

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL USO DE LEVADURAS EN EL
PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ (*Coffea arábica* L.) Y SU EFECTO EN
LA CALIDAD DE TAZA**

POR:

JOSUE JAFETH HERNANDEZ MADRID

TESIS



COMAYAGUA,

COMAYAGUA

AGOSTO, 2026

EVALUACIÓN DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL USO DE LEVADURAS EN EL
PROCESO DE FERMENTACIÓN DEL CAFÉ (*Coffea arabica* L.) Y SU EFECTO EN
LA CALIDAD DE TAZA

Por:

JOSUE JAFETH HERNANDEZ MARID

EMERSON JOSUE MARTINEZ JIMENEZ PhD.

Asesor Principal

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE
AGRICULTURA REQUISITO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO EN AGROEXPORTACIÓN

COMAYAGUA,

COMAYAGUA

AGOSTO, 2026

DEDICATORIA

Hay metas que parecen alcanzarse con las propias manos, pero que, al mirar hacia atrás, revelan las huellas de muchas personas que caminaron a nuestro lado. Este trabajo es el reflejo de cada palabra de aliento, cada sacrificio, cada noche de esfuerzo, cada palabra de aliento y cada persona que de alguna manera hizo posible llegar hasta aquí.

Dedico este trabajo, primeramente, a Dios, principio y sustento de todo cuanto soy. Gracias por sostenerme cuando el camino parecía incierto, por concederme fortaleza cuando las fuerzas escasearon y por iluminar mis pasos en cada decisión.

A mis padres quienes han sido las raíces que me sostuvieron mientras aprendí a crecer, a mis hermanos Karen, Naun, Leonel, Henry; compañeros de vida y parte inseparable de mi historia a mis cuñadas Issis, Giovanna y a toda mi familia, cuyo amor y respaldo han sido una presencia constante. Este logro también les pertenece, porque detrás de cada paso que di, estuvieron sus sacrificios, sus consejos, sus oraciones y la confianza que depositaron en mí.

A mi novia, compañera de alegrías y preocupaciones, le dedico también este trabajo. Gracias por permanecer, por comprender mis ausencias, por escuchar mis preocupaciones y por recordarme, que detrás de cada esfuerzo existe una razón para continuar. Este logro lleva también un poco de tu paciencia, de tu cariño y de tu compañía.

Y de manera especial dedico estas páginas a la memoria de mi abuelo Esteban Madrid quien fue y sigue siendo un ejemplo para mi vida. Aunque el tiempo haya llevado su presencia física, no ha podido llevarse aquello que dejó en quienes tuvimos la dicha de conocerlo. Hay personas que parten, pero permanecen; que dejan de caminar a nuestro lado, pero continúan viviendo en nuestros recuerdos, en nuestras enseñanzas y en aquello que llegamos a ser. Este logro es también para usted papa, también representa un homenaje a su memoria.

A todos ustedes dedico este esfuerzo; si hoy alcanzo esta meta es porque nunca camine completamente solo.

AGRADECIMIENTOS

Al llegar al final de este camino, comprendo que una meta no se mide solo por el momento en que se alcanza, sino por todas las manos que nos sostuvieron en el trayecto. Estas palabras son un pequeño reconocimiento a quienes dejaron huella en este recorrido.

A Dios, mi primer agradecimiento, por la vida, por la oportunidad de formarme y por darme fuerzas en el cansancio y motivos para agradecer en la alegría. Sin su guía, este paso no habría sido posible.

A mis padres, gracias por convertir su esfuerzo en oportunidades para mi futuro, por creer en mí cuando dudé, por motivarme en la adversidad y por enseñarme que lo grande requiere paciencia y perseverancia. Este título es mío, pero el esfuerzo también lleva su nombre. A mis abuelos, hermanos, cuñados, sobrinos y a mi novia, gracias por estar presentes, por escucharme y apoyarme en cada etapa. A toda mi familia, por cada palabra, consejo y gesto de confianza, que muchas veces llega en silencio, pero lo significa todo.

A mis amigos Diego P, Luis Z, Jafeth R, así como a mis compañeros Daniel O, Fernando A y María José, gracias por las conversaciones, risas, preocupaciones y recuerdos compartidos. La universidad también se construye con ellos. A mis colegas de PROKRATOS'26, gracias por recorrer juntos este capítulo. Llegamos con sueños distintos y hoy nos vamos transformados, llevando experiencias que atesoraremos.

A mi terna asesora, PhD. Emerson J. Martínez, MSc. Romeo E. Guevara y Lic. Andrea Molina, por su orientación, aportes y paciencia, elementos clave en esta investigación. Y a los docentes del centro regional en Comayagua, por su enseñanza que trascendió el aula.

Porque al final entiendo que este logro no es solo la culminación de una carrera, sino la suma de muchas personas, sacrificios y momentos que hicieron posible que aquel joven que empezó a caminar hacia su meta pueda hoy mirar atrás y decir: valió la pena no rendirse... A TODOS GRACIAS.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
CONTENIDO.....	iii
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE ANEXOS	vii
RESUMEN	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. General	3
2.2. Específicos	3
III.REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. Generalidades sobre el café.....	5
3.2. Especies y variedades.....	5
3.2.1. Variedad Lempira	5
3.2.2. Calidad del café	5
3.2.3. Química del café	6
3.3. El café en Honduras	7
3.3.1. Importancia económica del café en el mundo y en Honduras.....	8
3.3.2 Registros de precios de los cafés especiales en Honduras.....	8
3.3.3 Registros de variedades Lempira y Catimor en años anteriores	9
3.3.4 Estudios de levaduras en fermentaciones de Lempira y Catimor	10
3.4 Procesamiento del café.....	11

3.4.1 Proceso Natural.....	11
3.4.2 Proceso Melado (Miel / Pulped Natural)	12
3.4.3 Proceso técnico	13
3.5 Perfil sensorial.....	13
3.6 Fermentación.....	14
3.6.1. Importancia de la fermentación.....	14
3.6.2. Etapas de la fermentación del café.....	14
3.6.3. Tipos de fermentación más avanzados.....	16
3.6.4. Uso de cultivos iniciadores.....	16
IV.MATERIALES Y MÉTODOS	18
4.1 Materiales.....	18
4.2 Metodología	19
4.2.1 Selección y preparación de la muestra	19
4.2.2 Tratamientos	19
4.2.3 Levadura <i>S. cerevisiae</i> EC-1118	20
4.2.4 Análisis fisicoquímico	21
4.2.4.1 Caracterización de Solidos solubles	21
4.2.4.2 Potencial de Hidrogeno (pH) de los frutos	21
4.2.4.3 Temperatura	22
4.2.5 Evaluación sensorial	22
4.4 Análisis estadístico.....	22
4.5 Análisis de impacto económico mediante modelo de precios hedónicos	23
4.5.1 Modelo de precios hedónicos	23
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
5.1 Análisis Fisicoquímicos	24
5.1.1 Solidos solubles totales(°Brix).....	24
5.1.2 Potencial de hidrogeno pH	26

5.1.3 Resultados de evaluaciones sensoriales	28
5.1.3.1 Comparación entre tratamientos.....	33
5.2 Resultados del ANOVA de los resultados de catación	34
5.3 Relación entre la calidad en taza y el valor económico del café mediante el modelo de precios hedónicos.	36
5.3.1 Estimación del precio	36
5.3.2 Comparación con precios de la Taza de Excelencia.....	38
5.4 Influencia de la puntuación SCA sobre el valor económico	39
5.4.1 Discusión económica	39
VI. CONCLUSIONES.....	41
VII. RECOMENDACIONES	43
VIII. BIBLIOGRAFÍAS.....	45
IX. ANEXOS	53

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Composición química del café.....	7
Tabla 2. Materiales y equipo para la investigación.....	18
Tabla 3. Tratamientos.....	20
Tabla 4. Solidos solubles totales °Brix al inicio y al final de la fermentación	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 5. Evaluación de los tratamientos de los grados Brix inicio y final	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 6. Registro de pH inicial y Final	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Comparación entre pH inicial y pH final.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Resultados de prueba ANOVA en puntaje de cata de los tratamientos.....	34
Tabla 9. Coeficientes de regresión del modelo hedónico	37
Tabla 10. Estimación de precios hedónicos por tratamiento experimental.....	38

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Diagrama de flujo de procesamiento.....	53
Anexo 2. Tabla oficial de catacion de las muestras según protocolo SCAA	55
Anexo 3. Recoleccion de materia prima café variedad catimor	55
Anexo 5. Cintas reactivas de pH en mucilago del café.....	56
Anexo 6. Preparación de levaduras para su incorporación a los tratamientos.....	68
Anexo 7. Prueba de pH al agua	57
Anexo 8. Botellones de fermentación Lempira melado	57
Anexo 9. Botellones de fermentación lempira natural	58
Anexo10. Cerezas de café Lempira después de la fermentación anaeróbica	58
Anexo 11. Secado de café en zarandas dentro de una secadora solar.....	59
Anexo 12. Parte de las muestras listas para la catación.....	59

RESUMEN

El café (*Coffea arábica* L.) constituye uno de los principales productos agrícolas de exportación de Honduras. Es por eso que la implementación de estrategias de fermentación controlada constituye una alternativa para mejorar la calidad de taza y generar valor agregado en variedades cultivadas en el país. El objetivo de esta investigación fue evaluar el impacto económico del uso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 durante la fermentación del café de las variedades Lempira y Catimor y su efecto sobre la calidad de taza.

La investigación se desarrolló bajo un diseño factorial $2 \times 2 \times 3$, considerando las variedades Lempira y Catimor, con tres repeticiones por tratamiento, para un total de 24 unidades experimentales. Durante la fermentación se determinaron los valores de °Brix, pH y temperatura, mientras que la calidad sensorial fue evaluada mediante catación por catadores con licencia Q Graders. Los datos fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA). Este mostró diferencias significativas para la variedad ($p = 0.008$), la inoculación ($p = 0.035$) y la interacción entre variedad y proceso ($p = 0.003$), con un R^2 de 0.645. El tratamiento Catimor natural sin inoculación obtuvo la mayor puntuación, con 85.75 puntos SCA.

Desde el punto de vista económico, el modelo de precios hedónicos estimó un valor máximo de US\$22.87 por libra para el tratamiento Catimor natural sin inoculación. Asimismo, el efecto de la puntuación SCA sobre el precio no fue estadísticamente significativo ($p = 0.490$). Por eso es correcto decir que la aplicación de *S. cerevisiae* EC-1118 no produjo una mejora uniforme en la calidad sensorial ni en el valor económico del café, evidenciándose que la respuesta de la fermentación depende de la interacción entre la variedad y el método de procesamiento.

Palabras Clave: Café de especialidad, *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118, Specialty Coffee Association, fermentación, Catimor, Lempira, calidad de taza, Precios hedónicos

I. INTRODUCCIÓN

La producción de café (*Coffea arabica* L.) se encuentra entre los sistemas productivos con mayor importancia de Honduras. A lo largo de su cadena de valor, desde la producción en finca hasta la exportación, el sector cafetero soporta la economía de numerosas comunidades rurales y constituye una fuente importante de empleo e ingresos para el país (IUCN, 2017). En Honduras cerca de 120,000 familias Participan o dependen de la actividad cafetalera, en el registro más reciente se contabiliza 96,798 productores activos en 2023 (Barahona, 2026). Informes sectoriales e institucionales muestran que el café aporta aproximadamente el 6 % del Producto Interno Bruto (PIB) total y contribuye con cerca del 30 % del PIB agrícola, constituyéndose además en la principal fuente de divisas del sector agrícola hondureño (Infobae, 2026).

Se ha comprobado que inocular microorganismos y fermentar el café de manera controlada es una táctica eficaz para mejorar el perfil sensorial de cafés especiales, generando sustancias aromáticas que contribuyen con matices florales, frutales y dulces en la taza (Wang et al. 2020). Según (Pereira et al. 2016), en el mercado internacional emergente, se nota una tendencia a valorar cafés de alta calidad sensorial, particularmente en nichos específicos donde elementos como la trazabilidad, el puntaje de cata y las historias de origen tienen un impacto significativo en la voluntad de pago tanto de los compradores como de los tostadores. Las tecnologías orientadas a la fermentación controlada y al beneficio se están desarrollando como herramientas concretas para identificar lotes y obtener primas de calidad en los mercados globales. Sin embargo, la capacitación del personal y la implementación de nuevas prácticas agrícolas y tecnologías implican costos y requisitos que deben evaluarse y cuantificarse desde una perspectiva de costo-beneficio, especialmente para los productores pequeños.

Es debido a esto que el presente estudio sugiere medir el efecto económico que tiene el uso de levaduras en la fermentación del café de las variedades Lempira y Catimor, centradas en elevar la calidad en taza. El estudio combinará el análisis comparativo de

tratamientos, las mediciones sensoriales estandarizadas (catación SCA) y un registro pormenorizado de los costos relacionados con la implementación de la tecnología. El objetivo es calcular la relación entre costo y beneficio para los productores.

II. OBJETIVOS

2.1. General

Evaluar el impacto económico de la utilización de levaduras en el proceso de fermentación del café (*Coffea arabica* L.) en las variedades Lempira y Catimor, enfocadas en mejorar la calidad en taza.

2.2. Específicos

Evaluar el impacto económico de la utilización de levaduras en el proceso de fermentación del café.

Evaluar el impacto sensorial de la utilización de levaduras en la fermentación del café a través de la evaluación de la calidad de taza.

Determinar la relación entre la calidad en taza y los precios de mercado, del café obtenido.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Generalidades sobre el café

Según (Unigarro et al. 2025) entre las 124 especies clasificadas dentro del género *Coffea* de estas especies, solo tres tienen importancia comercial. A nivel mundial, la mayor parte de la producción comercial de granos de café proviene de las especies *Coffea arábica* L. (57%) y *Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner (42%). En cambio, *Coffea liberica* representa menos del 1% del comercio comercial. *Coffea arábica* es una especie alóptetraploide que se originó por hibridación natural entre especies diploides como *Coffea canephora* y *Coffea eugenoides* en las tierras altas de África oriental, entre Etiopía y la región del Alto Nilo, hace decenas de miles de años.

Se empezó a cultivar *C. arábica* bourbon en Brasil entre 1860 y 1870, desde donde se fue extendiendo de manera progresiva a otros países productores del continente en el siglo XIX, como Colombia. En la actualidad, *C. arábica* L. está cultivada en toda el área intertropical, que va desde Brasil hasta Hawái, con sembrados en más de 45 países alrededor del mundo (IUCN, 2017).

3.2. Especies y variedades

Según (DAVIS et al. 2011), *Coffea canephora* (también llamada Robusta) y *Coffea arábica* L. (denominada café arábigo de manera regular), que conforman más del 98 % de la producción mundial, son las especies que se cultivan en mayor cantidad. El *Coffea arábica* es la especie de más alto valor económico y sensorial porque produce granos de calidad superior, con un perfil organoléptico más balanceado y sofisticado. Es la especie más común en las áreas de elevación media y alta, que se distinguen por suelos fértiles y temperaturas templadas.

La mejora genética del café ha tenido como propósito balancear dos metas fundamentales: la resistencia a elementos bióticos y abióticos, así como la optimización de la calidad de taza. Sin embargo, una de las principales dificultades del café arábigo es que tiene una escasa diversidad genética. Esta limitación genética restringe las oportunidades de mejora. Esta estrechez genética limita las posibilidades de mejoramiento convencional y aumenta la vulnerabilidad del cultivo ante plagas, enfermedades y el cambio climático (Enríquez et al. 2020).

