

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA



**“ELABORACION DE AHUMADO EN FRÍO A PARTIR DE FILETE
DE PAICHE (*Arapaima gigas*)**

Presentado por:

DAVID ERNESTO LUJÁN TANTARICO

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO PESQUERO

Lima – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA

FACULTAD DE PESQUERÍA

**“ELABORACION DE AHUMADO EN FRÍO A PARTIR DE FILETE
DE PAICHE (*Arapaima gigas*)”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO PESQUERO

Presentado por:

DAVID ERNESTO LUJÁN TANTARICO

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dra. Fabiola Olivares Ponce
Presidente

Ing. Andrés Avelino Molleda Ordoñez
Miembro

Ing. Domingo Sánchez Amado
Miembro

Mg.Sc. David Julian Roldán Acero
Patrocinador

Ing. Juan Rodolfo Omote Sibina
Co-asesor

AGRADECIMIENTOS

A mis padres José Luján y Olga Tantarico, quienes me formaron en casa para ser mejor cada día y me dieron la oportunidad de seguir con éxito mi carrera en la UNALM.

A mi esposa Aline Cieza e hijo Luciano Luján, que son el motivo y una de mis razones para superarme con su apoyo y cariño incondicional.

A mi asesor David Roldan, quien me brindo su paciencia y sabiduría, la cual me da un motivo de aspiración y de ser un profesional que lleve en alto el nombre de mi casa de estudio y facultad.

A mis amigos: Jhason Alama, Mirian Marmolejo y Katherine Zapata por sus consejos, comentarios, experiencias que enriquecieron mis conocimientos en lo profesional y agradecerles por su amistad y a todos los que de una forma u otra estuvieron conmigo durante la carrera en mi amada universidad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

SUMMARY

I.	INTRODUCCIÓN	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1.	GENERALIDADES DEL PAICHE	3
2.1.1.	Clasificación taxonómica de la especie	5
2.1.2.	Distribución geográfica.....	5
2.1.3.	Morfología	5
2.1.4.	Hábitat.....	6
2.1.5.	Hábitos alimenticios	6
2.1.6.	Composición física y química del paiche	7
2.1.7.	Importancia económica.....	8
2.2.	MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS	11
2.2.1.	Conservación por deshidratación.....	12
2.2.2.	Conservación con agente químico	12
2.2.3.	Conservación por congelación.....	12
2.3.	PROCESO DE AHUMADO.....	13
2.3.1.	Composición del Humo	13
2.3.3.	Tipos de ahumado.....	17
2.3.4.	Principales operaciones del ahumado	18
2.3.5.	Cambios en el pescado durante el proceso de ahumado	23
2.3.6.	Aspecto general de calidad en el pescado ahumado	27
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	29

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	29
3.2. MATERIALES Y EQUIPOS.....	29
3.2.1. Materia prima.....	29
3.2.2. Insumos.....	29
3.2.3. Materiales y reactivos	29
3.2.4. Equipos	30
3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS	30
3.3.1. Análisis Físico y Sensorial.....	30
3.3.2. Análisis Químico Proximal.....	31
3.3.3. Análisis Microbiológico	31
3.3.4. Análisis estadístico	32
3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	32
3.4.1. Proceso de ahumado en frío a partir de filetes de paiche.....	32
3.4.2. Determinación del tamaño de corte del filete	35
3.4.3. Determinación del tiempo de inmersión en salmuera.....	36
3.4.4. Determinación del tiempo de ahumado	36
3.4.5. Parámetros Experimentales.....	37
3.4.6. Evaluación del Producto final.....	38
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA- PAICHE.....	39
4.1.1. Análisis físico y Evaluación sensorial del paiche	39
4.1.2. Análisis químico proximal de la materia prima.....	40
4.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE CORTE DEL FILETE.....	41
4.3. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE INMERSIÓN EN SALMUERA.....	42
4.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE AHUMADO.....	43
4.5. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO FINAL	45
4.5.1. Análisis de cada atributo de calidad del ahumado de paiche.....	47

4.5.2. Interacción de las variables más representativas del ahumado de paiche.....	50
4.5.3. Análisis microbiológico de los filetes de paiche ahumado.....	53
V. CONCLUSIONES	55
VI. RECOMENDACIONES	56
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	57
VIII. ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Rendimiento del paiche	7
Tabla 2: Composición química proximal del paiche	7
Tabla 3: Análisis bromatológicos de especies seleccionadas de la amazonia peruana	9
Tabla 4: Rangos bromatológicos de pescados amazónicos y marinos	9
Tabla 5: Volumen de cosecha procedente de la actividad de acuicultura por ámbito y especie, del 2006 al 2015 en TM.....	10
Tabla 6: Venta interna de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura según especie, del 2006 al 2015 en TM.....	11
Tabla 7: Composición química de algunas especies de pescado fresco y ahumado, expresado en porcentaje (%)	21
Tabla 8: Resumen del proceso de ahumado en diversas especies del litoral peruano.....	22
Tabla 9: Factores de conservación del ahumado	27
Tabla 10: Atributos de la calidad para ahumado de paiche	28
Tabla 11: Resumen de variables experimentales.....	37
Tabla 12: Composición física del paiche entero.....	39
Tabla 13: Composición química proximal del paiche	40
Tabla 14: Composición química proximal de filetes de paiche.....	52
Tabla 15: Análisis microbiológico de filetes de paiche ahumado	53
Tabla 16: Rendimiento del proceso de ahumado en frio de filetes de paiche	54

