

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA
CENTRO REGIONAL COMAYAGUA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y ADMINISTRATIVAS



**EVALUACIÓN DEL USO DE LA ENZIMA PECTOLÍTICA POLIGALACTURONASA
SOBRE LA CALIDAD DE TAZA DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD CATUAÍ,
MEDIANTE ANÁLISIS SENSORIAL TRADICIONAL Y CARACTERIZACIÓN DE
COMPUESTOS VOLÁTILES MEDIANTE NARIZ ELECTRÓNICA Y SU
RELEVANCIA EN LA COMPETITIVIDAD COMERCIAL.**

ANTEPROYECTO DE TESIS

Presentado como requisito parcial previo a la realización de trabajo de investigación

POR:

ESLHY CAROLINA CASTILLO LARA

COMAYAGUA

COMAYAGUA

ABRIL, 2025

EVALUACIÓN DEL USO DE LA ENZIMA PECTOLÍTICA POLIGALACTURONASA SOBRE
LA CALIDAD DE TAZA DEL CAFÉ (*Coffea arabica*) VARIEDAD CATUAÍ, MEDIANTE
ANÁLISIS SENSORIAL TRADICIONAL Y CARACTERIZACIÓN DE COMPUESTOS
VOLÁTILES MEDIANTE NARIZ ELECTRÓNICA Y SU RELEVANCIA EN LA
COMPETITIVIDAD COMERCIAL.

POR:

ESLHY CAROLINA CASTILLO LARA

Ph. D, JHUNIOR ABRAHAN MARCÍA FUENTES

Director de Tesis

ANTEPROYECTO DE TESIS

PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA CENTRO
REGIONAL COMAYAGUA COMO REQUISITO PREVIO A LA REALIZACION DE
TRABAJO DE INVESTIGACION

COMAYAGUA

COMAYAGUA

ABRIL, 2025

CONTENIDO

	Pág.
CONTENIDO DE TABLA.....	iii
CONTENIDO DE FIGURA.....	iii
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo General.....	4
2.2 Objetivos Específicos	4
III. HIPOTESIS	5
3.1 Pregunta Problema	5
3.2 Hipótesis Alternativa (Ha)	5
3.3 Hipótesis Nula (Ho)	5
IV. REVISION DE LITERATURA.....	6
4.1 Café.....	6
4.2 Variedad Catuaí.....	7
4.3 Composición Química y Física del Café	7
4.3.1 Composición Química.....	7
4.3.2 Composición Física	8
4.4 Calidad en la Industria del Café.....	9
4.5 Calidad de Taza del Café	10
4.5.1 Métodos de estimación de calidad del café.....	10
4.8 Enzimas.....	11
4.8.1 Enzimas Pectolíticas.....	12

4.10 Nariz Electrónica	12
4.11 Relevancia del café en el comercio.....	14
V. MATERIALES Y METODOS	17
5.1 Lugar de Investigación.....	17
5.2 Materiales y Equipos	18
5.3 Método	19
5.4 Metodología	19
5.5 Análisis de Resultados	24
5.6 Diseño experimental	24
5.7 Variables de respuesta	25
VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	26
VII. PRESUPUESTO.....	27
VIII. BIBLIOGRAFIAS.....	28

CONTENIDO DE TABLA

Tabla 1. Promedios de la composición química del grano de café.	8
Tabla 2. Relaciones entre los componentes del grano y las características sensoriales de la bebida de café.	9
Tabla 3. Rangos que determinan la calidad del café.	11
Tabla 4. Materiales y equipo para la investigación.	18
Tabla 5. Diseño experimental	25

CONTENIDO DE FIGURA

Figura 1. El sistema de olfato electrónico y sus módulos.	14
Figura 2 Panorama del sector cafetalero en Honduras.	15
Figura 3. Universidad Marítima Internacional de Panamá, ubicada en La Boca, Panamá.	17

I. INTRODUCCION

El café es un producto de gran importancia económica, comercializado internacionalmente como café verde. El género *Coffea* contiene alrededor de 100 especies, siendo *C. arabica* y *C. canephora* las más importantes para fines comerciales (Patui, 2014), se considera que las variedades *arábica* tienen mejores características sensoriales y, en consecuencia, precios de compra más altos que las variedades *robusta* (Tugnolo, 2019).

El café se considera un alimento funcional, principalmente debido a su alto contenido de compuestos que ejercen propiedades antioxidantes y otras propiedades biológicas beneficiosas (Yashin, 2017), la composición y el contenido de compuestos volátiles de los granos de café tostado dependen de la variedad y la intensidad del tostado, la alta calidad del café se describe por una sensación agradable, combinación equilibrada de sabor, cuerpo y acidez en ausencia de defectos, siendo el sabor el parámetro más importante para el consumidor (Sunarharum, 2014).

Hace unos años se viene consolidando el mercado de cafés de alta calidad, especiales y orgánicos, que exigen productos diferenciados, donde se ha evidenciado en países con un alto poder adquisitivo la tendencia de consumo de una bebida de alta calidad, por lo que se ha empleado mayor competitividad en países productores de café y su valor dentro del mercado internacional (Ladino-Garzón, 2016).

El uso de enzimas pectolíticas se ha implementado en la industria de alimentos y bebidas para clarificar néctares y obtener más volumen de producción, se utilizan para transformación y producción de aromas y de productos intermedios. En la industria del vino se emplean para tratar los mostos y como resultado de la pectólisis se obtiene más volumen de producto con excelente calidad, brillo y mejor aroma (Brebechova & Prieto, 2006).

La percepción de los atributos sensoriales del café varía entre catadores, siendo una limitación en la evaluación sensorial tradicional. Por ello se ha demostrado que la nariz electrónica es una alternativa práctica y confiable de valoración y descripción del perfil aromático para café tostado que puede ser empleada para análisis rutinarios a nivel industrial (Díaz Villamizar, 2022).

