente:* Autor.

P valor es menor a 0,05 se rechaza la hipótesis nula y con un 95% de confianza se concluye que bajo una transformación logarítmica hay una diferencia estadísticamente significativa en los tratamientos en prueba a los que se les determinó variable UFC (tabla 7). Con un 95% de confianza se concluye que bajo una transformación logarítmica los residuales absolutos se ajustan a una varianza constante.

**Tabla 7.**

Promedios para la variable de crecimiento de Unidades Formadoras de Colonias UFC y su transformación log.

<b>Tratamiento</b>	<b>N° UFC 48 Horas</b>	<b>log (UFC)</b>
Tratamiento 2: 150 horas	104,5	4,648 A
Tratamiento 3: 72 horas	35	3,526 B
Tratamiento 1: 130 horas	15,5	2,740 C

*Nota.* En la tabla se muestran los resultados en promedio de la variable de crecimiento UFC y transformación logarítmica UFC, test de Duncan con una confianza de 95%. *Fuente:* Autor.

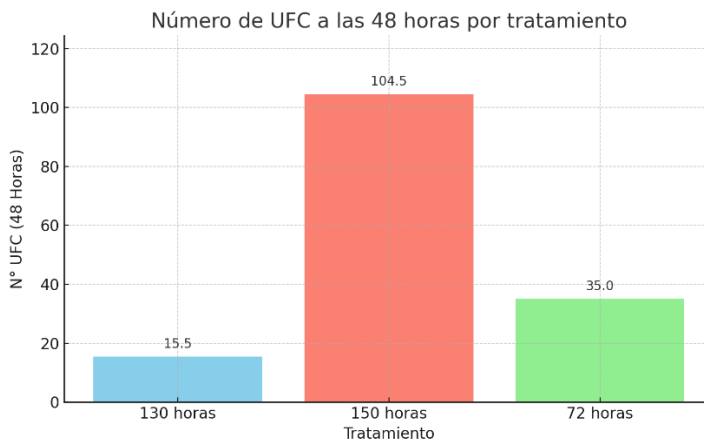
Se presenta diferencia significativa (tabla 7), se destaca el tratamiento 2 con mayor número de UFC al presentar más tiempo de fermentación. Palumbo *et al.*, (2024) afirman, que el efecto del tiempo de fermentación sobre las características organolépticas en taza, el café con inoculación de levaduras aumentó la intensidad de las notas de caramelo en las primeras 48 horas y aumentó el sabor afrutado después de 72 horas de fermentación, por lo que concluyeron que el método de fermentación y el tiempo de tratamiento afectarán el perfil sensorial.

En el procesamiento húmedo del café, las bacterias y levaduras son omnipresentes, La actividad metabólica de estos grupos microbianos específicos está relacionada con su interacción intraespecífica e interespecífica, lo que resulta en la producción de enzimas extracelulares, metabolitos volátiles y no volátiles, y cambios de pH que contribuyen a la formación del perfil sensorial del café.

La figura 10 presenta la distribución de crecimiento UFC en medio Agar MRS, se pudo considerar que el tratamiento T2 (150 h) mostró el mayor crecimiento con (hasta 104,5 UFC/g), lo cual indica una actividad intensa de fermentación, este medio es selectivo para aislar y cultivar lactobacilos y otras bacterias del ácido láctico debido a su composición selectiva y enriquecida, la cual crea un ambiente óptimo para estos microorganismos específicos que son fundamentales en la estabilización del proceso fermentativo (De Jesus Cassimiro et al., 2022)

**Figura 10.**

*Crecimiento de bacterias (UFC) a las 48 horas en las muestras antes de despulpado el café.*



*Nota.* En la figura se muestra el crecimiento de bacterias (UFC) a las 48 horas en el ensayo en medios de cultivo MRS. *Fuente:* Autor

#### **Fase IV.**

**Objetivo 4) Evaluar el Costo/Beneficio de los Procesos de Fermentación Evaluados**

**Tabla 8.**

*Resumen Evaluación costo/beneficio*

<b>Tratamiento</b>	<b>Proceso</b>	<b>No. Kg obtenidos</b>	<b>Factor de Conversión</b>	<b>Costos</b>	<b>Ingresos</b>	<b>B/C</b>
T1( 130)	Café	19	5,3	\$ 260.288	\$ 326.800	1,3
T2 (150)	Pergamino	20	5,0	\$ 259.767	\$ 364.800	1,4
T3 (72)	Seco (100 kg cereza)	21	4,8	\$ 259.871	\$ 403.200	1,6
<b>Tratamiento</b>	<b>Proceso</b>	<b>No. Kg obtenidos</b>	<b>Factor de Conversión</b>	<b>Costos</b>	<b>Ingresos</b>	<b>B/C</b>
T1( 130)	Café Trillado-Excelso(19 Kg c.p.s)	15,1	1,26	\$ 267.979	\$ 423.182	1,6