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Principales especies pesqueras	4
Figura 2: Relación de la extracción pesquera y acuícola en el 2012	4
Figura 3: Ciclo de temperatura interna en el pescado durante el ahumado	20
Figura 4: Flujo de proceso para elaboración de filete de paiche ahumado en frío.	33
Figura 5: Preferencia de tamaño de corte del filete en función al peso (g)	41
Figura 6: Curva de %NaCl a 20% de Salmuera	42
Figura 7: Preferencia de los panelistas en función del tiempo de inmersión de los filetes en salmuera	43
Figura 8: Curva de proceso de secado y ahumado	44
Figura 9: Control de la pérdida de peso del filete durante el ahumado	44
Figura 10: Preferencia de los fieles en función del tiempo (min) de ahumado	45
Figura 11: Representatividad de la calidad de cada tratamiento del ahumado de paiche ...	46
Figura 12: Diagrama de la mediada y desviación estándar de los atributos Olor (a), Aspecto (b), Sabor (c) y Textura (d) en los tratamientos de ahumado de paiche	49
Figura 13: Diagrama de Surface de la interacción de los atributos de textura, sabor y olor	51

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue obtener un procedimiento para la elaboración de ahumado en frío a partir de filetes de paiche (*Arapaima gigas*, Cuvier 1829) de adecuada aceptación y que cumpla con las condiciones de calidad e inocuidad, en los aspectos físico-químico y microbiológico. Los ensayos experimentales se desarrollaron en los laboratorios de Química de Recursos Hidrobiológicos y Procesos de la Facultad de Pesquería de la UNALM y la materia prima fue procedente de la ciudad de Satipo – Junín provista por la empresa Silver Corporation SAC. La investigación se dividió en 4 etapas experimentales: en la primera etapa se determinó un flujo de proceso para el filete de paiche, segundo se determinó el tamaño de corte con mayor preferencia para el proceso, tercero se estableció el tiempo de inmersión en salmuera y cuarto se determinó el tiempo de ahumado efectivo en un rango de 30 °C a 35 °C y las características del producto final. El proceso para la elaboración del ahumado en frío a partir de filetes de paiche, considera lo siguiente: recepción de materia prima, lavado I, limpiado y fileteado, cortado, lavado II, ensalmuerado, oreado, ahumado en frío, enfriado, envasado, congelado y almacenado. El tamaño de corte de filete de paiche para el ahumado en frío, con mayor preferencia, fue de 150 g. Asimismo, el tiempo de inmersión en salmuera obtenido es de 6 minutos al 20 % de NaCl con 10% de azúcar y el tiempo de ahumado efectivo obtenido ,que resaltan mejor los atributos del producto final, es de 1 hora. Los atributos de textura, olor y sabor fueron determinantes para la calidad del ahumado en frío de filetes de paiche. El rendimiento de los filetes ahumados en frío de paiche fue de 35.65% a partir de la materia prima y la composición química proximal del producto obtenido fue: Humedad (75.10 %), Proteína (20.00%), Grasa (2.50 %), Carbohidratos (0.00 %) y Energía Total (102.5 kcal/100 g muestra). El análisis microbiológico del producto final reporta lo siguiente: Aerobios mesofilos viales (10 UFC/g); *Staphylococcus aureus* (< 3 NMP/g) y *Clostridium perfringens* (< 10 UFC/g) con lo cual no representa ningún riesgo para el Consumo Humano Directo (CHD) y cumple con la normativa vigente.

Palabras claves: Ahumado en frío, paiche (*Arapaima gigas*), salmuerado

SUMMARY

The main objective of the research was to obtain a procedure for the cold smoked elaboration of fillets of paiche (*Arapaima gigas*, Cuvier 1829) of adequate acceptance and that meets the conditions of quality and safety, in the physical-chemical aspects and microbiological. The experimental tests were developed in the laboratories of Hydrobiological Resources Chemistry and Processes of the Faculty of Fisheries of the UNALM and the raw material was coming from the city of Satipo - Junín provided by the company Silver Corporation SAC. The investigation was divided into 4 experimental stages: in the first stage, a process flow was determined for the paiche steak, second, the cut size was determined with greater preference for the process, third, the brine and fourth immersion time was established the effective smoking time was determined in a range of 30 ° C to 35 ° C and the characteristics of the final product. The process for the preparation of cold smoked from fillets of paiche, considers the following: reception of raw material, washing I, cleaned and filleted, cut, washed II, brined, aired, cold smoked, cooled, packed, frozen and stored. The cut size of paiche steak for cold smoked, with greater preference, was 150 g. Likewise, the brine immersion time obtained is from 6 minutes to 20% NaCl with 10% sugar and the effective smoking time obtained, which highlights the attributes of the final product, is 1 hour. The attributes of texture, smell and taste were decisive for the quality of cold smoked fillets of paiche. The yield of paiche cold smoked fillets was 35.65% from the raw material and the proximal chemical composition of the product obtained was: Moisture (75.10%), Protein (20.00%), Fat (2.50%), Carbohydrates (0.00%) and Total Energy (102.5 kcal / 100 g sample). The microbiological analysis of the final product reports the following: Aerobic mesophilic vials (10 CFU / g); *Staphylococcus aureus* (<3 NMP / g) and *Clostridium perfringens* (<10 CFU / g) with which does not represent any risk for Direct Human Consumption (DHC) and complies with current regulations.