Las narices electrónicas han sido diseñadas con el fin de emular el sentido del olfato humano, son capaces de detectar y clasificar olores complejos, dicha identificación de un olor depende en gran parte del tipo de sensor, ya que cada uno de ellos está caracterizado por su propio grado de selectividad, es decir, la capacidad para responder a diferentes tipos de gases, las narices electrónicas más comunes basan su funcionamiento en una matriz de sensores, o por un espectrómetro de masas, también las que usan cromatografía de gases (Moreno & Serracín, 2016).

Por lo cual, esta investigación surge como una alternativa innovadora para la evaluación sensorial tradicional de la calidad de taza del café, implementando herramientas tecnológicas como lo es la nariz electrónica, por su capacidad de detectar y cuantificar compuestos volátiles. Al igual el uso de las enzimas pectolíticas en la industria alimentaria, se ha tomado en cuenta evaluar el uso de estas enzimas en la calidad de la taza del café tostado, ya que

aún no ha sido suficientemente estudiado, lo que justifica la necesidad de evaluar como estas pueden modificar el perfil aromático del café.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

1. Evaluar el efecto del uso de enzimas pectolíticas sobre la calidad sensorial del café (*Coffea arabica*) de la variedad Catuaí, mediante catación tradicional y nariz electrónica.

2.2 Objetivos Específicos

1. Evaluar la concentración optimizada de la enzima pectolítica poligalacturonasa en café variedad Catuaí a partir del diseño de superficie de respuesta.
2. Identificar los compuestos volátiles de las formulaciones optimizadas presentes en el café (*Coffea arabica*) Catuaí, comparando las muestras tratadas y no tratadas con la enzima pectolítica poligalacturonasa, mediante el uso de la nariz electrónica.
3. Comparar los resultados obtenidos con la nariz electrónica y el análisis sensorial tradicional, para determinar la eficacia de la nariz electrónica como herramienta de evaluación sobre la calidad de taza del café.
4. Evaluar el impacto de la enzima poligalacturonasa en el precio en mercados especializados del café (*Coffea arabica*) variedad Catuaí.

III. HIPOTESIS

3.1 Pregunta Problema

¿El uso de la enzima poligalacturonasa tendrá efecto sobre la calidad de taza del café (*Coffea arabica*) variedad Catuaí, y ser detectado por la nariz electrónica a partir del análisis de compuestos volátiles?

3.2 Hipótesis Alternativa (Ha)

Es posible evaluar el uso de la enzima poligalacturonasa sobre la calidad de taza de café a partir de la determinación de compuestos volátiles mediante la nariz electrónica.

3.3 Hipótesis Nula (Ho)

No es posible evaluar el uso de la enzima poligalacturonasa sobre la calidad de taza de café a partir de la determinación de compuestos volátiles mediante la nariz electrónica.

IV. REVISION DE LITERATURA

4.1 Café

Una de las bebidas más consumidas a nivel mundial es el café, por su sabor, aroma y sus propiedades estimulantes. Estas propiedades organolépticas se deben a los compuestos que se forman durante el tueste (Fukalova & Almeida, 2024). El café es uno de los cultivos mas importantes mundialmente, posicionándose en el segundo lugar después del petróleo crudo. A partir de 1850, el café comenzó a expandir con la promoción de los colonos europeos. El café representa una actividad económica importante en Centroamérica, representando aproximadamente el 10% de la producción mundial (Pierre, Retes, & Vasquez, 2020). El género *Coffea* contiene alrededor de 100 especies, siendo *C. arabica* y *C. canephora* las más importantes para fines comerciales (Patui, 2014).

La planta del café es un arbusto o árbol pequeño de hoja perenne, nativo de los bosques de las montañas de Etiopia, considerada el lugar de origen del café. Sus flores blancas y bisexuales forman una inflorescencia corta llamada glomérulo. El café se clasifica como una drupa, que consiste en una piel lisa o exocarpio, una pulpa blanda amarillenta o mesocarpio y un endocarpio fibroso de color verde grisáceo que rodea las semillas, que comúnmente se denominan granos de café. El mesocarpio es rico en azúcares reductores, sacarosa y agua. El endocarpio (también llamado pergamino) es un tejido duro y lignificado, que protege las semillas de café contra las enzimas digestivas del intestino de los animales frugívoros (Pauti, y otros, 2014)

4.2 Variedad Catuaí

La variedad Catuaí tiene una muy buena calidad en taza, la altura de la planta es bajo, lo cual facilita su cosecha y manejo (Cordova & Valdez, 2024). Dicha variedad es el resultado del cruzamiento artificial de las variedades Mundo Novo y Caturra, realizado en Brasil. 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. Es una variedad muy vigorosa, que desarrolla mucho crecimiento lateral con ramas secundarias; produce frutos de color rojo y amarillo, tamaño de grano mediano (zaranda 16), tiene alta capacidad de producción. En condiciones óptimas de clima y suelo, podría llegar a producir 79 quintales por hectárea. La maduración de los frutos es tardía y no se desprenden fácilmente de las bandolas, produce una excelente calidad de bebida (Jumbo, 2022).

4.3 Composición Química y Física del Café

4.3.1 Composición Química

El café, químicamente se compone de agua y materia seca. La materia seca de los granos del café almendra está constituida por minerales y por sustancias orgánicas que son los carbohidratos, lípidos, proteínas, alcaloides, como la cafeína y la trigonelina, así como, por ácidos carboxílicos y fenólicos, y por compuestos volátiles que dan el aroma a la almendra. (Puerta, 2011).

Tabla 1. Promedios de la composición química del grano de café.

