

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**USO DE LA ENZIMA PAPAÍNA SOBRE LA CALIDAD EN TAZA DE
CAFÉ (*Coffea arábica*)**

POR:

GREYSSI DARIANA MORALES UCEDA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE 2023

USO DE LA ENZIMA PAPAÍNA SOBRE LA CALIDAD EN TAZA DE
CAFÉ (*Coffea arábica*)

POR

GREYSSI DARIANA MORALES UCEDA

JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES.

ASESOR PRINCIPAL

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
COMO REQUISITO PREVIO DE A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE
INGENIERO EN TECNOLOGIA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi Padre Celestial ya que sin el nada hubiera sido posible, gracias a el por darme esa fortaleza y sabiduría para llegar hasta donde estoy, derramando su infinita misericordia y siendo mi inspiración en todo momento. También está dedicado a mi madre Victoria Morales, mi hermano Víctor Manuel, Mis sobrinos Isaac, Camila y a mi cuñada Glenda Matamoros, quienes ha sido mi sustento emocional y económico, quienes han depositado una gran confianza en mí y siempre estuvieron ahí para mis momentos difíciles. A mis amigos, especialmente a Julia Irene Valerio y Mayrin Estefhany Urbina que estuvieron acompañándome en este camino académico.

AGRADECIMIENTO

A mi creador, el Dios todo poderoso, por la fortaleza brindada, porque nunca me dejo sola siempre estuvo a mi lado en esta etapa de mi vida y sobre todo por ese amor y fidelidad que siempre me brindo.

A mi familia por sus grandes consejos y sacrificios para poder ayudare en mis estudios y salir adelante en los proyectos de mí vida.

A la empresa APROCAL por abrir sus puertas a la investigación y brindar su apoyo durante el desarrollo de la tesis

A mis asesores de tesis el Ingeniero Carlos Amador, Ingeniero Jhunion Marcia y a la Licenciada Keysi Peralta por compartirme de sus conocimientos y brindarme un poco de su tiempo.

A los docentes de la Universidad Nacional de Agricultura, a la Licenciada Zoila Flores, al PhD Mario Gonzales por brindarme sus conocimientos, tiempo y ayuda con mi investigación

CONTENIDO

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO.....	V
LISTA DE TABLAS.....	IX
LISTA DE FIGURAS.....	X
LISTA DE ANEXOS.....	XI
RESUMEN	XII
I. INTRODUCCIÓN.....	13
II. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo general.....	14
2.2. Objetivos específicos	14
III. MARCO TEORICO	15
3.1. Definición del café.....	15
3.2. Historia del café (<i>Coffea arábica</i>)	15
3.3. Variedades	15
3.3.1 Lempira	16
3.4. Taxonomía del café.....	16
3.5. Composición química y física del café	17
3.5.1 Composición química del café.	17
3.5.2 Composición física del café	18

3.6. Factores que afectan la calidad del café.....	18
3.7. Secado del café	18
3.8. Calidad de café en taza	19
3.9. Enzimas.....	19
3.10. Enzimas pectolíticas	19
3.10.1 Papaína	20
3.11. Fermentación	20
3.13. Evaluación sensorial	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	22
4.1. Lugar de la investigación.....	22
4.2. Materiales y equipos	23
4.3. Método.	24
4.4. Metodología	24
Fase 1. Caracterización de las materias primas.	24
Fase 2. Diseño de formulaciones.	25
Fase 3. Evaluación de la calidad en taza de las formulaciones.....	26
4.5. Análisis de los resultados.....	26
5.5.1. Medición del pH.....	27
4.5.2. Medición de los Grados Brix.	27
4.5.3. Calidad del café.....	27
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	28
5.1. Análisis sensorial	28
5.2. Análisis instrumental en pH y grados Brix.	34
5.2.1. Análisis pH.....	34
5.3.2. Análisis Grados Brix.	36

5.3.	Medias de resultados de catación.....	37
5.4.	Diferencia en los perfiles.	38
VI.	CONCLUSIONES.	39
VII.	RECOMENDACIONES	40
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.	41

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del café.	16
Tabla 2. Composición química del café.	17
Tabla 3. Escala sensorial para calificar los atributos y defectos del café en taza.	21
Tabla 4. Materiales y equipos.	23
Tabla 5. Diseño experimental	25
Tabla 6. Escala y descripción de cada categoría de la calidad de la taza de café	26
Tabla 7. Análisis sensorial de las muestras de café por tratamientos.	29
Tabla 8. Análisis sensorial de las muestras de café por tratamiento.	31
Tabla 9. Puntuación general de los tratamientos.	33
Tabla 10. Notas detectas por los catadores.	38

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización geográfica del lugar APROCAL	22
Figura 2. Comportamiento del pH en la fermentación	34
Figura 3. Comportamiento de los °Brix en la fermentación.....	36
Figura 4. Comparación de medias como puntaje final de los tratamientos.....	37

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Clasificación del grano.	45
Anexo 2. Preparación de tratamientos.....	45
Anexo 3. Tratamientos fermentación aeróbica y anaeróbica.	46
Anexo 4. Fermentación aeróbica con 24 horas en fermento.	46
Anexo 5. Secado de las muestras.	47
Anexo 6. Trillado de las muestras	48
Anexo 7. Catación de las muestras.....	48
Anexo 8. Catación	49
Anexo 9. Lectura de grados Brix.	49
Anexo 10. Formato catador 1.	50
Anexo 11. Formato catador 2.	51

MORALES UCEDA, G. D. (2023) Uso de la enzima papaína sobre la calidad en taza de café (*coffea arábica*). Tesis Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras, C. A. pp.

RESUMEN

En el café, la fermentación respaldada por enzimas produce sabores especiales. Las enzimas son proteínas que catalizan reacciones químicas, mejoran la calidad del café y permiten control de calidad. El objetivo de la investigación fue evaluar el uso de la papaína en el proceso de fermentación del café en condiciones aerobias y anaerobias, con la finalidad de acelerar el proceso de fermentación y mejorar su calidad. La investigación se realizó en la empresa de Asociación productores café de lo alto, ubicado en La Esperanza, Intibucá, Honduras. Con un método factorial mixto de 2x1x3 triplicado con 2 repeticiones, dos tipos de fermentaciones, una enzima a tres niveles de concentración, en total son 18 unidades experimentales. Se utilizó 42 libras de café natural, se formularon los tratamientos con la enzima papaína y diferente fermentación las cuales fueron desarrolladas en valdes de plástico de 12 litros, cada muestra tiene 3 libras de café, 7 litros de agua, para la fermentación anaeróbica se selló con resinita. Se tomaron mediciones cada 12 horas para pH y °Brix. Se llevó al proceso de secado durante 12 días, luego trillarlo para realizar el proceso de catación, en un solo día se cataron 18 muestras en total. Durante el proceso de fermentación de todas las muestras las mediciones varían entre un pH de 4-5, los °Brix de la concentración (agua, enzima, café) inicia con 0 al finalizar presentan hasta 6°Brix. El proceso de catación indicó que si hay una diferencia estadísticamente significativa para los atributos evaluados en catación para los tratamientos, En puntaje total de tazas muestra diferencia estadísticamente significativa dando como mejor resultado el tratamiento 3, con 3g de enzima a fermentación anaeróbica, dando una taza con cuerpo jugoso, aroma a cítricos dulces. El uso de la enzima papaína en el proceso de fermentación aumenta en la puntuación general de la calidad en taza a través de procesos aeróbicos y anaeróbicos

Palabras clave: fermentación, papaína, catación.