Keywords: Cold smoked, paiche (*Arapaima gigas*), brine.

I. INTRODUCCIÓN

La gran vulnerabilidad y sensibilidad de la materia prima por el carácter perecedero del pescado y su relativamente corta vida útil, muchas veces plantea problemas casi insolubles en forma individual, impidiendo que el producto llegue en buen estado al consumidor y privando al acuicultor o al pescador de obtener una buena ganancia por su pescado (Avdalov, 2012). Frente a estas características, la posibilidad de disminuir y reducir su vulnerabilidad es posible promoviendo la capacidad de organización, incrementando el valor agregado.

En nuestro país es poco difundida la producción, comercialización y consumo de productos ahumados a gran escala, pero debido a cambios culturales, sanitarios, sociológicos y demográficos que determinan la variación en los gustos, necesidades y formas de alimentación que se han suscitado en estos últimos años por la población, dan un espacio al consumo de estos productos tanto en el mercado local como internacional tenga un crecimiento gradual.

En el mercado local comúnmente solo podemos encontrar al paiche congelado, fresco y salado, desatendiendo la necesidad que demanda la industria alimentaria de generar productos novedosos que satisfagan los requerimientos del consumidor de fácil uso, sabor agradable, nutritivo, excelente presentación y una vida de anaquel prolongada, lo cual esta se conseguirá aplicando al paiche a un proceso de conservación, tal como el ahumado.

El sector de especies amazónicas está en proceso de expansión y pueden incorporarse algunos productos acuícolas amazónicos, estos deben difundirse y afianzarse en el mercado. Además tenemos a la gastronomía como una oportunidad que debe ser aprovechada para promover el consumo de peces amazónicos. La mayor demanda se debe dar por las especies que puedan ofrecer filetes con buena textura, así darle un valor agregado para fortalecer la comercialización.

La especie paiche debido a su tamaño, textura y calidad de filete, permite un manejo más adecuado, es una materia prima óptima para la industrialización a través de un proceso sostenible y sustentable permitiendo mayores dividendos para el sector acuícola del país.

La presente investigación tuvo por finalidad establecer un proceso de ahumado en frío y los parámetros de trabajo, a partir de filetes de paiche, que permita diversificar su presentación en el mercado y tenga valor agregado. Para ello los objetivos propuestos fueron:

- Establecer un procedimiento para la elaboración de ahumado en frío a partir de filetes de paiche (*Arapaima gigas*)
- Determinar los parámetros del proceso para el proceso de ahumado en frío a partir de filetes de paiche.
- Caracterizar física, química y microbiológicamente el producto final.
- Evaluar la aceptabilidad del producto final.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. GENERALIDADES DEL PAICHE

El paiche, también conocido como “pirarucú” en Brasil, “warapaima” en Colombia y “arapaima” o “de-chi” en Guyana, (Rebaza *et al.*, 1999; Chu-Koo, 2006) habita en lagos y ríos con temperaturas entre 24 y 31 °C y se distribuye en la cuenca amazónica, particularmente en países como Perú, Brasil, Colombia, Bolivia y Guayana.

Esta especie posee uno de los ratios de crecimientos más altos de los peces dulceacuícolas en la zona amazónica, llegando a obtener 27-41 g/día y lograr pesos en rangos de 8 a 12 Kg/año (Chu-Koo y Alcántara, 2009) o de 10 a 15 kg/año (Bard y Imbiriba, 1986; Imbiriba, 2001; Núñez, 2009; Pereira-Filho *et al.*, 2003; Rebaza *et al.*, 2010 citados por Oliveira *et al.*, 2012).

Es considerado como uno de los peces más grandes de agua dulce, alcanzando en estado adulto la longitud de 3 m y pesos superiores a los 300 kg (Rebaza *et al.*, 1999). Tiene gran potencial para ser cultivado en cautiverio en el Amazonas debido a su rusticidad, alto valor en el mercado, excelente sabor de carne y extraordinario desempeño en ambientes controlados (Roubach *et al.*, 2003). Tiene un rendimiento en filete de casi 57 %, buen sabor, color y textura, con condiciones óptimas para la preparación de productos con valor agregado, lo que además se evidencia por una demanda inicial en el mercado externo de Estados Unidos, Alemania y Suiza (Chu-Koo y Alcántara, 2009).

