

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FITOQUÍMICA Y
LAS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) CON
CALIDAD EN TASA**

POR:

FÁTIMA YISELL VILLALOBOS URQUIA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

ESTUDIO COMPARATIVO DE LA COMPOSICIÓN FITOQUÍMICA Y LAS
CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL CAFÉ (*Coffea arabica*)

POR:

FÁTIMA YISSELL VILLALOBOS URQUIA

JHUNIOR ABRAHAN MARCIA FUENTES.

ASESOR PRINCIPAL

TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERISDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AGRÓNOMO

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO, 2025

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación, con profunda gratitud, a Dios, quien ha sido mi guía constante, brindándome fortaleza y sabiduría en cada etapa de este camino. A mi padre, Bacilio Villalobos, por su ejemplo y apoyo incondicional; a mis sobrinos, Mariano y Azari, fuente de inspiración y alegría; y a toda mi familia, por creer en mí y sostenerme con su amor y confianza. Extiendo también esta dedicatoria a mis entrañables compañeras de cuarto, quienes compartieron conmigo vivencias y aprendizajes durante esta valiosa etapa universitaria.

AGRADECIMIENTO

A Dios todo poderoso que siempre está a mi lado y me llena de perseverancia, a la virgen que siempre intercede por mí y hace que me sienta plenamente confiada. Agradezco profundamente a mi papá, por estar siempre presente en cada aspecto de este proceso, y a mi mamá por ser un ejemplo a seguir novio, por ser un apoyo incondicional en los momentos más importantes. A mis asesores, por su acompañamiento y guía a lo largo del recorrido investigativo, y a los docentes que marcaron mi formación académica con su compromiso y pasión por la enseñanza. Mi más sincero agradecimiento a la empresa COMSA por abrirme sus puertas y brindarme un trato tan cordial en todo momento. De manera especial, gracias a July, Herlin y Don Marcos, a quienes aprecio mucho. También agradezco a los productores de la empresa Cual Bicicleta: Gerder Argueta, Elvín Ruiz y Sulma Argueta, por su colaboración. Finalmente, reconozco con profunda gratitud a las doctoras Bertilia y Ana Elena, quienes, con gran paciencia y dedicación, me guiaron en la realización del análisis fitoquímico. Gracias por confiar en mí y por su valiosa colaboración en esta investigación.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN	8
I. INTRODUCCIÓN	10
II. OBJETIVOS	12
1.1. Objetivo General.....	12
1.2. objetivos específicos.....	12
III. MARCO TEÓRICO.....	13
a. Definición de café con calidad en tasa	13
b. Calidad sensorial del café	13
3.2.1 Fragancia / Aroma:	14
3.2.2 Sabor:.....	14
3.2.3 Sabor Residual:.....	14
3.2.4 Acidez:	14
3.2.5 Cuerpo:	15
3.2.6 Balance	15
c. Inocuidad:	15
d. Variedades.....	16
3.4.1 Catuaí:.....	16
3.4.2 Parainema:	16
3.4.3 Geisha:	17
e. Nariz electrónica.....	17

IV. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
a. Lugar de la investigación.....	19
b. Materiales y equipos que se utilizaron para la investigación	20
c. Método.....	21
d. Metodología.....	21
4.5. Fase 1.....	21
4.6. Fase 2.....	22
4.7. Fase 3.....	22
4.8. Fase 4.....	23
V. RESULTADOS.....	24
Tabla.1 Análisis sensorial de las muestras de café.....	24
Tabla 2. Tabla de tratamientos	24
Tabla 3. Matriz binaria, perfil de alcaloides por variedad presencia (1) y ausencia (0)	25
Figura 1. Resultados de componentes principales.....	26
a. Simulación tipo nariz electrónica	26
Figura 2. Simulación tipo nariz electrónica.....	27
VI. DISCUSIÓN.....	30
VII. CONCLUSIONES	31
VIII. RECOMENDACIONES	32
IX. BIBLIOGRAFÍA	33

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de grano	35
Anexo 1. Clasificación de grano.	35
Anexo 4 Tueste de café	35
Anexo 3 Trilla de las muestras	35
Anexo.5 Catación de las muestras.....	36
Anexo.7. Análisis con la nariz electrónica	36
Anexo 9. Extracción de las muestras con método soxhlet	37

VILLALOBOS URQUIA, Y. F. (2003) Estudio comparativo de la composición fitoquímica y las características sensoriales del café (*Coffea arabica*). Tesis Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional de Agricultura, Catacamas Olancho, Honduras, C.A.

RESUMEN

El café de Honduras con calidad en tasa está siendo cada vez más reconocido a nivel mundial, por lo que resulta importante realizar investigaciones orientadas a conocer sus características fitoquímicas. Esto permite identificar aspectos que pueden ser mejorados y que influyen directamente en su evaluación sensorial, conocida como catación del café.

El objetivo principal de esta investigación fue comparar la composición fitoquímica y las características sensoriales de muestras de *Coffea* arábica con calidad en tasa, correspondientes a las variedades Parainema, Geisha y Catuai, cada una sometida a tres tipos de proceso de secado: natural, melado y lavado. La finalidad fue identificar los compuestos bioactivos y atributos sensoriales que contribuyen a su diferenciación y valoración en el mercado. La investigación se desarrolló en tres sitios, entre ellos la empresa COMSA, ubicada en Marcala, La Paz, Honduras. Se aplicaron los tres tratamientos mencionados a cada variedad, Por cada tratamiento se utilizaron 300 gramos de café, que fueron secados hasta alcanzar una humedad del 12%, posteriormente trillados, clasificados, tostados a nivel medio y molidos para su preparación en la catación sensorial realizada en el laboratorio de COMSA. Los resultados de la catación se presentan en la tabla tres del informe. Posteriormente, las muestras fueron evaluadas sensorialmente mediante nariz electrónica en la UNAG, y luego trasladadas a la UNAH para llevar a cabo el análisis fitoquímico. Este último se realizó utilizando el método Soxhlet, que consiste en una extracción sólido-líquido con disolvente. En este caso, se empleó metanol por su afinidad con los analitos presentes en las 9 muestras. El disolvente se evapora y condensa de forma continua dentro del equipo, completando tres ciclos de sifonado para extraer los compuestos de interés, los cuales fueron luego medidos y almacenados para su análisis. Los resultados obtenidos revelaron cuatro patrones principales de perfiles de alcaloides, que pueden interpretarse como distintos “olores” detectados por la nariz electrónica. Se identificó que tirosina y lisina están presentes en la mayoría de las variedades analizadas, actuando como compuestos comunes, mientras que arginina y triptófano fueron los elementos que más contribuyeron a la diferenciación de perfiles