T2 (150)	Café Trillado-Excelso(20 Kg c.p.s)	15,9	1,26	\$ 266.767	\$ 477.273	1,8
T3 (72)	Café Trillado-Excelso(21 Kg c.p.s)	16,7	1,26	\$ 267.221	\$ 534.545	2,0
<b>Tratamiento</b>	<b>Proceso</b>	<b>No. Kg obtenidos</b>	<b>Factor de Conversión</b>	<b>Costos</b>	<b>Ingresos</b>	<b>B/C</b>
T1( 130)	Café Tostado (15,1 c.excelso)	12,8	1,18	\$ 265.038	\$ 345.820	1,3
T2 (150)	Café Tostado (15,9 c.excelso)	13,5	1,18	\$ 220.290	\$ 404.468	1,8
T3 (72)	Café Tostado (16,7 c.excelso)	14,2	1,18	\$ 221.056	\$ 453.005	2,0

Nota. Esta tabla muestra los resultados del beneficio/costo en cada uno de los procesos evaluados. *Fuente:* Autor

Como se puede apreciar en la tabla 8, el análisis costo/beneficio en el procesamiento del café muestra que transformar granos en productos procesados puede agregar valor y aumentar el beneficio recibido. En el primer proceso evaluado de café cereza a café pergamino en los tres tratamientos el indicador B/C es superior a 1, en el (T1) 1,3 seguidamente el (T2) con un resultado de 1.4 y alcanzando un mayor beneficio en el (T3) con B/C de 1,6 lo cual indica que por cada peso invertido en el proceso se obtienen 6 centavos de ganancia. El resultado en este eslabón primario se puede contrastar con lo investigado por Pajsi et al., (2019) con resultados de la relación beneficio costo de 1.004 en su análisis de rentabilidad económica y lo contrasta con su análisis financiero en agroecosistemas cafetero en Colombia (Delgado-Vargas & Rodríguez).

Continuando con el análisis del siguiente proceso evaluado de café pergamino seco a café trillado-excelso, el indicador B/C aumenta significativamente, alcanzando un resultado el (T3) de 2, lo que significa que el beneficio en este eslabón de la cadena es mayor y por cada peso invertido se recibe 1 peso de ganancia.

Por último, en el análisis del proceso de café trillado-excelso a café tostado en grano o molido, encontramos que el indicador B/C se mantiene, con un resultado para el (T3) de 2 nuevamente. Lo anterior concuerda con lo investigado por Pramudya et al., (2015) en donde se realizó un análisis económico para el procesamiento de café tostado obteniendo como resultado del indicador B/C de 1,2 demostrando la viabilidad de la intervención de este eslabón de la cadena, indicando que el valor de la producción está fuertemente influenciado por el precio de la venta y la calidad del producto en cada proceso. Por su parte lo refuerza Anam et al., (2023) en su estudio de cálculo de rentabilidad del proceso de café tostado quien obtuvo como resultado de su análisis un indicador B/C de 1,8 lo que permite concluir que procesar café agrega valor y puede ser muy rentable, especialmente si se eligen métodos de alta calidad y se optimizan los procesos.

Finalmente, es preciso afirmar, que la única forma de mejorar la rentabilidad de las operaciones es reduciendo los costos fijos por unidad de producto, lo cual se logra incrementando la productividad o consiguiendo un sobreprecio en el mercado, es decir generando atributos y características sensoriales.

## Conclusiones

La información de este trabajo aporta al conocimiento sobre la dinámica de los procesos de fermentación del café tipo honey. Lo que permite estandarizar los tiempos de fermentación para obtener un mayor puntaje en prueba de taza con protocolo de la SCA. Se espera impactar el sector productivo y ambiental al identificar un protocolo apropiado para café Honey en la zona de Algeciras.

Se identificaron diversas bacterias y levaduras destacándose la bacterias ácido-lácticas grampositivas, del género *Lactobacillus* y la levadura *Saccharomyces cerevisiae*.