Por otro lado, el sector pesquero nacional posee una potencia pesquera y acuícola única, con una variedad de especies y áreas de afloramientos, brindando ventajas comparativas ante otros países de la región, sin embargo esta no es aprovechada al darle el mínimo valor agregado y solo se aprovecha el 14% de las especies de peces identificadas, 4% de moluscos, 6% de crustáceos presentado por el Plan Estratégico Exportador-PENX 2003-2013 (MINCETUR, 2004), tal como se muestra en la Figura 1.

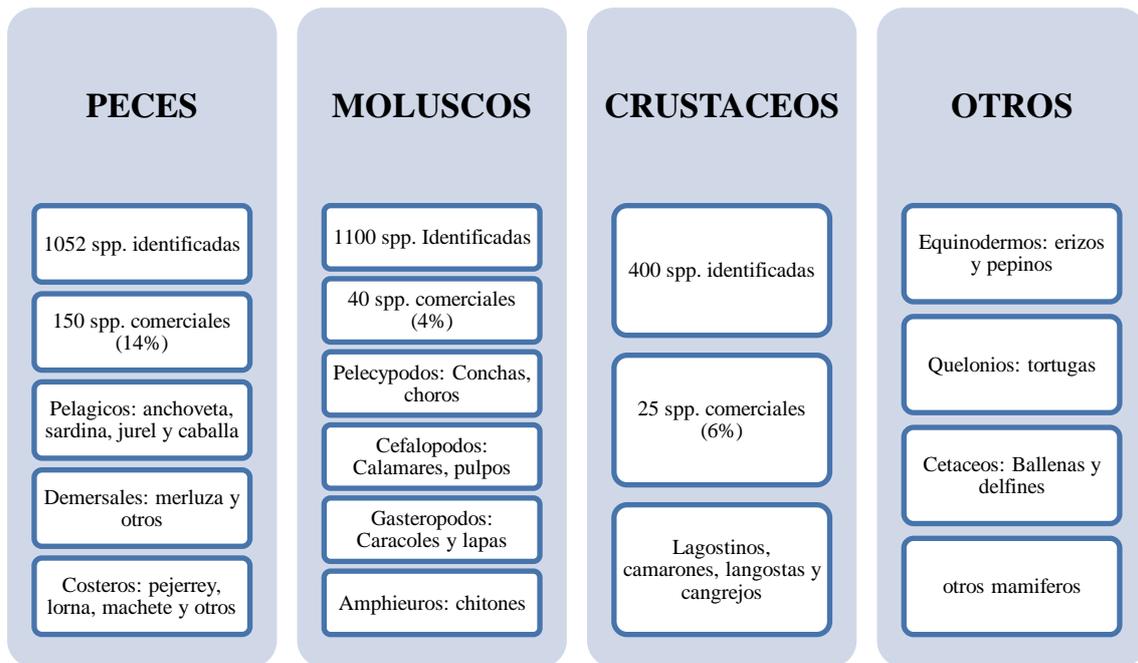


Figura 1: Principales especies pesqueras. FUENTE: MINCETUR, 2004.

Actualmente, la oferta peruana según indica Ghezzi (2015) está basada en concha de abanico (50%) y langostino (46%), dejando en el rezago a la trucha (3%), la tilapia (0.5%) y al paiche (0.08%). Otro factor a tomar en cuenta es la relación entre la actividad acuícola y extractiva nacional, en la cual tiene una incidencia mínima en el mercado, pues solo participa con el 2%, siendo un potencial aun por explorar en nuestro país (Figura 2).

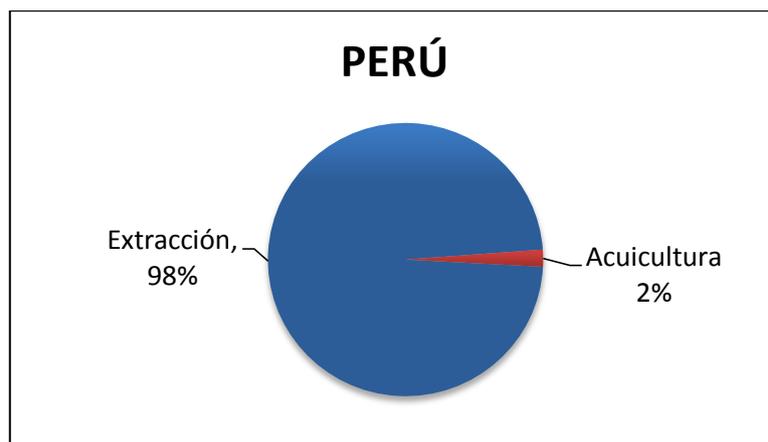


Figura 2: Relación de la extracción pesquera y acuícola en el 2012. FUENTE: Ghezzi, 2015.