I. INTRODUCCIÓN

El café tiene alto valor económico a nivel mundial, está presente en las costumbres de muchas naciones el cultivo, procesamiento, comercio, transporte y comercialización del café proporciona empleo a millones de personas en todo el mundo, además el café tiene una gran importancia crucial para la economía y la política de muchos países en desarrollo (Mejía, 2019).

Las enzimas son proteínas, producidas por células vivas que actúan como catalizadoras o reguladoras de las reacciones y procesos químicos, además permite a la industria tener un control de calidad más estricto y se caracterizan por ser específicas debido a que actúan sobre sustancias llamadas sustratos, en la industria del café se han utilizado enzimas especialmente para la preparación de concentrados líquidos, reducción de viscosidad y degradación del mucílago del café despulpado, buscando disminuir el tiempo del proceso de fermentación (Ramírez & Aceves., 2014).

El proceso de fermentación del café es uno de los factores más importantes para obtener una taza de calidad, ocurren varios cambios bioquímicos y de esta manera se confieren propiedades deseables e indeseables dependiendo de los controles a tomar en cuenta a la hora de fermentar el café (Puerta, 2013).

Con el propósito de mejorar la incidencia de calidad en taza del café APROCAL, se planteó como objetivo de investigación evaluar el uso de enzimas pectolíticas en el proceso de fermentación del café en condiciones aerobias y anaerobias, sobre su incidencia de la calidad en taza. Con la finalidad de acelerar el proceso de fermentación y mejorar su calidad mediante mediciones fisicoquímicas.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el uso de la enzima papaína sobre la calidad en taza de café en condiciones aerobias y anaerobias.

2.2. Objetivos específicos

Desarrollar diferentes concentraciones de enzima para controlar el proceso de fermentación del café.

Evaluar las características fisicoquímicas de los tratamientos mediante análisis instrumental.

Evaluar la calidad en taza mediante análisis sensorial con jueces especializados.

III. MARCO TEORICO

3.1. Definición del café

El café es una de las bebidas más consumidas en el mundo, los efectos derivados de su consumo no solo son producidos por la famosa cafeína, sino también por las numerosas sustancias inactivas, cada cual, con una acción fisiológica diferente sobre el organismo, es por ello que esta bebida puede actuar sobre la salud de los individuos, produciendo en algunos casos un beneficio y en otros, cierto deterioro en la salud (Sánchez, 2015).

3.2. Historia del café (*Coffea arábica*)

Existen dos posibles orígenes del nombre de la bebida, uno establece que se deriva de la palabra árabe *qahwah* (similar a su uso y pronunciación en los idiomas de origen eslavo), y otro que lo conecta etimológicamente con la provincia Kaffa del sudoeste de Etiopía (Abyssinia) acreditada como la cuna de la planta que da origen a la bebida, esto debido a las múltiples leyendas que acompañan a la historia del café, el origen de este es incierto, parece ser que se descubrió en África, en el siglo IX y se cultivó por primera vez en Etiopía y de ahí pasó a la península de Arabia (Pedrajas, 2014).

3.3. Variedades

Las variedades más cultivadas de la especie arábica están las tradicionales que han permitido la producción nacional en cantidad y calidad de bebida, contribuyendo al acceso y posicionamiento de mercados especiales; estas son: Caturra, Catuaí, Bourbon, Pacamara y Catimor entre otras (Cortina Acuña *et al.*, 2013).

3.3.1 Lempira

La variedad Lempira es una de las que tiene mayor productividad en Honduras y tiene unas características muy particulares en taza, recalcando que esta variedad proviene del cruce original entre una planta de Caturra, susceptible a la roya, y el híbrido de Timor con resistencia a la enfermedad, realizado en el Centro de Investigación de la Roya del Cafeto (CIFC) en Oeiras, Portugal (Vilma & Rengifo, 2022).

3.4. Taxonomía del café

Según Herrera (2013), indican que la taxonomía del café (*Coffea arábica*) está compuesto de la siguiente forma mostrado en la tabla 1.

Tabla 1 Taxonomía del café.

Nombre Científico	<i>Coffea</i>
Nombre Común	Café
Clasificación	Reino Plantae
Tipo	Espermatofitas
Sub-tipo	Angiospermas
Clase	Dicotyledóneas
Sub-clase	Gamopétalas inferiovariadas
Orden	Rubiales Familia Rubiáceas
Género	<i>Coffea</i>
Sub-género	Eucoffea
Especies	<i>arabica, canephora, liberica</i>

Fuente: (Herrera, 2013).

3.5. Composición química y física del café

3.5.1 Composición química del café.

Químicamente el café se compone de agua y materia seca. La materia seca de los granos del café está constituida por minerales y sustancias orgánicas en los que se encuentran los carbohidratos, lípidos, proteínas, alcaloides (cafeína y trigonelina), ácidos carboxílicos y fenólicos, y compuestos volátiles que dan el aroma al café, sin embargo, la composición química del café va a depender de la variedad, altura, factores edafológicos, climáticos, agronómicos, procesos tecnológicos, principalmente el tostado (Puerta, 2013).

Tabla 2. Composición química del café.

Componentes químicos	Arábica %	Robusta %
Polisacáridos	50.8	56.40
Sacarosa	8.00	4.00
Azucares Reductores	0.10	0.40
Proteínas	9.80	9.50
Aminoácidos	0.50	0.80
Cafeína	1.20	2.20
Trigodelina	1.00	0.70
Lípidos	16.20	10.00
Ácido alifático	1.10	1.20
Ácido clorogénico	6.90	10.40
Minerales	4.20	4.40

Fuente: (Puerta, 2013).