Componentes químicos	Arábica %	Robusta %
Polisacáridos	50.8	56.4
Sacarosa	8	4
Azúcares Reductores	0.1	0.4
Proteínas	9.8	9.5
Aminoácidos	0.5	0.8
Cafeína	1.2	2.2
Trigodelina	1	0.7
Lípidos	16.2	10
Ácido alifático	1.1	1.2
Ácido clorogénico	6.9	10.4
Minerales	4.2	4.4
Compuestos aromáticos	Trazas	Trazas

Fuente: (Puerta, 2011)

4.3.2 Composición Física

La proporción de los componentes del café y sus características físicas pueden sufrir modificaciones respecto a la etapa del cultivo y la manipulación en el beneficio, lo cual se reflejarán en las relaciones de rendimiento del café. Dentro de las constantes físicas existe la relación entre el peso y volumen, estas constantes sirven como instrumento para evaluar el sistema productivo, facilitan las operaciones comerciales, así también al diseño de los beneficiaderos, el diseño y calibración de dispositivos y maquinas que son empleadas en el proceso del café (Montilla, y otros, 2008)

4.4 Calidad en la Industria del Café

Para el café la definición de la calidad ha evolucionado a través de los siglos, esta varia a lo largo de toda la cadena de producción hasta el consumidor. A nivel del caficultor la calidad del café es una combinación entre el nivel de producción y precio, en cambio para los importadores la calidad del café está vinculada al tamaño del grano, ausencia de defectos, cantidad disponible, características físicas, para los tostadores la calidad depende en gran medida del contenido de humedad, la estabilidad de las características, origen, compuestos bioquímicos y calidad organoléptica, a nivel del consumidor el café se valora por el aroma, sabor, efectos sobre la salud, procedencia geográfica y calidad organoléptica (Caballero, 2019).

Tabla 2. Relaciones entre los componentes del grano y las características sensoriales de la bebida de café.

Compuesto químico	Efecto en las características sensoriales de la bebida del café
Polisacáridos	Retienen los aromas, contribuyen al cuerpo de la bebida y a la espuma del espresso
sacarosa	Amargo, sabor, color, acidez, aroma
Azúcares reductores	Color, sabor, aroma
Lípidos	Contribuyen al transporte de los aromas y sabores y en el espresso dan sabor y cuerpo
Proteínas	Contribuyen al amargo y sabor en el espresso, a la formación de la espuma, según el grado de tostión
Cafeína	Amargor
Trigonelina	Contribuye al amargo, los productos de su degradación
Ácidos clorogénicos	Dan cuerpo, sabor amargo y astringencia a la bebida
Ácidos alifáticos	Acidez, cuerpo, aroma

Fuente: (Puerta, 2011)

4.5 Calidad de Taza del Café

El perfil de taza es una herramienta de gran importancia en la caracterización de diferentes tipos de café, la alta calidad de café se describe por una sensación agradable, una combinación equilibrada de sabor, cuerpo y acidez en ausencia de defectos, siendo el sabor el parámetro más importante para el consumidor. Dicha calidad depende de la preparación y de los procesos realizados previamente, principalmente de la fermentación, debido a que este proceso interviene microorganismos que generan metabolitos, los cuales se difunden en los granos de café y estos influyen en la calidad final de la bebida (Landino, Cortes, Gutierrez, & Amorocho, 2016).

4.5.1 Métodos de estimación de calidad del café

Son técnicas utilizadas para evaluar sus atributos sensoriales, físico-químicos y funcionales. Estos incluyen análisis sensoriales mediante catación, evaluación de compuestos volátiles con nariz electrónica, determinación de parámetros fisicoquímicos (acidez, humedad, actividad de agua) y análisis cromatográficos para caracterizar su composición química. Estos métodos permiten establecer estándares de calidad, optimizar procesos y garantizar la consistencia del producto final.

4.5.1.1 Catadores.

Son personas que, mediante los sentidos de la vista, el olfato y el gusto, sienten, perciben, identifican, analizan, describen, comparan y valoran la calidad del café. A estas personas también se les conoce como panelistas, degustadores y jueces analíticos (Cenicafé, 2009)

4.5.1.2 Catación.

Es el método usado para darle valor a la calidad de taza, donde se reconoce el aroma, el sabor y la sanidad del café, también llamado como evaluación sensorial de la calidad del café y prueba de taza. Por lo cual, esta técnica identifica los defectos presentes en el café, mide la intensidad de una característica sensorial como la acidez, el dulzor, así mismo califica el sabor, el aroma y calidad general del producto (Castro, 2017).

Tabla 3. Rangos que determinan la calidad del café.

Puntaje Total	Descripción	Clasificación
90-100	Excepcional	Especialidad excepcional
85-89,99	Excelente	Origen especial
80-84,99	Muy bueno	Especial
<80	Debajo de la calidad	Debajo de especial (estándar)
	especial	

Fuente: (Castro, 2017), según la Asociación Americana de Cafés Especiales (SCAA)

4.8 Enzimas

Las enzimas son biomoléculas de naturaleza proteica que acelera la velocidad de reacción hasta alcanzar un equilibrio. Las enzimas constituyen el tipo de proteínas mas numerosos y especializado, se encuentran ampliamente distribuidas en la naturaleza y que han sido sometidas a lo largo de la historia, principalmente en las industrias farmacéuticas y alimenticias. Tienen ventaja sobre los tratamientos químicos, ya que son catalizadores altamente específicos y trabajan en condiciones de reacción moderadas (Escalona, 2022).