2.1.1. Clasificación taxonómica de la especie

El paiche (*Arapaima gigas*), tiene la siguiente clasificación taxonómica (Palmeira, 1994 e Imbiriba, 1994 citado por Rebaza *et al.*, 1999):

Orden:	<i>Osteoglossiformes</i>
Suborden:	<i>Osteoglossoidei</i>
Superfamilia:	<i>Osteoglossoidae</i>
Familia:	<i>Osteoglossidae</i>
Género:	<i>Arapaima</i>
Especie:	<i>Arapaima gigas</i> (Cuvier, 1829)

2.1.2. Distribución geográfica

El paiche se encuentra en toda la cuenca del Amazonas y también otros ríos comprendidos desde Guyana hasta Bahía en el Brasil. En el Perú se encuentra en las cuencas bajas de los ríos Napo, Putumayo, Marañón, Pastaza y Ucayali, con abundancia en la Reserva Nacional Pacaya-Samiria (Rebaza *et al.*, 1999).

Es una especie que se ha sido introducida en Cuba (desde Perú) en 1973 y en México (desde Brasil) en 1964, aunque en ambos casos no se han formado poblaciones establecidas (Águila, 2010).

2.1.3. Morfología

El paiche tiene un cuerpo subcilíndrico y alargado que se adelgaza progresivamente a partir del origen de la aleta dorsal; cabeza deprimida y pequeña en relación al cuerpo (10%). Presenta además un perfil predorsal casi recto y el ventral ligeramente encorvado (Rebaza *et al.*, 1999).

En cuanto al color de la piel, el paiche es castaño claro. A partir del octavo a noveno mes de edad, con color pardo negruzco en la cabeza y el dorso, las escamas abdominales en la mitad posterior del cuerpo ribeteadas de rojo oscuro; las aletas ventrales en los adultos con

manchas negras y amarillas, dispuestas en forma de ondas irregulares; la aleta dorsal, anal y caudal con manchas claras (Campos, 2001).

2.1.4. Hábitat

Vive en las cochas y ríos de poca corriente, particularmente de aguas negras, pero los lagos de tercer orden de tipo eutrófico, conocidos por los lugareños como cochas, son sus lugares preferidos. No tiene especiales exigencias en lo referente a la química y la intensidad de sedimentación del agua (Kubitza *et al.*, 1999) citado por Cavero (2002); pero exige como lugar para vivir las orillas densas de hierbas, que se extienden al agua sin estar arraigadas en el suelo, como por ejemplo las gramíneas conocidas como gramalote (*Echinochloa polystachia* y *Paspalum repens*).

El tenor de oxígeno disuelto en el agua de las cochas es sensiblemente bajo, debido a la temperatura elevada, abundancia de organismos vivos, presencia de gases provenientes de la descomposición de la materia orgánica, y falta de movimiento por circulación u oleaje. Sin embargo los peces de estos lugares muestran una perfecta adaptación a tales condiciones y especialmente el paiche por poseer doble respiración (Rebaza *et al.*, 1999).

2.1.5. Hábitos alimenticios

Suele comer peces de los géneros *Prochilodus*, los cuales son sus preferidos, en cautiverio acepta peces vivos o muertos, enteros o en trozos, vísceras de pescado, embriones de pollo, que mueren durante el periodo de incubación artificial, ensilado biológico de peces y alimento artificial previa adaptación (Rebaza *et al.*, 1999).

El paiche captura su presa mediante una fuerte succión con la boca, produciendo un chasquido y brusco movimiento de la cabeza, acompañado muchas veces de un coletazo. Las formaciones óseas de la boca, indican que estruja la presa matándola antes de tragarla. Como la gran mayoría de peces de agua dulce, procura alimentarse en el atardecer o amanecer; durante el día cuando el calor es intenso, se mete debajo de la vegetación acuática en busca de cualquier sombra para huir de los fuertes rayos solares, manteniéndose quieto en el fondo del agua, emergiendo algunas veces para tomar aire (Rebaza *et al.*, 1999).

A diferencia de otras especies omnívoras y herbívoras, son menos exigentes en sus requerimientos de proteína y aprovechan mejor una variedad mayor de alimentos de origen tanto vegetal como animal; los carnívoros (ictiófagos) requieren mayor contenido de proteínas en cautiverio y no aprovechan bien los alimentos de origen vegetal (Sandoval *et al.*, 2007).

2.1.6. Composición física y química del paiche

La composición física del paiche según Alcántara *et al.* (2006) está representado por el rendimiento según el corte que se practica. En la tabla 1 se muestra su composición física.

Tabla 1: Rendimientos del paiche.

Cortes del paiche	Rendimiento (%)
Corte G/G con escamas	89.42
Corte H/G	76.36
Filete con piel	54.05
Filete sin piel	40.09

FUENTE: Alcántara *et al.* (2006)

En la Tabla 2 se muestra la composición química del paiche según reporta Alcántara *et al.* (2006), Pérez (2012) y Vázquez (2012).

Tabla 2; Composición química proximal del paiche..

Composición (%)	Alcántara <i>et al.</i> (2006)	Pérez (2012)	Vásquez (2012)
Humedad	77.59 – 79.80	75.03	81.25
Grasa	0.47 – 1.45	5.40	0.86
Proteína	17.36 – 21.81	18.45	16.5
Minerales	0.93 – 1.20	1.06	0.97

FUENTE: Elaboración propia

Asimismo, Cortes (1992), considera que la Amazonia tiene una gran variedad de recursos hidrobiológicos y que en su mayoría son una fuente rica de alimentos proteicos, aptos para el consumo humano considerándose también el valor comercial, lo cuales se muestran en la Tabla 3 y es comparada con pescados de origen marino tal como se indica en la Tabla 4.