3.5.2 Composición física del café

Las constantes físicas del café son las relaciones físicas existentes entre el peso y el volumen, el contenido de humedad y otras características del fruto del café, teniendo en cuenta los diferentes estados en que se puede transformar el producto desde cereza madura hasta café almendra, éstas facilitan las operaciones comerciales y el diseño de los beneficiadores, así como el diseño y calibración de los diferentes dispositivos y máquinas empleados en el proceso de beneficio del café (Montilla Pérez *et al* 2008).

3.6. Factores que afectan la calidad del café

La buena calidad del café se empieza a definir desde el campo y depende de los factores biofísicos como la altura, precipitación, humedad relativa, luz solar, viento y suelo; los factores agronómicos como presencia de plagas, fertilización y manejo de sombra; los factores de cosecha como la madurez del grano y factores de pos-cosecha como la recepción de la cosecha, despulpe, clasificación, fermentación, lavado, secado y almacenaje (Banega, 2009).

3.7. Secado del café

El secado natural consiste en secar el café en patios o mantas bajo la luz directa del sol. Este método permite que el café pierda su humedad en alrededor de seis a siete días, es un método muy popular ya que además de mantener la calidad de grano es rápido y económico, el café se extiende en el patio sin ser amontonado más de 5 cm y es movido constantemente para asegurar el secado uniforme (Cárdenas & Pardo, 2014).

3.8. Calidad de café en taza

En el café, la calidad se asocia con el compromiso del caficultor en la cadena productiva para lograr una bebida con atributos sensoriales sobresalientes, la calidad del café se determina por un conjunto de características químicas, microbiológicas, físicas y sensoriales que incentivan al consumidor a pagar un precio superior por el producto, lo que representa mejores ingresos para el caficultor (Pabón, 2021).

3.9. Enzimas

Las enzimas son proteínas, polímeros formados por aminoácidos covalentemente unidos entre sí, que catalizan en los organismos una gran variedad de reacciones químicas, esta actividad catalítica de las enzimas depende de que mantengan su plegamiento, es decir, su estructura tridimensional, en esta estructura tridimensional se forman cavidades, llamadas “sitio activo”, las cuales muestran afinidad por las moléculas específicas (sustratos) que se convertirán en productos (Escalona, 2014).

3.10. Enzimas pectolíticas

Estas enzimas se usan en la industria de vegetales, vinos, frutas y en la producción de jugos para clarificación, disminución de la viscosidad y aumento de los rendimientos de procesos, estas enzimas se obtienen de hongos y bacterias mediante fermentaciones de varios sustratos, estas mismas comprenden la poligalacturonasa, pectinestearasa, pectinasi y pectatoliasa que catalizan la degradación del polímero de las sustancias pépticas en diferentes tipos de enlace (Dayan, 2021).

3.10.1 Papaína

Es una enzima de baja especificidad que hidroliza tanto las proteínas como los péptidos de pequeño tamaño, amidas y ésteres, la papaína que se extrae de la papaya es una enzima pectolítica, es decir, con capacidad para digerir las proteínas de los alimentos, esta similar a la pepsina, una enzima que está en nuestro jugo gástrico, luego, en laboratorio, se separa la enzima y se purifica hasta alcanzar un nivel óptimo de calidad para la comercialización y uso (Gahona, 2015).

3.11. Fermentación

En la fermentación del café ocurren varios procesos químicos el mucílago mediante sus enzimas naturales oxidan parcialmente los azúcares y producen energía (ATP), etanol, ácido láctico, ácido acético y dióxido de carbono, además, se obtienen otros alcoholes como propanol, butanol, ácidos como el succínico, fórmico, butírico y sustancias olorosas como aldehídos, cetonas y ésteres, también se degradan los lípidos del mucílago de café y cambian el color, el olor, la densidad, la acidez, el pH, los sólidos solubles, la temperatura y la composición química y microbiana de este sustrato (Cordoba, 2016).

3.13. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de la calidad del café se hace mediante la prueba de taza, en la que tradicionalmente son evaluadas de tres a diez tazas de café de una misma muestra, preparada de la misma manera; un panel de evaluadores entrenados es responsables de la prueba y en cada sesión pueden ser evaluadas más 20 tazas por día, estos catadores desarrollan capacidades únicas para reconocer los defectos y la calidad en las bebidas de café, debido a la experiencia adquirida durante varios años (Gutiérrez & Barrera, 2015).

La calidad de la bebida de café es un atributo complejo que depende de muchos factores, sin embargo, algunos de ellos merecen especial mención entre ellas, la especie o la variedad las buenas prácticas agronómicas usadas para sus cultivos las condiciones ambientales, el proceso de esmerado al cual se somete el producto, el sistema de almacenamiento, la forma en preparar la bebida y preferencias de consumidores (Alvarado Montoya, *et al* 2010).

Tabla 3. Escala sensorial para calificar los atributos y defectos del café en taza.

Puntos	Calidad	Cantidad
1	Imbebible	Muy bajo
2	Pésimo	Muy bajo a bajo
3	Muy malo	Bajo
4	Malo	Bajo a intermedio
5	Mediocre	Intermedio
6	Promedio	Intermedio a alto
7	Bueno	Alto
8	Muy bueno	Alto a muy alto
9	Excelente	Muy alto
10	Perfecto	Intenso

Fuente: (Alvarado Montoya, *et al* 2010).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Lugar de la investigación

La siguiente investigación se realizó en las instalaciones de APROCAL, ubicada en Col. Venecia calle principal salida a Siguatepeque, La Esperanza, Intibucá, Honduras, esta zona se encuentra a una altura de 1690 metros de altitud, con una temperatura máxima de 25° y mínimo con 10°, el departamento de Intibucá limita Norte, departamento de Comayagua, Lempira y Santa Bárbara. Sur, República de El Salvador. Este, departamento de Comayagua y La Paz.

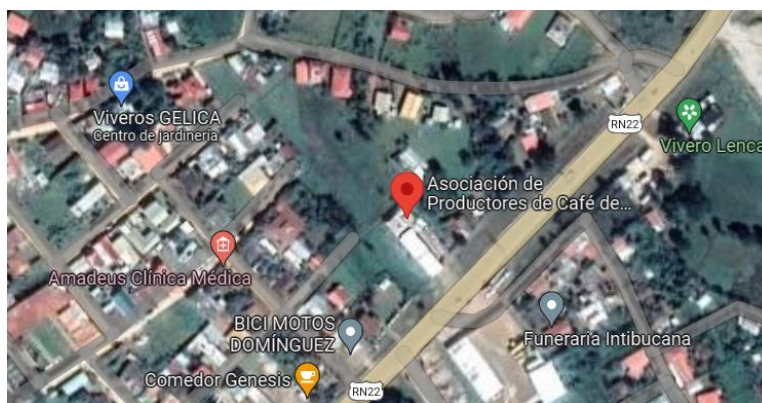


Figura 1. Localización geográfica del lugar APROCAL

Fuente: Google maps, 2023.