Las bacterias ácido-lácticas identificadas desempeñan un papel crucial en la acidificación del medio, impidiendo la proliferación de hongos y mohos, lo que beneficia el proceso de fermentación.

Se identificó que el tratamiento con mayor número de horas de fermentación (T2) permitió un mayor crecimiento de microorganismos beneficiosos, sugiriendo que tiempos de fermentación más prolongados pueden mejorar el desarrollo de bacterias ácido-lácticas y levaduras útiles para el proceso de café honey.

Finalmente, a partir de los resultados obtenidos de los análisis costo beneficio, se puede afirmar que la implementación del café es viable, ya que genera mayores utilidades debido al valor agregado que se le puede dar al producto.

Se sugiere para futuras investigaciones evaluar la capacidad de las cepas identificadas para producir compuestos aromáticos en un medio controlado.

### **Recomendaciones**

Es importante la estandarización de procesos de fermentación tipo honey en diferentes zonas con condiciones climáticas diferentes y variedades de café, con el fin de obtener un tiempo y temperaturas ideales asegurando la calidad sensorial.

Se recomienda el uso de nuevas tecnologías dentro del proceso de fermentación, como los sensores de temperatura, pH y grados brix, con el fin de poder monitorear y llevar un control más preciso y mejorando la calidad del producto.

Continuar con estudios en análisis de rentabilidad del café honey comprándolo con otros métodos, considerando variables del mercado, entrada a nuevos canales de comercialización especializados.

Se recomienda hacer pruebas de inoculación seleccionados como *Saccharomyces cerevisiae* o *Lactobacillus plantarum*, en condiciones controladas, para evaluar directamente su efecto en la generación de compuestos aromáticos y poder así elevar los puntajes sensoriales.

### Referencias Bibliográficas

- Abubakar, Y., Hasni, D., Muzaifa, M., Sulaiman, N., Mahdi, N., & Widayat, H. P. (2019). Effect of varieties and processing practices on the physical and sensory characteristics of Gayo Arabica specialty coffee. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*, 523(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/523/1/012027>.
- Alomia -Lucero, J. M., & Untiveros -Soldevilla , C. M. (2021). Beneficios con lavado, honey y natural de granos de Coffea arábica L. variedad catimor en la calidad física y organoléptica, Satipo - Perú. *Revista Investigación Agraria*, 3(2), 27–42. <https://doi.org/10.47840/ReInA.3.2.1097> .
- Anacona, C. A., Bonilla, B. P. M., Cabrera, E. V. R., & Pino, A. F. S. (2022). Evaluation of cup profile for post-harvest in coffee variety Castillo from Cauca department. *Trends in Sciences*, 19(12), 4526-4526. <https://doi.org/10.48048/tis.2022.4526>.
- Anam, M. C., Juwanda, M., & Utami, S. N. (2023). Financial Feasibility Analysis of Coffee Roasting Business (Case Study in Coffee Misconception Shop). *AURELIA: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat Indonesia*, 2(2), 698–704. <https://doi.org/10.57235/aurelia.v2i2.731>

- Aswathi, K., Shankar, S., Seenivasan, K., Prakash, I., & Murthy, P. S. (2022). Metagenomics and metabolomic profiles of *Coffea canephora* processed by honey/pulped natural technique. *Innovative Food Science And Emerging Technologies/Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 79, 103058. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103058>.
- Ayala Ceballos, D. C. (2020). Evaluación de las propiedades sensoriales del café variedad Castillo, Caturra y Colombia (*Coffea arábica* L.) durante el proceso de secado Honey, a diferentes alturas sobre el nivel del mar en fincas cafeteras de la zona norte del departamento de Nariño. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/36886>.
- Barquero, M. 2001. Temen abandono de cafetales. Periódico La Nación (Costa Rica).14.8.01:23. Disponible en <https://www.nacion.com/economia/temen-abandono-de-cafetales/CVFBXI2N7BG43FSGVQZCNHHHTQ/story/>.
- Boyacá, L. (2018). Estudio exploratorio de la obtención de café verde mediante beneficio Honey y la determinación de su calidad en taza. Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/69512>.
- Bressani, A. P. P., Batista, N. N., Ferreira, G., Martinez, S. J., Simão, J. B. P., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2021). Characterization of bioactive, chemical, and sensory compounds from fermented coffees with different yeasts species. *Food Research International*, 150, 110755. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110755>.