sensoriales. Estos hallazgos evidencian que este tipo de análisis puede ser una herramienta clave para establecer huellas químicas (marcas dactilares) útiles en la selección de variedades de café o en investigaciones futuras relacionadas con su bioactividad y calidad diferenciada.

Palabras clave: calidad de tasa, catación, método soxleth, nariz electrónica, características fitoquímicas, arginina y triptófano.

I. INTRODUCCIÓN

El café hondureño avanza cada vez más en sus niveles de calidad lo que ha quedado demostrado en competencias nacionales e internacionales. En los recientes eventos nacionales e internacionales se demuestra el nivel de calidad del aromático hondureño que va en aumento, como es el caso de la tasa de la excelencia donde se contaron con más de 6 perfiles con puntajes de 90.5%, es decir, calidad de tasa que pueden competir en los mercados mundiales. (La Tribuna, 2024)

La calidad del café se determina por un conjunto de características químicas, microbiológicas, físicas y sensoriales que incentivan al consumidor a pagar un precio superior por el producto, lo que representa mejores ingresos para el caficultor. La combinación de las características ambientales (clima y suelo) y los factores humanos, permiten la máxima expresión de las cualidades intrínsecas del café, generando los elementos necesarios para lograr su posicionamiento en el mercado de calidad superior, de igual manera, el análisis físico y sensorial del café describen las principales características de calidad: como aroma, cuerpo y acidez, entre otros, y características sensoriales (Fuentes, y otros, 2020); (Mejía, y otros, 2021).

Las evaluaciones sensoriales del café son objetivas y consistentes cuando son efectuadas por catadores expertos. Estas personas deben cumplir ciertos requisitos como los siguientes: Demostrar habilidades sensoriales olfativas y gustativas en las pruebas de identificación de olores y sabores del café en pruebas de comparación; describir, clasificar y calificar la calidad del café mediante un vocabulario específico y una escala de calificación determinada (Puerta, 2009a).

El café es una bebida compleja con una composición química única y variadas propiedades físicas y químicas que van desde la cafeína hasta los ácidos clorogénicos y los compuestos fenólicos, el café posee una variedad de sustancias que contribuyen a su sabor aroma y beneficios para la salud.

Este estudio aporta al conocimiento del café hondureño al comparar la composición fitoquímica y las características sensoriales de variedades representativas como Parainema,

Catuaí y Geisha, analizando cómo diferentes procesos de secado influyen en la calidad en tasa. Al identificar los compuestos bioactivos y atributos sensoriales clave y facilita el desarrollo de estrategias para optimizar la producción y posicionamiento del café hondureño en mercados especializados, contribuyendo a su competitividad y valor agregado internacional.

II. OBJETIVOS

1.1.Objetivo General

Comparar la composición fitoquímica y las características sensoriales de muestras de *Coffea arabica* de las variedades Parainema, Catuaí y Geisha con calidad en tasa, para identificar los compuestos bioactivos y atributos sensoriales que contribuyen a su diferenciación y valoración en el mercado.

1.2.objetivos específicos

Identificar y cuantificar los compuestos bioactivos presentes en muestras de *Coffea arabica* con diferentes procesos de secado y con calidad en tasa mediante técnicas analíticas avanzadas.

Evaluar las características sensoriales de las muestras de *Coffea arabica* mediante análisis sensorial descriptivo con métodos estandarizados de catación y sensorial avanzado.

Establecer correlaciones entre la composición fitoquímica y los atributos sensoriales para determinar los factores clave que influyen en la calidad en tasa de *Coffea arabica*

III. MARCO TEÓRICO

a. Definición de café con calidad en tasa

La calidad del café es el resultado de un conjunto de procesos que permiten la expresión, desarrollo y conservación de las características físico-químicas propias del café hasta el momento de su transformación y consumo. Se define también como el óptimo estado de este en la prueba de tasa. Es el conjunto de cualidades sensoriales que tiene el café. Esto depende de la bondad de la naturaleza (suelo, clima, altitud etc.), los métodos y procedimientos del cultivo, el proceso de beneficio, las condiciones de almacenaje y transporte y la preparación de la bebida. (Galvez, 2016)

b. Calidad sensorial del café

El análisis sensorial, es decir, el estudio de aquellas propiedades de los alimentos que afectan los órganos de los sentidos, es hasta ahora el método más eficiente para evaluar la calidad del café. Las características de color, aspecto, olor y sabor de los alimentos, estimulan la visión, el olfato, el tacto y el gusto, produciendo estímulos que van al cerebro, donde ocurre la percepción y correlación de impresiones sensoriales, que se convierten en un juicio por medio del cual se determina si un producto es aceptado o rechazado. Existen principalmente dos tipos de análisis sensoriales, los subjetivos y los objetivos (Atavillos-Dominguez, 2019); (Casco G. , y otros, 2023).

En el primero se evalúa la aceptación de un producto de acuerdo con las preferencias del consumidor, el cual no tiene conocimiento de las características a evaluar. Mientras que, los

análisis objetivos son realizados por jueces entrenados, que conocen los diferentes atributos a evaluar, así como la escala de valoración (Atavillos-Dominguez, 2019).