4.2. Materiales y equipos

Para el desarrollo de la investigación se empleó diferentes equipos y materiales descritos en la tabla 4.

Tabla 4. Materiales y equipos.

Equipos/materiales	Descripción	Cantidad.
Baldes plásticos	Color blanco, capacidad de 12 litros con tapadera	25
Balanza digital	Kitchen Scale capacidad (1000 g)	1
Peachimetro	Escala de 0 a 14 pH	1
Tester de humedad	MT pro – Tester G600i	1
Termómetro	Escala de temperatura 0 a 100 °C	1
Refractómetro	ATC-Rango Brix 0-32%, la resolución de lectura es 0,2%. Precisión Brix: +/- 0,2%	1
Balanza bascula digital	Hausebles industrial capacidad (275 kg)	1
Enzima	Papaína	1 kg
Agua destilada	Galón	2

Fuente: Propia.

4.3. Método.

Para el desarrollo de la investigación se aplicó un método descriptivo-cuantitativo de orden transversal a escala de laboratorio.

4.4. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos se desarrollaron tres fases experimentales descritas a continuación.

Fase 1. Caracterización de las materias primas.

Se recorrió el lugar de investigación, para tener conocimiento del control y manejo de las variedades de café que se utilizaron.

Para la conformación de las unidades de experimentación se controló el tiempo y forma de almacenamiento de los granos utilizando la variedad Lempira, recolectadas en APROCAL.

Seguidamente se clasificó el grano por pruebas de densidad, eliminando el grano vano, esto de forma manual. Se procedió a un pesado en baldes plásticos de 12 libras donde se agregaron los tratamientos, cada muestra contenía 3 libras de café almacenado de 4 meses.

Fase 2. Diseño de formulaciones.

Se evaluaron distintos tipos de tratamientos en la fermentación, a partir de un diseño factorial mixto de 2x1x3 mediante 2 tipos de fermentaciones, un tipo enzima con tres niveles de concentración tabla 5, según la metodología de Cruz (2020) con ligeras modificaciones, se tomaron como variable de respuesta la calidad fisicoquímica para pH, grados Brix y calidad en taza.

En el diseño experimental se usó un factor la enzima (papaína) para una variedad de café (Lempira), a tres niveles de concentraciones de la enzima (0g, 3g y 5g) en dos tipos de fermentación, en la cual se tendrán 6 tratamientos triplicado con 2 repeticiones obteniendo un total de 18 unidades experimentales.

Tabla 5.Diseño experimental

Variedad- Lempira				
Tipo de fermentación	Tipo de enzima			
	Papaína			
Anaeróbica	0	3	5	
Aeróbica	0	3	5	

Fase 3. Evaluación de la calidad en taza de las formulaciones.

Se realizó una evaluación sensorial para determinar la calidad en taza de café, esto a partir de jueces especializados mencionando los siguientes atributos físicos: Aroma, sabor, sabor residual, acidez, cuerpo, uniformidad, balance, taza limpia, dulzor y puntaje catador.

Tabla 6. Escala y descripción de cada categoría de la calidad de la taza de café

Rango	Descripción
90 – 100	Especial/Excelente
85 – 89.99	Muy bueno
80 – 84.99	Bueno
76 – 79.99	Estándar
< 76	Mediocre

Fuente: APROCAL, 2023.

4.5. Análisis de los resultados.

Para la optimización de los hallazgos se empleó el programa estadístico SPSS, a partir de estadísticas descriptivas e inferenciales, empleando medias y desviación estándar.

Durante el proceso de fermentación se registraron notas químicas que serán evaluados mediante técnicas en laboratorios, mencionados a continuación: pH y °Bx. En los cuales se tomarán mediciones con instrumentos del laboratorio cada 12 horas registrando la diferencia de datos.

5.5.1. Medición del pH.

La medición del pH se realizó mediante el método electrométrico midiendo el valor del pH de forma precisa utilizando un pH-metro, el cual es un instrumento para medir acidez o alcalinidad en una escala que va de 0 a 14, el resultado cuantitativo del valor expresa el grado de acidez de un ácido o base en términos de la actividad de iones de hidrogeno. Se utilizó el pH-metro sumergiéndolo en la masa de fermentación, tomando lecturas cada 12 horas.

4.5.2. Medición de los Grados Brix.

La lectura de los °Brix realizo a la masa de café almacenado ya en fermentación mediante la técnica de reflectometría a partir de la hora 0 (inicial) y cada 12 horas, utilizando 0.2 ml de la masa de fermentación.

4.5.3. Calidad del café.

Para comprobar y evaluar los defectos del café en pergamino seco, se realizó análisis de humedad mediante tester, incorporando un aproximado de 102 g de pergamino. Los valores óptimos oscilaron entre el 10 y 12% de humedad.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis sensorial

En las siguientes tablas, muestran los resultados del análisis sensorial de las concentraciones de fermentación con diferentes gramos de enzima 0, 3 y 5. En ella se observa que de los 10 atributos evaluados en cuatro de ellos no se observan diferencias estadísticamente significativas para los seis tratamientos, mientras que en los demás si se observan diferencias estadísticas para los seis tratamientos.

Tabla 7. Análisis sensorial de las muestras de café por tratamientos.

Puntuación por atributo										
Tratamientos	Aroma		Sabor		Sabor residual		Acidez		Cuerpo	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
I	7.67 ±01.05A	8.00 ±0.53B	7.00 ±0.55A	7.67± 0.89A	7.33± 0.55A	7.33± 0.52A	7.67± 0.41A	8.00± 1.23B	7.67± 9.41A	8.00± 0.53B
II	8.00 ±0.92B	8.00 ±1.03B	7.67± 01.05A	7.67± 0.82A	8.00 ±1.01A	7.67± 0.82A	8.00± 0.55A	8.00± 0.92B	8.00± 0.82B	8.00±0.82B
III	8.00 ±0.92B	7.67± 0.82AB	8.00± 0.65A	7.67± 1.21A	7.67± 0.52A	7.33±0.52A	8.00± 0.55A	8.00± 0.92B	8.00± 0.52B	7.67± 1.01A
IV	8.00 ±0.92B	8.00± 0.93B	7.67± 1.05A	8.00± 1.01A	7.33± 0.65A	7.67±0.42A	7.33±1.03A	8.00± 0.92B	7.67± 1.02A	7.67± 0.41A
V	7.67 ±1.05A	7.33 ±0.41A	7.33± 0.82A	7.33± 0.82A	7.33± 0.65A	7.50± 1.22A	7.33±1.03A	7.50± 0.42A	7.67± 0.53A	7.83± 0.55AB
VI	8.00 ±1.16B	7.67± 0.82AB	7.33±0.65A	7.67± 0.52A	7.67± 0.55A	7.33± 0.52A	7.33±1.01A	8.00± 1.02B	8.00± 0.55B	8.00±0.67B

Nota: *Los resultados están expresados en promedio ± desviación estándar. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias significativas a partir de la prueba de LSD Fisher ($p \leq 0.05$). **Los tratamientos I, II, III, IV, V y VI corresponden a los gramos de inclusión de enzima papaína a 0, 3 y 5 respectivamente.