Esta especie tiene de carne: blanca y una excelente textura. Se considera que puede ser comercializada en diferentes presentaciones, siendo algunos: (fresco o refrigerado); en trozos, filetes y enteros son vísceras y sin vísceras IQF (congelado) y trozos y filetes sin piel y sin espinas (ahumado en frío y caliente) (PROMPEX, 2005).

2.1.7. Importancia económica

El gradual incremento de la oferta de semilla de paiche, y la aparición de una amplia variedad de alimentos balanceados de alta calidad (Entre las principales marcas: Purina, Nutrimix, Aquatech y Nicovita) destinados a la alimentación del paiche, han permitido la incursión de inversionistas en la etapa de engorde de esta especie en localidades como Yurimaguas e Iquitos (Loreto), Pucallpa (Ucayali), Lima, Tumbes y Piura, incentivando su cultivo.

La producción total de carne de paiche en el Perú, en el periodo enero 2007 a octubre del 2012 fue de 995,3 TM (Chu-Koo, 2014). Según PRODUCE (2016) en su Anuario estadístico en línea, presenta la serie histórica del periodo 2006 al 2015 la cosecha en toneladas según ámbito y especie, en la cual se identifica un incremento de la producción de paiche siendo como su punto más alto el año 2012, tal como se ve en la Tabla 5.

Tabla 3: Análisis bromatológicos de especies seleccionadas de la amazonia peruana..

	Valor Comercial	Estado de Frescura	Longitud cm	Peso g	Altura cm	Procedencia	Proteínas	Humedad	Grasa	Cenizas	Carboh.
							%				
Boquichico	Bueno	Bueno	21.62	113.00	7.34	Río Amazonas	18.31	74.53	6.02	1.10	0.04
Yahuarachi	Bueno	Regular	20.64	107.90	6.24	Río Amazonas	17.52	77.10	3.60	1.05	0.73
Lisa	Bueno	Bueno	19.96	112.40	5.64	Río Amazonas	16.82	77.68	4.13	1.32	0.05
Carachama	Regular	Bueno	18.20	104.82	2.57	Río Amazonas	17.46	80.02	1.52	0.96	0.04
Sabalo	Muy Bueno	Bueno	25.95	124.33	13.3	Río Amazonas	17.33	77.00	4.60	1.02	0.05
Arahuana	Bueno	Bueno	68.00	1,950.00	12.00	Río Ucayali	20.10	76.80	1.98	1.05	0.07
Dorado	Bueno	Bueno	75.28	1,800.00	14.35	Río Ucayali	18.98	75.70	4.20	1.07	0.05
Paiche	Muy Bueno	Bueno	174.00	56,000.00	24.00	Río Ucayali	20.67	76.03	1.88	1.40	0.02

FUENTE: Elaboración propia adaptado de Cortez (1992)

Tabla 4: Rangos bromatológicos de pescados amazónicos y marinos.

Procedencia	Autores	Proteínas	Grasa	Humedad	Sales M.
		%			
Pescados Amazónicos	Cortez, Juan	15.11-20.67	1.52-15.8	68.97-80.02	1.01-3.41
Pescados Marinos	W. Ludorff/V. Meyer	15.00-22.00	1.10-15.00	63.00-84.00	0.70-2.30
Pescados Marinos	Instituto Nacional de Salud (INS)	15.20-23.40	0.50-8.90	70-81.00	1.00-2.50
Pescados Marinos	Ministerio de Pesquería	14.00-18.00	2.00-10.00	70.00-82.00	1.00-1.20

FUENTE: Cortez, 1992.

Tabla 5: Volumen de cosecha procedente de la actividad de acuicultura por ámbito y especie, del 2006 al 2015 en TM.

Ámbito / Especie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	28,387	39,531	43,119	44,317	89,021	92,201	72,293	125,693	115,269	90,976
Continental	6,793	9,348	14,986	14,837	17,320	23,609	29,564	40,068	38,683	45,758
Boquichico	12	15	25	27	36	15	35	56	6	9
Camarón Gigante de Malasia	11	4	6	11	15	13	11	20	78	21
Carachama	0	1	4	1	22	6	7	10	5	4
Carpa	11	13	15	15	19	8	19	6	2	4
Gamitana	344	414	539	564	680	522	453	531	504	299
Paco	38	34	71	75	101	130	299	443	453	825
Pacotana	6	86	59	12	3	12	17	15	9	219
Paiche	2	-	1	3	48	422	637	94	55	135
Tilapia	494	1,741	1,714	1,261	2,013	2,423	3,174	3,840	4,610	3,250
Trucha	5,794	6,997	12,497	12,817	14,250	19,962	24,762	34,992	32,923	40,946
Sabalo	78	41	52	49	114	95	46	58	37	33
Otros	3	2	3	2	19	0	102	3	1	12
Marítimo	21,594	30,183	28,133	29,480	71,701	68,592	42,730	85,625	76,586	45,218
Algas	-	-	-	-	-	-	146	44	3	2
Concha de Abanico	12,337	18,518	14,802	16,047	58,101	52,213	24,782	67,694	55,096	23,029
Langostino	9,257	11,657	13,314	13,425	13,598	16,379	17,801	17,883	21,484	22,183
Lenguado	-	-	-	-	-	-	1	3	3	4
Ostras del Pacífico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Otros	-	8	17	8	2	-	-	-	-	1