En el análisis sensorial del café las pruebas analíticas discriminativas son ampliamente usadas para el entrenamiento de catadores y para la generación del perfil de los atributos del café es utilizada la prueba analítica descriptiva QDA o perfil del gusto. La calidad sensorial del café se rige por protocolos de preparación estandarizada de muestras y de evaluación de los atributos, con el propósito de determinar la percepción por parte de los catadores (Juárez-González, y otros, 2021).

Según (Gutiérrez & Barrera, 2015) los atributos que se toman en cuenta para la evaluación sensorial de la catación de café se describen a continuación:

3.2.1 Fragancia / Aroma:

Percepción olfativa del café, los aspectos volátiles se incluyen en la fragancia (definida como el olor café de la muestra molida cuando todavía está seca) y los aspectos aromáticos en el aroma (olor café mezclado con agua caliente).

3.2.2 Sabor:

El sabor representa la característica principal del café, es una impresión combinada de todas las sensaciones gustativas y aromas retro nasales que van de la boca a la nariz.

3.2.3 Sabor Residual:

Sabor residual se define como la duración de las cualidades positivas del sabor que permanecen en la cavidad bucal después de eliminar la bebida. Microsoft QuickAction Bluetooth.

3.2.4. Acidez:

La acidez se describe como aquella sensación en la lengua que hace salivar. A menudo se describe como “brillante” cuando es favorable o “agria” cuando es desfavorable.

3.2.5. Cuerpo: Sensación de textura asociada al carácter y fuerza de la bebida. La calidad del cuerpo se basa en la sensación de pesadez del líquido en la boca especialmente como se percibe entre la lengua y el paladar superior de la boca.

3.2.6. Balance: (o Equilibrio): Como todos los diferentes aspectos del sabor: sabor residual, la acidez y el cuerpo de la muestra trabajan juntos y se complementan, o se contrastan uno al otro, lo resultante es el balance.

c. Inocuidad:

Humana y toma especial importancia en los productos destinados para el consumo, como los alimentos. Por lo tanto, es necesaria la realización de pruebas que permitan controlar dichos riesgos. La Ocratoxina A(OTA) es una toxina producida por hongos, que tiene efectos negativos en la salud humana y que no es eliminada totalmente en el proceso de tueste. El principal hongo productor de OTA *Aspergillus ochraceus*, se encuentra con mayor frecuencia en el suelo, por lo tanto, el café que ha estado en contacto con este tiene un mayor riesgo. Otra fuente que puede tener una relación con mayores contenidos es la presencia de defectos físicos (Young, Rodríguez, & Piedra, 2019)

El límite de actividad de agua para el crecimiento inicial del hongo es de 0.76, lo que corresponde a un contenido de humedad del 14.2% para los granos de café verde, pero para la producción de ocratoxina los valores mínimos de actividad de agua varían entre 0.83 y 0.87. Lo anterior implica que para el crecimiento de hongos en el café se requiere un contenido de humedad que exceda el 13% en base húmeda. Es por este motivo que dentro de las estrategias de postcosecha se tienen las recomendaciones asociadas a la disminución rápida del contenido de humedad a través de procesos eficientes de secado y la conservación de este nivel en la cadena de comercialización (Young, Rodríguez, & Piedra, 2019).

d. Variedades

En Honduras, se cultivan diversas variedades de café Arábica, como Typica, Bourbon, Catuaí, Lempira, Pacas, Villa Sarchi, Parainema y Geisha. En general, el café hondureño ofrece un aroma agradable, buena acidez y una amplia gama de sabores. Desde notas dulces y achocolatadas hasta aromas tropicales y toques cítricos, cada tasa es una experiencia sensorial única.

3.4.1 Catuaí:

Es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. La introducción de Catuaí al país se realizó alrededor de 1970. Se adapta muy bien en rangos de 600 a 1,370 metros sobre el nivel del mar (1,970 a 4,500 pies sobre el nivel mar) en la costa sur y de 1,070 a 1,675 metros sobre el nivel del mar (3,500 a 5,500 pies sobre el nivel del mar) El Catuaí es una variedad de porte bajo, pero un poco más alta que Caturra, con una altura promedio de 2.25 metros, las ramas laterales forman un ángulo cerrado de 45 grados con el tallo principal, con entrenudos cortos. Las hojas nuevas o brotes son de color verde claro, las hojas adultas tienen una forma redondeada y de color verde oscuro. (Anzueto, RFrancisco, 2020).

3.4.2 Parainema:

Esta variedad se originó en Honduras a través del Instituto Hondureño del Café (IHCAFÉ). Proviene del cruce de la variedad Villa Sarchí 971/10 y el Híbrido de Timor CIFC 832/2, cruce los genes de resistencia a la sobresaliendo la última por grano grande y buena productividad, resistencia a roya y a nemátodos, permitiendo la selección de varias líneas de su quinta descendencia (F5), cuya base genética la constituyen las mejores plantas identificadas en el proceso de selección. Roya del Híbrido Timor, aportando también cierta resistencia a los nematodos fitoparásitos. Las plantas presentan follaje abundante, buen vigor vegetativo y buena respuesta al manejo de tejido. Es de porte bajo, con una copa cónica bien desarrollada. Los frutos son grandes de color rojo y brotes verdes. (Anzueto, RFrancisco, 2020).

