

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

FACULTAD DE CIENCIAS TECNOLÓGICAS

**EFFECTO DEL AHUMADO CON MADERAS DE ROBLE (*Quercus hispánica*) y
CARBON (*Mimosa platycarpa*) SOBRE LAS PROPIEDADES MICROBIOLOGICAS
Y SENSORIALES DE LA TILAPIA (*Oreochromis sp.*)**

POR:

DANIEL ANTONIO ALVARENGA CANALES

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2025

**EFFECTO DEL AHUMADO CON MADERAS DE ROBLE (*Quercus hispánica*) Y
CARBON (*Mimosa platycarpa*) SOBRE LAS PROPIEDADES MICROBIOLOGICAS
Y SENSORIALES DE TILAPIA ENTERA (*Oreochromis sp.*)**

POR:

DANIEL ANTONIO ALVARENGA CANALES

M. Sc. ARLIN DANERI LOBO

ASESOR PRINCIPAL

TESIS

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**

INGENIERÍA EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA

CATACAMAS

OLANCHO

DICIEMBRE, 2025

DEDICATORIA

A Dios, por conducirme por el camino correcto y sostenerme en todo este proceso dándome la fortaleza para avanzar y permanecer firme ante cada dificultad.

A mis padres, por su apoyo constante e incondicional, por mostrarme el rumbo que debía seguir y alentarme siempre a no rendirme.

A mi familia, por acompañarme a lo largo de este recorrido, en los momentos buenos y en los difíciles, depositando su confianza en mí.

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios Todopoderoso por permitirme alcanzar un objetivo más; por brindarme sabiduría y fortaleza en los momentos en que más las necesite y por sostenerme para no rendirme nunca.

A mis padres María Elena Canales Oyuela, Nelson Humberto Alvarenga Reyes y mis hermanos Keily Alvarenga, Fernando Alvarenga, Beverlyn Alvarenga, mi prima Manuela Reyes y demás integrantes de mi familia por darme su apoyo incondicional para culminar esta etapa de mi vida con éxito.

A mis amigas y compañeras Myriam Funes, Nely Aguilera, Amely López, Fabiola Caceres, Isabella Figueroa (mis Morris) por aguantarme y apoyarme en todo este largo proceso.

A la Universidad Nacional de Agricultura y los docentes M.S.c Arlin Lobo, M.S.c. Arelys Betancourth y M.S.c. Wilson Martínez, por apoyarme y llevar a cabo el proyecto de investigación con éxito, por sus consejos y seguimiento del mismo hasta el final.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCION	1
II.	OBJETIVOS	2
2.1.	Objetivo general	2
2.2.	Objetivos específicos:	2
III.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
3.1.	Productos acuícolas.....	3
3.2.	Tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>).....	3
3.3.	Composición nutricional de la tilapia roja (<i>Oreochromis sp.</i>)	4
3.3.1.	Contenido nutricional.....	4
3.3.2.	Contenido de grasas y ácidos grasos.....	5
3.3.3.	Contenido de aminoácidos	5
3.4.	Ahumado	5
3.5.	Impacto de las maderas de roble, carbón y laurel.....	6
3.5.1.	Roble	6
3.5.2.	Carbón.....	7
3.6.	Evaluación sensorial	7
3.7.	Propiedades microbiológicas.....	8
3.7.1.	Indicador de calidad e inocuidad	8
3.7.2.	Indicadores microbiológicos en el pescado.....	8
3.7.3.	Efecto del ahumado en la reducción de microorganismos o gérmenes	9

3.8.	Parámetros fisicoquímicos	9
3.8.1.	Análisis de humedad en alimentos	9
3.8.2.	pH como indicador de calidad y frescura.....	10
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
4.1.	Localización	11
4.2.	Materia prima e ingredientes	12
4.3.	Equipos utilizados.....	12
4.4.	Materiales de evaluación sensorial	13
4.6.	Metodología.....	15
4.6.1.	Diseño experimental y tratamientos	15
4.6.2.	Flujograma	16
Paso 1.	Recepción de la materia prima	16
Paso 2.	Preparación de la salmuera.....	17
Paso 3.	Oreado de la tilapia	17
Paso 4.	Ahumado	17
Paso 5.	Oreado post-ahumado	18
Paso 5.	Empaquetado y almacenamiento	18
4.7.	Análisis microbiológico	18
4.8.	Análisis fisicoquímicos	19
4.8.1.	evaluación de Ph de la tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>). antes y después del ahumado. 19	
4.9.	Análisis sensorial	21
4.10.	Análisis estadístico	21
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
5.1.	Resultados de análisis microbiológicos	22

5.1.1.	Resultados del análisis microbiológico de <i>E. coli</i>	23
5.2.	Análisis de humedad tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) crudo	24
5.3.	Análisis de humedad tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) ahumado	25
5.4.	Análisis de pH tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) crudo	26
5.5.	Análisis de pH en tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) ahumada.....	27
5.6.	Resultados de evaluación sensorial.....	28
VI.	CONCLUSIONES	30
VII.	RECOMENDACIONES.....	31
VIII.	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	32
IX.	ANEXOS	35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Materia prima e ingredientes	12
Tabla 2. Equipos utilizados.....	12
Tabla 3. Materiales de evaluación sensorial	13
Tabla 4. Instrumentos de laboratorio.....	14
Tabla 5. Diseño experimental y tratamientos	15

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura (Google maps)	11
Figura 2. Formula índice de aceptabilidad	21
Figura 3. Resultados del análisis microbiológico de E. coli	23
Figura 4. Resultados de humedad de tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) crudo	24
Figura 5. Resultados de humedad en la tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) ahumado	25
Figura 6. Resultados de pH en tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) crudo	26
Figura 7. Resultados de pH en tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>) ahumada	27
Figura 8. Índice de aceptabilidad sensorial de la tilapia (<i>Oreochromis sp.</i>)	28

LISTAS DE ANEXOS

Anexo 1. Formato evaluación sensorial.....	35
Anexo 2. Procedimiento antes de ahumar.....	36
Anexo 3. Análisis microbiológico antes de ahumado.....	37
Anexo 4. Análisis de humedad y pH antes de ahumado	37
Anexo 5. Proceso de ahumado	38
Anexo 6. Análisis microbiológicos y fisicoquímicos después de ahumado	39
Anexo 7. Evaluación sensorial	40

Alvarenga Canales, Daniel Antonio (2025). Efecto del ahumado con maderas de roble (*quercus hispánica*) y carbon (*mimosa platycarpa*) sobre las propiedades microbiológicas y sensoriales de tilapia entera (*Oreochromis sp*). Trabajo de Investigación de grado Ingeniería en Tecnología Alimentaria, Facultad de Ciencias Tecnológicas, Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras, C.A. 52. Pg.

RESUMEN

La tilapia (*Oreochromis sp.*) es una de las especies de mayor importancia en la acuicultura hondureña debido a su valor nutricional y su amplia aceptación. El ahumado representa una alternativa de valor agregado, ya que mejora el sabor, prolonga la vida útil y permite generar nuevos productos para el mercado. La investigación analiza el efecto del ahumado con madera de roble, carbón y un control con aserrín de laurel sobre las propiedades microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas del producto, con el fin de identificar la opción más adecuada para obtener un pescado ahumado seguro y de alta calidad. Evaluar el impacto del ahumado utilizando roble y carbón en las características microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas de tilapia entera para determinar qué tratamiento ofrece mejores atributos de calidad y aceptación. Se empleó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos (roble, carbón y control) y dos repeticiones cada uno. El proceso incluyó salmuera, oreado, ahumado entre 65–70 °C por 5–6 horas y posterior análisis. Se realizaron determinaciones microbiológicas (*E. coli*), fisicoquímicas (pH y humedad antes y después del ahumado) y evaluaciones sensoriales con 40 panelistas (no entrenados) por tratamiento, utilizando escala hedónica de 7 puntos. Los datos fueron procesados mediante INFOSTAT con pruebas de Tukey al 5% y cálculo de índice de aceptabilidad. Los análisis microbiológicos demostraron que todos los tratamientos permanecieron por debajo del límite RTCA de <10 UFC/g, evidenciando que el proceso de ahumado y la salmuera fueron efectivos para mantener la inocuidad. En la evaluación sensorial, los tres tratamientos mostraron alta aceptación; sin embargo, el control (laurel) destacó por mejor color y equilibrio general, mientras que el carbón presentó mayor preferencia en sabor y el roble en textura. Los análisis de humedad confirmaron una reducción esperada por efecto del ahumado, siendo el control el que

conservó mayor jugosidad. En cuanto al pH, todos los tratamientos se mantuvieron dentro de rangos típicos de pescado fresco y ahumado, con el control mostrando mayor estabilidad entre repeticiones. Los tres métodos de ahumado generaron productos microbiológicamente seguros y sensorialmente aceptados. El roble favoreció una textura destacada, el carbón mejoró el sabor y el laurel proporcionó mayor uniformidad en color, humedad y pH. En conjunto, el tratamiento control mostró la mayor consistencia, mientras que roble y carbón aportaron atributos diferenciados que pueden adaptarse a preferencias específicas del consumidor.