FUENTE: Direcciones Regionales de Producción (DIREPRO) y Empresas Acuícolas (2016)

El ámbito del mercado para la distribución y comercialización del paiche, lo constituye el mercado local y alternativamente el mercado de Lima. Así también se tienen pre-identificados como mercados internacionales potenciales a Europa con el interés de empresas de Suiza, Alemania, España, Francia y Bélgica por recibir muestras de paiche. De igual manera, se conoce que existe interés por parte del mercado norteamericano por el producto (PROMPEX, 2005) (Tabla 6).

Tabla 6: Venta interna de recursos hidrobiológicos procedentes de la actividad de acuicultura según especie, del 2006 al 2015 en TM.

Especie	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Total	6,033	8,954	13,603	15,981	15,355	20,265	26,640	38,566.6	36,550.6	47,133.1
Continental	5,682	8,073	10,876	13,375	14,738	19,581	25,874	37,363	35,279	40,628
Boquichico	12	15	25	27	36	15	35	56	14	9
Camarón Gigante de Malasia	11	4	6	11	15	13	11	20	78	23
Carachama	0	1	4	1	22	6	7	10	5	4
Carpa	11	13	15	15	19	8	19	6	2	4
Gamitana	344	414	538	564	680	522	453	531	442	298
Paco	38	34	71	75	101	130	299	443	449	825
Pacotana	6	86	59	12	3	12	17	15	33	219
Paiche	2	-	1	3	48	45	339	87	60	45
Tilapia	494	1,741	928	777	1,417	1,366	1,727	2,069	2,867	1,506
Trucha	4,683	5,722	9,174	11,839	12,264	17,368	22,818	34,066	31,315	37,658
Sábalo	78	41	52	49	114	95	46	58	12	33
Otros	3	2	3	2	19	0	102	3	2	3

FUENTE: Direcciones Regionales de Producción (DIREPRO) y Empresas Acuícolas (2016)

2.2. MÉTODOS DE CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS

Según Casp y Jose (2003) existen diversos métodos para conservar alimentos, los más comunes para conservación del pescado son por deshidratación, uso agentes químicos y por congelación.

Según el Instituto Nacional de Cooperación Educativa-INCE (2002) la conservación de pescado es por: refrigeración, congelación, salazón, ahumado, marinado y enlatado.

2.2.1. Conservación por deshidratación

El proceso más antiguo de conservación del pescado es la desecación. Los pescados que no son consumidos de modo inmediato se secaban al aire con el fin de hacer provisiones. Para la desecación es importante que el contenido natural en agua de la carne de pescado descienda rápidamente por debajo del mínimo necesario para el desarrollo bacteriano (25%), de modo que las bacterias no puedan ejercer así una notable actividad de descomposición de las capturas. Se distinguen fundamentalmente dos tipos de pescado seco: El pescado seco propiamente dicho y el pescado salado seco.

2.2.2. Conservación con agente químico

El aprovechamiento de las propiedades conservadoras de muchas sustancias químicas ha dado lugar a numerosos métodos de conservación como son el ahumado y el salado en la conservación de pescados.

2.2.3. Conservación por congelación

Para mantener al máximo las cualidades del producto fresco, el mejor procedimiento de conservación es la congelación. Para obtener un producto congelado de calidad es necesario trabajar con una materia prima inmejorable y en óptimas condiciones higiénicas. Los pescados utilizados para congelar a bajas temperaturas deberían estar vivos, o al menos llegar a los procesos de elaboración lo más rápidamente posible después de su captura.

La congelación es un método para la conservación de alimentos a largo plazo, permite mantener los atributos de calidad y valor nutritivo iniciales del alimento, apreciándose únicamente diferencias en la textura respecto al producto fresco o previamente procesado que se congela (Barreiro y Sandoval, 2006).

2.3. PROCESO DE AHUMADO

El ahumado es una forma de conservación que permite prolongar y/o conservar la vida útil de los productos, a la vez que confiere olores, colores y sabores atractivos. El humo, es generado por la combustión incompleta de las sustancias de la madera. La naturaleza química y las características organolépticas de las sustancias que se depositan sobre el pescado dependen del tipo de madera utilizada (Walker, 1995). Teniendo en cuenta esto, dentro de los principios de conservación mediante el ahumado que expone la FAO (2006) se encuentran:

- La destrucción de enzimas y microorganismos que se encuentran en la materia prima mediante la acción del calor del humo.
- Inhibición del crecimiento microbiano, debido a los componentes del humo y de la sal utilizada.
- Baja humedad del producto final debido al secado durante el ahumado.