4.8.1 Enzimas Pectolíticas

Estas enzimas se encuentran de manera natural en frutas y vegetales, pero también son producidas por microorganismos. También conocidas como pectinasas, siendo productos biotecnológicos que están a disposición en forma comercial desde 1950 y corresponden a enzimas producidas en grandes cantidades a bajo costo a partir de fermentaciones microbianas (Anali, 2021). Las pectinasas se utilizan en la industria de vegetales, vinos, frutas y en la producción de jugos para la clarificación, disminución de la viscosidad y aumento en los rendimientos de procesos (Otárola, 2018).

4.8.2 Poligalacturonasa.

Es una enzima hidrolasa, endo o exoglucanasa, que inicia el corte hidrolítico por el extremo no reductor del polímero de la pectina, su sustrato, especialmente la de bajo metoxilo. Se encuentra en algunas bacterias y hongos, fundamentalmente fitopatógeno, y es de mucha aplicación en la industria del zumo. La poligalacturonasa presenta una actividad pectolítica máxima a pH de 4.5 y temperatura de 50 °C. La actividad de la endo-poligalacturonasa y la exopoligalacturonasa es que catalizan la hidrólisis de los enlaces entre ácidos galacturónicos no metilados, esta actividad es gracias a la acción previa de la pectina-metilesterasa que libera el metanol unido por enlace éster a las funciones carboxílicas de los ácidos de las pectinas naturales de la uva y otros frutos de esta naturaleza (Otárola, 2018).

4.10 Nariz Electrónica

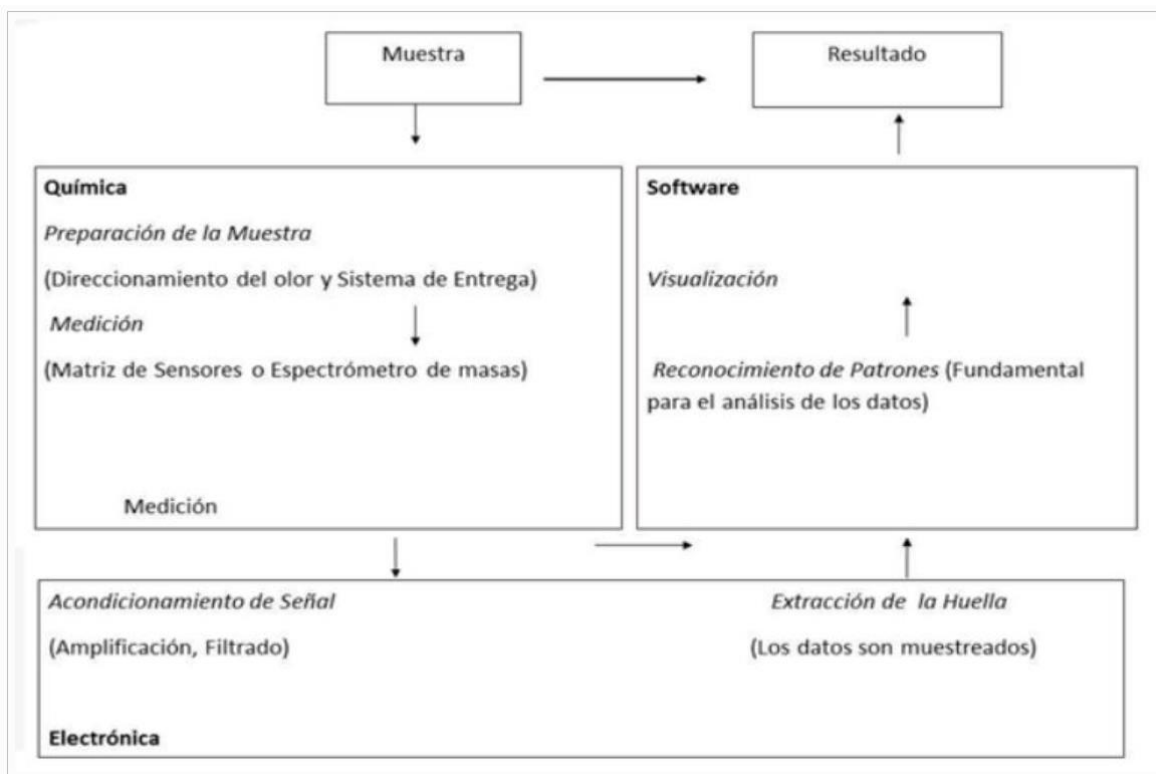
Los orígenes se remota a los años 60, fue cuando la compañía Bacharach Inc., construyó un dispositivo compuesto de un solo sensor de gas, por ende, se considero con NE, en los 80 ya

se realizó la primera NE para realizar estudios para entender los procesos del olfato biológico, utilizando un conjunto de sensores semiconductores, desde ese momento la nariz electrónica se conoce como el instrumento que comprende una agrupación de sensores químicos con sensibilidades parcialmente solapadas junto a un sistema de reconocimiento de patrones, capaz de analizar y reconocer aromas simples o complejos (Barrera, 2016).

Las narices electrónicas han sido diseñadas y construidas para emular el sentido del olfato humano. Son capaces de detectar y clasificar olores complejos, las más comunes basan su funcionamiento en una matriz de sensores, o por un espectrómetro de masas, también existen las que usan cromatografía de gases. Existe una matriz de sensores, que consiste de un número de sensores que son contruidos con una variedad de materiales químicos o biológicos sensibles al olor, donde la identificación de un olor depende de gran parte del tipo de sensor cada uno de ellos se caracteriza por su grado de selectividad o por su capacidad para responder a diferentes tipos de gases (Moreno & Serracin, 2016).

Según Duran C.M.A (2015), como se citó en (Moreno I. &., 2016), el sistema de la nariz electrónica existe tres módulos el químico, el eléctrico y el informático.

Figura 1. El sistema de olfato electrónico y sus módulos.