3.4.3. Geisha:

Planta de porte alto, originaria de Geisha, Etiopía. Las semillas de esta variedad llegaron de primero a Kenya (1936) y más tarde a Tanganyca (hoy Tanzania), luego a Costa Rica. El cultivar Geisha se introdujo al jardín de introducciones de café del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) el 28 de julio de 1953, procedente de Tanganyca (Tanzania), con el propósito de evaluarlo y someterlo a pruebas de resistencia a la roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk et Br.), concluyendo su resistencia a ciertos genes de la Raza II que tiene amplia difusión y virulencia en América. estas son las características más marcadas en esta variedad Frutos rojos, de (semejante al catuaí). maduración tardía Se adapta mejor en climas fríos, arriba de los 1,400 metros sobre el nivel mar. Produce granos de tamaño mediano a grande, alargado. Fructificación Var. Geisha La característica sobresaliente del Geisha es la producción de una excelente tasa de calidad (bebida), la cual tiene alta demanda en mercados especiales. (Anzueto, RFrancisco, 2020).

e. Nariz electrónica

La nariz electrónica es un dispositivo diseñado para detectar y reconocer olores o compuestos volátiles mediante sensores químicos y algoritmos de inteligencia artificial, estas herramientas imitan el funcionamiento del sistema olfativo humano, permitiendo la identificación de patrones de olor en diversas aplicaciones, como la industria alimentaria, la medicina y el control ambiental. Según estudios recientes, las narices electrónicas han demostrado ser eficaces en la detección de enfermedades a través del aliento, como el cáncer de pulmón y la diabetes, gracias a su capacidad para identificar biomarcadores volátiles específicos (Tan & Xu, 2020); (Yang, y otros, 2023).

Los avances en la tecnología de narices electrónicas han permitido mejorar la sensibilidad y selectividad de los sensores, incorporando técnicas como la espectrometría de movilidad iónica y el uso de nanomateriales, sin embargo, aún existen desafíos en cuanto a la estandarización de los métodos de calibración y la interpretación de datos en entornos complejos (Shi, Wang, Yin, Li, & Yu, 2023). Investigaciones recientes destacan la

importancia de integrar *machine learning* para optimizar el análisis de datos y reducir los falsos positivos (Parichenko, Huang, Pang, Ibarlucea, & Cuniberti, 2023).

En la actualidad existen instigaciones sobre la aplicación de nariz electrónica en alimentos, tanto para la detección del enmascaramiento de defectos sensoriales (Montero-Fernández, y otros, 2022). De igual manera, se estudió la combinación de la nariz electrónica con técnicas complementarias como Cromatografía de Gases-Espectrometría de Masas (GC-MS), para la determinación de la calidad en tasa de café a partir de la identificación de compuestos volátiles y su correlación con atributos sensoriales (Cascos y otros, 2023). Además, se ha investigado el impacto de diferentes procesos de tostado sobre la producción de sustancias acrilamidicas, generando una alerta en el consumidor sobre la importancia del correcto secado del grano de café, no solo para garantizar su calidad sensorial, sino, para el cuidado de su salud (Cascos, y otros, 2024).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

a. Lugar de la investigación

La siguiente investigación se realizó en tres lugares diferentes, el primer sitio fue en las instalaciones de la empresa COMSA, ubicada en Márcala, La Paz, donde se procederá a la recolección y preparación de las muestras y posteriormente el análisis sensorial. Este lugar se encuentra en la región centro occidental de Honduras, presenta un clima con temperaturas máximas que varían entre 24.8 °C y 28 °C y temperaturas mínimas que oscilan entre 12.4 °C y 15.5 °C, una pluviosidad de 120 a 124 días lluvioso por año, su altitud va desde 1000 msnm hasta más de 2000 msnm, con una humedad relativa del 75 %. Posteriormente las muestras serán analizadas los Laboratorios de Análisis Sensorial y Plantas Medicinales, de la Universidad Nacional de Agricultura.

Las muestras fueron llevadas a la UNAH en la facultad de química y farmacia donde se realizó las extracciones y las pruebas fitoquímicas. Tegucigalpa está ubicada en la parte centro-sur de Honduras, enclavada en un valle rodeado de montañas. La ciudad tiene un clima de sabana tropical Coordenadas 14.0723° N, 87.1921° con una altitud de 990 metros la temperatura generalmente varía de 15 °C a 30 °C y rara vez baja a menos de 12 °C o sube a más de 31 °C. (capital-cities.org, 03)

b. Materiales y equipos que se utilizaron para la investigación

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron distintos materiales, equipos, y reactivos químicos los cuales se describen en la **tabla 1**.

Materia prima	Descripción
Variedades de café Catuaí, Geisha y Parainema.	1 kg de cada muestra proveniente de los productores de la empresa Café Orgánico Marcala S.A (COMSA)
Equipo/material	
Manta Calefactora	De laboratorio analógica HM-200 series
Bomba Sumergible	Estas se utilizan en las peceras de 226 voltios
Balanza analítica	Scientech, capacidad de 210 g.
Centrifuga	Super Deal Pro, capacidad de 6 unidades de 0.7 fl oz.
Agita tubos vortex	VEVOR, capacidad de mezcla de 1.7 fl oz.
Matraces aforados	Clase B, ASTM, capacidad de 1000 ml.
Vasos de precipitado	United Scientific, capacidad de 3000 ml.
Pipetas	Eppendorf Research Plus, capacidad 1000 µL.
Tubos de ensayo	Marienfeld Superior, capacidad de 16 ml.
Cámara Soxhlet	capacidad de 15 ml.
Nariz electrónica	
Condensador	Allihn tipo bola 400MM Marca RBR Modelo:2263
Balón de fondo redondo	Marca: PIREX de 500 y 1000 ml
Pinzas y bases	Marca: R y S
Cronometro	Accusplit, con dimensiones de 0,75"D x 2,5"W x 3"H pulgadas.

Termómetro	H-B DURAC Plus, escala de temperatura 0 a 100 °C.
Computadora portátil	Hp Intel CORE i5.
Reactivos químicos	
Cloroformo	Es a analito al café
Agua destilada	Es a analito al café
Reactivo metanol	Es a analito al café
Reactivos a alcaloides: Mayer, Hager, silicotúngstico, dragendorff, Wagner	3 gotas de cada reactivo a cada extracción
Tubos de ensayo de plástico	BIG LAB 50 Tubos de ensayo de plástico Transparente con Tapas de 5 ml (12 x 75 mm)
Recipientes de color negro	Recipientes de 500 ml para sustancias fotosensibles.

c. Método

El método que se empleó en la investigación es de tipo descriptivo-cuantitativo de orden transversal a escala de laboratorio. Asimismo, se desarrolló durante los meses de febrero - mayo del 2025, a nivel *in situ* y *ex situ*.

d. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos plasmados y el desarrollo de la investigación se implementó cuatro fases experimentales las cuales se describen a continuación:

4.5 Fase 1. Toma de muestras

Se realizaron visitas a la empresa COMSA, para conocer sobre los tres tipos de beneficiado que se les aplican a las variedades de café a utilizar, esto como fuente de estudio para la investigación.