En cuanto al aroma se denota que el tratamiento V en ambas repeticiones obtuvieron una menor puntuación a comparación de los demás tratamientos, en cuanto al tratamiento I obtuvo menor puntuación en la repetición dos, esto confirma lo propuesto por (Flores, 2023), quien afirma que la fermentación de sistema cerrado (anaeróbica) preserva mejor los aromas en el café.

Con respecto al cuerpo, en la repetición 1 se denota que los tratamientos II, III y VI predominaron a diferencia de los demás tratamientos, con la repetición 2 indica que los tratamientos I, II, y IV fueron los que más predominaron estadísticamente, esto comprueba lo propuesto por (Jaramillo, 2020), quien menciona que la adición controlada de enzimas ayuda a mantener una fermentación más consistente en el cual puede resultar un mayor cuerpo equilibrado.

En cuanto a los atributos de sabor, sabor residual y acidez en repetición 1 se muestra que no hubo diferencias estadísticamente significativas para los seis tratamientos mostrados en la tabla 7.

<

Tabla 8. Análisis sensorial de las muestras de café por tratamiento.

Tratamientos	Puntuación por atributo									
	Uniformidad		Balance		Taza limpia		Dulzor		Puntaje catador	
	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2	R1	R2
I	8.67±0.95A	9.33± 0.41A	7.33± 0.52A	7.33±0.41A	9.00±1.55A	9.00± 1.55A	9.33± 0.83A	8.00± 0.93A	7.67±0.52A	7.67±0.33A
II	8.67±0.49A	9.33± 0.41A	7.33± 0.41A	8.00±0.83AB	10.00± 0.95B	10.00± 0.95B	9.33± 0.41A	8.00± 0.93A	8.00± 1.02A	8.00± 1.03A
III	8.67± 0.55A	8.67± 0.55A	8.67± 1.03B	8.00±0.63AB	10.00± 0.98 B	10.00± 1.02B	9.33± 0.41A	9.33± 1.01AB	7.67± 0.41A	8.00± 0.95A
IV	9.33± 0.82A	8.67± 0.41A	8.00± 1.03AB	7.67±0.3AB8	10.00± 1.01B	9.33± 1.10AB	8.67± 0.55A	9.33± 0.83AB	8.00± 1.02A	8.00± 1.16A
V	10.00± 1.02A	10.00± 1.03A	7.67± 0.55AB	7.50±0.33A	10.00± 0.89B	10.00± 0.83B	10.00± 1.04A	10.00± 1.03B	7.92± 0.83A	7.50± 0-83A
VI	10.00± 1.02A	10.00± 0.93A	7.67± 0.55AB	8.67±1.02B	10.00±0.82B	10.00±0.03B	10.00± 1.04A	9.00± 0.82AB	7.67± 1.01A	7.67±0.41A

Nota: *Los resultados están expresados en promedio ± desviación estándar. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias significativas a partir de la prueba de LSD Fisher ($p \leq 0.05$). **Los tratamientos I, II, III, IV, V y VI corresponden a los gramos de inclusión de enzima papaína a 0, 3 y 5 respectivamente.

La tabla 7 muestra que, si hubo diferencia estadísticamente significativa para el atributo de balance para ambas repeticiones, el tratamiento I tiene una menor puntuación a comparación de los otros atributos en ambas repeticiones, para los tratamientos II, III y VI para la repetición 2 si muestra diferencia estadísticamente³ significativa comprobando lo dicho por (Jaramillo, 2020), quien menciona en su trabajo que el balance de sabores se ve afectado por la presencia de oxígeno en fermentación.

Con respecto a la taza limpia se muestra una notable diferencia estadística para el tratamiento I esto debido a la presencia de sabores verdes en la taza encontrados en ambas repeticiones, confirmando una vez más lo propuesto por (Flores, 2023), quien menciona el efecto negativo que llega a tener la presencia de oxígeno en fermentación.

Según la tabla 7, muestra que para el atributo de dulzor en la repetición 1 no hay ninguna diferencia significativa al contrario de la repetición 2 quien nos indica que, el tratamiento V obtuvo mejor puntuación.

Para los atributos de uniformidad y puntaje de catador no se muestra ninguna diferencia estadísticamente significativa en todos los tratamientos, en ambas repeticiones.

Tabla 9. Puntuación general de los tratamientos.

Puntuación general	
Tratamientos	Puntaje
I	79.83 $\pm$ 1.94 A
II	82.67 $\pm$ 0.82 AB
III	83.17 $\pm$ 2.48 AB
IV	82.17 $\pm$ 2.56 AB
V	82.71 $\pm$ 2.02 AB
VI	83.83 $\pm$ 1.33 B

Nota: *Los resultados están expresados en promedio $\pm$ desviación estándar. Letras diferentes en una misma columna, indican diferencias significativas a partir de la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$). **Los tratamientos I, II, III, IV, V, VI corresponden a los gramos de inclusión de enzima papaína a 0, 3 y 5 gramos respectivamente.

En la tabla 8, se observan los seis tratamientos, donde si hay una diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos I y VI, el cual indica que el tratamiento VI supera estadísticamente al tratamiento I. Para los tratamientos II, III, IV estadísticamente no hay diferencia significativa.

5.2. Análisis instrumental en pH y grados Brix.

La respuesta del análisis instrumental explica el comportamiento de la fermentación del grano de café, siendo estos indicadores de reacciones químicas internas que no son visibles a simple vista, permitiendo de esta manera analizar resultados sobre cambios en pH y grados brix que ocurrieron durante la fermentación del café y como se relacionan con la calidad en taza.