4.11 Relevancia del café en el comercio

Brenes y Soto, 2016, como se cita en (Ventura, 2022), la mayor parte de café consumido a nivel mundial es producido en Latinoamérica, con Brasil destacándose tanto por su volumen de exportación como por su creciente consumo interno alcanzando una participación del 14% de consumo mundial, cercano al principal consumidor Estados Unidos. En Centroamérica se produce aproximadamente el 20% del café exportado a nivel global, los cuales son reconocidos en los mercados internacionales por su alta calidad de taza.

En Honduras el principal producto agrícola de exportación es el café aportando mas del 3% del PIB nacional y cerca de 30% al PIB agrícola. Posicionándose en el primer productor de

Centro América, el tercer productor de América y el séptimo exportador a nivel mundial de café.

Figura 2 Panorama del sector cafetalero en Honduras.



Fuente: Instituto Hondureño del Café (IHCAFE, 2023)

El café es una bebida con propiedades estimulantes y un aroma característico que se consume ampliamente a nivel global. Se obtiene de los granos de la planta *Coffea sp.*, donde son sometidos a un proceso de tostado y molienda. Los cafés especiales se distinguen por contar con cualidades sensoriales únicas que le otorgan un valor agregado dentro del mercado (Ventura, 2022). Estos cafés especiales participan en competencias como la Taza de

excelencia. El café de especialidad se define como cualquier café que obtiene una puntuación superior a 80 puntos en una escala de 100 puntos ([SCAA], 2024)

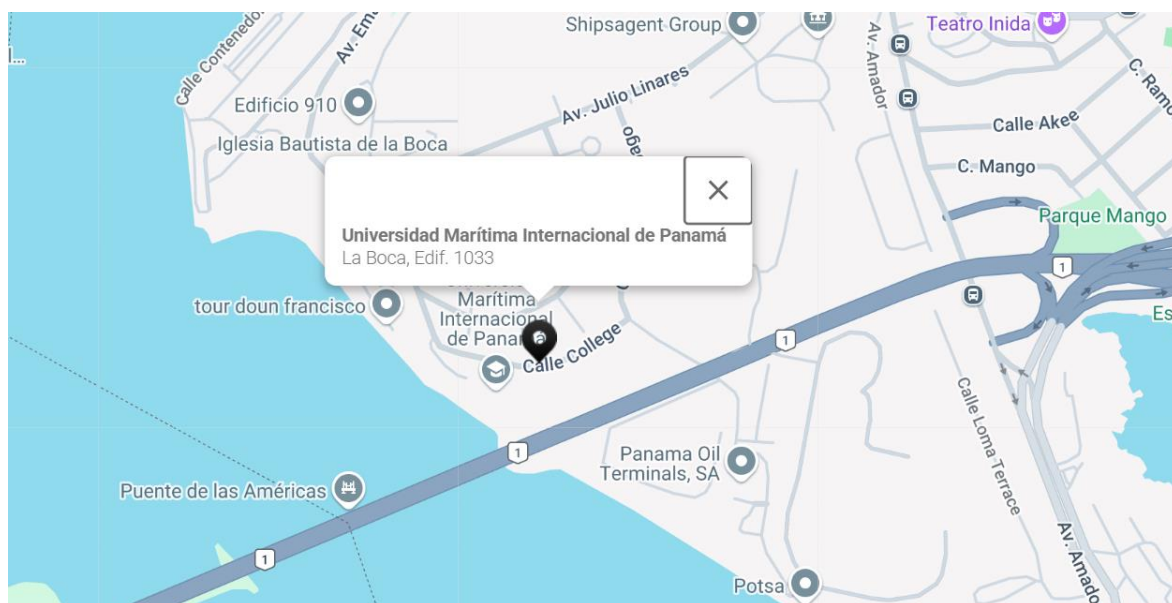
Durante casi dos décadas, en Honduras se ha llevado a cabo un programa de Taza de Excelencia, evento que impulsa la competitividad y calidad del café nacional, además, este programa busca fomentar las buenas prácticas de producción y transformación que sean amigables con el medio ambiente. Y lo mas importante en el ámbito comercial se busca posicionar el aromático hondureño en los mercados de café gourmet y alta calidad buscando obtener precios diferenciados en el mercado internacional (IHCAFE, Instituto Hondureño del Café, 2021).

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Lugar de Investigación

La investigación se realizará en las instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura Campus Central, institución pública de educación superior ubicada en Catacamas, Olancho. La investigación también se desarrollará en las instalaciones de la Universidad Marítima Internacional de Panamá (UMIP), ubicada en La Boca, Edificio 1033, Corregimiento de Ancón, Panamá.

Figura 3. Universidad Marítima Internacional de Panamá, ubicada en La Boca, Panamá.



Fuente: Google mapa (2025).

5.2 Materiales y Equipos

Para llevar a cabo la investigación, se utilizarán los materiales y equipos especificados en la tabla 4.

Tabla 4. Materiales y equipo para la investigación.

Materiales y equipos	Descripción
Variedades de café	Variedad Catuai con dos tratamientos, muestras principales del estudio, se evaluarán para determinar sus características organolépticas y composición química.
Cafetera	Equipo principal para preparar el café espresso, permite controlar la temperatura y la presión para obtener resultados consistentes.
Termómetro	Instrumento para medir la temperatura, es esencial para garantizar la consistencia en la preparación del café y para tomar medidas de temperatura en el entorno de estudio.
Equipo de cromatografía líquida	Se utilizará para analizar los compuestos volátiles presentes en las muestras de café, proporcionando información detallada sobre su composición química.
Cucharas de cata	Para facilitar la degustación y evaluación sensorial de las muestras, permitiendo la apreciación de sus sabores.
Enzima Poligalacturonasa	Se utilizarán diferentes concentraciones para ver su efecto sobre la calidad de taza del café.
Tazas de catación	Vasos de vidrio/porcelana limpios y estériles para contener las muestras preparadas antes del análisis.
Balanza analítica	Instrumento para medir la masa de las muestras con alta precisión.
Cronómetros	Dispositivos para medir el tiempo con precisión, para controlar el tiempo de preparación y el tiempo de las pruebas durante el estudio.
Equipo de nariz electrónica	Dispositivo electrónico diseñado para detectar y analizar aromas, se utiliza para complementar las pruebas de cata y analizar las muestras de café.