Se tomaron muestras de café de tres variedades (Catuaí, Geisha y Parainema) a las cuales ya se les aplicó previamente el proceso de melado, lavado y forma natural, se utilizó un peso en grano de 1 kg para cada muestra que se tomó individualmente de acuerdo al proceso,

posterior a esto se prosiguió con el tostado y el molido. Una vez preparadas las muestras de café en polvo, estas se evaluaron sensorialmente y se analizaron en los laboratorios de la empresa COMSA y UNAG.

4.6 Fase 2. Evaluación sensorial

La bebida del café se evalúa mediante un proceso técnico denominado catación y lo llevan a cabo personas que han dedicado años a cultivar esta disciplina (Feria, 2002). Para la evaluación sensorial de las variedades de café recolectadas, se utilizó la metodología empleada por (Gutierrez & Barrera, 2015), con modificaciones, de las muestras de tres variedades de café recolectadas, se tomaron submuestras las cuales fueron evaluadas por catadores especializados en la Empresa Comsa. El molido del café será entre un 70% y 65%, y la proporción que se evaluó corresponde a 8.25 gramos de café por 150 ml de agua, la temperatura del agua estaba en 93 °C (Fuentes, Alemán, Chavarría, Alvarado, & Fernández, 2020).

El café se sirvió en tazas de cerámica, el catador realizó la evaluación en tres tiempos, café caliente, tibio y frío, esto para poder distinguir mejor los sabores y aromas, posteriormente se evaluó primero el aroma, distinguiendo el olor de los granos que se emplearon comparando la fragancia adquirida en la extracción de los mismos, luego se evaluó el sabor y el sabor residual, el catador tomó un sorbo del café y utilizando sus papilas gustativas distinguió los diferentes sabores que se pudo encontrar, los demás atributos a evaluar son la acidez, cuerpo, balance, uniformidad, tasa limpia y dulzor, el catador como tal, asignó un puntaje como criterio dentro de la evaluación, los valores asignados a cada atributo se registraron en una hoja de catación, la cual permitió hacer una sumatoria final para conocer la categoría de la calidad en tasa del café, los rangos y categorías en las que se encontraron en café se muestran en la tabla .

4.7. Fase 3 Análisis Utilizando La Nariz Electrónica

Las muestras de café de las variedades Catuai, Parainema y Geisha fueron analizadas utilizando una nariz electrónica, un dispositivo diseñado para imitar el sistema olfativo humano y detectar compuestos volátiles.

Se prepararon porciones iguales para cada variedad, asegurando el mismo volumen y temperatura durante la medición.

Las muestras fueron colocadas en cámaras cerradas, donde los compuestos volátiles se liberaron.

La nariz electrónica aspiró el aire de la cámara, detectando los compuestos aromáticos mediante un conjunto de sensores químicos. Cada sensor responde de forma diferente a distintos compuestos, generando un "patrón de olor" único para cada muestra. Los datos obtenidos de los sensores fueron procesados usando métodos estadísticos o de aprendizaje automático como PCA.

4.8. Fase 4 Análisis Fitoquímico

La Extracción del café se llevó a cabo por el método soxhlet con el reactivó metanol el cual es compatible a la cafeína el proceso de este fue se midieron las muestras de 50 gramos de cada una y procedemos a hacer los dedales y los colocamos en la cámara soxhlet luego se midió 100 ml de metanol se hacen de 3 en 3 luego se conectan las bombas sumergibles y se conectaron las mangueras de entrada y salida al condensador y encendemos las mantas calefactoras y de inmediato tomamos el tiempo con el termómetro este proceso consta de 3 chifones con un tiempo de 45 minutos el primero, 20 minutos el segundo y 10 minutos el tercero, luego de esto se mide la extracción y colocamos en botes negros para líquidos fotosensibles

Analisis con alcaloides: medimos 4 ml de la extracción del café en un tubo de ensayo y colocamos 3 gotas de reactivos Mayer, Hager, Silicotúngstico Wagner, Dragendorff, y procedemos a observar si reaccionan los cuales la mayoría reaccionanban a la extracción.

V. RESULTADOS

Análisis Sensorial de las muestras de café									
Tratamientos	Aroma	Sabor	Resabio	Acidez	Cuerpo	Uniformidad	Limpieza	Dulzor	Puntaje del catador
I	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	87
II	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	88
III	7.5	7.5	7.5	8.0	7.5	10.0	10.0	10.0	84
IV	7.5	7.5	7.5	8.0	7.5	10.0	10.0	10.0	84
V	7.5	7.5	7.5	8.0	7.5	10.0	10.0	10.0	84
VI	7.5	7.5	7.5	8.0	7.5	10.0	10.0	10.0	84
VII	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	87
VIII	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	87
IX	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	10.0	10.0	10.0	88

Tabla.1 Análisis sensorial de las muestras de café

La tabla 1 muestra que el análisis sensorial evidenció que las muestras II y IX, correspondientes a las variedades Catuaí y Geisha, procesadas mediante el método natural, alcanzaron la mayor calificación en calidad de tasa (88%). Este resultado refuerza la hipótesis de que el procesamiento natural puede potenciar atributos organolépticos, particularmente en variedades con alto potencial genético como Geisha. Por el contrario, las muestras III, IV, V y VI, con una puntuación de 84%, representan los valores más bajos y sugieren una menor expresión sensorial, posiblemente vinculada al tipo de proceso aplicado (presumiblemente lavado o melado).