Brown, G. (1979). *Farm Budgets: From Farm Income Analysis to Agricultural Project Analysis*.

The world bank, John Hopkins University Press, Baltimore, MD.

<http://documents.worldbank.org/curated/en/898231468340864373>.

Brown, M. (1981). *Presupuesto de fincas: del análisis del ingreso de la finca al análisis de*

*Proyectos agrícolas*. Banco Mundial. Madrid, España. 140p. ISBN: 84-309-0886-2.

<https://bibliotecas.ucb.edu.bo/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=127277>.

Burbano, M. & Cabrera, W. I. (2019). *Conocer el perfil de taza generado mediante la*

*implementación de los métodos de cafés naturales, honey y cafés lavados con la variedad*

*castillo general en los asociados a la Cooperativa Departamental de Caficultores del*

*Huila – Cadefihuila del municipio de Acevedo – Huila..* [Proyecto de investigación,

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD]. Repositorio Institucional UNAD.

<https://repository.unad.edu.co/handle/10596/25347>.

Chaguala Bocanegra Carolina y Jonathan Coca Luna.(2023). *Evaluar el perfil de taza, con los*

*métodos Natural y Honey de dos variedades de café, Geisha y Bourbon Rosado*

*cosechados a 1800 msnm en el municipio de San Agustín – Huila*. Universidad Nacional

*Abierta y a Distancia – UNAD. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio*

*Ambiente – ECAPMA*. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/58305>.

Castilleja, D. E. (2015). *Aislamiento, selección e identificación de levaduras *Saccharomyces spp.**

*nativas de viñedos en Querétaro, México*. *Agrociencia*, 49(7), 759–773.

Castro, K. V. M., & Roldán, T. M. (2022). Implementación del Acuerdo Final y los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial: ¿ una reforma rural integral para los territorios?. *Revista Opera*, (30), 33-54. <https://doi.org/10.18601/16578651.n30.04>.

Cruz-O'Byrne R., N. Piraneque-Gambasica, S. Aguirre-Forero. 2021. Microbial diversity associated with spontaneous coffee bean fermentation process and specialty coffee production in northern Colombia, *International Journal of Food Microbiology*, Volume 354, 2021, 109282, ISSN 0168-1605. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2021.109282>.

Da Silva Oliveira, E. C., Da Luz, J. M. R., De Castro, M. G., Filgueiras, P. R., Guarçoni, R. C., De Castro, E. V. R., De Cássia Soares Da Silva, M., & Pereira, L. L. (2021). Chemical and sensory discrimination of coffee: impacts of the planting altitude and fermentation. *European Food Research & Technology*, 248(3), 659-669. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03912-w>.

De Melo Pereira, G. V., Soccol, V. T., Pandey, A., Medeiros, A. B. P., Lara, J. M. R. A., Gollo, A. L., & Soccol, C. R. (2014). Isolation, selection and evaluation of yeasts for use in fermentation of coffee beans by the wet process. *International Journal Of Food Microbiology*, 188, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2014.07.008>.

- De Jesus Cassimiro, D. M., Batista, N. N., Fonseca, H. C., Naves, J. a. O., Coelho, J. M., Bernardes, P. C., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2022). Wet fermentation of *Coffea canephora* by lactic acid bacteria and yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. *Food Microbiology*, *110*, 104161. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2022.104161>.
- Delgado-Vargas, I. A., & Rodríguez, M. A. M. (2023). *Análisis financiero en agroecosistemas cafeteros (Coffea arabica L.) en el suroeste de Colombia*. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *7*(6), 727-750. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v7i6.8721](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.8721).
- Doryan, G; Rogers, P; Smith, CL; Umaña, A. (1990). Evaluación de proyectos de desarrollo: estudios de casos. 1ªed. Cartago, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. 215p. 64 FAO. <https://www.econbiz.de/Record/evaluaci%C3%B3n-de-proyectos-de-desarrollo-estudio-de-casos-doryan-garr%C3%B3n-eduardo/10000820918>.
- Duque H., Bustamante F. (2002). “Determinantes de la productividad del café”. Cenicafé. Chinchiná, Caldas. <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/4334> .
- Duque H.; Bustamante F. (2001). Análisis económico de doce prácticas para mejorar el desempeño de las fincas cafetera. Cenicafé. Chinchiná, Caldas 56 p.