Fuente: Información recolectada de investigaciones anteriores del mismo rubro (CERRATO, 2024).

5.3 Método

Se empleará el método descriptivo-cuantitativo (mixto) de orden transversal a escala de laboratorio, además, se utilizará un enfoque explicativo-cuantitativo utilizando un modelo de precios hedónico. Esto permitirá obtener datos objetivos y medibles sobre los cambios en el perfil aromático, así como una percepción subjetiva de la calidad de taza.

5.4 Metodología

En esta investigación seguirá la misma metodología que se ha utilizado en los últimos cinco años, manteniendo las condiciones experimentales previamente establecidas. Para ello, se empleará la metodología propuesta por (CERRATO, 2024). Para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos en este estudio se proporcionará una descripción detallada de cuatro fases experimentales para proporcionar una interpretación clara del proceso experimental. Se empleará una quinta fase utilizando un modelo de precios hedónicos del café.

Fase I. Selección y preparación de la muestra

Se realizarán evaluaciones de una variedad de café Arábica, siendo la variedad Catuaí en dos tratamientos, identificado como Tratamiento 1 Café Melado (Honey) y Tratamiento 2 Café Lavado, que han sido proporcionados por la finca La Fuente, ubicada en El Playón, Comayagua, cada uno con y sin la aplicación de la enzima Poligalacturonasa. Para cada tratamiento, se utilizarán 10 kg de granos de café y con esta cantidad se harán las diferentes pruebas y análisis.

La selección de este café para esta investigación se fundamenta en su reconocida alta taza de calidad, llevando un proceso desde la recolección de la mejor uva de café, realizando el mejor proceso de preparación de las muestras y quitando cualquier grano vano, por daños mecánico o insectos y por cualquier otro material externo.

Los análisis se llevarán a cabo tanto en el café molido como en el extracto resultante de la infusión siguiendo la metodología propuesta por (Cascos et al., 2023).

El proceso de molienda se efectuará utilizando un molino manual (KitchenAid, Estados Unidos), en el cual se procesarán 20 gramos de café durante un periodo de 50 segundos. En cuanto a la preparación de la infusión, se utilizarán 12 gramos del café previamente molido. Este café molido se introducirá en una cafetera a la que se añadirán 150 ml de agua, el tiempo total de preparación de la infusión será de 12 minutos (CERRATO, 2024).

Para el proceso de catación se utilizarán 350 gramos de café oro para cada tratamiento, el tostado se hace en un tostador eléctrico industrial a una temperatura de 160 °C, para la molienda se efectuará en un molino eléctrico industrial en el cual se procesarán 13 gramos de café previamente molido para cada taza (8 tazas en total), a cada taza se le añadirá 220 ml de agua, el tiempo total de todo el proceso es aproximadamente 45 minutos, y se pueden hacer repeticiones siempre que el catador lo vea necesario.

Fase II. Análisis de compuestos volátiles

Esta metodología se ha extraído de (CERRATO, 2024) mencionando que estos compuestos se determinan mediante técnicas de laboratorio, como la cromatografía de gases, esta técnica se utiliza ampliamente para la separación de componentes volátiles, semi volátiles y

térmicamente estables a temperaturas entre 350 y 400 °C, ajustando curvas de calibración de los estándares correspondientes, a partir de la metodología planteada por (Cascos et al., 2023) con ligeras modificaciones. Además, los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) presentes en las muestras serán evaluados a partir de cromatografía líquida de Alta Resolución (HPLC). Siguiendo la metodología propuesta por (Cascos et al., 2023) con algunas modificaciones.

Fase III. Análisis sensorial

Según (Cascos et al., 2024) una evaluación sensorial implica la preparación y degustación de alimentos y bebidas en condiciones controladas, de tal forma que se disminuyan los factores que podrían causar sesgos, entre las variables de prueba se encuentran los atributos aroma, sabor, acidez y cuerpo.

Las pruebas para el análisis sensorial serán evaluadas por un panel de cata con jueces entrenados, las pruebas de evaluación serán realizadas en laboratorios de catación, al igual, las muestras se preparan en una copa de degustación para su evaluación, a partir de pruebas descriptivas, mediante la metodología propuesta por (Marcia et al., 2020)

Fase IV. Medidas de la nariz electronica

La primera tecnología utilizada en este trabajo es la nariz electrónica, según (CERRATO, 2024) y (Cascos et al., 2024) está diseñada para reaccionar a moléculas específicas y generar señales eléctricas proporcionales al aroma detectado. Estos sensores al entrar en contacto con los granos de café podrán discriminar el tipo de producción en función de su calidad, las señales eléctricas generadas por los sensores se convertirán en datos digitales que un sistema

podrá procesar una parte importante de la tecnología E-nose con el uso de algoritmos y técnicas de aprendizaje automático para analizar y procesar los datos obtenidos de los sensores.

Las muestras se evaluarán en un laboratorio utilizando un prototipo de equipo de nariz electrónica. Estos algoritmos son fundamentales para la identificación de los diferentes olores y compuestos químicos presentes en las muestras de granos de café. Finalizando, los datos recolectados se comparan con bases de datos previamente establecidas que contienen información sobre los diferentes olores y compuestos químicos para permitir la identificación de los olores y la emisión de resultados (Casco et al., 2023). Estas evaluaciones se realizar en un ambiente limpio y desinfectado.