Palabras clave: Acuícola, Análisis, Inocuidad,

I. INTRODUCCION

En Honduras, la tilapia (*Oreochromis sp.*) es una especie de acuicultura importante, y el desarrollo de productos ahumados de tilapia puede representar una oportunidad para agregar valor a la producción local, diversificar la oferta de productos pesqueros y satisfacer la demanda de los consumidores por alimentos con sabores distintivos y métodos de conservación tradicionales. La integración del sector de la pesca y la acuicultura en los mercados internacionales ha reportado numerosos beneficios, producto del crecimiento económico, avances tecnológicos y comercial. Debido al crecimiento de la industria pesquera y acuícola, los productos acuáticos son cada vez más importantes para los medios de vida y subsistencia humanos, así como para la nutrición, dado su aporte de proteínas y macronutrientes. Actualmente, los productos pesqueros y acuícolas se encuentran entre los productos alimentarios más comercializados en el mundo (Souza, 2011).

La investigación tiene como objetivo evaluar el impacto del uso de madera de roble y carbón en las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales de la tilapia entera (*Oreochromis sp.*). La tilapia es un pescado altamente nutritivo, reconocido por su elevado contenido de proteínas, ácidos grasos Omega-3, vitaminas y minerales, lo que lo convierte en un alimento ideal para una dieta equilibrada y saludable. Por su parte, el ahumado es una técnica que no solo contribuye a la conservación del pescado, sino que también potencia su sabor, aroma y textura, añadiendo un valor agregado al producto final. En este contexto, la investigación busca comparar las propiedades microbiológicas, sensoriales y parámetros fisicoquímicos de la tilapia roja ahumada con roble y con carbón, con el fin de determinar cuál de estas dos maderas ofrece un perfil sensorial más atractivo y aceptable para los consumidores.

II. OBJETIVOS

2.1.Objetivo general

- Evaluar el efecto del ahumado con madera de roble y carbón sobre las propiedades microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas de tilapia entera (*Oreochromis sp.*).

2.2.Objetivos específicos:

- Identificar la madera que aporte las propiedades sensoriales más deseables para el ahumado de tilapia roja (*Oreochromis sp.*), según preferencias de consumidores o estándares de calidad.
- Determinar el impacto del ahumado con madera de roble y carbón en la reducción de coliformes totales y *E. coli*.
- Evaluar cómo el ahumado con madera de roble y carbón afecta el pH y humedad en tilapia.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1.Productos acuícolas

La acuicultura se ha convertido en una actividad de rápido crecimiento, cuya importancia radica en su aportación a la producción pesquera mundial y al incremento en la demanda de los productos acuícolas, en parte por el crecimiento de la población mundial y por el cambio de hábitos alimenticios, al considerar las carnes blancas como más sanas y nutritivas. La aportación al sector agroalimentario y por el potencial que tiene para reducir la pobreza e incidir de manera significativa en el desarrollo local y regional, la ubican como una actividad estratégica (Beltrán Meza, 2017).

3.2.Tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

La tilapia roja (*Oreochromis sp.*) no corresponde a una sola especie sino, en general, a líneas o híbridos (con frecuencia *O. niloticus* × *O. mossambicus*, a veces con aporte de *O. aureus*) seleccionados por su fenotipo rojo y por rasgos zootécnicos (crecimiento, rusticidad y tolerancia a salinidad). Estos cruzamientos mantienen el desempeño productivo de las tilapias del Nilo, con buena conversión alimenticia y adaptabilidad a sistemas intensivos, y suelen mostrar calidad de filete comparable a variedades no pigmentadas. (El-Sayed & Fitzsimmons, 2023).

3.3.Composición nutricional de la tilapia roja (*Oreochromis sp.*)

La tilapia roja (*Oreochromis sp.*) es un pescado nutritivo caracterizado por su alto contenido de proteína magra, lo que la convierte en una excelente opción para el desarrollo muscular y la saciedad. Su perfil lipídico es favorable, siendo baja en grasas totales y saturadas, aunque aporta algunos ácidos grasos omega-3 beneficiosos para la salud cardiovascular. Además, proporciona vitaminas del grupo B, cruciales para el metabolismo energético y la función nerviosa, así como minerales esenciales como el fósforo para la salud ósea y el potasio para el equilibrio electrolítico, todo esto con un aporte calórico moderado (Souza et al., 2024).

3.3.1. Contenido nutricional

La composición nutricional de 100 gramos de tilapia roja (*Oreochromis sp.*) cruda, destacando que es un alimento bajo en calorías (100 kcal) pero rico en proteínas (18,46 g), las cuales aportan el 73% de su contenido energético. Tiene un bajo contenido en grasas (1,98 g) y carbohidratos (2,51 g), siendo principalmente agua (75,44 g).

Entre los Micronutrientes, el calcio es el más abundante (74,38 mg), mientras que el hierro (0,61 mg) y zinc (0,57 mg) aparecen en menores cantidades. Se detectó además una pequeña cantidad de plomo (0,9 ppm), un metal pesado cuyo monitoreo es importante para garantizar la seguridad del alimento. En general, estos datos confirman que la tilapia es una excelente fuente de proteína magra y minerales, aunque se recomienda controlar posibles contaminantes en su producción (Nuryanto, 2022).

3.3.2. Contenido de grasas y ácidos grasos

El contenido total de ácidos grasos (30,39 %) en la tilapia roja (*Oreochromis sp.*). El ácido graso saturado más abundante fue el palmítico (7,87 %) y el esteárico (4,30 %). Los ácidos grasos mono insaturados (AGMI), como el ácido oleico, representaron el 8,13 %. Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), como el ácido linoleico, representaron el 3,67% (Nuryanto, 2022).

3.3.3. Contenido de aminoácidos

El contenido total de aminoácidos en la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) fue del 21,56 %. Los aminoácidos esenciales en la tilapia roja (*Oreochromis sp.*) fueron arginina (1,88 %), leucina (1,69 %) y lisina (1,84 %). Los aminoácidos no esenciales fueron ácido aspártico (2,16 %), ácido glutámico (3,45 %), glicina (1,64 %) y alanina (1,37 %). Los aminoácidos con mayor porcentaje son el ácido glutámico y el ácido aspártico, que son aminoácidos no esenciales (Nuryanto, 2022).

3.4. Ahumado

El ahumado, como tecnología tradicional de elaboración de productos cárnicos y de pescado, pertenece a los sistemas más antiguos empleados por el hombre para el procesamiento, conservación y consumo de alimentos, practicado ya en la prehistoria y que ha mantenido su importancia hasta nuestros días. Actualmente, el panorama frente al uso de humo en alimentos ha cambiado, no solo se busca una preservación del alimento, sino brindar un producto con características organolépticas específicas. (sabor y olor), que sea comestible; y que, a su vez, aumente el precio del producto en el mercado (Alonso, 2019).

La forma original de ahumado, se basa en colocar el producto a ahumar directamente con el fuego; pero en los últimos años las técnicas naturales de ahumado están siendo remplazadas por métodos como el uso de humos condensados o humos líquidos, Sin embargo, algunos estudios establecen que los productos ahumados con humo líquido no cuentan con las mismas características sensoriales de un producto ahumado de la forma tradicional, El proceso de ahumado, combina técnica de salazón, secado y refrigerado; y otros como protocolos de higiene un para obtener producto final de buena calidad (Gonçalves & De Oliveira, 2011).

El ahumado de tilapia es un nuevo concepto que se ha introducido en el mercado, ya que son muy pocos restaurantes o empresas que lo realizan como investigación ya que no existe en el mercado un producto ahumado de tilapia a la venta, es por eso que se cuenta con muy poca información en la cual basarse para realizar un producto ahumado de tilapia. Para este trabajo de investigación, se realizará un proceso de ahumado tradicional utilizando madera de roble y carbón (Alonso, 2019).