Farfán Valencia, F. F. (2007). *Cafés especiales*. En J. Arcila Pulgar et al. (Eds.), *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. [pp. inicio–pp. fin]). Manizales, Colombia: CENICAFE.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/720/11/10.%20Caf%C3%A9s%20especiales.pdf>

Federación nacional de Cafeteros de Colombia. (2001). “Estudio sobre experiencias de FEDECAFE en Gestión de Fincas Cafeteras” Programa de Reestructuración Cafetera.  
[https://federaciondefcafeteros.org/static/files/Programa\\_de\\_reestructuracion\\_y\\_desarrollo\\_en\\_regiones\\_cafeteras\\_de\\_Colombia\\_-\\_Cesar\\_Vallejo\\_y\\_Jaime\\_Vallecilla.pdf](https://federaciondefcafeteros.org/static/files/Programa_de_reestructuracion_y_desarrollo_en_regiones_cafeteras_de_Colombia_-_Cesar_Vallejo_y_Jaime_Vallecilla.pdf)

Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. (2024). *Informe del gerente general al 93 Congreso Nacional de Cafeteros*.  
[https://federaciondefcafeteros.org/app/uploads/2024/12/IG-2024-93-CNC\\_Digital.pdf](https://federaciondefcafeteros.org/app/uploads/2024/12/IG-2024-93-CNC_Digital.pdf).

Gálvez, L., & Ricardo, A. (2018). Optimización del proceso fermentativo Honey en café especial variedad Pacamara, Finca Santa Rosa, El Salvador.  
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/d18941af-ad77-4664-b816-ea7e6e990cb4/content>.

Guerra, G. (1992). *Manual de administración de empresas agropecuarias*. 2ªed. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura IICA. 579p.  
Hamdouche, Y., Meile, J. C., Nganou, D. N., Durand, N., Teyssier, C., & Montet, D. (2016). Discrimination of post-harvest coffee processing methods by microbial ecology analyses. *Food Control*, 65, 112-120. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.01.022> .

IICA. (2019). Manual de producción sostenible de café en la República Dominicana / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. – República Dominicana.

<https://repositorio.iica.int/handle/11324/8726>.

Elhalis, H., Cox, J., & Zhao, J. (2023g). Coffee fermentation: Expedition from traditional to controlled process and perspectives for industrialization. *Applied Food Research*, 3(1), 100253. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100253>.

Kandler O, Weiss N. nonsporing Gram positive rods. Bergey's Manual of systematic bacteriology. 10<sup>th</sup> ed (ed. P. H. A. Sneath, N. S. Mair, M. E. Sharpe and J. G. Holt Sneath), Baltimore, USA: The Williams and Wilkins Co; 1992.

[https://www.researchgate.net/profile/Ana-Maria-Ciobotaru/post/Where-can-I-download-Bergeys-Manual-of-Determinative-Bacteriology-Ninth-Edition/attachment/59d6335dc49f478072ea2217/AS%3A273642825420808%401442252941657/download/%5BNoel\\_R.\\_Krieg%2C\\_Wolfgang\\_Ludwig%2C\\_William\\_B.\\_Whitma...pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ana-Maria-Ciobotaru/post/Where-can-I-download-Bergeys-Manual-of-Determinative-Bacteriology-Ninth-Edition/attachment/59d6335dc49f478072ea2217/AS%3A273642825420808%401442252941657/download/%5BNoel_R._Krieg%2C_Wolfgang_Ludwig%2C_William_B._Whitma...pdf).

Martinez Castro, V. M., Rodríguez Valenzuela, J. J., & Roa Ramos, J. D. (2022). Evaluación del proceso de beneficio semiseco (Honey) en las variedades de Café (Coffee arábica) Castillo, Colombia y Caturra y su efecto en la calidad en taza. *Ingeniería Y Región*, 27, 6–11. <https://doi.org/10.25054/22161325.3148>.

Osorio, V., & Silva, J. C. (2018). La Huella del Café. En Servicio Geológico Colombiano & Centro Nacional de Investigaciones de Café (Eds.), *De la Geología al Café* (pp. 145–173). Imprenta Nacional de Colombia. [https://doi.org/10.38141/10791/0011\\_4](https://doi.org/10.38141/10791/0011_4).