Este estudio propone desarrollar modelos de predicción para la calidad de taza de la variedad de café utilizada Catuaí, utilizando datos de nariz electrónica, abarcando la recolección de datos de la nariz electrónica y calidad de taza, después de llevar a cabo un detallado procesamiento de datos para asegurar la precisión y confiabilidad, se emplearán técnicas de ingeniería para analizar y transformar los datos, optimizando su capacidad predictiva. (CERRATO, 2024).

Cada modelo será sometido a una evaluación exhaustiva mediante métricas de desempeño apropiadas, eligiendo aquel que ofrezca los mejores resultados en términos de precisión. Para comprender a fondo el funcionamiento del modelo seleccionado, se llevará a cabo un análisis detallado de la relación entre las variables de la nariz electrónica y las predicciones de calidad en taza. Además, se identificarán los atributos más determinantes y se examinará su impacto en la exactitud del modelo (Acevedo, 2013).

Fase V. Análisis de impacto económico mediante modelo de precios hedónicos

Se utilizará la metodología de (Ventura, 2022), realizando un estudio de precios en la Subasta de Taza de Excelencia en Latinoamérica es el precio hedónico, la palabra hedónico se deriva del griego hedonikos 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 evaluará el impacto económico potencial del uso de la enzima poligalacturonasa en la variedad de café Catuaí, en función de los cambios en la calidad de taza y su efecto sobre el precio en mercados especializados.

Modelo de precios hedónicos

El precio del café en mercados especializados es determinado por atributos tanto físicos como sensoriales, por ende, el modelo hedónico permite identificar como influye cada atributo en la formación del precio.

La expresión empírica del modelo es:

$$\ln(\text{precio}) = f(\text{cantidad vendida, puntuación de cata, país productor, variedad de café, método de beneficiado})$$

Donde:

ln(precio): Logaritmo natural del precio pagado por cada libra de café.

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

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

País productor: son los países latinoamericanos en donde la producción de café juega un papel importante en la economía nacional.

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

Variedad: Catuaí

Preparación de los datos

Los datos para el análisis se obtendrán a partir de resultados sensoriales de cata profesional, precios obtenidos en la subasta de Taza de Excelencia, los datos se procesarán en Microsoft Excel para limpieza y codificación, y posteriormente se analizarán en IBM SPSS.

5.5 Análisis de Resultados

Para optimizar los resultados, se utilizará el software IBM SPSS versión 27, aplicando análisis descriptivos y estadísticos. Además, se emplearán pruebas de comparaciones múltiples de Tukey con un nivel de significancia de $p \leq 0,05$ y un intervalo de confianza del 95% (Casco et al., 2023).

Asimismo, se llevará a cabo un diseño experimental basado en un modelo de superficie de respuesta para determinar la concentración óptima de la enzima. Posteriormente, se analizarán muestras de café tratadas y no tratadas con la enzima, utilizando la nariz electrónica para identificar los compuestos volátiles presentes y comparar estos resultados con los obtenidos a través de la catación tradicional.

5.6 Diseño experimental

En este estudio, se aplicará un diseño experimental factorial $2 \times 2 \times 3$ para evaluar de manera exhaustiva los perfiles aromáticos del café hondureño, específicamente se compararán dos tratamientos de la variedad Catuaí bajo dos condiciones distintas el café molido y sobre el extracto, una vez realizada la infusión con tres repeticiones, para un total de 12 unidades experimentales.

Tabla 5. Diseño experimental

Factores	Niveles
Método de preparación	Variedad Catuaí
Café melado (Honey)	T1
Café lavado	T2

Fuente: propia

5.7 Variables de respuesta

En este estudio se dará énfasis a dos variables de respuesta clave: el perfil aromático y la calidad fitoquímica. Esto permitirá no solo comprender la calidad sensorial del café hondureño, sino también evaluar su valor nutricional y funcional.

VI. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades a Realizar	Año 2025								
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre
Recepción de materia prima									
Redacción del anteproyecto									
Defensa de anteproyecto									
Preparación de las muestras									
Análisis sensorial									
Análisis de compuestos volátiles									
Medida de la nariz electrónica									
Redacción del informe final y artículo académico									
Defensa del trabajo de investigación									

VII. PRESUPUESTO

Gastos personales		
Descripción	Costo estimado (Lps)	
Alimentación	L	15,000.00
Transporte	L	35,000.00
Vivienda	L	10,000.00
Gastos compras de materiales		
Materiales	Unidades	Costo estimado (Lps)
Enzima Poligalacturonasa	3 kg	L 1,500.00
Balanza analítica	1	L 800.00
Termómetro	1	L 400.00
Cronometro	1	L 900.00
Molino de café	1	L 1,800.00
Bandeja de muestras	7	L 1,300.00
Cucharas de catación	4	L 2,400.00
Tazas de catación	16	L 1,200.00
TOTAL		L 70,300.00