3.2.1. Variedad Lempira

La variedad Lempira es un cultivar de *Coffea arábica* desarrollado y difundido en Honduras por el (IHCAFE) como parte de las estrategias nacionales para mejorar la productividad y enfrentar las plagas y enfermedades que afectaron al cultivo a fines del siglo XX (Sánchez, 2022). Según (Morales s. f.) desde su pedigrí genético, Lempira es resultado de la selección de material del grupo Catimor (T-8667) realizada por instituciones regionales en Honduras

Desde el punto de vista del mejoramiento y la genética, Lempira tiene numerosas implicaciones genéticas y de mejora, como la maximización del rendimiento y la calidad sensorial. Esta variedad brinda perfiles estables y aceptables para lotes comerciales y mercados regionales; además, puede llegar a puntuaciones competitivas en segmentos de especialidad si se manejan adecuadamente las prácticas de pos cosecha. Sin embargo, para lograr perfiles sensoriales excepcionales, es preciso que se apliquen prácticas de gestión pos cosecha (Sánchez, 2022).

3.2.2. Calidad del café

Según (Specialty Coffee Association of America (SCAA), 2005). La calidad del café es un atributo que integra propiedades sensoriales, fisicoquímicas y de origen, y que resulta determinante para su valoración comercial. La calidad se evalúa mediante protocolos que consideran atributos como fragancia/aroma, sabor, acidez, cuerpo, dulzor, uniformidad,

limpieza, balance, pos gusto e impresión global; la suma de estos componentes da lugar a una puntuación en la escala SCA (Specialty coffee Association) (0–100), que determina si un lote se clasifica como “especialidad” si (≥ 80 puntos) (Transparent Trade Coffee, 2020).

Según (Velásquez, 2020) La calidad del café está determinada tanto por elementos pre cosecha (genética, altitud, clima, gestión agronómica) como por las prácticas posteriores a la cosecha (secado, almacenamiento y tostado). Con respecto a la expresividad sensorial, la altitud se vincula con perfiles más complejos en términos de acidez y aroma. Para conservar la calidad, es fundamental controlar estrictamente las variables de procesamiento y almacenamiento; cambios mínimos en temperatura de tueste, oxidación o humedad pueden modificar el perfil del café.

3.2.3. Química del café

La química del café es compleja y está constituida por una combinación de elementos que son volátiles y no volátiles. Los ácidos clorogénicos, la cafeína, la trigonelina, las proteínas, los azúcares y los lípidos son algunos de los compuestos no volátiles más relevantes. Estos son precursores clave en reacciones de caramelización y Maillard que ocurren durante el proceso de tueste. Los ácidos clorogénicos son particularmente importantes debido a que aportan acidez, tienen efectos antioxidantes y se convierten en ácidos más simples (ácido químico y cafeico) durante el proceso de tueste. La cafeína, en cuanto a su parte, tiene efectos sobre la percepción de amargor y presenta implicaciones relacionadas con la tecnología y la salud (Makiso et al. 2023)

(Angeloni et al. 2021) Menciona en su estudio sobre los compuestos volátiles (más de identificados 800 hasta el 2024) y algunos ejemplos de estos son; como aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres y heterocíclicos (parafinas, furanos) son los principales responsables del aroma y la complejidad olfativa y su formación está íntimamente ligada a las reacciones térmicas durante el tueste (reacciones de Maillard, degradación de azúcares y lípidos) y a los precursores presentes en el grano verde (aminoácidos, azúcares, lípidos) (Alcántara et al. 2025).

Los azúcares (por ejemplo, sacarosa) cumplen funciones esenciales como precursores de la reacción de Maillard durante el tueste, lo que se traduce en aromas complejos. Las proteínas y aminoácidos participan también en estas reacciones térmicas para formar compuestos aromáticos volátiles (tabla 1) (Ignacio et al. 2023). Los compuestos nitrogenados (proteínas, aminoácidos libres y péptidos) corresponden aproximadamente al 9–16 % del peso seco del grano verde, aunque la proporción de aminoácidos libres es mucho menor (0.3 – 0.6 %) pero crítica para el perfil sensorial post tueste (Portillo y Arévalo, 2024).

Tabla 1 Composición química del café

Compuesto	Porcentaje presente
Agua	10-12%
Carbohidratos	50-55%
Lípidos	10-15%
Proteínas	10-12%
Ácidos Orgánicos	7-10%
Cafeína	1.2%
Trigonelina	0.7-1%
Minerales	4%

(Makiso et al. 2023).

3.3. El café en Honduras

El café (*Coffea Arábica*) es el producto de exportación más importante para Honduras, según (SEFIN, 2025) para el periodo del 31 de mayo del 2024 al 31 de mayo del año 2025, el valor de las exportaciones de café en Honduras fue de 1,356.7 millones de dólares. Su aporte en el valor de las exportaciones llegó, en el período 2024-2025 a 30-35% del PIB agrícola (SEFIN, 2025). Honduras, con una superficie cultivada total en café de 340,000 hectáreas (12% de la superficie total cultivada) produce un 3% del café mundial y aproximadamente el 10% de la población depende del café (Crop Intelligence, 2026).

Estudios y mapeos señalan que aproximadamente 120,000 familias están directamente vinculadas a la producción de café, y que la cadena genera entre 1 y 1.1 millones de empleos directos e indirectos lo que posiciona al café como uno de los principales generadores de empleo rural en el país (IHCAFE, 2024). Se estima que el café aporta alrededor del 8–10 % del PIB nacional y cerca del 30 % del PIB agrícola, además de constituir la principal fuente de divisas agrícolas del país. Estos valores reflejan la importancia del café en la economía hondureña (CQI, 2021).

3.3.1. Importancia económica del café en el mundo y en Honduras

Según (Crop Intelligence, 2026) El café es un producto agrícola de gran importancia: impulsa mercados globales, mantiene medios de vida en áreas rurales y agrupa cadenas productivas que abarcan a millones de agricultores pequeños. Según la (SAG PRONAGRO, 2023) el consumo mundial sigue creciendo, alcanzando cifras de cientos de millones de sacos anuales, lo que confirma al café como uno de los productos agrícolas más comerciados en el ámbito internacional. La producción y las exportaciones a nivel global han demostrado un aumento en años recientes, con fluctuaciones anuales debidas a cambios en el clima y los precios.

(Pedro Mendoza, 2024) menciona en su literatura que, “En Honduras, el café representa un pilar económico y social. La caficultura es responsable de una porción sustancial del empleo rural y aporta varias centenas de millones de dólares anuales en exportaciones; además, es una de las principales fuentes de ingresos para numerosas familias campesinas”. La relevancia económica del café para Honduras se refleja en su contribución al PIB agrícola y en su papel como generador de divisas, por lo que cualquier innovación que incremente la calidad y el valor unitario del producto tiene efectos multiplicadores sobre el ingreso rural y la economía nacional.

3.3.2 Registros de precios de los cafés especiales en Honduras

Los precios de los cafés especiales no siguen las mismas normas que los precios de los cafés convencionales, estos se definen mediante un arduo sistema de clasificación y selección. Las subastas electrónicas (e-auctions) para cafés de especialidad como las organizadas bajo el programa Cup of Excellence o Alliance for Coffee Excellence (ACE) y las subastas promovidas localmente por IHCAFE funcionan con un proceso estandarizado que determina el precio por puja abierta sobre lotes ya evaluados sensorialmente por jurados (Alliance for cup excellence, 2025).

Todos los lotes aprobados (finca, proceso, altitud y en muchos casos la variedad y el tamaño del lote) son registrados y presentados en una plataforma de subasta electrónica. Durante el día, los compradores internacionales participan en la puja online. Al final del día, el precio se establece a partir de las ofertas de los distintos compradores; por lo tanto, los lotes más destacados suelen llegar a obtener precios muy superiores al mercado o al precio de bolsa. Después, los montos que se han pagado son dados a conocer en el informe oficial de la subasta (Alliance for cup excellence, 2025).

3.3.3 Registros de variedades Lempira y Catimor en años anteriores

A. Variedad Lempira

En la edición de COE (Cup of excellence) del 2017 la finca “El Aguacate” ubicada en el municipio de San Jerónimo en el departamento de Comayagua participo con la variedad Lempira, obteniendo un puntaje SCA en cata de 87.26 puntos y con un tamaño del lote de 1,050 libras y lograron una venta en subasta de US\$ 10.90 / lb (Total value reported in the lot card) (Alliance for Coffee Excellence, 2017)

B. Variedad Catimor

En la taza de excelencia del 2009 se registró a la finca “Liquidámbar” ubicada en Intibucá, participo con la variedad “Catimor” obteniendo un puntaje de 86.39 con un lote con un

peso total de 3,299 libras de café, el cual por medio de la subasta electrónica alcanzo el precio de 2.60 USD \$/ Lb (Alliance for Coffee Excellence, 2009)

Para Lempira y Catimor hay registros públicos de participación y pujas en COE; algunos lotes Lempira alcanzaron bids significativos (por ejemplo, US\$ 10.90/lb en la ficha COE de 2017) y Catimor aparece en fichas con pujas reportadas (p. ej. US\$ 2.60/lb en 2009). No obstante, los ejemplos más extremos de precios (US\$ 75–136/lb) corresponden a micro lotes de variedades específicas (con variedades híbridas nuevas) y en fincas concretas. Valor agregado, que influye en precios, políticas comerciales y estrategias de desarrollo rural. Las estadísticas oficiales (ICO, USDA, Eurostat) permiten identificar con precisión a los principales actores del comercio internacional (ICO, 2023).

3.3.4 Estudios de levaduras en fermentaciones de Lempira y Catimor

La aplicación de levaduras en la fermentación del café ha mostrado mejoras consistentes en la calidad de taza en estudios realizados en variedades cultivadas en Centroamérica, incluyendo Lempira y Catimor, evaluaron fermentaciones controladas con *Saccharomyces cerevisiae* y observaron incrementos en atributos como fragancia, dulzor y limpieza, reflejándose en mejoras de 1.5–2.5 puntos en el puntaje SCA, lo cual indica un efecto positivo en la diferenciación del producto y su potencial valor en mercado. Estos resultados coinciden con la literatura internacional, que señala que la inoculación dirigida contribuye a una fermentación más estable y predecible, reduciendo defectos y elevando el perfil sensorial (Betancur y Zurita S, 2022).

Por otra parte, el trabajo de (Laningan, 2024) sobre la influencia de la fermentación anaeróbica inoculada con *S. cerevisiae* en café Geisha evidenció incrementos significativos en notas florales, acidez brillante y cuerpo cremoso, elevando los puntajes de taza hasta niveles propios de cafés de especialidad Premium. Aunque el estudio se realizó sobre Geisha, el autor señala que la respuesta positiva es extrapolable a otras variedades arábicas de Centroamérica, incluyendo Lempira y Catimor, siempre que se controlen variables clave como temperatura, pH y tiempo. Este tipo de mejoras en la calidad sensorial sugiere un impacto económico potencial, ya que cafés con puntajes

superiores a 85 puntos suelen acceder a precios diferenciados en subastas y micro lotes especiales (Palacios y Huyama, 2023).

Los estudios realizados por (Cennet et al. 2026) complementan esos hallazgos al evaluar las fermentaciones controladas en las líneas arábicas. La investigación reporta aumentos de entre 1 y 3 puntos en el puntaje de taza con uso de levaduras comerciales, además de mejoras en la uniformidad y el balance. Aunque en este estudio no se realizó un análisis económico exhaustivo, se destaca que la mejora en la calidad permite a los productores acceder a mejores precios y a mercados más exigentes, lo que constituye un beneficio económico indirecto pero verificable. La evidencia disponible confirma que la inoculación con levaduras es una herramienta viable para elevar el perfil sensorial y la competitividad del café en variedades relevantes en los cafés especiales.

3.4 Procesamiento del café

Según (Gather et al. 2018) el procesamiento del café engloba las operaciones pos cosecha desde la cereza recién recolectada hasta obtener el grano seco listo para almacenamiento o tueste. Desde un punto de vista microbiológico, la fermentación del café es compleja, hay una comunidad diversa de microorganismos levaduras (por ejemplo, *Saccharomyces*), bacterias ácido-lácticas, otros hongos que participan activamente, cada uno con funciones específicas (degradación de azúcares, producción de ácidos, generación de metabolitos aromáticos), y su presencia y actividad dependen de condiciones como oxígeno, temperatura y sustrato (X Shen et al. 2024).

La duración y el tipo de fermentación pueden modular compuestos críticos como cafeína, pH y acidez total. Por ejemplo, un estudio en *Coffea arábica* reportó que al aumentar el tiempo de fermentación con bacterias ácido-lácticas (hasta 48 h), disminuye la cafeína y el pH, especialmente en el proceso “melado”, lo que podría favorecer perfiles más frutales y ácidos (Lidya et al. 2024).

3.4.1 Proceso Natural

En el proceso natural, tras la cosecha se dejan las cerezas completas con cáscara, pulpa, mucílago y semilla sin remover nada. Luego se extienden sobre camas elevadas, patios o secaderos al sol, donde la fruta se seca entera durante varias semanas, mientras ocurre una fermentación intrínseca y lenta dentro de la pulpa (Jacobi et al. 2024). Durante ese secado lento, los azúcares y compuestos aromáticos de la pulpa pueden migrar hacia el grano, impregnándolo con perfiles intensos, frutales, dulces y con cuerpo pesado, lo que da origen a cafés con perfil sensorial muy particular (Ardillas, 2025).

Una vez que la cereza seca alcanza la humedad deseada entre 10 y 12 %, se realiza el trillado o despulpe para separar la cáscara más pulpa seca del grano verde que se utilizará (Horsham Coffee Roaster, 2025). Este proceso sumergido con agua limpia permite además regular la fermentación de forma más homogénea que métodos “naturales” tradicionales, los métodos sumergidos y sus variantes como fermentaciones anaeróbicas o con inoculaciones controladas ofrecen ventajas: preservan compuestos bioactivos, reducen defectos, y pueden resultar en perfiles sensoriales más limpios, con acidez brillante, cuerpo balanceado y aromas complejos (Alomía et al. 2022).

Este método de procesamiento tiende a generar perfiles sensoriales más intensos y complejos debido a la prolongada interacción del grano con los azúcares y compuestos de la fruta durante la fermentación (Wang et al. 2020). Con este medio de fermentación se suelen producir tazas con mayor dulzor, cuerpo más denso y notas afrutadas pronunciadas como frutos rojos, tropicales o vino además de una acidez más suave y redondeada. Asimismo, los cafés naturales presentan una variabilidad sensorial más marcada, lo que puede potenciar atributos únicos y diferenciales en subastas de cafés especiales (De Carvalho Neto y Oliveira, 2020).

3.4.2 Proceso Melado (Miel / Despulpado Natural)

El proceso “melado”, también conocido como “despulpado natural” (semilavado), es un método intermedio entre el lavado y el natural. En este proceso se despulpa la cereza para quitar la piel, pero se deja una parte (o toda) la capa de mucílago adherida al grano durante

el secado (Chan, 2025). Dependiendo de la cantidad de mucílago que se deje sobre el grano, existen varios tipos de melado como ser:

Yellow Honey (Melado): poca cantidad de mucílago, secado más rápido.

Red Honey (Melado): una cantidad moderada de mucílago, secado más lento y notas más dulces/frutales.