Pajsi, J. L., Aparicio Porres, J. J., Mendoza, R. A., & V Márquez, P. (2019). *Rentabilidad económica de la producción orgánica en diferentes años de poda y edades de cafetos, en el cantón taipiplaya del municipio de Caranavi, La Paz*. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 6(2), 81-90. [https://www.researchgate.net/publication/345764624\\_Rentabilidad\\_economica\\_de\\_la\\_pr](https://www.researchgate.net/publication/345764624_Rentabilidad_economica_de_la_pr)  
[oducccion\\_organica\\_en\\_diferentes\\_anos\\_de\\_poda\\_y\\_edades\\_de\\_cafetos\\_en\\_el\\_canton\\_T](https://www.researchgate.net/publication/345764624_Rentabilidad_economica_de_la_pr)  
[aipiplaya\\_del\\_municipio\\_de\\_Caranavi\\_La\\_Paz](https://www.researchgate.net/publication/345764624_Rentabilidad_economica_de_la_pr).

Palacios F.; P. Huayama, 2023. Análisis sensorial del café catimor (*Coffea arabica*) inoculado con cepas de *Saccharomyces cerevisiae* en dos sistemas de fermentación. <http://portal.amelica.org/ameli/journal/688/6884342010/>.

Palumbo, J. M. C., Martins, P. M. M., Salvio, L. G. A., Batista, N. N., Ribeiro, L. S., Borém, F. M., Dias, D. R., & Schwan, R. F. (2024). Impact of different fermentation times on the microbiological, chemical, and sensorial profile of coffees processed by self-induced anaerobiosis fermentation. *Brazilian Journal Of Microbiology*. <https://doi.org/10.1007/s42770-024-01370-6>.

- Platen, H, V.; Kopsell, E. (1997). El análisis económico parcial comparativo. *Agroforestería en las Américas*. 4(16):25-26.  
[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6137/El\\_analisis\\_economico.pdf?sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6137/El_analisis_economico.pdf?sequence=1).
- Pramudya, F. N., Gabrienda, G., & Novitasari, H. (2021). *Analysis Of Ground Coffee Business In Rejang Lebong District Analisis Usaha Kopi Bubuk di Kabupaten Rejang Lebong*. *Jurnal Inovasi Penelitian*, 1(12), 2583-2586. <https://doi.org/10.46245/ijorer.v4i6.340>.
- Puerta Q., G.I. y Echeverry M., J.G. (2015). Fermentación controlada del café: Tecnología para agregar valor a la calidad.  
<https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/558/1/avt0454.pdf>.
- Puerta y Echeverry. (2010). Fundamentos Del Proceso De Fermentación En El Beneficio Del Café. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0402.pdf>.
- Puerta, G. I. (2012). Factores, Procesos y Controles en la Fermentación del Café. *Avances técnicos Cenicafé*, 4-12. <https://www.cenicafe.org/es/publications/avt0422.pdf>.
- Puerta, G. I. (2015). Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. *Cenicafé*, 64(1):42-59. 2013.  
[http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/525/1/arc064\(01\)42-59.pdf](http://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/525/1/arc064(01)42-59.pdf).

- Ribeiro, L. S., Da Cruz Pedrozo Miguel, M. G., Martinez, S. J., Bressani, A. P. P., Evangelista, S. R., Batista, C. F. S. E., & Schwan, R. F. (2020). The use of mesophilic and lactic acid bacteria strains as starter cultures for improvement of coffee beans wet fermentation. *World Journal Of Microbiology & Biotechnology Incorporating The MIRCEN Journal Of Applied Microbiology And Biotechnology/World Journal Of Microbiology & Biotechnology*, 36(12). <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02963-7>.
- Rodriguez, Y. F., Guzman, N. G., & Hernandez, J. G. (2020). Effect of the postharvest processing method on the biochemical composition and sensory analysis of arabica coffee. *Engenharia Agrícola*, 40, 177-183.
- Romero, C. (1998). *Evaluación financiera de inversiones agrarias*. México, Ediciones Mundiprensa. 78p. <https://www.sidalc.net/search/Record/KOHA-OAI-UAAAN:33279/Description>.
- Ruta, L. L., & Farcasanu, I. C. (2021). Coffee and Yeasts: From Flavor to Biotechnology. *Fermentation*, 7(1), 9. <https://doi.org/10.3390/fermentation7010009>.
- Salazar, M. (2005). *Análisis de rentabilidad financiera del programa C.A.F.E Practices de Starbucks en diferentes tipologías de productores cafeteros de altura en Costa Rica*. Tesis Mag Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 10p. <https://coricafe.com/library/Sustainability/CAFE%20PRACTICES%20%20Tesis%20CATIE%202005%20-%20Evaluacion%20Cafe%20Practices.pdf>.