3.5.Impacto de las maderas de roble, carbón y laurel

3.5.1. Roble

La madera de roble, por ejemplo, es reconocida por su sabor equilibrado, que realza el sabor natural de la carne sin astringirlo. La madera de roble ocupa un lugar destacado entre las maderas para ahumar, El ahumado sutil pero intenso del roble realza el sabor de las carnes sin eclipsar sus sabores naturales. Su densidad media garantiza una combustión consistente y uniforme, proporcionando un flujo constante de humo que penetra la carne y crea ese aroma y sabor ahumado característicos. Su fiabilidad y compatibilidad con diversos condimentos y marinadas lo convierten en la opción ideal para lograr el equilibrio deseado de ahumado (Bolaji, 2022).

3.5.2. Carbón

El carbón desempeña un papel fundamental en el ahumado al proporcionar una fuente de calor estable y duradera que garantiza una cocción uniforme del pescado. A diferencia de otras maderas, genera un humo más puro y consistente, libre de resinas y alquitranes excesivos, lo que permite una absorción equilibrada de los compuestos aromáticos sin enmascarar el sabor natural de la tilapia. Su combustión lenta y controlada favorece una deshidratación gradual que contribuye a una textura ideal: superficie ligeramente crujiente mientras mantiene la jugosidad interna. Además, el carbón imparte un sutil sabor ahumado y un atractivo color dorado uniforme, realzando las cualidades sensoriales del pescado sin dominar su perfil de sabor natural (Bolaji, 2022).

3.5.3. Laurel

El uso de madera de laurel en el proceso de ahumado tiene un impacto significativo en las características del producto final, destacando por su perfil sensorial único y propiedades conservantes. Esta madera aporta un aroma herbáceo y ligeramente dulce, diferenciándose de maderas como el roble o el carbón, que tienden a dar sabores más intensos o neutros, respectivamente. Además, genera un color dorado claro en los alimentos, lo que resulta visualmente atractivo. También contiene compuestos fenólicos con efecto antioxidante, que ayudan a prevenir la oxidación de lípidos (Arona 2020).

3.6. Evaluación sensorial

La “Evaluación Sensorial” es una disciplina mediante la cual se evalúan las propiedades organolépticas a través del uso de uno o más sentidos humanos. Mediante esta evaluación pueden clasificarse las materias primas y productos terminados, conocer que opina el consumidor sobre un determinado alimento, su aceptación o rechazo y desarrollo de los mismos. Son diversas las aplicaciones de esta ciencia, la cual desempeña un papel clave en

el ciclo de vida de un producto, de ahí que no se concibe el análisis de un alimento, si no va aparejado de la evaluación de sus propiedades organolépticas mediante pruebas sensoriales, destacándose la importancia de dicha disciplina no solo en la actualidad sino también en el futuro (Severiano-Pérez, 2019).

3.7.Propiedades microbiológicas

3.7.1. Indicador de calidad e inocuidad

El examen de microbiología de los alimentos proporciona información en cuanto a la calidad del producto bruto y a las condiciones sanitarias en que ha sido elaborado, así como a la eficiencia del medio de preservación. En caso de los productos deteriorados, es posible identificar el agente causante de la alteración y una vez conocido investigar el foco de contaminación y las condiciones que han hecho esto posible y tomar las medidas pertinentes para evitar su repetición. Las técnicas microbiológicas de examen de alimentos no están particularmente especializadas. Por lo general el análisis consiste en el examen microscópico directo y los métodos de cultivo (Insuasty 2005).

3.7.2. Indicadores microbiológicos en el pescado

La presencia de coliformes totales en el pescado puede ser indicativa de la contaminación del producto y, máximamente, de la presencia de organismos patógenos (Quispe et al. 2023). La presencia de altas concentraciones de mesófilos aerobios y coliformes indican contaminación del pescado. En el caso de los coliformes su presencia en alta concentración puede ser indicativo de la presencia de diversos patógenos entéricos como *Salmonella* spp, que coloquen en riesgo la salud de consumidor (Meza-Villalobos et al. 2023).

3.7.3. Efecto del ahumado en la reducción de microorganismos o gérmenes

El humo ejerce una acción conservante limitada, por lo que se suele combinar con otros procedimientos de conservación (curado, fermentado, secado). Los componentes del humo con acción inhibidora de los gérmenes son fundamentalmente el formaldehído, creosota, los fenoles y algunos ácidos como el fórmico y el acético. La acción inhibidora del humo contra los gérmenes es más intensa en aquellos lugares donde más se encuentran estas sustancias, que suele ser la capa superficial del alimento. Esta reducción no solo mejora la seguridad microbiológica del alimento, sino que también extiende su vida útil al inhibir el crecimiento de microorganismos deteriorantes, siempre que se complemente con adecuadas prácticas de manipulación y almacenamiento post-ahumado (Parra 2019).

3.8. Parámetros fisicoquímicos

3.8.1. Análisis de humedad en alimentos

El análisis del contenido de humedad en pescados y carnes constituye un parámetro crítico, ligado a la actividad de agua. Niveles elevados de agua disponible favorecen el desarrollo de microorganismos alterantes y patógenos, mientras que su reducción controlada, mediante operaciones de secado, salado u otros métodos de conservación que contribuyan a mejorar la vida útil del producto. La determinación sistemática de la humedad permite establecer especificaciones y condiciones de proceso robustas, coherentes con los requisitos contemporáneos de calidad e inocuidad alimentaria (Mediani et al., 2022).

3.8.2. pH como indicador de calidad y frescura

El pH de la carne es uno de los principales indicadores que determinan su calidad y puede alterarse por muchos factores relacionados con situaciones antes del sacrificio. (Olivas 2017). Uno de los parámetros para la evaluación de frescura es la determinación de PH, cuando el pescado es recién capturado tiene un PH neutro, y una vez que se inicia el rigor mortis el mismo desciende a valores aproximados de 6.5 debido a la formación de ácido láctico. La determinación de PH tiene como ventajas que es sencillo, económico y rápido de realizar, y en contrapartida presenta variaciones en los valores de pH respecto a la especie, la época del año, las condiciones alimentarias (Buharda 2023).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Localización

La investigación de tipo cuantitativa se realizó en el laboratorio acuícola de la Facultad de Ciencias Tecnológicas en la Universidad Nacional de Agricultura, municipio de Catacamas, Olancho, Honduras, Barrio el Espino, carretera que conduce hacia Dulce Nombre de Culmí.

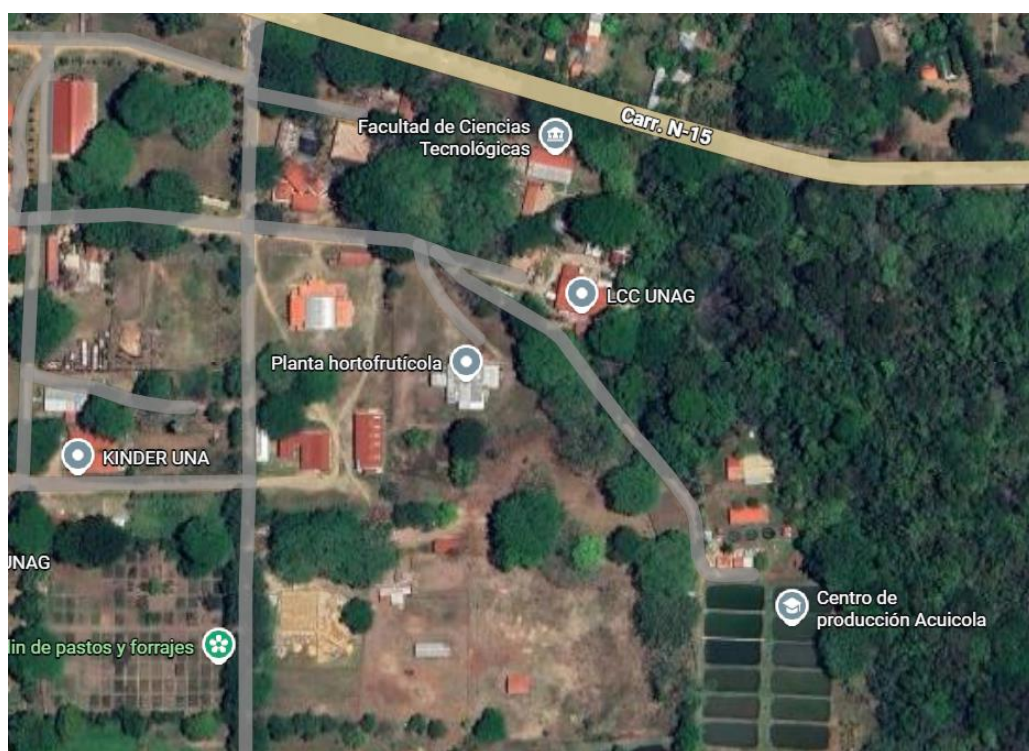


Figura 1. Instalaciones de la Universidad Nacional de Agricultura (Google maps)