Black Honey (Melado): mucho mucílago retenido, secado lento y perfiles más densos, dulces y complejos (Horsham Coffee Roaster, 2025)

3.4.3 Proceso técnico

Despulpado: se quita la piel de la cereza, pero no todo el mucílago.

Fermentación con mucílago: la fermentación no se realiza en tanques llenos de agua como en el proceso lavado, sino más bien directamente sobre los granos con mucílago aún adherido. Esto permite que haya una actividad microbiana en la superficie (Lanigan, 2024).

Secado: los granos se secan sobre camas elevadas o patios, con el mucílago aún presente, lo que requiere monitoreo cuidadoso (volteo, temperatura, humedad) para evitar sobre fermentación o daños (Lidya et al. 2024)

Trilla; una vez secos, el mucílago remanente se elimina y los granos se clasifican para exportación (Jacobi et al. 2024)

3.5 Perfil sensorial

Los cafés Melados suelen tener dulzor más pronunciado que los lavados, gracias a los azúcares del mucílago que se fermentan durante el secado (Chan, 2025). Su cuerpo puede ser más almibarado, con una sensación en boca más rica y textura más densa. Notas frutales equilibradas (no tan extremas como en natural), frutas tropicales, caramelo, miel

o incluso notas más maduras dependiendo del tipo de Melado. La acidez puede ser moderada: más baja que en cafés lavados, pero más alta que en los naturales dependiendo del grado de mucílago (Specialty Coffee Transaction, 2020).

3.6 Fermentación

La fermentación en la elaboración del café es un proceso microbiológico fundamental que ocurre durante el beneficiado. Es el mecanismo a través del cual los azúcares, pectinas y otros componentes que se encuentran en el mucílago del café se transforman. En este mucílago, gracias a este procedimiento bioquímico, se crean metabolitos (como esteroides, aldehídos, alcoholes y ácidos orgánicos), los cuales tienen un impacto decisivo en las características sensoriales del café (Obando, 2024). La fermentación puede ser espontánea (con la microbiota que se encuentra en la fruta) o controlada (mediante la inoculación de levaduras, bacterias y enzimas), lo cual hace posible dirigir el proceso hacia perfiles deseados (X Shen et al. 2025).

3.6.1. Importancia de la fermentación

Microorganismos como levaduras son responsables de degradar el mucílago, facilitando su remoción, y al mismo tiempo producen compuestos aromáticos volátiles que afectan directamente el sabor (Ramírez, 2022). La fermentación controlada con inoculación ha demostrado, en estudios de laboratorio, que modifica significativamente la composición química, reduciendo los ácidos cloro genicos y aumentando compuestos volátiles como ésteres, alcoholes y aldehídos, que enriquecen los perfiles aromáticos (Jacobi et al. 2024).

3.6.2. Etapas de la fermentación del café

La fermentación del café se desarrolla en varias fases distintas, cada una con características microbianas y químicas específicas:

a. Fase de adaptación (inicio):

- a. Inicia tras el despulpado o la exposición del grano al sustrato del mucílago.
- b. Microorganismos presentes (principalmente levaduras) comienzan a colonizar el mucílago (Chan, 2025).
- c. Comienza la degradación de pectinas gracias a la acción enzimática.
- d. El pH y la composición de azúcares cambian, preparando el terreno para un crecimiento microbiano más activo. Estudios muestran que en esta fase las levaduras dominan las primeras etapas de la fermentación (Vélez, 2020).

b. Fase de crecimiento activo (fermentación principal):

- e. Las levaduras consumen azúcares y producen etanol, CO₂ y compuestos volátiles (ésteres, alcoholes, aldehídos) (Lidya et al. 2024).
- f. Las bacterias lácticas proliferan, transformando algunos de esos azúcares en ácidos (como el ácido láctico), lo que disminuye el pH.
- g. En presencia de oxígeno, las bacterias acéticas también pueden intervenir, produciendo ácido acético.
- h. Esta fase es la que más influye en la generación de compuestos aromáticos y en la degradación del mucílago (Chan, 2025).

c. Fase de degradación del mucílago:

- El mucílago se vuelve menos viscoso y se desprende más fácilmente del parénquima del grano (Jacobi et al. 2024).
- Se alcanza un equilibrio de pH y acidez.
- La fermentación progresa hasta que el sustrato ya no es tan rico en azúcares simples o el ambiente ya no favorece el crecimiento microbiano (Nogueira y Enselme, 2025).

d. Fase de estabilización o final:

- La actividad microbiana disminuye significativamente.
- El pH se estabiliza
- Si se prolonga demasiado la fermentación, pueden aparecer defectos como sabores avinagrados o fermentativos no deseados (Jacobi et al. 2024).
- En este punto, se decide el momento óptimo para lavar los granos (en métodos húmedos) o iniciar el secado (en procesos melados o naturales) (Tosh et al. 2021).

3.6.3. Tipos de fermentación más avanzados

Además del proceso natural, también se emplean fermentaciones más sofisticadas para lograr perfiles de taza únicos:

- Fermentación anaeróbica: Se realiza en tanques sellados sin oxígeno. Favorece la producción de compuestos más complejos como ésteres, ácidos lácticos y puede generar notas frutales intensas o “vinosas” (Alduenda, 2023).
- Inoculación con levaduras y bacterias ácido-lácticas: Según estudios, la inoculación modifica compuestos clave como los ácidos, y aumenta la variedad y concentración de volátiles aromáticos, mejorando el perfil sensorial (ACCA, 2020).
- Fermentación con maceración carbónica: Se usa CO₂ (o se sella un tanque) para limitar el oxígeno y promover una fermentación más controlada; en un estudio realizado con café Geisha en Panamá, esta técnica con 60 horas de fermentación más levadura obtuvo alta puntuación sensorial (Lucero y Medina, 2022).

3.6.4. Uso de cultivos iniciadores

Las levaduras seleccionadas que son inoculadas de manera deliberada en la fermentación del café para dirigir y controlar el proceso microbiano se conocen como cultivos iniciadores. El propósito de su implementación es uniformar la fermentación, acelerar la descomposición del mucílago, disminuir las diferencias entre lotes, mejorar la calidad sensorial y reducir los defectos (Ribeiro et al. 2020). Según un estudio realizado por (Lanigan, 2024) Varios estudios demuestran que el uso de cultivos iniciadores permite una mayor predictibilidad en la fermentación y agrega valor al café, especialmente en procesos de especialidad, al mejorar el control de pH, acidez y producción de compuestos aromáticos.

Un ejemplo reciente es un inóculo desarrollado a partir de pulpa y mucílago de café con *Saccharomyces cerevisiae*, *Lactobacilos delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus*

thermophilus, el cual fue probado con éxito en fermentaciones controladas, generando ácidos orgánicos, reduciendo azúcares y mejorando la calidad en taza (Laningan, 2024).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

Para la realización de la investigación, se utilizaron diversos materiales y equipos los cuales se especifican en la tabla 2.

Tabla 2. Materiales y equipo para la investigación

Materiales y equipos	Descripción
Variedades de café	Variedad Catimor y Lempira con dos tratamientos cada una y tres repeticiones, se evaluaron para determinar sus características organolépticas y composición química.
Botellones	Como medios para controlar la fermentación
Trampas de aire	Para permitir la salida del CO ₂ del medio de cultivo, pero no la entrada de oxígeno para lograr una fermentación anaeróbica
Balanza analítica	Instrumento para medir la mas de las muestras con alta precisión
Levadura <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Cepa Ec 118 como cultivo iniciador para la correcta fermentación
Probeta	Para medir la cantidad de agua a utilizar para la inoculación de la levadura
Termómetro digital	Para verificar que la temperatura de inoculación sea correcta, además de monitorear la temperatura ambiente del estudio.

Cronometro	Dispositivo para medir el tiempo con precisión y controlar el tiempo de preparación y de las pruebas durante el estudio
Refractómetro	Marca ATC con una escala de 0-40 °Brix
PH Metro	Marca TekcoPLUS con escala de 0 a 14 PH
Agua	Para la Inoculación de las muestras
Tazas de catación	Tazas de porcelana limpias y esterilizadas para contener las muestras preparadas para el análisis
Libreta	Para anotar cada uno de los detalles del estudio y no entrelazar la información

Tabla de elaboración propia.

4.2 Metodología

4.2.1 Selección y preparación de la muestra

Cafés de las variedades Catimor y Lempira proporcionados por la finca El Águila, ubicada en San Luis Planes, Santa Bárbara a una altura de 1,550 msnm , fueron cosechados y seleccionados en su estado de maduración, procesados bajo dos métodos distintos: proceso 1 (Café melado) (ver anexo 8) y proceso 2 (Café Natural) (ver anexo 9) Donde se utilizaron 35 libras de café seleccionado y despulpado para cada tratamiento del proceso de melado y se utilizaron 29 libras de café recién cosechado con pulpa para cada tratamiento del proceso natural (ver anexo 3).

4.2.2 Tratamientos

Se procesaron 8 tratamientos en total (tabla 3) donde el diseño experimental consistió en un arreglo factorial de $2 \times 2 \times 2$, resultante de la combinación de dos variedades de café (*Coffea arabica* L. variedades Catimor y Lempira), dos métodos de beneficiado (proceso Natural y proceso Melado/Honey) y dos condiciones de inoculación (con adición de inóculo y sin inóculo, correspondiente a una fermentación espontánea).

Tabla 3. Tratamientos

N.º	Variedad	Proceso	Condición de fermentación
1	Catimor	Melado	Con levadura
2	Catimor	Natural	Con levadura
3	Catimor	Melado	Sin levadura (control)
4	Catimor	Natural	Sin levadura (control)
5	Lempira	Melado	Con levadura
7	Lempira	Natural	Con levadura
6	Lempira	Melado	Sin levadura (control)
8	Lempira	Natural	Sin levadura (control)

Elaboración propia

4.2.3 Levadura *S. cerevisiae* EC-1118

Para la inoculación de los tratamientos se utilizó la levadura *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118, cuya cantidad fue determinada de acuerdo a la masa de café correspondiente a cada tratamiento, empleando una dosis de 1 g de levadura por kilogramo de café. Para su activación y posterior aplicación, la levadura fue diluida en 1600 ml de agua a una temperatura de 40 °C. En los tratamientos correspondientes al proceso melado, se utilizaron 80 g de levadura, de acuerdo con la cantidad de café destinada para estos tratamientos, mientras que para los tratamientos del proceso natural se utilizaron 30 g de levadura, manteniendo la misma relación de inoculación establecida.

Una vez inoculada la levadura, esta fue incorporada de manera uniforme sobre la masa de café contenida en los biorreactores (botellones), procurando favorecer su distribución y contacto con el mucílago presente en los granos. Los tratamientos sin inoculación de levadura fueron establecidos como controles y se sometieron a las mismas condiciones generales de procesamiento, diferenciándose únicamente por la ausencia del microorganismo inoculado.

Durante la fermentación se registró la temperatura ambiente de los biorreactores (botellones) a intervalos de una hora. Asimismo, se realizaron mediciones de sólidos

solubles (°Brix) y pH al inicio y al finalizar el proceso, con el propósito de determinar los cambios fisicoquímicos asociados a la fermentación.

Finalizado el periodo de fermentación, los cafés fueron sometidos al proceso de secado hasta alcanzar una humedad aproximada del 10 %. Posteriormente, los granos secos fueron descascarillados para obtener café verde para su posterior evaluación y tostado bajo las debidas condiciones estandarizadas.

4.2.4 Análisis fisicoquímico

Para analizar las variaciones en las características del café durante cada uno de los diferentes tratamientos, se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos que incluyeron la medición de la temperatura en las fermentaciones, el pH y los grados °Brix (ver anexo 4). Estos parámetros permitieron monitorear cómo la introducción de levadura afectaba el comportamiento del proceso de fermentación.

4.2.4.1 Caracterización de Solidos solubles

Para determinar °Brix se utilizó un refractómetro óptico marca ATC modelo ATC-018 (ver anexo 4). La medición se realizó tomando una gota del mucílago o del líquido que rodea los granos de café despulpado, colocándola en el prisma del refractómetro, y registrando el valor en °Brix. Entre mediciones, el prisma se limpió con agua destilada y secó para evitar contaminación cruzada (Cruz O'Byrne et al. 2022). Se midió tanto al inicio ($t = 0$) como al final de la fermentación (Wu et al. 2024).

4.2.4.2 Potencial de Hidrogeno (pH) de los frutos

La medición de pH se realizó con pH-metro digital calibrado, sumergiendo el electrodo directamente en una muestra líquida representativa del mucílago o medio de fermentación (Flores 2017). Tomando la medición de pH al inicio ($t = 0$) y al final de la fermentación.

4.2.4.3 Temperatura

Se realizó registro de temperatura del exterior de los botellones a través de termómetros digitales, donde se tomaron lecturas frecuentes durante toda la fermentación cada 3 horas para captar variaciones térmicas. Este tipo de monitoreo permite detectar picos o caídas que podrían afectar la fermentación microbiana (De Carvalho Neto y Oliveira, 2020)

4.2.5 Evaluación sensorial

Las pruebas de evaluación sensorial se llevaron a cabo en un laboratorio de catación, siguiendo el protocolo de la Specialty Coffee Association (SCA) Evaluando características sensoriales de aroma/fragancia, cuerpo, acidez, gusto y apreciación final usando un formato estandarizado. La catación fue hecha por un panel de jueces especializados con licencia Q Graders del IHCAFE.

Los resultados obtenidos permitieron comparar el efecto de la variedad, el método de procesamiento y la utilización de *S. cerevisiae* EC-1118 sobre las características fisicoquímicas, sensoriales y económicas de los tratamientos.

4.4 Análisis estadístico

Para evaluar el efecto del tratamiento sobre las variables de respuesta ($^{\circ}$ Brix, y pH), se realizó análisis de varianza (ANOVA) según un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial 8×2 correspondiente a 8 tratamientos y 2 tiempos de medición (inicial y final) a excepción de la prueba de resultados de cata SCA que se evaluó a través de un diseño de una vía. El análisis se realizó con un nivel de confianza del 99.5% ($\alpha = 0,005$). Para las comparaciones múltiples de medias se utilizó la prueba de Scott-Knott, elegida por su alto poder discriminatorio y menor probabilidad de error Tipo I en comparación con otras pruebas de comparación múltiple. Los datos fueron procesados

mediante el software estadístico Sisar versión 5.8 desarrollado por la Universidad Federal de Lavras (UFLA) (Ferreira, 2019).

4.5 Análisis de impacto económico mediante modelo de precios hedónicos

Se llevó a cabo un estudio de precios en la Subasta de Taza de Excelencia en Latinoamérica, se determina el precio hedónico, la palabra hedónico se deriva del griego hedónicos que significa relativo al placer, esto quiere decir, que bajo este modelo el precio es atribuido según el grado de placer que este provoca al consumidor. Donde se evaluó el impacto económico potencial del uso de la Levadura *Saccharomyces cerevisiae*, cepa EC1118 en ambas variedades de café, en función de los cambios en la calidad de taza y su efecto sobre el precio en mercados especializados (Ventura, 2022)

4.5.1 Modelo de precios hedónicos

Para determinar el precio de los cafés obtenidos del experimento se utilizó este modelo el cual permite identificar cómo influye cada atributo en la formación del precio el cual se expresa a través de la fórmula: $\ln(\text{precio}) = f(\text{cantidad vendida}, \text{puntuación de cata}, \text{variedad de café}, \text{método de beneficiado})$

Donde:

$\ln(\text{precio})$: Logaritmo natural del precio pagado por cada libra de café.

f : Cantidad vendida: representa la cantidad vendida en la subasta de la Taza de Excelencia.