Sánchez, P.A. (1995). Science in Agroforestry. In: Agroforestry System No 30 pag 5 – 55.

Netherlands.

<https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=dbed5d8ce81b7d3815cffb6ae9d86c46fd16b56>. Sanz-Uribe, J. R., Menon, S. N., Peñuela, A., Oliveros, C.,

Husson, J., Brando, C., & Rodriguez, A. (2017). Postharvest processing—revealing the green bean. In *The craft and science of coffee* (pp. 51-79). Academic Press.

<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803520-7.00003-7>.

Sanz-Uribe, J. R., & Velásquez-Henao, J. (2022). Producción de café con fermentaciones incompletas y fermentaciones prolongadas utilizando el Fermaestro®. *Revista Cenicafé*, 73(1), e73105. <https://doi.org/10.38141/10778/73105>.

Severiano Pérez, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial?. *Inter Disciplina*, 7(19), 47–68. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>.

Suárez, JC. 2009. Análisis de rentabilidad en los sistemas tradicionales de producción y la incorporación de los sistemas silvopastoriles en fincas de doble propósito, Matagalpa – Nicaragua. Tesis M.Sc. CATIE. Turrialba, Costa Rica 96 p.  
[https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4485/Analisis\\_de\\_rentabilidad.pdf?sequence=1](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/4485/Analisis_de_rentabilidad.pdf?sequence=1).

Specialty Coffee Association. (2025). *SCA cupping protocol*. Specialty Coffee Association.

<https://www.coffeecloud.one/coffee-cupping/docs/cupping-protocols.pdf>.

- Villegas Hincapié, A. M., Posada Suárez, H. E., Pérez Henao, C., Tabares Arboleda, C., & Samper Gartner, L. F. (2013). Regionalización de la calidad del café de Colombia: Denominaciones de origen como estrategia de valor agregado. En Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Manual del cafetero colombiano: Investigación y tecnología para la sostenibilidad de la caficultura (Vol. 3, pp. 181–208). Cenicafé.  
[https://doi.org/10.38141/cenbook-0026\\_34](https://doi.org/10.38141/cenbook-0026_34).
- Wu, J. (2016). “Costos por órdenes de trabajo”. Revista de Contadores y empresas Nro 271. 1ra. quincena - Febrero 2016. Editorial Gaceta Jurídica. Lima - Perú.
- Wu, J. C. (2020). Sistema de costos por órdenes. Contadores & Empresas.  
[http://dataonline.gacetajuridica.com.pe/SWebCyE/Suscriptor/Mod\\_NormasLegales\\_CyE/Mod\\_RevisElectronica/revista/22012020/Pag%2056%20a%2061%20%20-%20Asesoría%20en%20costos%20-%20Informe%20especial.pdf](http://dataonline.gacetajuridica.com.pe/SWebCyE/Suscriptor/Mod_NormasLegales_CyE/Mod_RevisElectronica/revista/22012020/Pag%2056%20a%2061%20%20-%20Asesoría%20en%20costos%20-%20Informe%20especial.pdf).
- Zhai, H., Dong, W., Fu, X., Li, G., & Hu, F. (2024). Integration of widely targeted metabolomics and the e-tongue reveals the chemical variation and taste quality of Yunnan Arabica coffee prepared using different primary processing methods. Food Chemistry: X, 22(101286), 101286. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101286>.



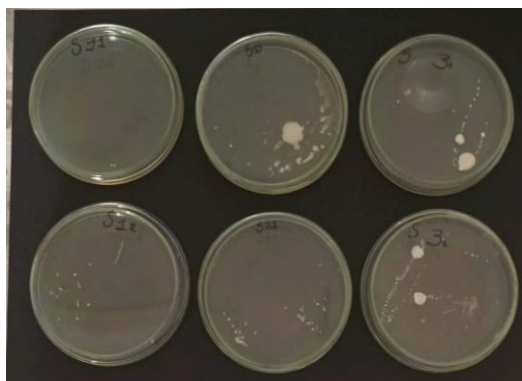
## Apéndice B

### *Fotos desarrollo ensayo*



**Apéndice C**

*Crecimiento en medio de cultivo MRS ácido láctico de los tres tratamientos*



## Apéndice D

### Fotos socialización de avances



## Apéndice E

### *Socialización con productores*