4.2. Materia prima e ingredientes

Tabla 1. Materia prima e ingredientes

INGREDIENTES	CANTIDAD
Pescado (tilapia entera)	2.47 kg
Sal refinada	53. 79 g
Vinagre natural	188 ml
Clavo de olor	5.02 g
Orégano	4.95 g
Hojas de laurel	2.53 g
Sal de ajo	2.72 g
Azúcar	95.46 g
Aserrín de laurel	5 quintales
Madera de carbón, roble	5 cargas c/u (50 unidades c/u)

4.3. Equipos utilizados

Tabla 2. Equipos utilizados

MATERIALES Y EQUIPO	CANTIDAD
Ahumador	1
Termómetro	1
Bandejas de poliuretano de 1libra	Un paquete
Baldes plásticos	4
Pailas plásticas	4
Balanza digital	1
Rollos de plástico folifilm	2
Rollos de papel aluminio 25 pies	2

Cuchillo	3
Tabla mediana para picar alimentos	3

4.4. Materiales de evaluación sensorial

Tabla 3. Materiales de evaluación sensorial

MATERIALES DE EVALUACIÓN SENSORIAL	CANTIDAD
Hojas de evaluación sensorial	80
Lápiz	80
Servilletas	Dos paquetes
Agua	1 botellón
Vasos plásticos	80
Platos plásticos	80

4.5.Instrumentos de laboratorio

Tabla 4. Instrumentos de laboratorio

INSTRUMENTOS DE LABORATORIO	
Placas Petri film estériles	
Incubadora de laboratorio	
Tubos de ensayo estériles	
Fósforos	
Marcador indeleble y etiquetas	
Algodón	
Guantes	
Mascarilla	
Mechero	
Beaker	
Pipetas	
Gradilla	
Balanza digital	
Probeta	
Papel toalla	
Alcohol	
pH-metro	
Medidor de humedad (OHAUS)	

4.6. Metodología

En esta sección se detallan los procedimientos experimentales que se llevaron a cabo para evaluar el efecto del ahumado con madera de roble y carbón sobre las propiedades microbiológicas, sensoriales y fisicoquímicas de la tilapia entera (*Oreochromis sp.*). El proceso incluirá etapas claves, las cuales se realizaron bajo condiciones controladas para garantizar la consistencia de los resultados, asegurando así la validez de la investigación. A continuación, se describirán cada uno de los pasos metodológicos.

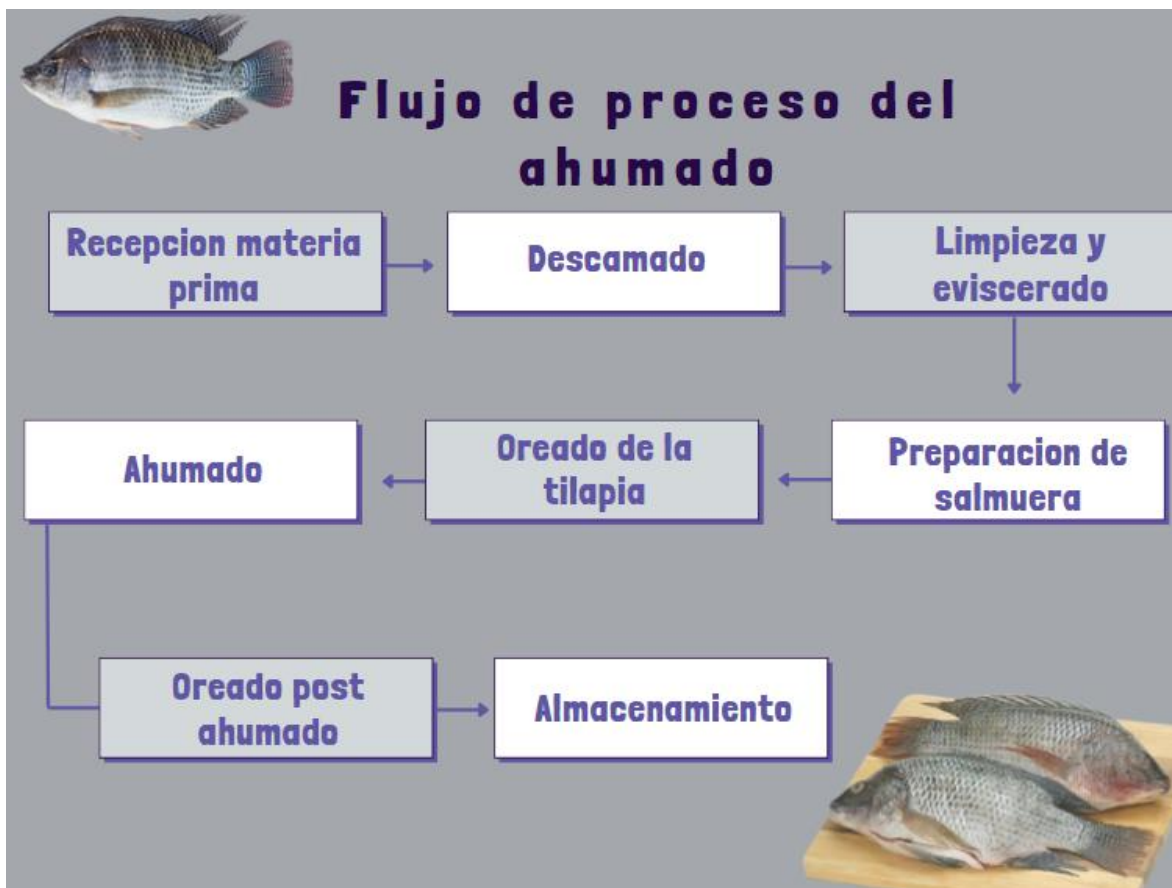
4.6.1. Diseño experimental y tratamientos

Se utilizará un diseño completamente aleatorizado (DCA), con 3 tratamientos y cada uno con dos repeticiones, además de un tratamiento adicional (control) dando un total de 6 corridas experimentales.

Tabla 5. Diseño experimental y tratamientos

Tratamientos	Tipo de madera	Repeticiones	
		I	II
T1	Roble	T1R1	T1R2
T2	Carbón	T2R1	T2R2
T3 (Control)	Aserrín de laurel	T3R1	T3R2

4.6.2. Flujoograma



Fuente: creación propia

Paso 1. Recepción de la materia prima

Se obtuvieron tilapias frescas de tamaño aproximadamente entre 12onz y 1 libra, a partir de los estanques de producción 10 y 11 según su numeración, donde se realizó una cuidadosa selección basada en criterios de sanidad y calidad. Los ejemplares elegidos pasaron inmediatamente al proceso de evisceración y lavado para garantizar su condición óptima. En esta etapa se tomó una muestra para realizar análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Esta fase inicial de preparación se llevó a cabo en las instalaciones acuícolas de la Universidad Nacional de Agricultura.

Paso 2. Preparación de la salmuera

La salmuera se preparó en una relación 1:1 entre el peso del pescado (lb) y el peso de agua. Para los tratamientos T1, T2 y TC de ambas repeticiones se utilizaron 5 lb de tilapia y 5 lb de agua (2.27 L). en dicho volumen de agua se disolvieron manualmente 95.46 g de azúcar y 53.79 g de sal común; posteriormente se añadieron 188 ml de vinagre. Una vez homogenizada la mezcla, se incorporaron 5.02 g de clavo de olor, 4.55 g de orégano, 2.72 g de sal de ajo y 2.53 g de hojas de laurel. Y se coloca en refrigeración durante 14 horas a 4 °C .

Paso 3. Oreado de la tilapia

Después del proceso del marinado el pescado se colocó en las rejillas del ahumador y se dejó reposar por un espacio de 30 minutos, logrando que el pescado no entrara con demasiada humedad al ahumador.

Paso 4. Ahumado

Para comenzar el proceso de ahumado, primero se colocó el tipo de leña correspondiente a cada tratamiento, como roble para el T1, carbón para el T2 y aserrín de laurel para el TC en la cámara de combustión del ahumador. A los 15 o 20 minutos de haber encendido el fuego y alcanzar los 90-100°C se acomodó el pescado en bases delgadas de aluminio para evitar que se pegara a la parrilla del ahumador y luego se mantuvo una temperatura entre los 65 y 70°C durante 5 a 6 horas. Aproximadamente a las 5 horas el pescado contaba con una temperatura de cocción de 68°C y para la sexta hora se bajaba la temperatura del ahumador provocando mayor contenido de humo durante la sexta hora, esto para garantizar la textura, sabor y color del ahumado en el pescado.