VIII. BIBLIOGRAFIAS

- [SCAA], S. C. (2024). *sca.coffee*. Obtenido de <https://sca.coffee/research/coffee-standards>
- Acevedo, C. (2013). Optimización de una nariz electrónica a través de un método de . *El Hombre y la Mujer*.
- Anali, M. (2021). Evaluacion del efecto de enzimas pectolíticas en la elaboracion de cerveza artesanal a base de cebada y arroz en cascara.
- Barrera, O. (2016). Estudio de la capacidad de la nariz y lengua electrónica para la caracterización y clasificación de cafés.
- Brebechova, R., & Prieto, L. (2006). *Biosíntesis de las enzimas pectolíticas a partir de hongos Aspergillus Niger y Aspergillus Foetidus para aplicacion en Industria de Alimentos*. Bogota: Revista de Investigacion.
- Caballero, M. (2019). Determinacion de los factores Extrínsecos e Intrínsecos que afectan la calidad del cafe de inversiones GALAVIS. 30-31.
- Cascos, G. B.-R.-F.-C. (2023). Burn Defect and Phenol Prediction for Flavoured Californian-Style Black Olives Using Digital Sensors. *foods*, 12, 1377. .
- Cascos, G. L.-F.-F.-C.-V. (2023). Electronic nose and gas chromatograph devices for the evaluation of the sensory quality of green coffee beans. *Foods*, 13(1), 87.
- Cascos, G. M.-F.-F.-C.-V. (2024). Electronic Prediction of Chemical Contaminants in Aroma of Brewed Roasted Coffee and Quantification of Acrylamide Levels. *Foods* , 13 (5), 768.
- Cascos, G. M.-F.-F.-C.-V. (2024). Electronic Prediction of Chemical Contaminants in Aroma of Brewed Roasted Coffee and Quantification of Acrylamide Levels. *foods*. .
- Castro, L. (2017). Evaluacion de la calidad del cafe variedad colombia (Coffea arabica (L.)) en prueba de taza, para la empresa de cafe especial El Dorado del Macizo

- Colombiano S.A.S, ISNOS HUILA, determinada por el comportamiento del mucilago. *repositoriousco.co TH IA 0218*.
- Cenicafé. (2009). LOS CATADORES DE CAFÉ. *Cenicafe*.
- CERRATO, M. F. (2024). *EVALUACIÓN DEL PERFIL AROMÁTICO DEL CAFÉ HONDUREÑO (Coffea . Catacamas*.
- Cordova, S., & Valdez, M. (2024). Efecto de ectomicorrizas y endomicorrizas en la producción de plantones de café (Coffea arabica) variedad Catuai en condiciones de Oxapampa. *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión*.
- Diaz Villamizar, M. A. (2022). *Evaluación del perfil aromático de café colombiano de distintas zonas y épocas de cosecha, usando de nariz electrónica y análisis estadístico multivariado*.
- Escalona, I. (2022). Producción de enzimas a partir de residuos agroindustriales. análisis bibliográfico. *repositorio.xoc.uam.mx*.
- Fukalova, T., & Almeida, A. (2024). Determinación de niveles de acrilamida en café arábigo (Coffea arabica L.), variedad Catuai. *European Public & Social Innovation Review*, 1–20.
- IHCAFE. (2021). *Instituto Hondureño del Café*. Obtenido de Instituto Hondureño del Café: <https://www.ihcafe.hn/taza-de-excelencia-2/>
- IHCAFE. (2023). Obtenido de <https://www.ihcafe.hn/comercializacion-de-cafe/>
- Jumbo, N. (2022). Influencia de la variedad, altura y procesos tecnológicos en la calidad y sustentabilidad del café de Chaguarpamba, Loja, Ecuador. *Universidad Nacional Agraria La Molina. Escuela de Posgrado. Doctorado en Agricultura Sustentable*.
- Ladino-Garzón, W. C.-M.-G.-C. (2016). Calidad de taza de café (Coffea arabica L.) procesado en fermentación semi-seca. *Agronomía Colombiana*, 34(1 supl), 281-283.
- Landino, W., Cortes, E., Gutierrez, N., & Amorocho, C. (2016). Calidad de taza de café (Coffea arabica L.) procesado en fermentación semi-seca. *Agronomía Colombiana*.
- Marcia Fuentes, J. A. (2020). Desarrollo de una bebida tipo infusión a partir de pulpa de café (Coffea arabica) variedad Lempira de Honduras. *Journal of agricultural Science*. .

- Montilla, J., Arcila, J., Aristizabal, M., Montoya, E., Puerta, G., Oliveros, C., & Cadena, G. (2008). Caracterización de algunas propiedades físicas y factores de conversión del café durante el proceso de beneficio húmedo tradicional.
- Moreno, I. &. (2016). Matriz de sensores: fundamento de la nariz electrónica. *Revistas UTP*, 37-39.
- Moreno, I., & Serracin, J. (2016). Matriz de sensores: fundamento de la nariz electrónica.
- Moreno, I., & Serracín, J. (2016). Matriz de sensores: fundamento de la nariz electrónica. *In Memorias de Congresos UTP*, 37-39.
- Otárola, A. (2018). Efecto de la enzima pectolítica y levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) en la fermentación y calidad del cacao var. criollo (*Theobroma cacao*).
- Patui, S. C. (2014). Lipase activity and antioxidant capacity in coffee (*Coffea arabica* L.) seeds during germination. *Plant Science*, 19-25.
- Pauti, S., Luisa, C., Carlo, P., Marco, Z., Lanfranco, C., Lorenzo, D. T., . . . Enrico, B. (2014). Lipase activity and antioxidant capacity in coffee (*Coffea arabica* L.) seeds during germination. *Plant Science*, 19-25.
- Pierre, J., Retes, R., & Vasquez, E. (2020). Importancia, genética y evolución del café en Honduras y el mundo. *Innovare: Revista De Ciencia Y tecnología*, 149–155.
- Puerta, G. (2011). COMPOSICIÓN QUÍMICA DE UNA TAZA DE CAFÉ. *Cenicafe*.
- Sunarharum, W. B. (2014). Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. *Food research international*, 315-325.
- Tugnolo, A. B. (2019). Characterization of green, roasted beans, and ground coffee using near infrared spectroscopy: A comparison of two devices. *Journal of Near Infrared Spectroscopy*, 93-104.
- Ventura, V. (2022). *Análisis de precios hedónicos de subastas de cafés especiales en América Latina*. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, 2022.
- Yashin, A. Y. (2017). Chromatographic methods for coffee analysis: a review. *ournal of Food Research*, 60-82.