Puntuación de cata: obtenida en pruebas sensoriales según protocolo SCA.

Método de beneficiado: Tratamiento 1 Natral, Tratamiento 2 Melado (Honey).

Variedad: Lempira y Catimor

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis Fisicoquímicos

En las secciones siguientes se presentan los resultados obtenidos de los parámetros de sólidos solubles y pH.

5.1.1 Sólidos solubles totales(°Brix)

Los valores de sólidos solubles totales (°Brix) fueron determinados al inicio y al final del proceso de fermentación, con el propósito de evaluar las variaciones en el contenido de azúcares presentes en los diferentes tratamientos. Los resultados obtenidos para cada tratamiento se presentan en la Tabla 4, permitiendo observar el comportamiento de esta variable durante el proceso fermentativo.

Tabla 4 Sólidos solubles

	Descripción	°Brix Inicial	°Brix Final
Tratamiento 1	Catimor Melado Con Inoculo	15.23 Eb	12.11 Ea
Tratamiento 2	Catimor Natural Con Inoculo	13.70 Db	10.35 Da
Tratamiento 3	Catimor Melado Sin Inoculo	11.73 Cb	8.87 Ca
Tratamiento 4	Catimor Natural Sin Inoculo	11.79 Cb	10.40 Da
Tratamiento 5	Lempira Melado Con Inoculo	9.80 Bb	7.32 Ba
Tratamiento 6	Lempira Natural Con Inoculo	10.06 Bb	8.03 Ba
Tratamiento 7	Lempira Melado Sin Inoculo	7.00 Ab	5.08 Aa
Tratamiento 8	Lempira Natural Sin Inoculo	7.00 Ab	5.08 Aa

Las mayúsculas comparan los tratamientos dentro del tiempo

Letras minúsculas comparan los tratamientos entre cada tiempo

El análisis de varianza demostró efectos significativos ($p < 0.01$) para tratamiento, tiempo y su interacción, con un coeficiente de variación de 7.41%. La prueba de Scott-Knott agrupó los tratamientos en cinco niveles estadísticamente diferentes, destacando el tratamiento (T1) con la mayor concentración de sólidos solubles (12.12 °Brix promedio). Se observó una disminución significativa de los grados Brix entre el tiempo 1 (10.79 °Brix) y el tiempo 2 (6.02 °Brix) respecto al tiempo para todos los tratamientos. La interacción significativa indica que la magnitud de esta disminución varió según el tratamiento, siendo (T2) el que mostró la mayor pérdida (-6.70 °Brix) y (T4) la menor (-2.79 °Brix). Estos resultados sugieren que el procesamiento y el tiempo de fermentación afectan diferencialmente el contenido de azúcares solubles, siendo el tratamiento T1 el que presentó una menor reducción de los grados Brix a lo largo del tiempo.

Estos resultados coinciden con los datos presentados por Urugo et al. (2025), donde resaltan que el descenso de los °Brix durante la fermentación del café obedece al metabolismo de levaduras y bacterias, que degradan los azúcares del mucílago para generar etanol, ácidos orgánicos y compuestos aromáticos. Asimismo, nuestros hallazgos encuentran similitud con lo descrito por Córdova-Zambrano et al. (2025) sobre fermentación controlada de café variedad Caturra. Estos autores encontraron que, aunque el uso de inóculo (*Saccharomyces cerevisiae*) aceleraba la velocidad de degradación de azúcares durante las primeras 48 horas, al final de las 96 horas de fermentación la concentración de °Brix entre los lotes inoculados y los controles espontáneos no mostraban diferencias significativas.

(Costa et al. 2025) señalan que la temperatura ambiental establece un factor determinante en la cinética de fermentación, debido a su influencia sobre la actividad metabólica de los microorganismos involucrados en el proceso. Los autores reportaron que, a temperaturas comprendidas entre 20 y 25 °C, se favorece el consumo de los azúcares disponibles, observándose una disminución progresiva de los valores de °Brix hasta alcanzar sus niveles más bajos entre el quinto y sexto día de fermentación. Este comportamiento coincide con lo observado en los tratamientos evaluados en el presente estudio, particularmente en el lote de Catimor 90, donde las temperaturas registradas se encontraron dentro de dicho intervalo. Asimismo, todos los tratamientos alcanzaron su mayor reducción de sólidos solubles al sexto día de fermentación, independientemente de la aplicación del inóculo, lo que sugiere que, bajo las condiciones

evaluadas, la temperatura pudo ejercer una mayor influencia sobre la dinámica de consumo de azúcares que la presencia de la levadura inoculada.

5.1.2 Potencial de hidrogeno pH

La medición del pH se realizó previo y posterior al proceso de fermentación del café, este es un parámetro fisicoquímico importante por medio del cual podemos monitorear la actividad microbiana.

Tabla 4. Comparación entre pH inicial y pH final.

	Descripción	pH Inicial	pH Final
Tratamiento 1	Catimor Melado Con Inoculo	8.00 Ab	6.00 Da
Tratamiento 2	Catimor Natural Con Inoculo	8.00 Ab	6.00 Da
Tratamiento 3	Catimor Melado Sin Inoculo	8.00 Ab	3.50 Aa
Tratamiento 4	Catimor Natural Sin Inoculo	8.00 Ab	4.50 Ca
Tratamiento 5	Lempira Melado Con Inoculo	8.00 Ab	3.50 Aa
Tratamiento 6	Lempira Natural Con Inoculo	8.00 Ab	4.50 Ca
Tratamiento 7	Lempira Melado Sin Inoculo	8.00 Ab	3.83 Ba
Tratamiento 8	Lempira Natural Sin Inoculo	8.00 Ab	3.83 Ba

Las mayúsculas comparan los tratamientos dentro del tiempo

Letras minúsculas comparan los tratamientos entre cada tiempo

El análisis de varianza para el pH reveló efectos altamente significativos ($p < 0.01$) para el tratamiento ($F = 37.929$; $p = 0.0000$), el tiempo ($f = 3612.500$; $p = 0.0000$) y la interacción tratamiento $\times$ tiempo ($F = 37.929$; $p = 0.0000$). El coeficiente de variación fue de 3.28%, considerado bajo y que indica una alta precisión experimental.

La interacción mostró que, en el tiempo inicial, todos los tratamientos presentaron un pH de 8.00, sin diferencias estadísticas entre ellos (Scott-Knott para todos). Este resultado confirma que las condiciones iniciales eran homogéneas y que cualquier diferencia posterior es atribuible exclusivamente a los tratamientos aplicados.

En el tiempo final, los tratamientos T1 y T2 presentaron el pH más elevado (6.00), siendo significativamente superiores ($p < 0.05$) al resto. Los tratamientos T7 y T8 mostraron un pH intermedio (3.83), mientras que T3 y T5 presentaron la mayor acidificación (3.50). El desdoblamiento del factor tiempo dentro de cada tratamiento confirmó que todos los tratamientos sufrieron una disminución significativa ($p < 0.01$) del pH entre el tiempo inicial y final. La caída más pronunciada ocurrió en T3 y T5 ($\Delta = -4.50$ unidades), mientras que T1 y T2 mostraron la menor reducción ($\Delta = -2.00$ unidades). Estos resultados indican que el proceso de fermentación genera una acidificación progresiva en todos los tratamientos, pero con magnitudes diferenciales que dependen de las condiciones específicas de cada uno.

Debido a la menor acidificación se evidencia una mayor amortiguación en T1 y T2, posiblemente asociada a una menor producción de ácidos orgánicos durante el proceso fermentativo. Debido a esto, los tratamientos T1 y T2 son los más recomendables para preservar un pH favorable, considerando que valores de pH inferiores a 4.0 pueden estar relacionados con perfiles sensoriales indeseables y una mayor acidez percibida en la taza (Bressani et al. 2020).

Los resultados obtenidos en esta investigación son consistentes con los reportados por (Pereira et al. 2016), quien estudio la cinética de acidificación en cafés procesados mediante vía húmeda y Natural. En ambos tratamientos, los procesos melados presentaron un descenso más pronunciado del pH (alcanzando valores de 3.4 a 3.8) en comparación con los procesos Naturales (que se estabilizaron entre 4.2 y 4.8). Esta diferencia se atribuye a la mayor disponibilidad de azúcares y humedad en el mucílago expuesto durante el proceso Melado, que acelera la producción de ácido acético y láctico por parte de las bacterias fermentativas (Díaz et al. 2025)

Asimismo, los hallazgos concuerdan con lo observado por (Shen et al. 2026). Estos investigadores evaluaron el efecto de inóculos de *Saccharomyces cerevisiae* en la fermentación de café Natural y Melado. Sus resultados demostraron que, aunque la adición de levadura puede acelerar la caída inicial del pH durante las primeras 48 horas, el pH final a los 6 días tiende a igualarse entre los lotes inoculados y los de fermentación espontánea, debido a la rápida adaptación y dominancia de la microbiota nativa en el segundo caso.

Por último, los valores de pH final obtenidos en ambos procesos (3.50 – 5.00) se encuentran dentro del rango óptimo reportado por la literatura especializada para una fermentación controlada. Según (Tirado Kulieva et al. 2024) un pH final entre 3.5 y 5.5 es deseable para la

calidad del café, ya que valores extremadamente bajos (< 3.3) suelen asociarse con perfiles de sabor avinagrados y defectos sensoriales, mientras que valores altos (> 5.8) son indicativos de una fermentación insuficiente. Con este punto de vista, los tratamientos de la presentes investigación, tanto Naturales como Melados, se ubicaron dentro de los rangos aceptables para una producción de café de alta calidad.

5.1.3 Resultados de evaluaciones sensoriales

Figura 1. Rueda de sabores del catador de café, tratamientos Catimor Melado

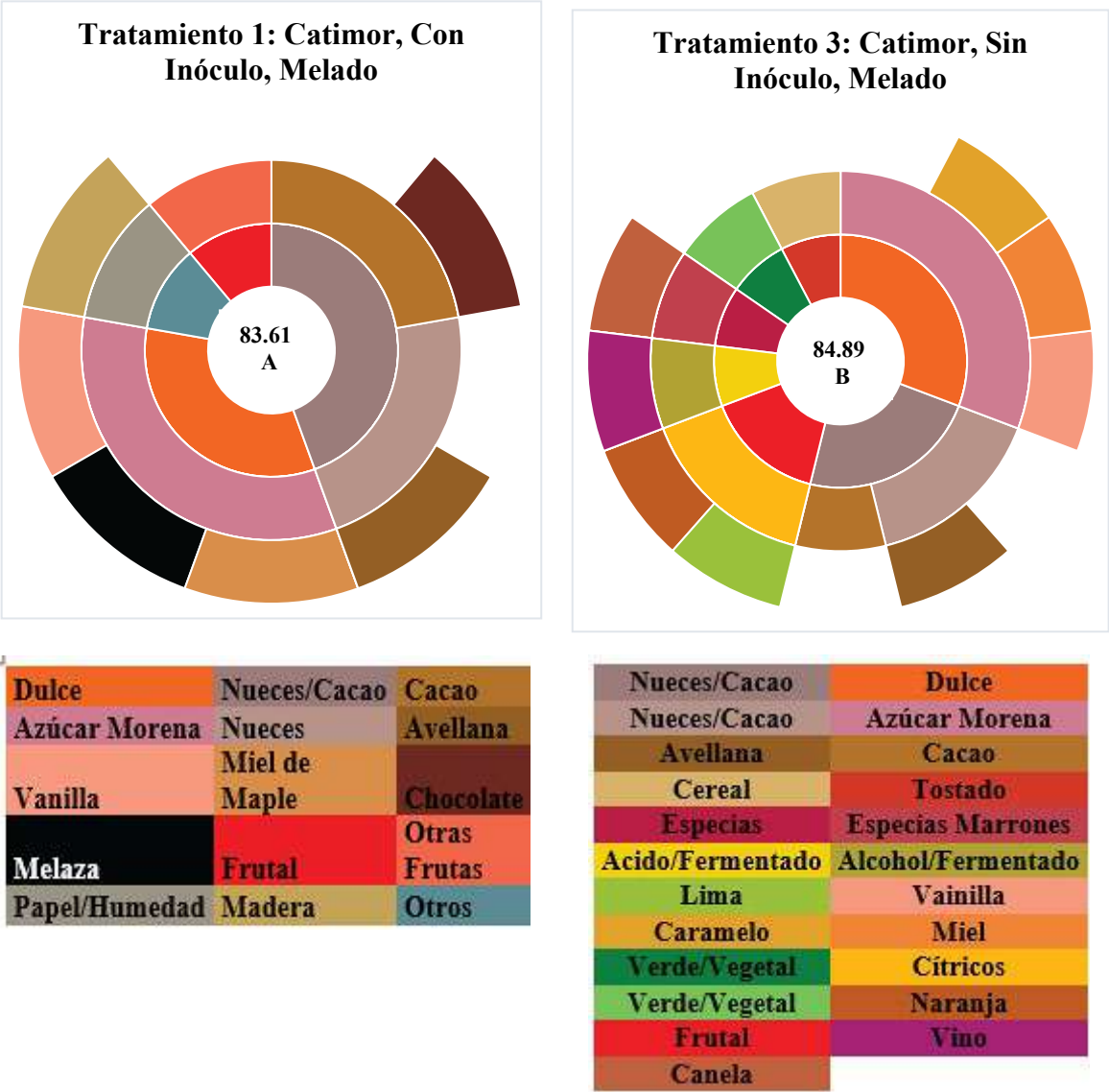
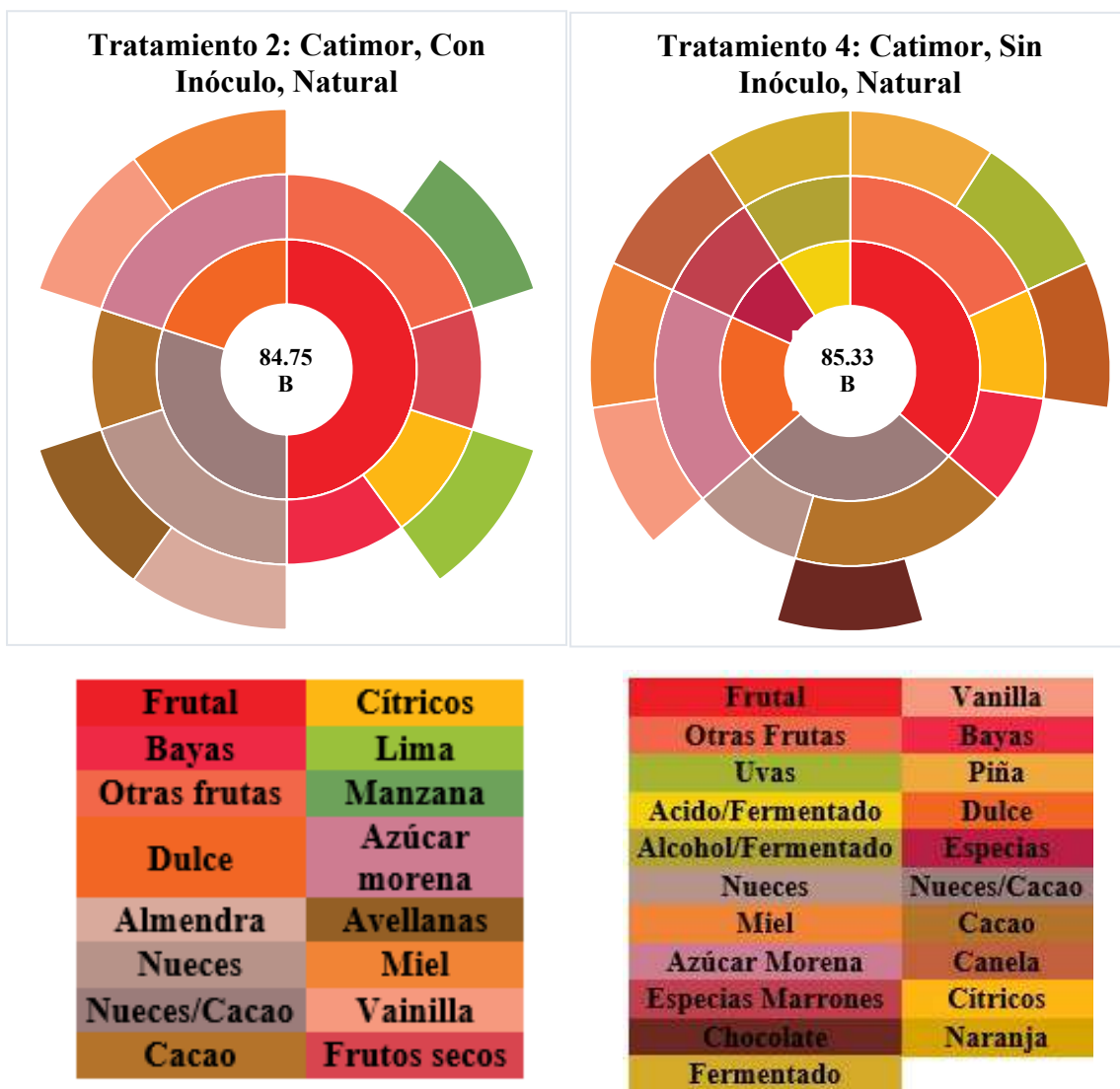