En el de T2 (carbón), se empleó el uso de leña de carbón o conocida popularmente como carbonera o leña de monte, siendo su nombre científico: (*mimosa platycarpa*).

Paso 5. Oreado post-ahumado

Una vez finalizado el ahumado se colocaron las parrillas cubiertas con el pescado en un área limpia y ventilada para su enfriamiento durante 15.

Paso 5. Empaquetado y almacenamiento

El pescado se acondiciono en bandejas de poliestireno (1 bandeja por pescado), se recubrieron las bandejas con película folifilm y posteriormente se refrigero a 4°C.

4.7. Análisis microbiológico

Se realizó un análisis microbiológico conforme al RTCA 67.04.50:08 “Requisitos microbiológicos para productos cárnicos procesados listos para el consumo”, considerando los límites máximos permisibles, así como los métodos establecidos para la toma e interpretación de muestras, con el fin de garantizar la inocuidad del producto. Para ello, se empleó el método de vaciado en placa utilizando diluciones seriadas en pescado crudo y ahumado. Estos análisis se realizaron antes y después del ahumado para cada tratamiento

4.7.1. Procedimiento microbiológico: vaciado en placa y diluciones seriadas

Se inició mezclando 20 g de agua peptonada con 1000 ml de agua destilada, luego de homogenizarlo se procede a esterilizar en autoclave durante 15 minutos. Se utilizaron 10 gramos de muestra, los cuales se homogenizaron en 90 ml de agua peptonada tamponada estéril para obtener una dilución inicial de 10^{-1} . A partir de esta, se prepararon diluciones

seriadas decimales hasta una dilución de 10^{-6} . De cada dilución seleccionada, se sembró 1 ml en placas de Petri estériles mediante la técnica de vaciado en placa, utilizando medio selectivo fundido (como MacConkey Agar). Al momento de sembrar en las placas Petri, se utilizaron únicamente las diluciones 10^{-1} , 10^{-3} y 10^{-5} . Las placas fueron incubadas a una temperatura de 36°C durante 24 horas. Finalmente, pasadas las 24 horas se presentó realizó el conteo de colonias, el número de colonias características de *E. coli*. y coliformes, los resultados se expresaron como unidades formadoras de colonias por gramo de muestra (UFC/g), calculando en función del número de colonias, el factor de dilución y el volumen sembrado.

4.8. Análisis fisicoquímicos

En la presente investigación, se realizaron análisis fisicoquímicos de pH y humedad, los cuales se aplicaron tanto antes como después del proceso de ahumado a las muestras tratadas con madera de roble (*Quercus hispánica*), carbón (*Mimosa platycarpa*) y la muestra control con aserrín de laurel. Estas mediciones evaluaron los cambios en la acidez y la disponibilidad de agua libre en el pescado, así mismo ayudó a comparar el efecto diferencial de cada tipo de leña.

4.8.1. evaluación de Ph de la tilapia (*Oreochromis sp.*) antes y después del ahumado.

Con el fin de garantizar la precisión de las mediciones de pH durante el trabajo experimental, se llevó a cabo la calibración del pH-metro antes de su uso. Para ello, luego de encender el equipo se esperó a que este estuviese completamente estabilizado. Luego, se enjuaga cuidadosamente el electrodo con agua destilada para evitar contaminaciones. por otra parte, se pesaron 10 g de pescado siendo únicamente la carne sin restos de piel ni espinas y se procedió con la ayuda de un mortero de laboratorio a triturar la muestra y agregarla a un beaker con 10 ml de agua destilada, seguido se introdujo el pH-metro para la toma de datos, una vez obtenidos los resultados se enjuaga nuevamente el electrodo con agua destilada.

4.8.2. Evaluación de análisis de humedad de la tilapia (*Oreochromis sp.*). Antes y después de ahumado.

Para el análisis de humedad se utilizó el dispositivo Ohaus MB27, también conocido como termo balanza, el cual se permitió su uso mediante el laboratorio de química de la Unag. Este proceso conto con los siguientes tres pasos:

Paso 1. Configuración del equipo:

Una vez encendido el dispositivo, procedemos a configurarlo y seleccionamos la categoría de “carne” la cual ya cuenta con una base estándar. La temperatura aplicada fue de 105°C, el peso inicial fue de 5 g de muestra.

Paso 2. Preparación de la muestra:

Retiramos 5 g de muestra de tilapia, tomando únicamente la carne con ayuda de un cuchillo limpio y desinfectado, luego lo se trituro utilizando un mortero de laboratorio y se colocó en el recipiente del medidor de humedad. Seguido al cerrar la tapa el proceso comienza automáticamente.

Paso 3. Medición:

El proceso de medición de humedad para pescado crudo ideal debe ser entre 75-82% aproximadamente la medición de pescado crudo tomo alrededor de 50 a 77 minutos. En cuanto al pescado ahumado su rango ideal debe rondar entre 50-65% y el tiempo estimado fue entre los 25 y 50 minutos.

4.9. Análisis sensorial

Se realizaron evaluaciones sensoriales con 40 panelistas no entrenados para cada tratamiento de ambos géneros de la Universidad Nacional de Agricultura. Se aplicó una prueba hedónica de 7 puntos para valorar color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general de la tilapia ahumada, bajo condiciones de servicio estandarizadas.

4.10. Análisis estadístico

Se utilizó el software de infostat para el análisis de datos de evaluación sensorial y análisis microbiológicos, aplicando el test Tukey con una significancia de 0.05% de probabilidad, sin embargo, en el caso de la evaluación sensorial se empleó la fórmula de índice de aceptabilidad:

$$\text{Índice de Aceptabilidad} = \left(\frac{\text{Promedio de cada atributo}}{\text{Valor maximo de escala hedonica}} \right) * 100$$

Figura 2. Formula índice de aceptabilidad

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La investigación realizada se enfocó en evaluar el efecto del ahumado con madera de roble y carbón sobre tilapia entera. Se trabajó con dos tratamientos (roble, carbón) y un tratamiento control (aserrín de laurel) y, en los resultados, se determinó el nivel de agrado por parte de jueces (no entrenados); asimismo, se obtuvieron datos alentadores sobre la aceptabilidad general del producto y sobre los atributos sensoriales evaluados (sabor, aroma, textura y color). De forma complementaria, se midieron las variables fisicoquímicas (pH y humedad) y el indicador microbiológico (*E. coli*). A continuación, se presentan los resultados obtenidos.

5.1.Resultados de análisis microbiológicos

En cuanto al subgrupo “pescados precocidos, cocidos, salados o ahumados”, que corresponde al RTCA 67.04.50:17, establece para *Escherichia coli* un límite permitido de < 10 UFC/g. en términos de control microbiológico, este valor funciona como un umbral regulatorio.

5.1.1. Resultados del análisis microbiológico de *E. coli*

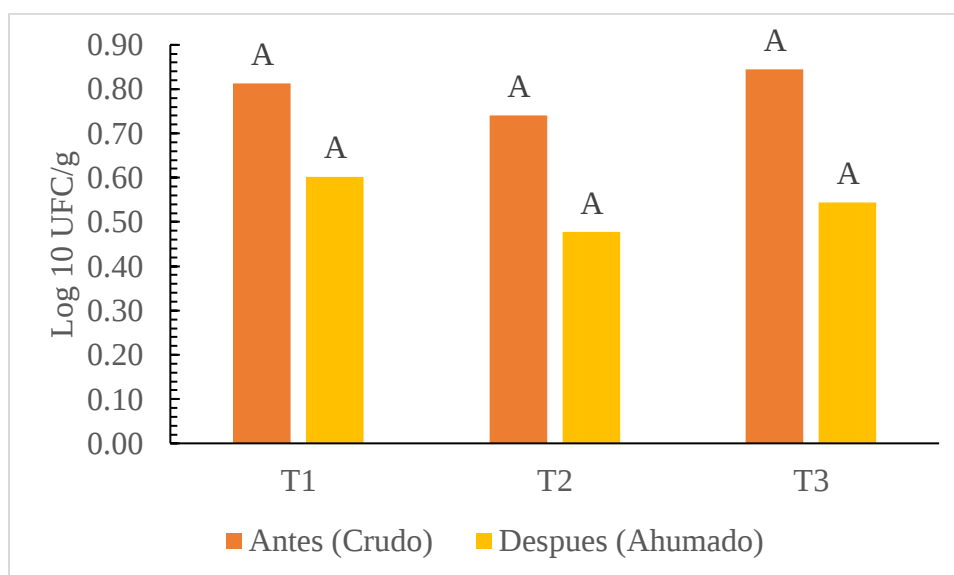


Figura 3. Resultados del análisis microbiológico de *E. coli*

La figura muestra los recuentos de *E. coli* (log₁₀ UFC/g) para T1, T2 y T3 antes y después del proceso de ahumado. Todos los valores son < 10 UFC/g por lo que cumplen el RTCA (<10 UFC/g). Se observó una disminución en los tres casos: siendo compatible con el efecto combinado de salado/ahumado. Igualmente, como se puede notar en la gráfica, no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos, cuyos datos obtenidos fueron medidos mediante (log UFC/g).