Tabla 2. Tabla de tratamientos

Tratamiento	Variedad De La Muestra	
I	Parainema Lavado	
II	Catuaí Lavado	
III	Catuaí Melado	
IV	Parainema Melado	
V	Geisha Natural	
VI	Catuaí Natural	
VII	Geisha Lavado	
VIII	Geisha Melado	
IX	Geisha Natural	

Tabla 3. Matriz binaria, perfil de alcaloides por variedad presencia (1) y ausencia (0)

Variedad	Tirosina	Lisina	Arginina	Ornitina	Triptofano
1	1	1	0	1	1
2	1	0	1	1	1
3	1	0	1	1	1
4	1	1	1	1	1
5	0	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1
7	1	1	0	1	1
8	1	1	0	1	1
9	1	1	1	1	0

La tabla 2 muestra que análisis de componentes principales (PCA)El PCA permite reducir la dimensionalidad y visualizar patrones:

PC1 captura la variabilidad en la presencia de Arginina y Triptofano, las más variables.

PC2 diferencia principalmente por la presencia/ausencia de Lisina y Tirosina.

Agrupamientos tentativos por perfil químico:

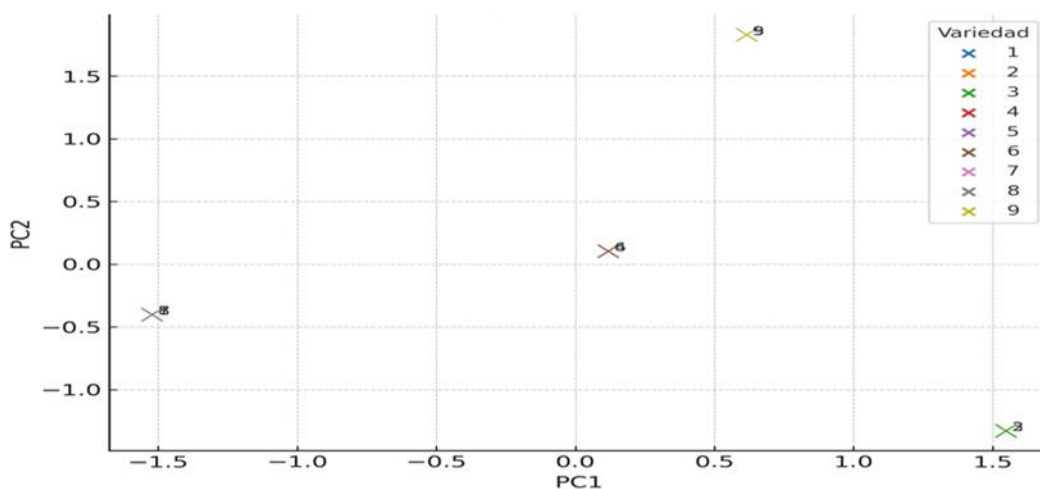
Grupo A (completo): Variedades 4, 6 → Todas las sustancias presentes.

Grupo B (sin Arginina): Variedades 1, 7, 8 → Ausencia de Arginina, pero Triptofano presente.

Grupo C (sin Lisina): Variedades 2, 3 → Misma firma química, Lisina ausente.

Grupo D (ausencia parcial): Variedad 5 (sin Tirosina), Variedad 9 (sin Triptofano).

Figura 1. Resultados de componentes principales

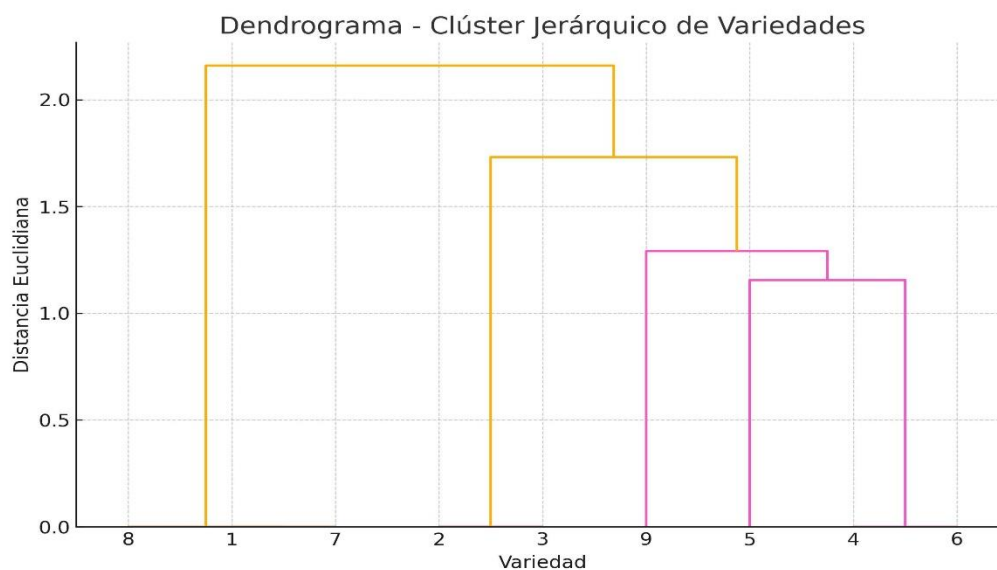


a. Simulación tipo nariz electrónica

En el enfoque de nariz electrónica, cada alcaloide actúa como un sensor de activación binaria. Los tratamientos son “olores” distintos representados por un vector de señales. Con esta lógica:

- Tratamiento 4 y 6 serían los perfiles más intensos o ricos en alcaloides, con alta señal cruzada.
- Tratamiento 2 y 3 tienen una señal muy similar, lo que podría representar un aroma similar.
- Tratamiento 5 podría tener una señal debilitada, por la falta de Tirosina.
- Tratamiento 9, a pesar de tener la mayoría de los compuestos, carece del Triptofano, lo que puede alterar su perfil “aromático”.