Figura 2. Rueda de sabores del catador, tratamientos Catimor Natural



Los tratamientos Catimor tuvieron un desempeño sensorial sobresaliente, con calificaciones SCA comprendidas entre 83,61 y 85,33 puntos, lo que sitúa a todos los tratamientos dentro del umbral de café especial (>80 puntos). El método de beneficio ejerció una influencia decisiva sobre el perfil organoléptico, destacando nítidamente los procesos Naturales (T2 y T4) por obtener las puntuaciones más elevadas y los espectros aromáticos de mayor riqueza.

El mejor registro correspondió al Tratamiento 4 (Catimor, fermentación espontánea, vía Natural), con 85,33 puntos SCA. Su carácter sensorial se distinguió por una complejidad fermentativa y afrutada muy pronunciada, manifestada en fragancias de uva, bayas, guayaba, piña, mango, cacao

y naranja, mientras que en el sabor afloraron frutas cítricas, frutos rojos, chocolate oscuro y marañón, acompañados de matices fermentativos armónicamente integrados. Este comportamiento sugiere que la microbiota autóctona, al desarrollarse sin interferencias en un sistema de cereza entera, generó una diversidad metabólica amplia, enriqueciendo la gama de volátiles y potenciando la intensidad de los atributos frutales.

El Tratamiento 2 (Catimor, con adición de levaduras, Natural) alcanzó 84,75 puntos, mostrando también un perfil intensamente afrutado con apuntes de bayas, cacao, miel, plátano, lima y avellana. Si bien su calificación resultó ligeramente inferior a la del T4, se caracterizó por un equilibrio notable entre dulzor y acidez frutal. La inoculación probablemente aceleró la generación de ciertos ésteres de carácter frutal, aunque la diversidad de notas fermentativas fue menos amplia que en el tratamiento sin inóculo.

Por el contrario, los tratamientos sometidos a la vía Melado (T1 y T3) mostraron perfiles más inclinados hacia el espectro dulce y achocolatado, con una presencia más moderada de notas frutales. El Tratamiento 3 (Catimor, fermentación espontánea, Melado) alcanzó 84,89 puntos, con notas de miel, azúcar morena, cacao, caramelo, canela y ligeros toques vinosos. La aparición de estos últimos en el T3, ausentes en el T1, apunta a que la fermentación natural en el sistema Melado propició una mayor generación de ácidos orgánicos y alcoholes superiores, añadiendo una capa de complejidad adicional.

El perfil más amplio y con mayor variedad de sabores fue el Tratamiento 4 (Natural, sin inóculo) que exhibió un perfil variado, combinando frutas tropicales, cítricos, bayas, chocolate y elementos fermentativos, mientras que el Tratamiento 1 (Melado, con inóculo) resultó el más homogéneo y convencional, con un claro predominio de frutos secos y cacao.

Figura 3. Perfil sensorial de los tratamientos Lempira con inóculo en proceso melado

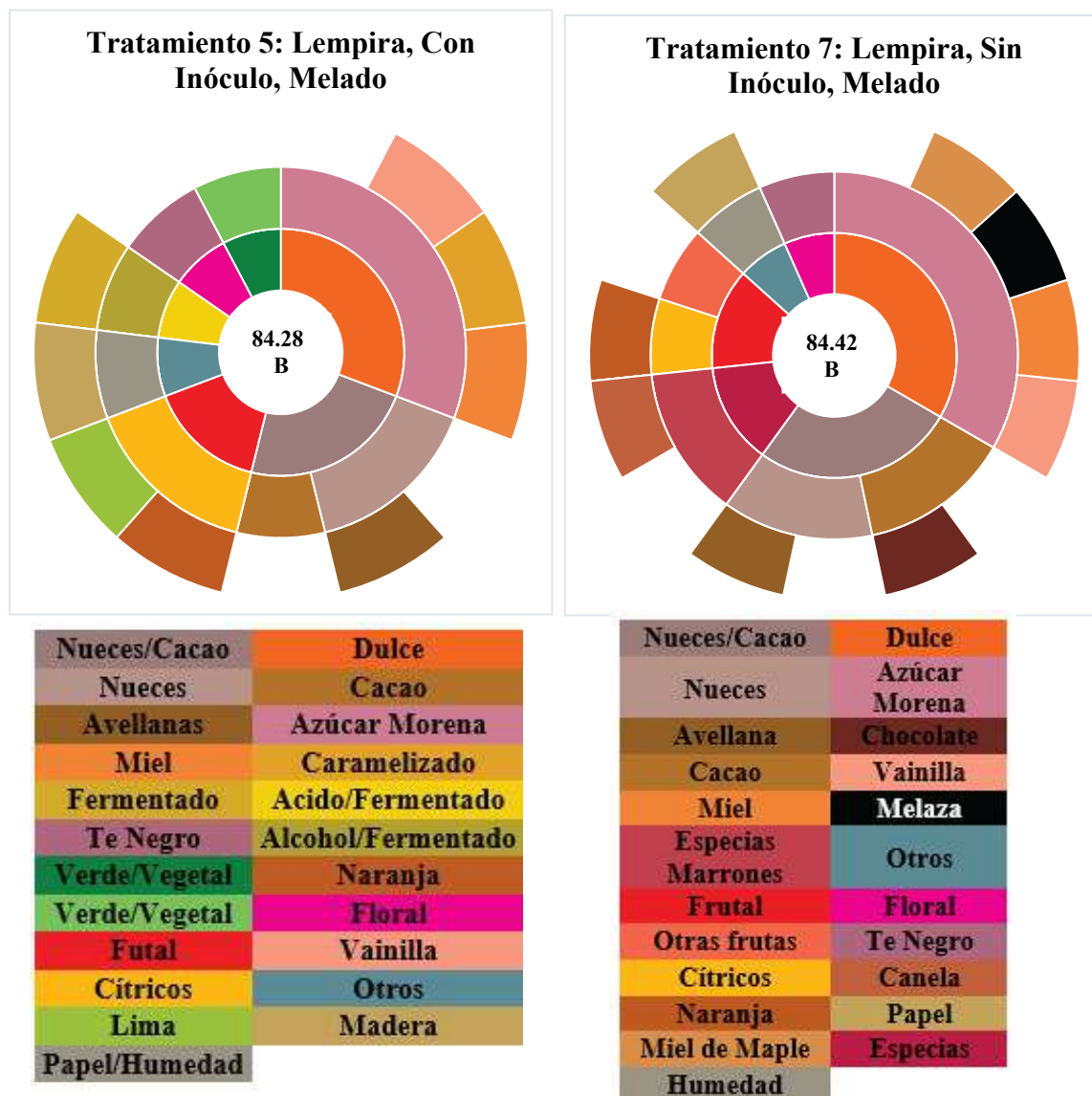
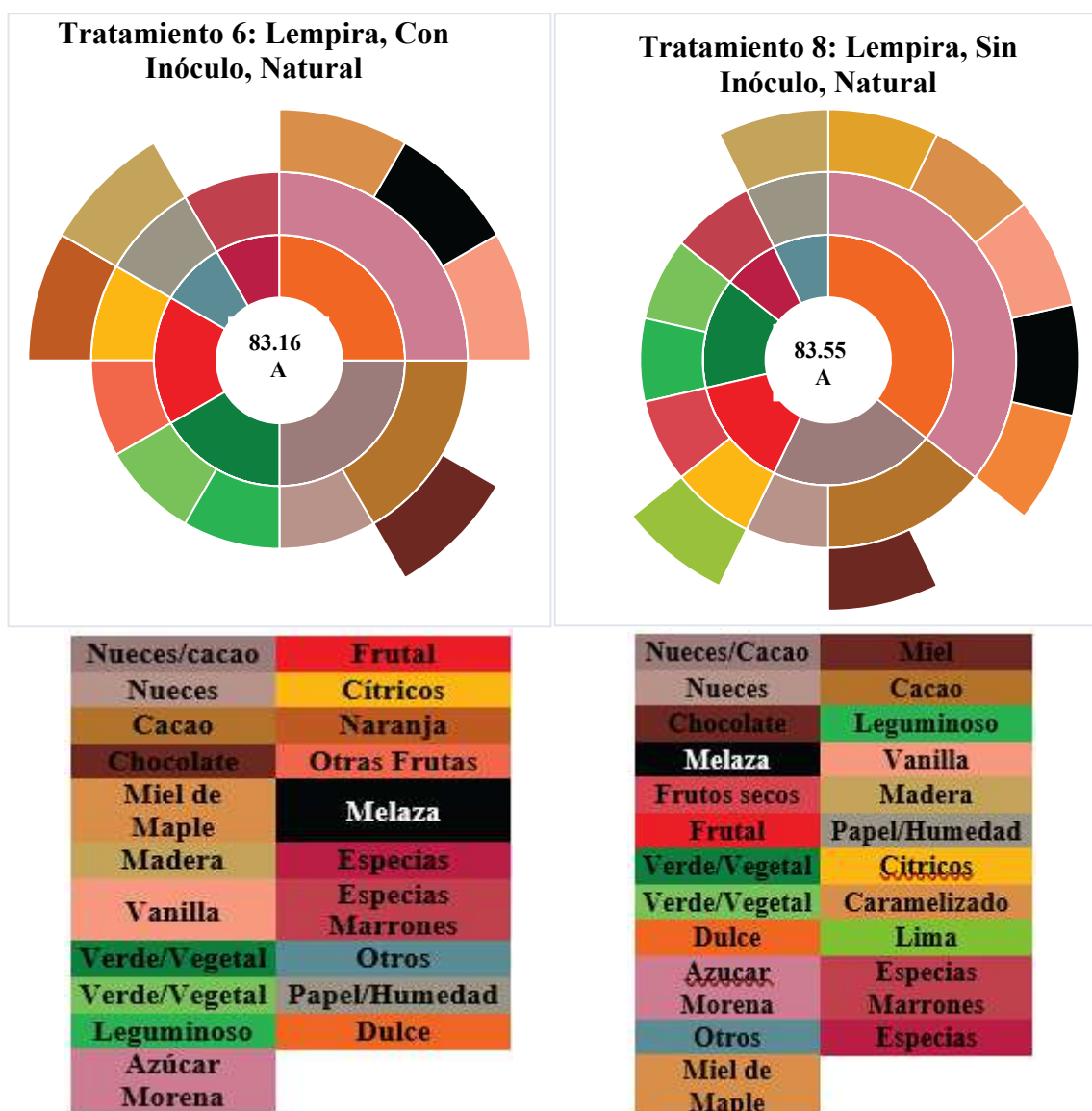


Figura 4. Perfil sensorial de los tratamientos Lempira sin inóculo en proceso melado



Los tratamientos de la variedad Lempira, si bien lograron mantenerse dentro del umbral de café especial (>80 puntos), obtuvieron calificaciones ligeramente más modestas que las registradas para Catimor, con un intervalo comprendido entre 83,16 y 84,42 puntos. El perfil sensorial de esta variedad resultó sensiblemente más reservado y armónico, con una acusada presencia de notas a frutos secos, cacao y chocolate, y una menor intensidad de los atributos fermentativos y frutales observados en la variedad anterior.

El Tratamiento 7 (Lempira, fermentación espontánea, vía Melado) alcanzó la máxima puntuación dentro de este grupo, con 84,42 puntos SCA. Su perfil se distinguió por un equilibrio sobresaliente y una dulzura pronunciada, manifestada en notas de nueces, cacao, azúcar moreno, vainilla, miel, melaza, canela, cedro y jarabe de arce, complementadas por sutiles toques cítricos

de naranja. La ausencia de inóculo en este procesamiento Melado parece haber favorecido una evolución fermentativa más pausada, lo que permitió una preservación del dulzor y una sensación en boca untuosa, sin derivar hacia perfiles fermentativos excesivos.

El Tratamiento 5 (Lempira, con adición de levaduras, Melado) obtuvo 84,28 puntos, cifra muy próxima a la del T7, con un perfil cualitativamente similar en cuanto a dulzor y carácter achocolatado. No obstante, incorporó ligeros apuntes herbales y de té verde que aportaron cierta frescura, aunque sin alcanzar la profundidad ni la estratificación de sabores observada en el T7.

En el extremo inferior de la escala se situaron los tratamientos Naturales de Lempira (T6 y T8), que registraron 83,16 puntos (con inóculo) y 83,56 puntos (sin inóculo), respectivamente. Ambos mostraron perfiles dominados por frutos secos, cacao y chocolate, con acompañamiento de vainilla, melaza y tenues matices vegetales. La escasa presencia de notas frutales y fermentativas en estos lotes sugiere que las condiciones ambientales más frescas asociadas a esta variedad con temperaturas máximas de 21,5 °C. limitaron la síntesis de compuestos volátiles vinculados a la frutalidad y la fermentación durante el proceso Natural, dando lugar a perfiles más lineales y de menor complejidad relativa frente a Catimor.

En cuanto a la diversidad de sabores, el Tratamiento 7 (Melado, sin inóculo) sobresalió por su repertorio más amplio de notas complementarias (frutos secos, chocolate, miel, cítricos, canela, cedro y arce), mientras que los tratamientos Naturales (T6 y T8) mostraron los rangos más restringidos, prácticamente circunscritos a nueces y cacao, con apenas alguna referencia especiada o frutal.

5.1.3.1 Comparación entre tratamientos.

Al analizar los perfiles sensoriales consolidados, se observa una clara diferenciación en los atributos de fragancia, aroma y sabor.