Tabla 5. Cumplimiento del límite RTCA (<10 UFC/g)

Tratamiento	<i>E. coli</i>
T1	<10 UFC/g
T2	<10 UFC/g
T3	<10 UFC/g

Por otra parte, la tabla muestra que en los tres tratamientos (T1, T2 y T3) el recuento de *Escherichia coli* fue < 10 UFC/g, es decir, se encuentra por debajo del límite permitido y

cumpliendo el criterio del RTCA 67.04.50:17 para pescados precocidos/cocidos/salados o ahumados. Este resultado sugiere que el conjunto de salmuera, ahumado y buenas practicas higiénicas controló adecuadamente este indicador de contaminación fecal.s

5.2. Análisis de humedad tilapia (*Oreochromis sp.*) crudo

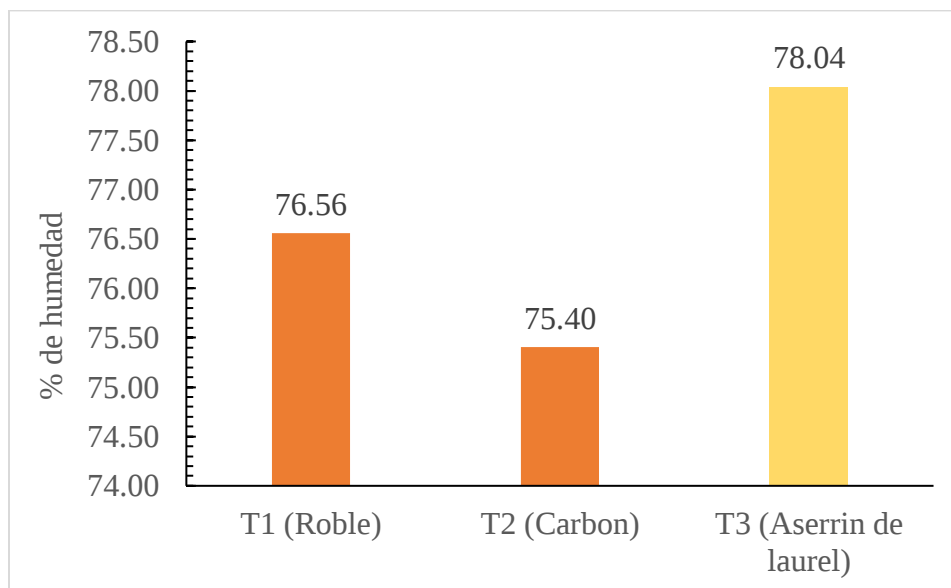


Figura 4. Resultados de humedad de tilapia (*Oreochromis sp.*) crudo

La grafica muestra el promedio de humedad del pescado crudo antes del ahumado, el T3 (aserrín de laurel) presenta la mayor humedad (78.04%), T1 (roble) queda intermedio (76.56 %) y T2 (carbón) el menor valor (75.40 %). La brecha máxima entre T3 y T2 es de ~2.6 puntos porcentuales, dentro del rango típico de pescado crudo ($\approx 70\text{--}80\%$)

Con estos valores (sin tratamiento aun), las diferencias reflejan variabilidad inicial del producto (tamaño, tiempo post mortem, escurrido previo, manipulación). El análisis estadístico realizado con el software InfoStat no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en esta etapa inicial.

5.3. Análisis de humedad tilapia (*Oreochromis sp.*) ahumado

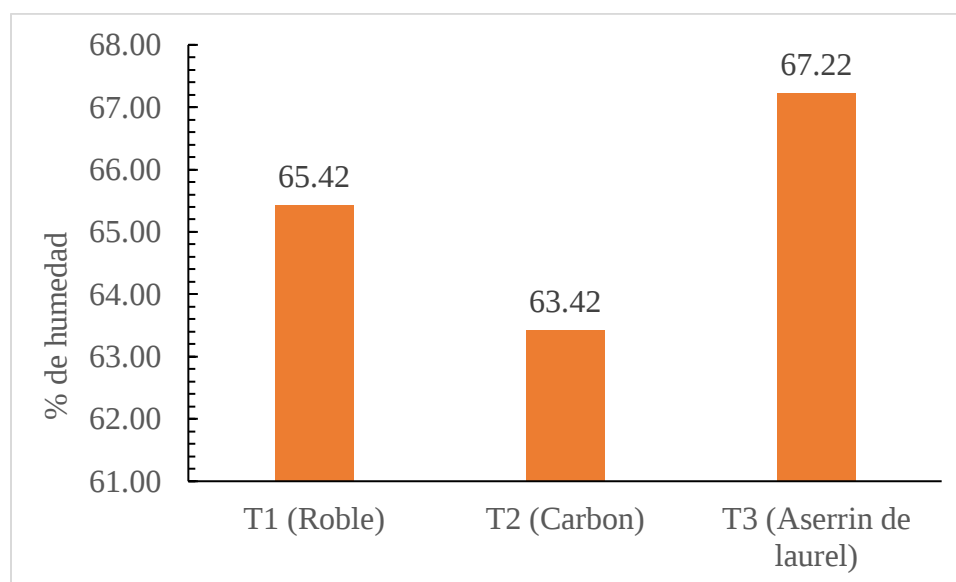


Figura 5. Resultados de humedad en la tilapia (*Oreochromis sp.*) ahumado

La figura muestra el promedio de humedad del pescado ahumado: T3–aserrín de laurel (67.22%) > T1–roble (65.42%) > T2–carbón (63.42%). Todas las medias caen en el intervalo típico de ahumado en caliente (~63–68%). El patrón es coherente según (Antal & Grønli, 2003) el carbón aporta calor más seco y estable, favoreciendo la deshidratación (menor humedad en T2), mientras que el aserrín en combustión lenta genera humo más denso y temperaturas algo menores, lo que reduce la pérdida de agua (mayor humedad en T3); el T1 con madera de roble queda en un comportamiento intermedio.

Si se comparan con los promedios en crudo (previos), las pérdidas fueron de 11.98 pp (T2), 11.14 pp (T1) y 10.82 pp (T3), equivalentes a 15.9%, 14.6% y 13.9% de reducción relativa, respectivamente. El análisis estadístico realizado con el software InfoStat no mostró diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para la humedad del pescado ahumado.

5.4. Análisis de pH tilapia (*Oreochromis sp.*) crudo

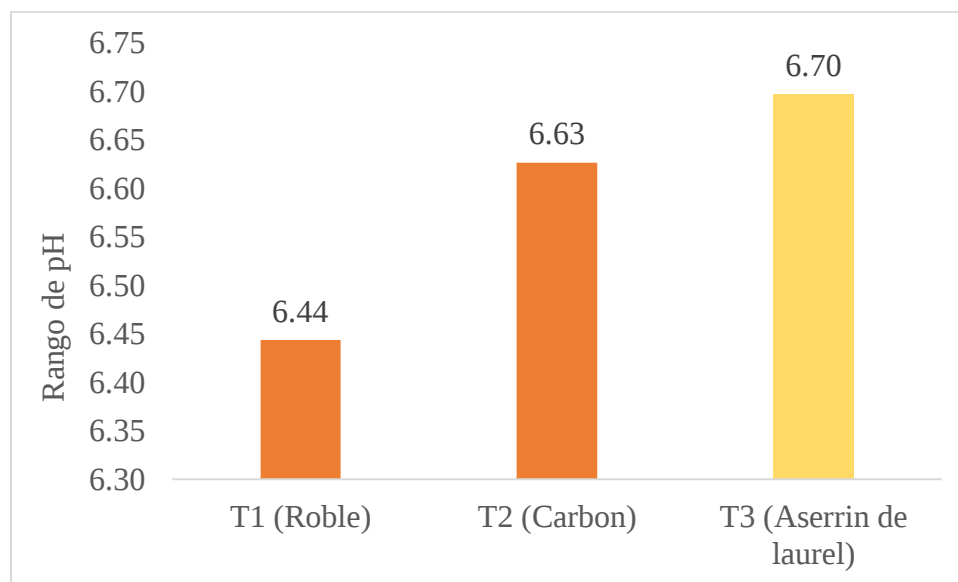


Figura 6. Resultados de pH en tilapia (*Oreochromis sp.*) crudo

La gráfica muestra el pH promedio del pescado crudo para tres grupos iniciales: T1 = 6.44, T2 = 6.63 y T3 = 6.70. Todos se sitúan dentro del intervalo esperado para pescado fresco (≈ 6.0 – 6.8), lo que indica buena condición inicial.