5.2.1. Análisis pH.

Durante el proceso de fermentación el comportamiento de pH muestra una tendencia descendente, indicando un aumento en la acidez de la masa, que coincide con la presencia de enzimas específicamente la papaína, que puede desencadenar reacciones que liberan ácidos o afectan directamente al pH del medio.

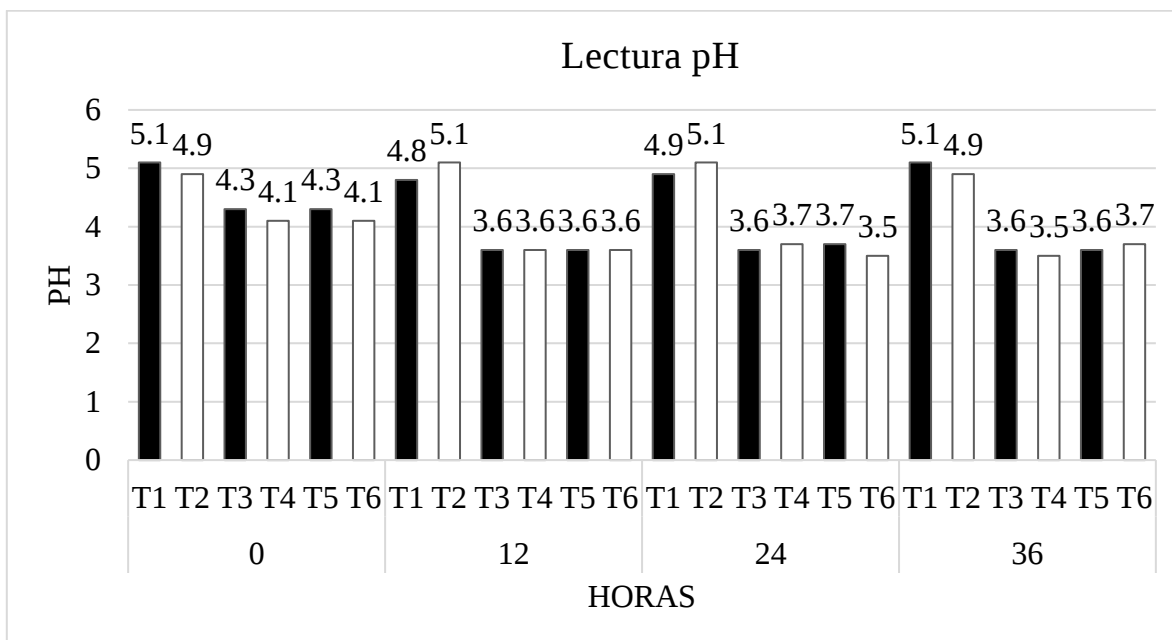


Figura 2. Comportamiento del pH en la fermentación

En la figura 2, se muestra como el pH tiene una disminución notable para todos los tratamientos con presencia enzimática, las pruebas muestran un pH inicial de 4.3 descendiendo, conforme pasan las horas a un 3.6, sin embargo, los tratamientos T1 y T2 mantienen su pH en el rango de 4.8 a 5.2 el cual se cataloga como un nivel óptimo de pH, esto se debe a que no se le adiciono ninguna cantidad de la enzima. Estos resultados confirman lo propuesto por (Puerta, 2013) quien afirma que el pH se ve afectado por la capacidad de descomponer las proteínas que contiene la enzima, al descomponerse estas liberan aminoácidos que tienen grupos funcionales los cuales afectan el pH.

Es importante recalcar que la actividad enzimática de la papaína y sus efectos en el pH pueden depender de diversos factores, como la concentración de la enzima, la temperatura, el tiempo de fermentación y las condiciones de fermentación. En algunos casos, la actividad enzimática también puede generar compuestos ácidos, lo que podría tener un impacto en la disminución del pH.

Comprobando la disminución del pH tal como lo muestra (LINO, 2010), en su trabajo, influencia de la fermentación de la enzima sobre la calidad física y organoléptica del café arábigo (*coffea arábica*) muestra que el pH disminuye durante la fermentación debido a la formación de ácidos acéticos y lácticos esto a partir de los azúcares.

5.3.2. Análisis Grados Brix.

Durante el proceso de fermentación los °Brix presentan un comportamiento en aumento en los tratamientos y testigos. Durante las horas de fermento estos mismos inician con 0.2 y finalizan en 5.3 °Brix.

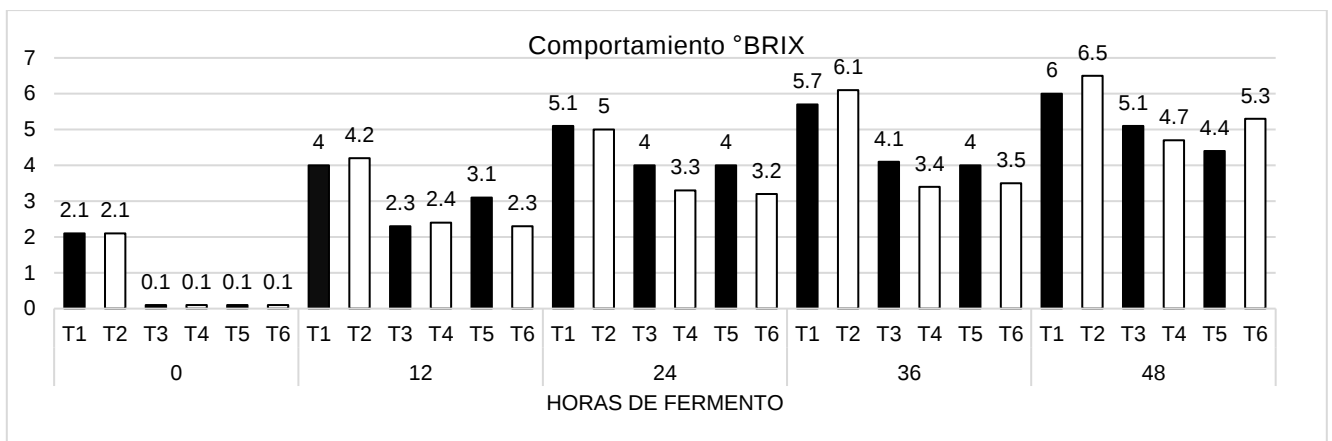


Figura 3.Comportamiento de los °Brix en la fermentación.