Para el procedimiento Catimor Natural, se creó un perfil aromático más homogéneo, particularmente en el tratamiento sin inocular, que además presenta una presencia más prominente de frutas como uvas, bayas, guayaba, mango, piña y cítricos. También tiene notas fermentativas placenteras. En cambio, los tratamientos melados en las dos variedades mostraron

perfiles más dulces y con sabor a chocolate, dominados por cacao, vainilla, nueces, panela y azúcar moreno. La variedad lempira presentó un perfil más clásico y puro, destacando los sabores de cacao, chocolate, panela y nueces. Por su parte, la variedad Catimor desarrolló una diversidad más amplia de descriptores frutales, particularmente durante el proceso natural.

El tratamiento que mostro un mejor desempeño fue el de Catimor Natural sin levadura se presentaron notas descriptivas como "ácido fermentado, bayas, uvas, mucílago de cacao, guayaba-piña, panela y chocolate oscuro". Este perfil, altamente valorado en cafés de especialidad, sugiere que el proceso Natural potencia los compuestos volátiles frutales y fermentativos.

Por el contrario, el tratamiento con menor desempeño fue el Lempira Natural inoculado en el cual se presentaron notas como "nueces, hierbas, cacao, toque vegetal y madera". Estos descriptores suelen asociarse a cafés con menor complejidad y acidez, lo cual se refleja en su menor puntuación y menor disposición de los mercados internacionales por pagar un precio más alto.

5.2 Resultados del ANOVA de los resultados de catación

El presente estudio analizó la influencia de ocho tratamientos (T1 a T8) sobre la calificación sensorial SCA, evaluada al final de la fermentación. Se empleó un diseño experimental de parcelas divididas (split-plot) (tabla7).

Tabla 5. Resultados de prueba ANOVA en puntaje de cata de los tratamientos del 1 al 8

	Puntaje de Cata
Tratamiento 1	83.61 A
Tratamiento 2	84.75B
Tratamiento 3	84.89 B
Tratamiento 4	85.33 B
Tratamiento 5	84.28 B
Tratamiento 6	83.16 A
Tratamiento 7	84.42 B
Tratamiento 8	83.55 A

Las mayúsculas comparan los tratamientos entre si

El análisis de varianza para la variable puntuación SCA (calidad sensorial del café) mostró un efecto significativo ($p < 0.01$) del factor tratamiento ($F = 4.160$; $p = 0.0087$), con un coeficiente de variación de 0.76%, valor extremadamente bajo que indica una precisión experimental excepcional y una alta homogeneidad en las evaluaciones sensoriales.

La prueba de Scott-Knott ($\alpha = 0.05$) agrupó los 8 tratamientos en dos grupos estadísticamente diferenciados: un primer grupo (a1) compuesto por los tratamientos T5 (83.16), T6 (83.56) y T3 (83.61); y un segundo grupo (a2) conformado por los tratamientos T7 (84.28), T8 (84.42), T1 (84.75), T4 (84.89) y T2 (85.33). Esta distribución evidencia una clara separación entre los tratamientos de menor y mayor calidad sensorial.

El tratamiento T2 obtuvo la mayor puntuación SCA (85.33 puntos), seguido muy de cerca por T4 (84.89), T1 (84.75) y T8 (84.42). Por el contrario, los tratamientos T5 (83.16) y T3 (83.61) presentaron las calificaciones más bajas, con una diferencia de hasta 2.17 puntos entre el mejor (T2) y el peor (T5). En el contexto de la escala de evaluación de cafés especiales, donde diferencias superiores a 2.0 puntos son consideradas sensorialmente perceptibles, esta separación adquiere relevancia práctica.

Estos hallazgos indican que el tipo de procesamiento y las condiciones experimentales asociadas a cada tratamiento ejercen una influencia determinante sobre la calidad sensorial final del café. Los tratamientos que preservaron mejor los °Brix y mantuvieron un pH más elevado (T1, T2 y T4) coincidieron con los mayores puntajes SCA, lo que sugiere una posible relación positiva entre la retención de azúcares, la menor acidificación y la calidad sensorial percibida.

El análisis de varianza para la puntuación SCA mostró diferencias significativas ($p < 0.01$) entre los tratamientos evaluados. La prueba de Scott-Knott agrupó los tratamientos en dos conjuntos estadísticamente diferenciados, destacando el tratamiento T2 con la mayor calificación sensorial (85.33 puntos), seguido muy de cerca por T4 (84.89), T1 (84.75) y T8 (84.42), todos pertenecientes al grupo de mayor calidad (a2). Por otra parte, los tratamientos T5 (83.16), T6 (83.56) y T3 (83.61) obtuvieron las puntuaciones más bajas (grupo a1). La diferencia de 2.17 puntos entre el mejor (T2) y el peor (T5) tratamiento es sensorialmente perceptible en la escala de cafés especiales, lo que resalta la importancia del procesamiento en la calidad sensorial. El

tratamiento T2 es el que ofrece la mejor calidad sensorial, posicionándose como la opción más prometedora para la obtención de cafés de especialidad con altos estándares de calidad.

5.3 Relación entre la calidad en taza y el valor económico del café mediante el modelo de precios hedónicos.

El modelo de precios hedónicos permite descomponer el precio de un bien en el valor implícito de sus atributos (Rosen, 1974). Para el presente estudio, se adoptó el modelo empírico utilizado en investigaciones previas sobre el mercado de cafés especiales de Honduras, el cual se expresa mediante la siguiente ecuación

Para la construcción de este modelo, se utilizaron los registros históricos de la Subasta Taza de Excelencia de Honduras de los años 2017, 2025 y 2026. Dado que las variedades Lempira y Catimor cuentan con participaciones limitadas en los años más recientes (2009 y 2017 respectivamente), se realizó un análisis de crecimiento del mercado de cafés especiales utilizando como referencia las variedades Pacas, Típica y Pacamara, las cuales tienen registros continuos en las subastas de 2009 a 2025.

5.3.1 Estimación del precio

Para la estimación de los precios potenciales de los ocho tratamientos experimentales, se utilizaron los coeficientes resultantes del modelo de regresión hedónica estimado a partir de los datos de la Taza de Excelencia de Honduras de los años 2017, 2025 y 2026.

La ecuación de estimación, derivada de la regresión lineal múltiple, se expresa de la siguiente manera (Ecuación 2):

$$\ln(Precio) = \beta_0 + \beta_1(Puntaje) + \beta_2(Cantidad) + \beta_3(Año) + \beta_4(Natural) + \beta_5(Melado) + \beta_6(Pacas) + \beta_7(Típica) + \beta_8(Lempira)$$

Donde:

$\ln(Precio)$: Logaritmo natural del precio estimado por libra de café (USD/libra).

Puntaje: Puntuación SCA obtenida en el análisis sensorial de cada tratamiento.

Cantidad: Cantidad de café vendida en la subasta (en libras). Para la estimación, se utilizó la cantidad promedio de los lotes de la Taza de Excelencia 2025 y 2026 (estandarizada en 550 libras).

Año: Año de la subasta. Para la estimación se utilizó el año 2026.

Natural / Melado: Variables dummy correspondientes al método de beneficiado (1 si aplica, 0 si no).

Pacas / Típica / Lempira: Variables dummy correspondientes a la variedad de café (1 si aplica, 0 si no).

β_0 a β_8 : Coeficientes de regresión estimados en el modelo.

Los coeficientes de regresión obtenidos (β) se presentan en la Tabla 10.

Tabla 6. Coeficientes de regresión del modelo hedónico

Variable	Coeficiente β
(Constante)	-330.083
Puntaje	-4.509E-6
Cantidad	-0.002
Año	0.165
Es_Natural	0.094
Es_Melado	-0.081
Es_Pacas	0.154
Es_Lempira	-0.500

Tabla de elaboración propia.

Sustituyendo estos coeficientes en la Ecuación 2, se procedió a estimar el precio para cada uno de los ocho tratamientos experimentales. Para ello, se introdujeron los puntajes SCA obtenidos experimentalmente y se asignaron los valores 0 o 1 a las variables dummy correspondientes a la variedad y al proceso de cada tratamiento.

A modo de ejemplo, la estimación del tratamiento 1 (Catimor Natural sin inóculo, con 85.75 puntos) se calculó de la siguiente manera:

$$\ln(\text{Precio}) = -330.083 + (-4.509 \times 10^{-6} \times 85.75) + (-0.002 \times 550) + (0.165 \times 2026) + (0.094 \times 1) + (-0.081 \times 0) + (0.154 \times 0) + (0.000 \times 0) + (-0.500 \times 0)$$

$$\ln(\text{Precio}) = 3.130$$

Finalmente, para obtener el precio en dólares por libra, se aplicó la función exponencial:

$$\text{Precio} = e^{3.130} = \$22.87$$

Los resultados de la estimación para los ocho tratamientos experimentales se presentan en la Tabla 10.

Tabla 7. Estimación de precios hedónicos por tratamiento experimental

Tratamiento	Variedad	Proceso	Inoculo	Puntaje SCA	Precio Estimado (USD/lb)
1	Catimor	Natural	Sin Inoculo	85.75	22.87
2	Catimor	Natural	Con Inoculo	84.83	22.68
3	Catimor	Melado	Sin Inoculo	85.17	21.03
4	Catimor	Melado	Con Inoculo	84.25	21.03
5	Lempira	Melado	Sin Inoculo	84.92	12.76
6	Lempira	Melado	Con Inoculo	84.58	12.76
7	Lempira	Natural	Sin Inoculo	84.58	15.20
8	Lempira	Natural	Con Inoculo	83.83	15.20

Tabla de elaboración propia.

5.3.2 Comparación con precios de la Taza de Excelencia

Los precios estimados para los tratamientos experimentales se compararon con los precios reales de adjudicación de la Subasta Taza de Excelencia de Honduras 2025 y 2026. Según los datos publicados por la Alliance for Coffee Excellence (ACE), el precio promedio pagado por los cafés de la categoría "Tradicional" en el año 2026 fue de aproximadamente \$26.00 a \$40.00 USD por libra para puntajes entre 87 y 90 puntos.

Al comparar estas referencias con los precios estimados para los tratamientos de Catimor y Lempira (que oscilan entre \$12.76 y \$22.87 USD/lb), se observa que estos se encuentran dentro del rango esperado para cafés de especialidad de puntajes entre 83 y 86 puntos. Si bien los precios

estimados son inferiores a los de los cafés de mayor puntuación (Geisha, Pacas y Típica), representan un incremento significativo en comparación con los precios históricos de estas variedades en subastas pasadas (Catimor se vendía a \$2.60/lb en 2009 y Lempira a \$16.09/lb en 2017) (Alliance for Coffee Excellence, 2009) (Alliance for Coffee Excellence, 2017). Esto evidencia que el mercado de cafés especiales ha valorado positivamente los avances en la calidad de estas variedades tradicionales.

5.4 Influencia de la puntuación SCA sobre el valor económico

El modelo hedónico estimado permitió cuantificar la influencia de la calidad sensorial sobre el precio. De acuerdo con los coeficientes obtenidos, el efecto del puntaje SCA sobre el precio resultó no significativo ($p = 0.490$) en el rango de puntajes analizados (83 a 86 puntos). Esto indica que, dentro de la Taza de Excelencia, los compradores internacionales están dispuestos a pagar primas de precio principalmente por la variedad de café y el año de la cosecha, más que por pequeñas variaciones en el puntaje SCA dentro de este rango.

Sin embargo, al comparar los precios estimados de los tratamientos con los precios históricos, se evidencia que la mejora en la calidad sensorial (alcanzando puntajes por encima de 84 puntos) ha sido el factor determinante para que estas variedades accedan a un mercado que antes les estaba vedado. La diferencia de precio entre el mejor tratamiento (Catimor Natural sin inóculo, \$22.87/lb) y el de menor valor (Lempira Melado, \$12.76/lb) es de \$10.11 USD/lb, una brecha que refleja el valor que el mercado otorga a la variedad y al proceso de beneficiado sobre el precio final.

5.4.1 Discusión económica

Los resultados del modelo hedónico indican que el uso de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 no genera, necesariamente, un incremento en el valor económico del café para las variedades Lempira y Catimor.

En la variedad Catimor, el tratamiento sin inóculo y proceso Natural (85.75 puntos) alcanzó un precio estimado de \$22.87 USD/lb, superando ligeramente a su homólogo con inóculo (\$22.68

USD/lb). La diferencia es mínima, lo que sugiere que el inóculo no representa una ventaja económica significativa en esta variedad.

En la variedad Lempira, se observó un comportamiento similar: el tratamiento Natural sin inóculo alcanzó un precio estimado de \$15.20 USD/lb, mientras que el tratamiento Melado sin inóculo se estimó en \$12.76 USD/lb. El inóculo no mejoró el precio en ninguno de los dos procesos.

Desde el punto de vista económico, la inversión en levadura EC-1118 representa un costo adicional para el productor (aproximadamente \$0.50 a \$1.00 por libra de café procesado). Dado que los tratamientos sin inóculo obtuvieron precios estimados iguales o superiores a los inoculados, se puede concluir que, bajo las condiciones controladas de este estudio, la fermentación Natural sin adición de levaduras externas es la estrategia más rentable. Esto sugiere que los productores de Lempira y Catimor pueden acceder a mercados de especialidad y obtener precios competitivos (entre \$12.00 y \$23.00 USD/lb) sin la necesidad de incurrir en costos adicionales de insumos microbiológicos, siempre que se optimicen las condiciones del proceso de beneficiado.

VI. CONCLUSIONES

La utilización de la levadura *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 no resultó en un incremento económico consistente en las variedades Catimor y Lempira bajo las condiciones de fermentación evaluadas. Los tratamientos sin inoculación alcanzaron precios hedónicos estimados iguales o superiores a los tratamientos inoculados, destacando el proceso Natural de la variedad Catimor con un valor estimado de 22.87 USD/lb, lo que indica que la aplicación del inóculo no representó una ventaja económica que justificara su costo adicional en el contexto de este estudio.

La inoculación con *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 modificó el perfil sensorial de los cafés, favoreciendo la expresión de determinados atributos aromáticos y de sabor; sin embargo, no mejoró de forma uniforme la calidad en taza. El mayor puntaje obtenido correspondió al tratamiento Catimor Natural sin inóculo (85.75 puntos SCA), mientras que la variedad Lempira presentó perfiles sensoriales más tradicionales y menor complejidad aromática. Estos resultados evidencian que la respuesta a la fermentación dirigida depende de la interacción entre la variedad y el método de beneficiado, más que de la inoculación por sí sola.

El modelo de precios hedónicos permitió estimar el valor económico potencial de los tratamientos experimentales y evidenció que la variedad, el método de

beneficiado y el comportamiento del mercado fueron los principales factores asociados al precio estimado. Aunque el efecto de la puntuación SCA no resultó estadísticamente significativo dentro del rango de puntajes evaluado (83–86 puntos), los tratamientos con mejor calidad sensorial presentaron los mayores valores económicos estimados, confirmando que la producción de cafés de especialidad mediante un manejo adecuado de la fermentación constituye una alternativa para acceder a mercados diferenciados y con mayor valor agregado.

VII. RECOMENDACIONES

Realizar una investigación más amplia incorporando un mayor número de variedades de café y diferentes condiciones de cultivo, con el propósito de evaluar si la inoculación con *Saccharomyces cerevisiae* EC-1118 varía en función del material genético y del ambiente de producción.