En términos biológicos (Vuataz et al., 2010), un pH más alto (T3) sugiere menor acidificación post mortem—posibles causas: menor reserva de glucógeno, estrés previo, diferencias de tiempo/temperatura antes del muestreo o zona anatómica. Un pH más bajo (T1) apunta a mayor formación de ácido láctico. Estas variaciones iniciales son relevantes porque el pH condiciona textura, color, velocidad de deterioro y la respuesta al ahumado. Cabe señalar que, de acuerdo con el análisis estadístico realizado con el software InfoStat, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas.

5.5. Análisis de pH en tilapia (*Oreochromis sp.*) ahumada

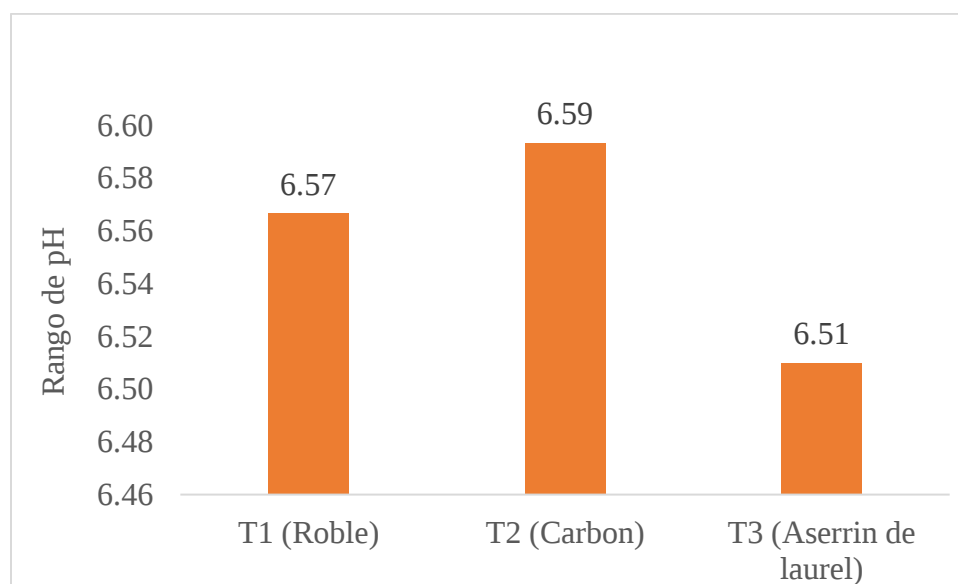


Figura 7. Resultados de pH en tilapia (*Oreochromis sp.*) ahumada

Como se puede observar en la figura, El pH del pescado ahumado se mantiene en un intervalo estrecho (≈ 6.51 – 6.59): T2–carbón 6.59, T1–roble 6.57 y T3–aserrín de laurel 6.51. Estas cifras son típicas de pescado ahumado y sugieren un proceso estable sin acidificación marcada. La pequeña diferencia de T3 (≈ 0.06 – 0.08 unidades por debajo de T1–T2) es coherente con una mayor incorporación de ácidos del humo o con condiciones algo más suaves (más tiempo de temperatura) que favorecen la acidificación superficial. El análisis estadístico mediante el software InfoStat no reveló diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para el pH del pescado ahumado.

5.6.Resultados de evaluación sensorial

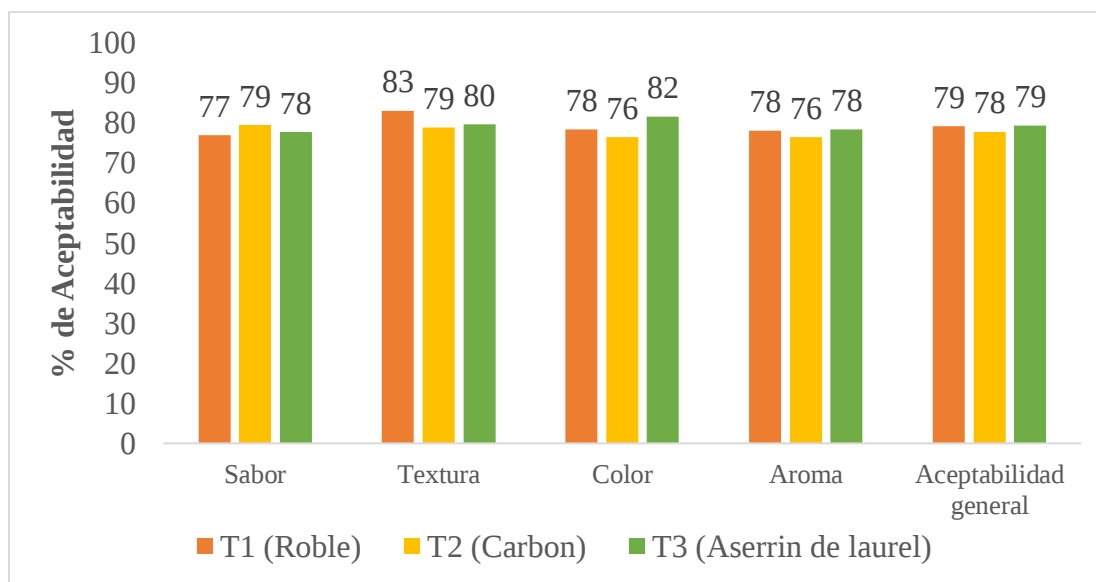


Figura 8. Índice de aceptabilidad sensorial de la tilapia (*Oreochromis sp.*)

La evaluación sensorial de la tilapia roja ahumada no pre muestra que los tres tipos de madera utilizados T1 (roble), T2 (leña “carbón”) y T3 (aserrín de laurel) generaron niveles altos y consistentes de aceptabilidad en todos los atributos, con valores entre 76% y 83%. Aunque las diferencias son pequeñas, el roble destacó por producir la mejor textura, posiblemente debido a una combustión más estable que favorece una deshidratación uniforme del producto. El aserrín de laurel sobresalió en el color, mostrando un tono más atractivo, probablemente por generar un humo más fino que deposita mejor los compuestos responsables del dorado característico.

Por su parte, la leña carbón mantuvo valores equilibrados en sabor, aroma y aceptabilidad general, demostrando que también es una opción eficiente para el ahumado. En conjunto, los resultados indican que los tres tratamientos son adecuados, y aunque cada madera influye ligeramente en atributos específicos, el producto final es sensorialmente aceptado de manera similar por los evaluadores. El análisis estadístico realizado con el software InfoStat no arrojó

diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos para ningún atributo sensorial evaluado.

En el caso del roble (T1), sus altos contenidos de lignina y celulosa favorecen una combustión lenta y uniforme, generando compuestos fenólicos y carbonilos responsables del color dorado-amarronado característico, el sabor ahumado equilibrado y la estabilidad oxidativa del producto final. Esto concuerda con estudios como los de Martínez et al. (2017), quienes señalan que las maderas duras como el roble aportan humo con mayor proporción de guayacol y siringol, compuestos clave en la aceptabilidad sensorial de productos ahumados.

La madera de carbón (T2), al tratarse de una leguminosa de rápido crecimiento, presenta una composición química distinta, con menor densidad y mayor contenido de compuestos extractivos volátiles. Esto podría explicar un ahumado más intenso en coloración superficial, pero posiblemente con notas aromáticas menos equilibradas o ligeramente amargas, como lo sugieren investigaciones sobre maderas no tradicionales en el ahumado (Ríos et al., 2020). Además, su alta tasa de combustión podría haber influido en una menor retención de humedad en la tilapia, afectando la jugosidad percibida.

Finalmente, el aserrín de laurel (T3), al provenir de una especie aromática, aporta aceites esenciales ricos en cineol, linalool y terpenos que se volatilizan durante la combustión. Estos compuestos se adsorben en la superficie del pescado, generando un perfil aromático distintivo, herbal y especiado, que puede elevar la puntuación en atributos de originalidad y aroma, aunque no necesariamente en aceptabilidad global si el consumidor no está habituado a estos perfiles (Gómez et al., 2019). Además, el uso de aserrín favorece una generación de humo más denso y frío, lo que puede incrementar la deposición de compuestos de superficie, pero reducir la penetración en comparación con las maderas en trozo.