La figura 3, muestra los resultados del comportamiento de los grados brix en cada uno de los tratamientos, se observa un aumento considerable en todas las muestras con el paso de las horas, si bien la papaína no está directamente ligada a la liberación de azúcares por su actividad pectolítica tiene un impacto indirecto al descomponer las proteínas presentes en la mezcla de fermentación, esta enzima libera péptidos y aminoácidos que tienen un sabor dulce. Destacando que el café que se sometió a fermentación es un café natural almacenado de 4 a 5 meses, por lo tanto, empezó desde cero a desprender sus mieles.

Con respecto al comportamiento de los tratamientos I y II tanto para fermentación aeróbica como anaeróbica sin adicionar la enzima, confirma lo propuesto por (Sanchez, 2018) quien asegura que el valor de los °Brix inician de 2,8% en promedio, y después de 18 horas, cambia a valores de 4,7% en sistemas abiertos y a 5,1% para sistemas cerrados.

5.3. Medias de resultados de catación.

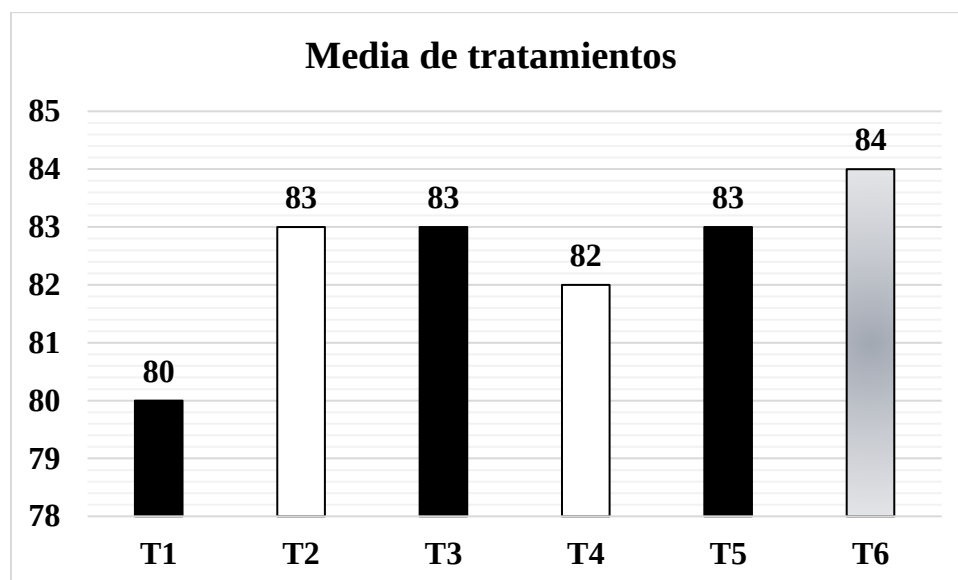


Figura 4. Comparación de medias como puntaje final de los tratamientos.

La figura 4, resume la media de los resultados de los tratamientos reflejando que el tratamiento seis con mayor puntaje en calidad de taza, por lo tanto, se recomienda la utilización del tratamiento 6 (Proceso anaeróbico con 3 g de enzima). El tratamiento uno fue el que presentó menor puntaje con respecto a la calidad de la taza.

Tal como lo propone (Gómez, 2019) donde la utilización de enzimas pectinasas y las amilasas pueden descomponer el mucílago y las pectinas que rodean los granos de café lo cual facilita la eliminación del mucílago durante la fermentación con 4 días, lo que puede reducir la probabilidad de sabores indeseados y contribuir a una taza más limpia y equilibrada al momento de ser evaluada por un catador.

5.4.Diferencia en los perfiles.

En la tabla 10, se resume los resultados de diferencia final entre los dos puntajes más altos de los tratamientos con una diferencia de 3 puntos según el criterio de los catadores. Las diferencias también se pronunciaron en los perfiles anteriormente mencionados, dando como resultado sabores cítricos, dulces y frutales, notas que no son tan comunes en la variedad de café que se utilizó para las muestras.

Tabla 10.Notas detectas por los catadores.

T3 83%	T6 84%	T1 80%
Panela	Caramelo	Cremora
Cuerpo jugoso	Cuerpo cremoso	Panela
Dulce	Lichas	Té de zacate limón
Cítrico avinado a uva	Cítricos amarillos	Acidez media
Caramelo	Dulce	Caramelo
Papaya	Caña de azúcar	Cuerpo flojo
Lichas	Frutos rojos	Chocolate amargo
Post gusto agradable	Post gusto a naranja	Post gusto amargo

VI. CONCLUSIONES.

Se concluye que la adición de las enzimas pectolíticas como ser la papaína, en el proceso de fermentación del café en condiciones aerobias y anaerobias, muestran diferencias entre sí, debido a que la fermentación anaerobia es la que incide en la calidad en taza del café resaltando su perfil de taza

Se evaluó el comportamiento de características fisicoquímicas durante la fermentación, dando con ello resultados positivos, sin contar que era un café almacenado de 4 meses.

Se determino que si hubo diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos conforme a la puntuación general para el tratamiento I y VI, siendo el tratamiento VI el más alto.

VII. RECOMENDACIONES

Promover el seguimiento de esta investigación aplicando la enzima papaína en café recién cortado para asegurar la eficiencia de esta enzima.

Realizar investigación con fermentación anaeróbica con jugo de naranja agria y estudiar el comportamiento del café.

VIII. BIBLIOGRAFÍA.

Alvarado, G., Moreno, E., Montoya, E., & Alarcón, R. (2010). Calidad física y en taza de los componentes de la variedad Castillo R y sus derivadas regionales.

Banegas, Y. (11 de agosto de 2009). Identificación de las fuentes de variación que tienen efecto sobre la calidad de café (*Coffea arabica*).

Cárdenas Díaz, J. P., & Pardo Pinzón, J. D. (2014). Caracterización de las etapas de fermentación y secado del café la primavera.

Cordoba. (2016). Caracterizacion de los procesos tradicionales de fermentacion del cafe en el departamento de Nariño. *scielo*, 75-83.

Cortina, A., Acuña, R., Moncada, M., Herrera, C., & Molina, M. (2013). Variedades de café: Desarrollo de variedades. *Cenicafé*.

Cruz, C. (2020). Fermentacion de café, Universidad Nacional De Agricultura. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/355493872_POSTER_2_FERMENTACION_DEL_CAFE

Dayan, M. R. (2021). Evaluación del efecto de enzimas pectolíticas en la elaboración de cerveza artesanal a base de cebada y arroz en cáscara.

Escalona, J. (2014). Producción de enzimas a partir de residuos agroindustriales.

Flores, S. (2023). Evaluación del uso de enzimas pectinolíticas presentes en los residuos de cítricos en el proceso de fermentación del café.