Evaluar diferentes tiempos de fermentación, concentraciones de levadura y condiciones de temperatura controlada, a fin de determinar los parámetros óptimos que favorezcan el desarrollo de atributos sensoriales y la estabilidad del proceso fermentativo.

Complementar la evaluación de la calidad del café con análisis fisicoquímicos y microbiológicos, incluyendo la caracterización de la micro biota presente durante la fermentación y la cuantificación de compuestos asociados al aroma y sabor, para comprender con mayor precisión los efectos de la inoculación sobre la calidad final.

Incrementar el tamaño de la base de datos utilizada en el modelo de precios hedónicos mediante la incorporación de registros históricos adicionales de la Taza de Excelencia y otras subastas de cafés especiales, con el fin de fortalecer la capacidad predictiva del modelo y mejorar la estimación del valor económico potencial de los cafés evaluados.

Realizar estudios que incluyan un análisis costo-beneficio de la utilización de levaduras comerciales en procesos de fermentación de café, considerando no solo el posible incremento en el valor comercial del producto, sino también los costos asociados a la adquisición del inóculo, la implementación del proceso y la rentabilidad para el productor.

Promover la adopción de protocolos estandarizados de fermentación y evaluación sensorial que permitan comparar resultados entre investigaciones, facilitando la

generación de evidencia científica en Honduras sobre el uso de microorganismos en el procesamiento de cafés de especialidad.

VIII. BIBLIOGRAFÍAS

- Instituto Hondureño del Café (IHCAFE). «Boletín técnico: Incidencia de roya por variedad .» Gerencia Técnica / Departamento de Investigación y Desarrollo., 2017: 4.
- TEAM COLIPSE. «Flavored Coffee: What is it, How its Made, and Where to Buy.» COLIPSE COFFEE, 2025: 8.
- ACCA. «La Academia Centroamericana de Café.» IHCAFE, 2020.
- Aconsa, Laboratorio. «pH en alimentos: su importancia en la seguridad alimentaria.» 2022.
- Alcántara, Gabriela M.R.N., Luís Claudio Martín, Winston P.C. Gomes, Dayane Dresch, y Fábio R.P. Rocha. «Effect of roasting on chemical composition of coffee.» São Paulo Research Foundation 1 (2025): 40-43.
- Alduenda, Mario R. Fernández. «EVOLVING THE SCA CUPPING PROTOCOL AND FORM: AN OVERVIEW OF THE PILOT TESTING PROCESS.» SCA, 2023.
- Alliance for Coffee Excellence . «Honduras 2024.» Alliance for Coffee Excellence ACE, 2009.
- Alliance for Coffee Excellence . «Finca el aguacate .» Alliance for Coffee Excellence AFCE, 2017.
- Alliance for Coffee Excellence . «Ganadores COE 2024.» Alliance for Coffee Excellence , 2023.
- Alliance for cup excellence . «Taza de la Excelencia.» 23 de mayo de 2025.
- Alomía-Lucero, José, y Diana Rojas Medina. Tiempo de fermentación anaeróbica en la calidad de Coffea arábica L. var. Catimor con proceso Honey, en Satipo-Perú. 2022.

- Andreas , Schieber, Gänz Michael G , y Zhao Cindy J . Formation of taste-active amino acids, amino acid derivatives and peptides in food fermentations - A review. Munich, Germany: PubMed , 2016.
- Angel, May. «Surge in cost of trading coffee heats up record price rally.» Reuters, 2025.
- Angeloni , Simone, Ahmed M Mustafa , Doaa Abouelenein, y Laura Alessandroni . «Characterization of the Aroma Profile and Main Key Odorants of Espresso Coffee.» MDPI. 24 de Jun de 2021. 10.3390/molecules26133856.
- Ardillas, Pipo. «Métodos de procesamiento del café: 5 formas diferentes.» FNB Coffee, 2025.
- Bempah, Laudia Anokye, Juliet Han, Kurt Kornbluth, William Ristenpart, y Irwin R. Donis González. «The use of desiccants for proper moisture preservation in green coffee during storage and transportation.» DOAJ Open Global Trusted, 2023.
- Betancur M., Jimena, y Mateo Zurita S. «Evaluación de la fermentación controlada con inoculación de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y su efecto en la calidad del café (*Coffea arabica*).» Bdigital Zamorano, 2022.
- Cennet, Acar, Deniz Koçan, y Fatma Şah. «Efecto de la adición de café antes y después de la fermentación sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales del kéfir durante el almacenamiento refrigerado.» MDPI, 2026: 8-9.
- Chan, Theodore. «Washed vs. Honey vs. Natural: A Technical Analysis for Specialty Coffee Lovers.» Coffee Roast. 2025. http://coffeeroast.com/extraction/2025/04/02/washed-vs-honey-vs-natural-a-technical-analysis-for-specialty-coffee-lovers/?utm_source.
- Coffee Research Foundation. Coffee (Revised). NAIROBI KENYA: INFONET BIOVISION, 2020.
- Crop Intelligence. «Honduras – Coffee: 2026/27 Production Forecast and Market Dynamics.» Crop Intelligence, Mayo 2026: 2.
- Cruz O'Byrne, Rosmery, Nelson Piraneque Gambasica, y Sonia Aguirre Forero. «Physicochemical, microbiological, and sensory analysis of fermented coffee from Sierra Nevada of Santa Marta, Colombia.» Coffee Science . 07 de December de 2022. <https://doi.org/10.25186/v15i.1797>.

- Cruz, Vilma. «All what you have to know about the coffe variety "Lempira".» Perfect Daily Grind (Perfect Daily Grind) 12 (2022): 3-4.
- Custom Market Insights. «Global Specialty Coffee Market 2024–2033.» Custom Market Insights, 2023.
- Daily Coffee News Staff . «Honduras Coffee Report: Exports Surge on Rising Prices, Reduced Rust Impact.» Daily Coffee News Staff, 2025.
- Davis, Aaron P, Tadasse Woldemariam Gole, y Susana B. «The Impact of Climate Change on Indigenous Arabica Coffee (*Coffea arabica*): Predicting Future Trends and Identifying Priorities.» Bentham-Moxon Trust (Royal Botanic Gardens, Kew), 2017: 3-21.
- De Carvalho Neto, Dão Pedro , y Ana Maria Oliveira. «Microbiological, physicochemical and sensory studies of coffee beans fermentation conducted in a yeast bioreactor model.» OUSI, 2020.
- ESCAFE. «LA INSTANCIA FORMATIVA OFICIAL DEL SECTOR CAFÉ.» IHCAFE, 2023.
- European Coffee Federation (ECF). «European Coffee Report 2023/2024.» European Coffee Federation, 2025.
- Ferreira, Daniel Furtado. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. Vol. 37. Rio de Janeiro: Brazilian Journal of Biometrics, 2019.
- Flores, Darío Xavier Valarezo. «Efecto del proceso de beneficiado húmedo en características físico-químicas y sensoriales de café verde especial (var. Pacamara).» ZAMORANO, 2017.
- Gallardo-Ignacio, J., y otros. «Chemical and Biological Characterization of Green and Processed Coffee Beans from *Coffea arabica* Varieties.» MDPI, 2023.
- Gather, y Johanna. «The role of the coffee futures market in discovering prices for Latin American producers.» International Coffee Council in London 122 (2018).
- Guevara, Julio. «Almacenamiento de Granos Verdes: Factores que Debes Controlar.» Perfect Daily Grind, 2017.

- Horsham Coffee Roaster . «Coffee Processing Methods: Natural, Washed and Honey Explained.» Horsham Coffee Roaster , 2025.
- ICE Futures Europe (antes LIFFE). «El Intercontinental Exchange.» Columbia Climate School (CCSI), 2024.
- IICO . «COFFEE REPORT AND OUTLOOK.» International Coffee Organization, 2023.
- IHCAFE. «Fuentes de resistencia a la Roya del Café con potencial para el mejoramiento genetico en Honduras y Centroamerica.» PROMECAFE 3 (2015): 50-64.
- IHCAFE. «Mapping the coffee value chain.» International Labour Organization, 2024: 80-79.
- IHCAFE, FAO, OIRSA, SAG, y SMNH. Boletín No 6, Departamento de investigacion y desarrollo Roya/Broca. Sistema de Alerta Temprana Para el Cultivo de Cafe, 2017.
- Infobae. «Café hondureño rompe barrera y apunta a una cosecha histórica.» Café hondureño rompe barrera y apunta a una cosecha histórica, 25 de Septiembre de 2026.
- International Coffee Organization. COFFEE REPORT. International Coffee Organization, 2023.
- Jacobi, Johanna , y otros. «Making specialty coffee and coffee-cherry value chains work for family farmers’ livelihoods: A participatory action research approach.» Science Direct 33 (2024).
- Jean Pierre Enríquez, Rodrigo Fernando Retes-Cálix,Emil Floricia Vásquez-Reyes. Importancia, genética y evolución del café en Honduras y el mundo. Tegucigalpa: INNOVARE Revista de Ciencia y Tecnología, 2020.
- Laningan, J. «Influence of Fermentation Time and Inoculation of Starter Culture on the Chemical Composition of Fermented Natural Coffee Followed by Depulping.» SciElo, 2024.
- Lidya, Bevi, Isnaeni Rahma Wildiani, Muhammad Zikri Ramadhan, y Tri Hariyadi. «The Effect of Fermentation Time in Full Wash and Honey Processing on Arabica Coffee Characteristics.» Fluida, 2024.

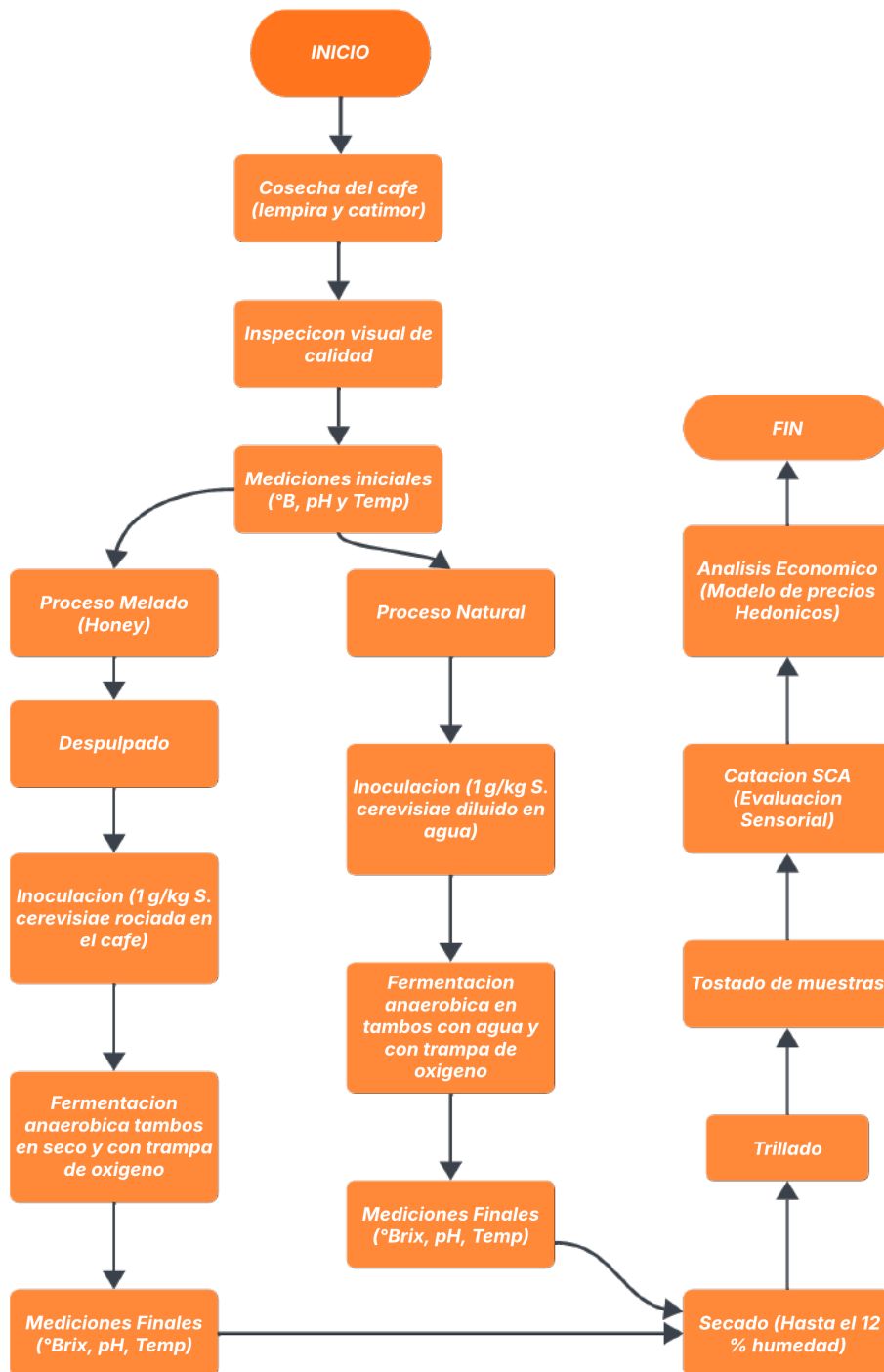
- Luchsinger, Dr. Luis. «Impacto de la postcosecha en la calidad de frutas de exportación.» Redagricola, abril 2021.
- Makiso, Markos Urugo, Yetenayet Bekele Tola , Onwuchekwa Ogah, y Fitsum Liben Endale. «Bioactive compounds in coffee and their role in lowering the risk of major public health consequences: A review.» Food Sci Nutr, 2023: 2.
- Martinez Jimenez, Emerson Josue, y otros. «Influence of anaerobic fermentation and yeast inoculation on the viability,» ELSEVIER, 2023: 2.
- Miguel, Cesar Gonzales de. Produccion de Cafe en Honduras: Modelado de las Relaciones Cafeto-Arbolado. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID , 2007.
- Nogueira , Vanusia, y Enselme. «Coffee Year 2023/2024, Paving the way for a sustainable future.» International Coffee Organization, 2025.
- Obando, Andrea M. Analysis of Volatile Compounds in Coffee Prepared by Various Brewing and Roasting Methods. 2024.
- Palacios, Flor, y Polito Huyama. «Sensory analysis of catimor coffee (coffea arabica) inoculated with Saccharomyces.» Pakamuros, 2023: 123-130.
- Pedro Mendoza. «Honduras 2024/25 coffee exports seen up 15% despite EU trade fears.» 2024.
- Pereira. Current state of research on coffee by-products and their applications. Food Research International, 2017.
- Perfect Daily Grind. «¿Qué tan importante es el almacenamiento del café verde a lo largo de la cadena de suministro?» Perfect Daily Grind, 2024.
- Portillo, Ostilio R., y Ana C. Arévalo. «The coffee bean nitrogenous compounds. A critical.» d LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology 22 (2024).
- Proceso Digital. «Elección de las nuevas autoridades del Ihcafé será hasta junio señala su gerente.» Elección de las nuevas autoridades del Ihcafé será hasta junio señala su gerente, 14 de Mayo de 2019: 1.