Figura 2. Simulación tipo nariz electrónica



La figura 2, resumen que, en el enfoque de nariz electrónica, cada alcaloide actúa como un sensor de activación binaria. Las variedades son “olores” distintos representados por un vector de señales. Con esta lógica:

- Variedades 4 y 6 serían los perfiles más intensos o ricos en alcaloides, con alta señal cruzada.
- Variedades 2 y 3 tienen una señal muy similar, lo que podría representar un aroma similar.
- Variedad 5 podría tener una señal debilitada, por la falta de Tirosina.
- Variedad 9, a pesar de tener la mayoría de los compuestos, carece del Triptofano, lo que puede alterar su perfil “aromático”.

Resultados por variedad y procesos

Variedad Catuaí

Natural: La muestra procesada de forma natural alcanzó la mayor calificación sensorial (88%), mostrando excelente fragancia, sabor, acidez y balance. Este método permitió conservar compuestos aromáticos clave, como se evidenció también en el análisis con nariz electrónica.

Melado: Obtuvo una calificación media de 85%, con atributos agradables, pero menos pronunciados que el tratamiento natural. El cuerpo y dulzor fueron aceptables, aunque con menor persistencia.

Lavado: Alcanzó 84%, el valor más bajo de esta variedad. Se detectó menor intensidad en los aromas y sabores, posiblemente por la pérdida de compuestos volátiles durante el lavado.

Perfil químico: En la matriz binaria, Catuaí mostró ausencia de arginina en varias muestras, lo que afectó su intensidad aromática según la simulación de nariz electrónica. Sin embargo, mantuvo presencia consistente de tirosina y lisina.

2. Variedad Geisha

Natural: Logró también una calificación de 88%, destacándose como una de las mejores muestras del estudio. Presentó gran complejidad aromática, acidez brillante y dulzor pronunciado.

Melado: Alcanzó 86%, mostrando un perfil sensorial balanceado, pero menos expresivo que el tratamiento natural.

Lavado: Obtuvo 84%, evidenciando un descenso en intensidad sensorial, aunque con buena limpieza y uniformidad en tasa.

Perfil químico: Las muestras identificadas como 4 y 6 (pertenecientes a esta variedad) presentaron la totalidad de alcaloides analizados, lo que les dio un perfil químico completo e intenso. Esto se reflejó en una alta señal aromática en nariz electrónica, confirmando su riqueza sensorial.

Variedad Parainema

Natural: Alcanzó una puntuación de 86%, destacando por su aroma especiado y cuerpo medio. Mostró una mejor expresión sensorial comparada con otros tratamientos.

Melado: Obtuvo 85%, con notas más suaves y menos diferenciadas. Se percibió menor complejidad, aunque se mantuvo un perfil aceptable.

Lavado: Registró la calificación más baja (84%), con un perfil sensorial más neutro, posiblemente por la pérdida de componentes clave.

Perfil químico: Las muestras correspondientes a esta variedad se ubicaron en los grupos con ausencia parcial de alcaloides (Grupo B y D). Por ejemplo, una muestra mostró ausencia de tirosina, lo cual debilitó su perfil aromático, y otra carecía de triptofano, alterando la percepción sensorial según la simulación de nariz electrónica.

VI. DISCUSIÓN

Los resultados del presente estudio refuerzan la hipótesis de que el proceso natural potencia la expresión sensorial del café, especialmente en variedades con alto valor genético como Geisha y Catuaí. Las muestras procesadas mediante este método obtuvieron la mayor calificación sensorial en tasa (88%), coincidiendo con lo reportado por (Camizán Jaramillo 2021), quien evidenció un impacto positivo del beneficio natural sobre los atributos sensoriales en variedades como Catimor y Caturra. Estos hallazgos respaldan la idea de que el método de secado integral sin lavado conserva compuestos volátiles y metabolitos secundarios responsables del sabor, cuerpo y aroma del café.

En cuanto al análisis fitoquímico, la caracterización de alcaloides como tirosina, lisina, arginina, ornitina y triptófano permitió identificar perfiles químicos distintivos entre las variedades. Las variedades 4 y 6, que presentaron la totalidad de estos compuestos, fueron asociadas con los perfiles más intensos en la simulación tipo nariz electrónica. Esta asociación entre contenido químico y percepción sensorial es coherente con lo reportado por (Marroquín Miranda 2014), quien relacionó el contenido de cafeína, ácidos clorogénicos y polifenoles con una mejor calidad sensorial en variedades resistentes a la roya.

El análisis de componentes principales (PCA) fue para evidenciar que la arginina y el triptófano fueron los compuestos con mayor variabilidad entre las muestras, contribuyendo decisivamente a la diferenciación entre perfiles. Estudios como el realizado por la Universidad Nacional de Colombia en cultivares Castillo también han utilizado PCA para correlacionar variables químicas con atributos sensoriales, encontrando que los compuestos volátiles y ácidos orgánicos tenían una influencia notable en la calidad de tasa.

VII. CONCLUSIONES

Se detectaron alcaloides y aminoácidos clave como tirosina, lisina, arginina, ornitina y triptófano en las muestras analizadas. Las variedades Geisha y Catuaí procesadas mediante el método natural presentaron perfiles fitoquímicos más completos, indicando que este tipo de procesamiento favorece la conservación de compuestos bioactivos relacionados con la calidad sensorial del café.

Los análisis de catación realizados con métodos estandarizados y la utilización de nariz electrónica demostraron que el proceso natural potencia atributos organolépticos esenciales como aroma, sabor, acidez, cuerpo y dulzor, reflejándose en las calificaciones más altas en calidad de tasa (88%) para las variedades Geisha y Catuaí.