VI. CONCLUSIONES

1. La evaluación sensorial evidenció que los tres tratamientos (roble, carbón y laurel) obtuvieron niveles altos de aceptación. Sin embargo, el tratamiento con aserrín de laurel mostró mayor equilibrio general y mejor percepción del color y jugosidad. El carbón destacó por su sabor más intenso y agradable, mientras que el roble proporcionó una textura más firme. En conjunto, los resultados indican que el tipo de madera empleada en el ahumado influyó directamente en la aceptabilidad del producto, siendo el roble la alternativa que proporcionó mejores características sensoriales, seguido del aserrín de laurel, mientras que la leña de carbón mostró un desempeño menos favorable.
2. Los análisis microbiológicos confirmaron que todos los tratamientos se mantuvieron por debajo del límite permitido por el RTCA (<10 UFC/g). Tanto el ahumado como la salmuera contribuyeron de manera efectiva a la reducción de microorganismos indicadores, garantizando un producto inocuo. No se observaron diferencias significativas entre tratamientos, por lo que se concluye que cualquiera de los tipos de madera cumple con la función de reducir la carga microbiana a niveles seguros.
3. El ahumado provocó una disminución esperada en los porcentajes de humedad en todos los tratamientos, reflejando un proceso adecuado de deshidratación. El tratamiento con laurel conservó mayor jugosidad, mientras que carbón y roble mostraron variaciones más amplias entre repeticiones. En cuanto al pH, los valores se mantuvieron dentro de rangos normales tanto antes como después del ahumado, sin cambios drásticos, siendo nuevamente el tratamiento con laurel el más estable. Esto sugiere que el proceso utilizado fue uniforme y no generó acidificaciones o alteraciones indeseadas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Incluir más tipos de maderas o combinaciones para ampliar la comparación sensorial y tecnológica.
2. Evaluar la vida útil del pescado ahumado bajo distintas condiciones de almacenamiento.
3. Incorporar análisis nutricionales y químicos para determinar el impacto del ahumado en la calidad final del producto.

VIII. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Agroavances. 2023. agroavances .:. beneficios de la pesca y acuicultura artesanales (en línea, sitio web). consultado 29 abr. 2025. disponible en <https://agroavances.com/sabiasque-detalle.php?idsab=764>.

Alonso, r; Andrea, s. 2019. desarrollo de filetes de tilapia (oreochromis roja) con sabor a humo. s.l., s.e. . consultado 11 abr. 2025.

Alonso, Sar. 2019. desarrollo de filetes de tilapia (en línea, sitio web). consultado 11 abr. 2025. disponible en <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/76637/tesis-%20desarrollo%20de%20filetes%20de%20tilapia%20con%20sabor%20a%20humo.pdf?sequence=1&isallowed=y>.

Alvarez, Mmr. 2023. material del curso “análisis de datos procedentes de investigaciones mediante programas informáticos” (en línea, sitio web). consultado 12 abr. 2025. disponible en https://www4.ujaen.es/~mramos/cursos/cadipi/cadipi_10_manova.pdf.

Arona, A. 2020. ahumado - madera final (en línea, sitio web). consultado 3 jun. 2025. disponible en <https://es.scribd.com/document/435073905/ahumado-madera-final>.

Beltrán Meza, mc. 2017. innovación en el sector acuícola (en línea). ra ximhai 13(3 especial):351–364. doi: <https://doi.org/10.35197/rx.13.03.2017.20.mb>.

Bolaji, ot. 2022. efecto del ahumado y las condiciones de almacenamiento en la calidad y aceptabilidad del bagre ahumado (clarias gariepinus) (en línea, sitio web). consultado 11 abr. 2025. disponible en https://www.researchgate.net/publication/286756458_influence_of_smoking_method_on_q

uality_of_traditional_smoked_bonga_shad_ethmalosa_frimbriata_fish_from_lagos_state_nigeria?_tp=eyjib250zxh0ijp7imzpcnn0ugfnzsi6inb1ymxpy2f0aw9urg93bmxvywqilcjwywdlijoichvibgljyxrpb24ifx0.

Burkhard, ir. 2023. vista de presentación del trabajo “relación entre el ph y el nitrógeno básico volátil en filet de merluza como indicador de frescura” en las jornadas internacionales de veterinaria (en línea, sitio web). consultado 16 may 2025. disponible en <https://revistasns.senasa.gob.ar/ojs/index.php/revistasns/article/view/3/5>.

El-Sayed, a-fm; fitzsimmons, k. 2023. from africa to the world—the journey of nile tilapia (en línea). reviews in aquaculture 15(s1):6–21. doi: <https://doi.org/10.1111/raq.12738>.

Insuasty, rm. 2005. determinacion de la calidad microbiologica de la trucha arco iris (*oncorhynchus mykiss*), comercializada en el sector urbano del municipio de san juan de pasto (en línea). :126. consultado 15 may 2025. disponible en <https://sired.udenar.edu.co/13091/>.

Meza-Villalobos, la; meza-espinoza, l; espinosa-chaurand, ld; diaz-ramírez, m; cortés-sánchez, adj. 2023. evaluación microbiológica de pescado (*cynoscion albus*) destinado al consumo humano (en línea). ciencia latina revista científica multidisciplinar 7(1):1263–1283. doi: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4480.

Nuryanto, n. 2022. potential of nile tilapia (*oreochromis niloticus*) as an alternative complementary food ingredient for stunting children (en línea, sitio web). consultado 11 abr. 2025. disponible en https://www.researchgate.net/figure/nutrient-content-composition-of-nile-tilapia-in-100-g_tbl1_362628135.

Olivas, ja. 2017. indicadores de calidad en carne de cerdo de diferentes centros comerciales de ciudad obregón, sonora (en línea, sitio web). consultado 16 may 2025. disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6307677>.

Parra, af. 2019. métodos de conservación de carne de cerdo : ahumado en caliente y ahumado artificial (en línea). . consultado 15 may 2025. disponible en <https://repositorio.unne.edu.ar/handle/123456789/53188>.

Quispe, dp; vargas, et; flores, mm; uribe, wo; rivas, efo. 2023. presencia de coliformes totales y fecales en *prochilodus nigricans* “boquichico” (en línea). investigación universitaria unu 13(2):1025–1033. doi: <https://doi.org/10.53470/riu.v13i2.114>.

Severiano-Pérez, p. 2019. ¿ qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? (en línea, sitio web). consultado 11 abr. 2025. disponible en https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=s2448-57052019000300004&scriptsci_arttext.

Souza, mlr de; chambo, aps; bronharo, ba; vasconcellos, rs; khatlab, a de s; matiucci, ma; gasparino, e. 2024. preparation of nile tilapia (*oreochromis niloticus*) waste meal for human consumption (en línea). ciencia rural 54(9). doi: <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20220626>.

Tapia, ms. 2020. contribución al concepto de actividad del agua (aw) y su aplicación en la ciencia y tecnología de alimentos en latinoamérica y venezuela (en línea, sitio web). consultado 15 may 2025. disponible en <https://acfiman.org/wp-content/uploads/2022/07/lxxx.n2.p18-40.2020.pdf>.

IX. ANEXOS

Anexo 1. Formato evaluación sensorial

Formato de evaluación sensorial



Universidad Nacional de Agricultura

Facultad de Ciencias Tecnológicas

Fecha ____/____/____

Edad ____

Sexo: ☐ F

☐ M

Indicaciones:

Por favor enjuague su boca antes de probar cada una de las muestras que se le presentan, indique su nivel de agrado marcando con el número de puntaje en la casilla en blanco para medir el nivel de aceptación acorde a la muestra que usted considere de su agrado.

Puntaje	Significativo
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	Me disgusta poco
4	No me gusta ni me disgusta
5	Me gusta poco
6	Me gusta moderadamente
7	Me gusta mucho

Código	Calificación para cada producto				Aceptación general
	Sabor	Textura	Color	Aroma	

Código	Calificación para cada producto				Aceptación general
	Sabor	Textura	Color	Aroma	

Anexo 2. Procedimiento antes de ahumar



Anexo 3. Análisis microbiológico antes de ahumado



Anexo 4. Análisis de humedad y pH antes de ahumado



Anexo 5. Proceso de ahumado



Anexo 6. Análisis microbiológicos y fisicoquímicos después de ahumado



Anexo 7. Evaluación sensorial