Gahona, J. D. (2015). enzima, principal precursor de bio-procesos: caracterización, inmovilización de la enzima papaína en la clarificación de jugo.

Gómez, N. P. (2019). Efectos del tiempo de fermentación sobre la calidad en taza del café.

Grevechova, & Contreras, P. (2006). Fenómenos de transporte de la fermentación sumergida para obtener enzimas pectolíticas a partir de *Aspergillus foetidus*.

Guambi, L. (2020). Influencia de la enzima pectina-transeliminasa en los tiempos de fermentación y en la calidad organoléptica del café robusta. Revista de la Facultad de Agronomía de La Universidad del Zulia,, 29-50.

Gutiérrez, N., & Barrera, O. M. (2015). Selección y entrenamiento de un panel en análisis sensorial de café *Coffea arabica* L.

Herrera, J. C. (2013). Taxonomía y clasificación del café. Cenicafé. Obtenido de Taxonomía y clasificación del café. Cenicafé.

Jaramillo, E. (2020). Evaluación del tiempo de fermentación de café (*Coffea Arábica* L.), en relación a la calidad organoléptica.

Lino, a. (2010). Influencia de la fermentación de la enzima (rohament café) sobre la calidad física y organoleptica del café arabigo. (bachelor's thesis, jipijapa: unesum).

López-García, J., Prado, E., Colmenero, Z., & Castillo, C. (2016). Producción y calidad en variedades de café (*Coffea arabica* L.).

Montilla, & Jimena. (2008). Propiedades físicas y factores de conversión del café en el proceso de beneficio. CENICAFE, 1-2.

Pabón, J. O. (2021). La calidad del café. C. Cenicafé. Obtenido de Osorio, V. (2021). La calidad del café. Cenicafé.

Pañuela, A. (2013). Método Fermaestro: Para determinar la finalización de la Fermentación del mucílago de café. Revista Cenicafé, 8pp.

Pedrajas, R. F. (2014). El mundo del café. Obtenido de El Mundo del café. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

- Piat, E. (2021). Recuperación de pepsina de *pseudoplatystoma reticulatum* (Eigenmann y Eigenmann 1889) y *pseudoplatystoma corruscans* (Spix y Agassiz 1829), surubí, utilizando métodos no convencionales.
- Pineda, I. (2013). secado de cafe. 222-226.
- Puerta, G. (2013). Composicion quimica de una taza de café. Cenicafé. Obtenido de Composición química de una taza de café. Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafé).
- Puerta, I. (2009). Efecto de enzimas pectolíticas en remocion de mucilago. Journal of agricultura science, 1-2.
- Puerta, I. (2013). Fundamentos del proceso de fermentación en el beneficio del café. Cenicafé.
- Puertas, I. (2010). Composición quimica de taza de cafe. CENICAFE, 1-2.
- Ramírez, & Aceves. (2014). Enzimas. Obtenido de Ramírez, J. R., & Aceves, M. A. (2014). Enzimas:¿ qué son y cómo funcionan?.
- Rodríguez, W., .Vallejo, A., & Sinche, D. (2016). Mejoramiento de las características físico-químicas y sensoriales del cacao. Dialnet, 9-11.
- Sánchez Maroto, M. (2015). El café, la cafeína y su relación con la salud, y ciertas patologías. 5-6.
- Sanchez, I. (2018). Efecto de la adición de levadura (*Saccharomyces* sp) en el proceso de fermentación de café (*Coffea arabica*). Scielo , 21-27.
- Vilma, C., & Rengifo, J. (16 de Marzo de 2022). PERFECT DAILY GRIND. Obtenido de <https://perfectdailygrind.com/es/2022/03/16/lo-que-debes-conocer-sobre-cafe-lempira/>

ANEXOS



Anexo 1. Clasificación del grano.



Anexo 2. Preparación de tratamientos.



Anexo 3.Tratamientos fermentación aeróbica y anaeróbica.



Anexo 4.Fermentación aeróbica con 24 horas en fermento.



Anexo 5.Secado de las muestras.



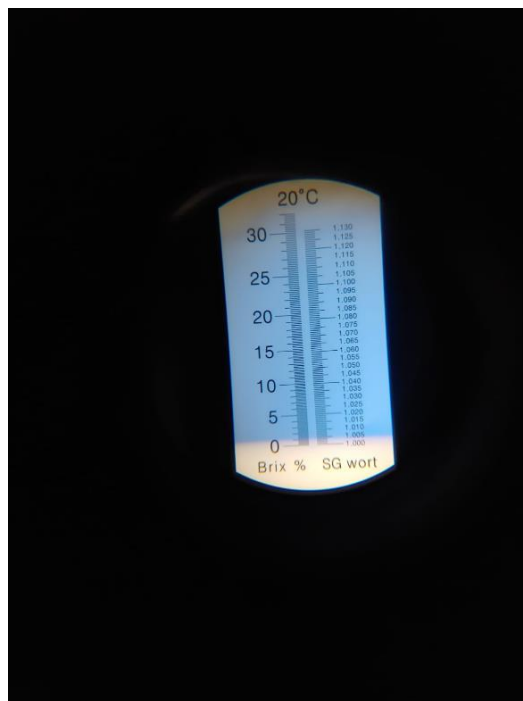
Anexo 6.Trillado de las muestras



Anexo 7.Catación de las muestras.



Anexo 8.Catación



Anexo 9.Lectura de grados Brix.

Formato de Catación de la Asociación Americana de Cafés Especiales

Nombre: Freddy Virgilio Pineda Cruz

Fecha: 30-09-23 Mesa: 001 Sesión: 001

Unidades: 6.00 - Bueno 7.00 - Muy bueno 8.00 - Excelente 9.00 - Extraordinario
6.25 7.25 8.25 9.25
6.50 7.50 8.50 9.50
6.75 7.75 8.75 9.75

Muestra #	Verde de Tazas	Puntaje Fragancia/Aroma	Puntaje Sabor	Puntaje Acidez	Puntaje Cuerpo	Puntaje Uniformidad	Puntaje Taza Limpia	Puntaje Puntaje Catador	Puntaje Total
1H		8	8	8	8	10	10	8	86
Notas: <u>Resaca, aromático, postgusto agradable, sabor agradable, cuerpo ligero - cremoso</u>									
2H		8	8	8	8	10	10	7	85
Notas: <u>Quirado mediano, aroma mediano, postgusto mediano, sabor mediano, cuerpo balanceado / ligero</u>									
3H		8	8	8	8	10	10	7.75	85.75
Notas: <u>rich, tostado, aroma mediano, cuerpo mediano, postgusto mediano</u>									

Anexo 10.Formato catador 1.