- Ramírez, Alejandra Saray. «Fermentación láctica: ¿una alternativa de beneficio para los productores?» Perfect Daily Grind (PDG), 2022.
- Ribeiro, Luciana Silva, y otros. «The use of mesophilic and lactic acid bacteria strains as starter cultures for improvement of coffee beans wet fermentation.» National Library of Medicine , 2020.
- Rutten, Lamón , y Frida Youssef. «Market-based price risk management.» International Institute for Sustainable Development (IISD) , 2007.
- Samaniego R., Manuel A. «Evaluación de maceración carbónica y adición de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) durante el lavado de café Geisha (*Coffea arabica*).» BioDigital Zamorano, 2019.
- SEFIN. «Crecen en 100% las exportaciones de café, impulsadas por los precios internacionales y la inversión pública histórica.» Secretaría de Finanzas, 4 de Julio de 2025: 1.
- Shen, Xiaojing, Hongsheng Wang, Qi Wang, Guoqing Fang, Ying Li, y Jilai Zhang. «Microbial Characteristics and Functions in Coffee Fermentation.» MDPI, 2024.
- Shen, Xiaojing, y otros. 2025.
- Shen, Xiaojing, y otros. «Microbial Characteristics and Functions in Coffee Fermentation: A Review.» MDPI, 2024.
- Specialty Coffee Association of America (SCAA). «Cupping Protocols .» Specialty Coffee Association of America , 2005.
- Specialty Coffee Transaction . «Transaction prices and percentiles for specialty green coffee.» Transparent Trade Coffee (Emory, 2020.
- Thomas Wensma, Julia Lockett. «Situar el punto de partida del café de especialidad en 84 puntos plantea más retos que soluciones.» Perfect daily grind , 2025: 3-4.
- Thorson, Zoey, Tonny Butera, Joseph Hylan, y Yi-Ling Wu. «What is Specialty Coffee? SCA Standard 102-2024.» Specialty coffee association 5 (2024): 5-7.
- TOSH, JAMES, NICOLAS RUCH, y MICHAEL SPINGLER. «Growing coffee: *Psilanthus* (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological

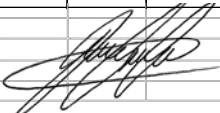
- data; implications for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*.» (Botanical Journal of the Linnean Society) 2021.
- «Transportation via containers at ice temperature inhibits decay and maintains the quality of certain fresh produce.» *CyTA - Journal of Food* 20, nº 1 (12 2022): 285-296.
- Uknow. «Expert: Coffee Processing Methods Explained.» *Coffee Magazine*. 2020.
https://magazine.coffee/blog/9/6030/expert-coffee-processing-methods-explained?utm_source.
- Unigarro, Carlos Andres , Daniel Gerardo Cayón Salinas, Andres Felipe Leon, y Claudia Patricia Florez. Flowering and Fruiting of *Coffea arabica* L.: A Comprehensive Perspective from Phenology. Cartagena: Special Issue Management, Development, and Breeding of *Coffea* sp. Crop, 2025.
- United States Department of Agriculture Foreign Agricultural Service. «Coffee: World Markets and Trade.» World Agricultural Outlook Board/USDA, 2025.
- Universidad de California. «Recomendaciones para mantener la calidad poscosecha.» 2023.
- Várady, Matúš, Jana Boržíková, y Peter Popelka. «Effect of processing method (natural, washed, honey, fermentation, maceration) on the availability of heavy metals in specialty coffee.» PubMed Central PBC, 2024.
- vegaffinity. s.f. <https://www.vegaffinity.com/comunidad/alimento/okra-ocra-gimbombo-kimbombo-beneficios-informacion-nutricional--f415>.
- Velásquez, Rafael A. «Asociación Nacional del Café (Anacafé)- Guía de variedades de café y selección de semilla.» Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ) 3 (2020): 10-55.
- Vélez, Christian Rogelio Cañarte. «Características sensoriais do café (coffea arabica) com diferentes tratamentos de beneficio umido.» Polo del Conocimiento, 2020.
- Ventura, Valeria. «Análisis de precios hedónicos de subastas de cafés especiales en América.» Zamorano, 2022.
- Wang, Chenhui, Jingcan Sun, y Benjamin Lassablier. «Coffee flavour modification through controlled fermentation of green coffee beans by *Saccharomyces*

- cerevisiae and Pichia kluyveri: Part II. Mixed cultures with or without lactic acid bacteria.» PubMed, 2020.
- Westphal, E, y P.C.M Jansen. Plant Resources of South-East Asia. Pudoc Wageningen , Uknow.
- World Coffee Research (organización). «Lempira. Varieties Catalogue .» World Coffee Research., sf.
- Wu, Hanjing, Claudia Gonzalez Viejo, Sigfredo Fuentes, y Frank R. Dunshea. «Evaluation of spontaneous fermentation impact on the physicochemical properties and sensory profile of green and roasted arabica coffee by digital technologies.» Food Research International. January de 2024. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113800>.
- Yeager, Sara. «The Color in Your Cup: Roast Level and Brew Temperature Significantly Affect the Color of Brewed Coffee | 25, Issue 17.» Specialty Coffee Association (Toddy, LLC and Specialty Coffee Association), 2024.
- Zhao, Na, Taroh Suzuki, Mito Kokawa, Amini Rasool Khan, Weixue Dong, y Minh-Quan Nguyen. «Refermentation with yeast and lactic acid bacteria isolates: a strategy to improve the flavor of green coffee beans.» PubMed, 2024.
- Zion Market Research. «Specialty Coffee Market Size, Share, Industry Growth, Analysis, Trends, 2032.» Zion Market Research, 2024.

IX. ANEXOS



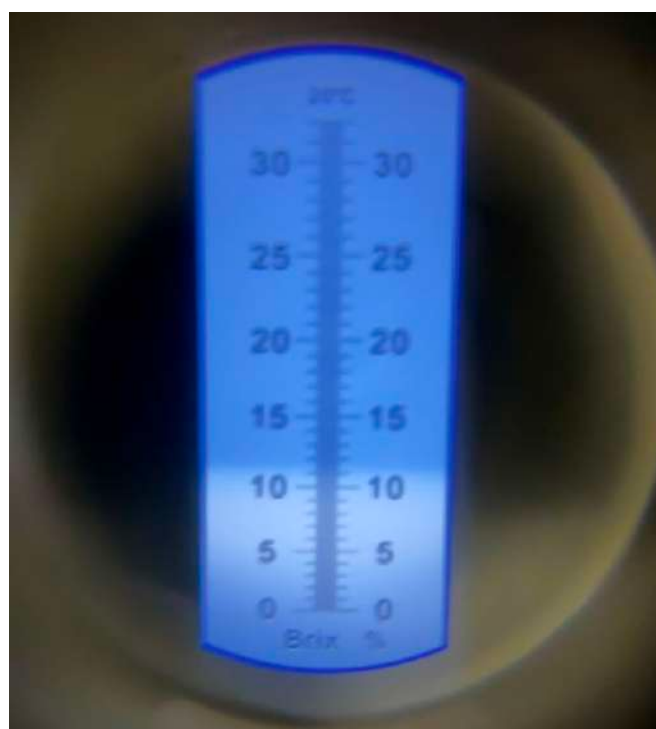
Anexo 1. Diagrama de fujo de procesamiento

 ESTUDIO DE INOCULOS EN EL CAFE CIC-JAS LA FE, ILAMA - SANTA BARBARA LIC, Q GRADERS 30/07/2026 									
Posicion	Sesion	Correlativo	Héctor Trochez	Juan Alvarado	Jeison Bustamante	Prom. Final	Fragancia (Consolidado)	Aroma (Consolidado)	Sabor (Consolidado)
1	1	1	81.75	84.25	84.5	83.50	Notas tostadas, pasas, banano, vainilla, nueces caramelizadas.	Dulce, vainilla, miel, frutos suaves, notas tenues a nuez.	Cacao, vainilla, chocolate, panela, madera (cedro).
2	1	2	82.25	83.5	83.5	83.08	Dulce, vainilla, nueces, chocolate.	Nueces, cacao, coco, miel, almendrado.	Cacao, vainilla, chocolate, panela, tabaco.
3	1	3	83.5	85	84.25	84.25	Nueces, cacao, melaza, frutos suaves.	Dulce, azúcar morena, banano maduro, avellana, miel.	Cacao, azúcar morena, vainilla, cedro, maple, avellana.
4	1	4	84.25	87	83	84.75	Afrutado, bayas, almibar, plátano, notas de cocoa.	Nueces, cacao, manzana, miel, vino tinto.	Frutas deshidratadas, nueces, mango, moras.
5	1	5	84.25	86.25	83.5	84.67	Afrutado, bayas, lima, miel, notas de cacao (calao).	Nueces, cacao, cáscara de cítricos, mucílago de cacao.	Dulce, azúcar morena, nueces, manzana, canela, marañón.
6	1	6	84.25	87	83.25	84.83	Afrutado, bayas, cacao, dulce, notas de avellana.	Nueces, cacao, miel, banano maduro, almendra.	Frutas deshidratadas, cacao, vainilla, marañón.
7	1	7	85.5	83.5	85	84.67	Nueces, cacao, mostaza, té verde, azúcar morena.	Dulce, azúcar morena, miel, menta, zumo de naranja.	Dulce, vainilla, caramelo, envejecimiento, maple, notas de naranja.
8	1	8	85	84.25	85.25	84.83	Nueces, dulce, galleta, panela.	Dulce, azúcar, miel, almendras tostadas, avellana.	Nueces, azúcar, canela, panela, notas de lima.
9	1	9	85.5	85.5	84.5	85.17	Dulce, vainilla, azúcar morena, cacahuete garapiñado.	Nueces, cacao, menta, miel, azúcar blanca.	Dulce, azúcar morena, lima, cacao, caramelo, notas vinosas.
10	1	10	84.25	87	83.5	84.92	Ácido fermentado, caña, whiskey, uva verde.	Ácido fermentado, dulce, mermelada de guayaba, plátano, mango, guayaba.	Caña fistola, ácido fermentado, cacao, nibs, canela, moras, marañón.
11	1	11	85.5	87.5	83	85.33	Ácido fermentado, bayas, uvas, mucílago de cacao, guayaba-piña.	Cacao, vainilla, caña, queso azul, marañón.	Mucílago de cacao, panela, dark chocolate, chicha de piña.
12	1	12	86.25	87	84	85.75	Ácido fermentado, cacao, naranja, nibs de cacao, mango, chocolate con leche.	Cacao, naranja, miel balsámica, tamarindo.	Frutas cítricas, cacao, vainilla, grosella, arándanos.
1	2	13	84.25	84.25	85	84.50	Nueces, cacao, lima, menta, panela, caramelizado	Dulce, azúcar morena, especias, té verde, panela	Té verde, lima, vegetal, panela, zumo de lima
2	2	14	83	83.5	87.25	84.58	Dulce, azúcar morena, nueces, cacao, avellana, miel	Especias, dulce, hierbas, avellana	Cacao, vainilla, cedro, avellana, mandarina
3	2	15	83	83	85.25	83.75	Nueces, vegetal, cacao, herbal, caramelo	Especias, láctico, fresas, nueces, vainilla	Cacao, vainilla, nueces, tabaco, caramelizado, miel
4	2	16	82.25	82.25	82.5	82.33	Nueces, hierbas, cacao, chocolate	Especias, frutas maduras, dulce, chocolate barra	Nueces, toque vegetal, cocoa, tabaco, chocolate, madera
5	2	17	83.5	83.5	84.5	83.83	Nueces, cacao, dulce, panela, naranja	Especias, nueces, mango, frutas suaves, naranja, vainilla	Nueces, azúcar morena, vainilla, dulce, melaza
6	2	18	83	83	84	83.33	Nueces, vegetal, hierbas, dulce, chocolate, caramelo	Especias, nueces, manzana, melaza, chocolate	Nueces, cedro, maple, chocolate
7	2	19	84.25	84.25	85	84.50	Nueces, cacao, banano, miel, avellana, azúcar	Azúcar morena, nueces, naranja, miel, avellana, té verde	Nueces, cacao, almendras, cedro, avellana, naranja
8	2	20	84.25	84.25	86.25	84.92	Nueces, azúcar morena, vainilla, frutos suaves, dulce, té verde	Nueces, azúcar morena, melaza, canela, vainilla, té negro	Nueces, azúcar morena, dulce, canela, maple, avellana
1	3	21	83.00	84.25	84.25	83.83	Nueces, Cacao, Té verde, Lima	Dulce, Especies, Nueces, Caramelizado, Miel, Cocoa	Nueces, Cacao, Vainilla, Té verde, Chocolate, Panela
2	3	22	83.50	81.00	82.00	82.17	Nueces, Vegetal, Chocolate, Madera, Hierbas, Cacao	Especias, Chocolate, Nueces, Vegetal, Dulce	Cacao, Vainilla, Chocolate, Nueces, Madera, Vegetal, Envejecimiento
3	3	23	84.25	83.00	84.50	83.92	Nueces, Cacao, Chocolate, Miel, Ciruelo, Dulce	Dulce, Especies, Panela, Miel, Melaza	Nueces, Cacao, Dulce, Azúcar, Panela, Hierbabuena, Miel, Coco, Caramelo, Tabaco
4	3	24	84.25	85.50	84.00	84.58	Nueces, Cacao, Chocolate, Té verde, Cáscara de lima, Dulce	Dulce, Vainilla, Té verde, Frutos cítricos	Cacao, Vainilla, Panela, Cítrico, Té verde, Cedro, Maple
									
JUAN CARLOS ACOSTA			JEISON BUSTAMANTE			HECTOR TROCHEZ			

Anexo 2. Tabla oficial de catación de las muestras según protocolo SCAA



Anexo 3. Recolección de materia prima café variedad Catimor



Anexo 4. Analisis de °Brix



Anexo 5.
Cintas
reactivas de

pH del mucilago del café melado variedad Catimor previo a la fermentación



Anexo 6. Preparación de la levadura para la adición al café



Anexo 7. Prueba de pH al agua

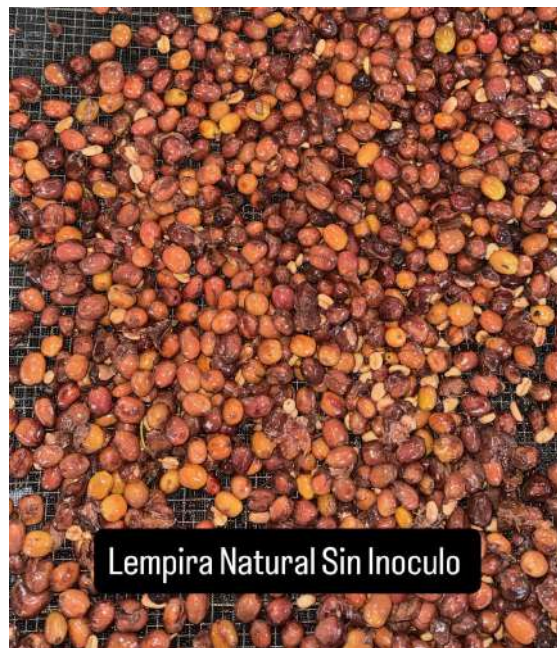


Anexo 8. Botellones de fermentación.

(Lempira melado sin inoculo y lempira melado con inoculo, de izquierda a derecha) después de la fermentación anaeróbica de 96 horas.



Anexo 9. Botellones de fermentación (lempira natural con inoculo y lempira natural sin inoculo de izquierda a derecha) después de la fermentación anaeróbica de 96 horas)



Anexo10. Cerezas de café Lempira sin inoculo después de la fermentación anaeróbica de 96 horas



Anexo 11. Secado de café en zarandas dentro de una secadora solar



Anexo 12. Parte de las muestras listas para la catación