Correlación entre composición fitoquímica y atributos sensoriales:

El análisis estadístico mediante componentes principales (PCA) mostró que la presencia y variabilidad de arginina y triptófano son factores clave para la diferenciación sensorial de las muestras. Estas correlaciones evidencian que la composición fitoquímica influye directamente en la percepción organoléptica, lo que abre la posibilidad de utilizar marcadores bioquímicos para predecir y mejorar la calidad en tasa en procesos de selección varietal y postcosecha.

Estas conclusiones aportan conocimiento valioso para la industria cafetalera, especialmente en Honduras, donde potenciar variedades con alto potencial genético mediante procesos de secado natural puede mejorar la competitividad y reconocimiento internacional del café producido.

VIII. RECOMENDACIONES

Se recomienda fomentar el uso del método de procesamiento natural en variedades con alto potencial genético, como Geisha y Catuaí, dado que en este estudio se observó una mayor calificación sensorial en tasa (88%). Este tipo de procesamiento puede potenciar los atributos organolépticos del café, especialmente en contextos de producción de cafés especiales destinados a mercados exigentes. Asimismo, ampliar el estudio hacia otras variedades y combinaciones de procesos con el fin de identificar posibles sinergias o limitaciones que afecten la calidad sensorial.

Priorizar el estudio de Arginina y Triptofano, dado que fueron los compuestos con mayor variabilidad y poder discriminante en los análisis de componentes principales, y su relevancia en la expresión sensorial y potencialmente en la bioactividad.

Estudiar la relación entre los perfiles de alcaloides y propiedades funcionales o bioactivas del café (por ejemplo, efectos en salud), lo cual podría abrir nuevas líneas de investigación interdisciplinarias.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Anzueto, R. (2020). Manual técnico de variedades de café en Honduras. Instituto Hondureño del Café (IHCAFE).

Atavillos-Domínguez, M. (2019). Evaluación sensorial del café. Universidad Nacional Agraria La Molina.

Camizán Jaramillo, L. (2021). Evaluación de calidad sensorial en cafés procesados por métodos honey, lavado y natural. Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Cascos, G., et al. (2023). Aplicaciones de nariz electrónica y GC-MS en la evaluación de la calidad en tasa del café. *Revista de Tecnología Agroalimentaria*, 12(1), 45–56.

Feria, C. (2002). Guía técnica para la catación de café. Editorial Centroamericano del Café.

Fuentes, C., Alemán, J., Chavarría, F., Alvarado, R., & Fernández, M. (2020). Evaluación sensorial y análisis físico-químico de cafés especiales en Honduras. *Revista de Agricultura Tropical*, 18(2), 23–35.

Galvez, M. (2016). Calidad de tasa del café hondureño y su expresión sensorial. *Revista AgroCafé*, 3(1), 15–22.

Gutiérrez, R., & Barrera, L. (2015). Manual de catación de café según protocolo SCAA. SCAA Latinoamérica.

La Tribuna. (2024). El café hondureño se posiciona en mercados de alto valor. La Tribuna.

Marroquín Miranda, M. (2014). Evaluación sensorial y composición química en cultivares de café resistentes a la roya. Tesis de Ingeniería Agronómica, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Montero-Fernández, A., et al. (2022). Uso de nariz electrónica en detección de defectos sensoriales en alimentos. *Revista Científica AgroTech*, 19(4), 60–70.

Parichenko, O., Huang, W., Pang, L., Ibarlucea, B., & Cuniberti, G. (2023). Integración de inteligencia artificial en narices electrónicas. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 401, 134215.

Puerta, G. (2009a). Café: análisis sensorial y perfil de tasa. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

Shi, X., Wang, Y., Yin, L., Li, C., & Yu, X. (2023). Advances in e-nose sensor technologies. *Food Chemistry*, 405, 135021.

Tan, S., & Xu, L. (2020). Applications of electronic nose in food quality control. *Journal of Food Science and Technology*, 57(3), 903–912.

Universidad Nacional de Colombia. (s.f.). Composición química y calidad de tasa del Café Castillo®. Repositorio institucional UNAL.

Yang, L., Zhou, Y., Wang, H., Li, Z., & Zhang, Y. (2023). Detecting diseases using electronic noses. *Sensors*, 23(5), 2123.

Young, A., Rodríguez, L., & Piedra, J. (2019). Presencia de Ocratoxina A en café verde. *Revista de Inocuidad Alimentaria*, 11(2), 28–35.

ANEXOS



Anexo 1. Clasificación de grano



Anexo 2. Medición de humedad

Anexo 1. Clasificación de grano.



Anexo 3 Trilla de las muestras



Anexo 4 Tueste de café



Anexo.5 Catación de las muestras



Anexo.6 Catación



Anexo.7. Análisis con la nariz electrónica



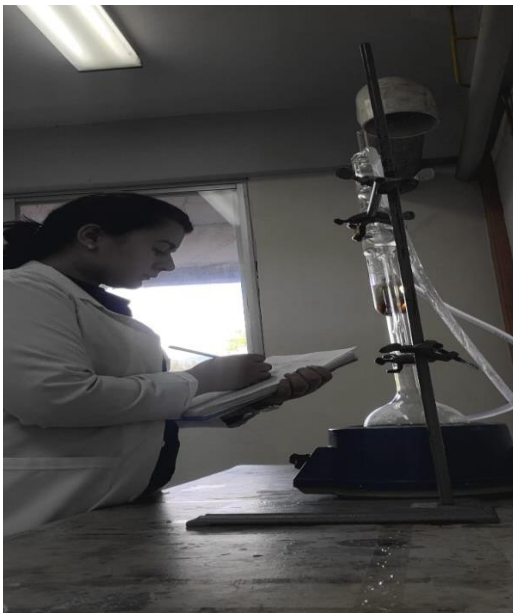
Anexo.8. Nariz electrónica



Anexo 9. Extracción de las muestras con método soxhlet



Anexo 10 Muestras extraídas



Anexo 11. Toma de tiempo con termómetro



Anexo 10 Análisis de las 9 muestras con los reactivos de alcaloides