2.3.1. Composición del Humo

Composición química del humo

Fernández, *et al.* (1995) indican que se han identificado más de 200 constituyentes que varían en sus proporciones según el tipo de madera y de humo producido, y que la combustión sea más o menos incompleta.

Entre los componentes más importantes se encuentran:

- **Fenoles**

Son alcoholes aromáticos que están compuestos de moléculas que tienen un grupo -OH unido a un átomo de carbono de un anillo bencénico alrededor de 45 han sido identificados en el humo. El 50% de la fase fenólica la forman el guayacol, siringol, 4-metil guayacol y cresol. La cantidad de fenoles aumenta a medida que lo hace la cantidad de oxígeno disponible para la combustión (Fernández *et al.*, 1995).

Los fenoles parecen jugar un papel triple en los alimentos ahumados ya que actúan como antioxidantes, contribuyen al sabor a humo del producto y tienen un efecto bacteriostático que contribuye a la preservación. El papel que juega los fenoles es de prevención de cambios oxidativos en las carnes ahumadas (Rodríguez y Gonzales, 1984).

- **Ácidos orgánicos**

Se encuentran principalmente en la fase gaseosa del humo y son ácidos simples de cadena corta, ácido fórmico, acético, propiónico, butírico, isobutírico. Los ácidos de cadena larga se encuentran en la fase de partículas y son: valérico, isovalérico, caprílico (Fernández *et al.*, 1995).

Los ácidos orgánicos tienen un papel importante en la coagulación de las proteínas que es esencial para el desarrollo de una superficie lisa o piel, lo que facilita la eliminación de una funda celulósica antes del empaque definitivo (Rodríguez y Gonzales, 1984).

- **Compuestos carbonílicos**

Son los constituyentes más numerosos del humo: acetona, 2- butanona, 3-pentanona, 3-metil-2-butanona, 2-furfural, 5-hidroximetil-2-furfural, metanol, propanol, butanol. Se los encuentra principalmente en la fracción destilable del humo. Alcoholes: el más común es el metanol; por eso, se le denomina alcohol de madera. Hidrocarburos aromáticos policíclicos: son muy numerosos en el humo, pero poco importantes en cuanto a su concentración en el pescado ahumado. Solamente el 3-4 benzopireno y el dibenzantraceno despiertan la atención por su posible efecto cancerígeno. Los valores de estas sustancias se reducen a temperaturas de combustión inferiores a 450°C, por lo que sus concentraciones en el pescado ahumado varían de acuerdo con la técnica de ahumado utilizada. Estudios realizados en diferentes tipos de pescado ahumado, indican que los valores más elevados no superan 1 ppb, valor máximo admitido por la Organización Mundial para la Salud (OMS) (Fernández *et al.*, 1995).

La porción de los carbonilos que es si es destilable tiene un aroma más característico o humo y contiene todo el color de los compuestos carbonilos (aunque se sabe que la porción de los carbonilos no es vapor destilable). Por lo que se dice que los compuestos de cadena

corta simple parecen ser los más importantes para el color, sabor y aroma del humo. (Rodríguez y Gonzales, 1984).

- **Composición física del humo**

Fernández et al. (1995) menciona que el Humo consta de dos fases: a) una fase gaseosa continua formada por los constituyentes más volátiles; y b) una fase de partículas o fase dispersa, constituida por pequeñas gotas en suspensión integrada por productos menos volátiles o de punto de ebullición más elevado. Las dos fases se encuentran en equilibrio dinámico, de manera que la fase de partículas constituye la "reserva" de la fase gaseosa. A medida que la parte gaseosa se adhiere a la superficie del pescado, de la parte sólida se liberan sustancias hacia la fase gaseosa, para mantener el equilibrio. La porción de vapor constituida por sustancias gaseosas invisibles presentes en la madera, representa el 95% de los constituyentes del humo que absorbe la carne del pescado. Éstos provienen, como hemos visto, de la lignina y de otras sustancias que destila la madera cuando su combustión es incompleta.

Los principales componentes de esta fase son: los fenoles, carbonilos e hidrocarburos aromáticos polinucleares, aldehídos y ácidos. Son en realidad estas sustancias las que producen el sabor y olor característico y las que también tienen un cierto efecto conservador. Las partículas sólidas sólo se depositan parcialmente. Una deposición en exceso produce una apariencia negruzca, de hollín (Fernández *et al.*, 1995).

Por lo tanto, un humo muy denso no supone condiciones ideales para obtener los mejores efectos. La presencia o densidad del humo visible indica también la presencia de sustancias volátiles sin quemar y es, en la práctica, el único índice disponible para medir y regular la combustión (Fernández *et al.*, 1995).

Como medidas para la densidad del humo, se han utilizado métodos subjetivos (observación de objetos a través del humo), o métodos objetivos (empleo de células fotoeléctricas). En el comercio es común encontrar "aceites para ahumar", más comúnmente llamados "humo líquido", pero en muchos países no están permitidos dado que su composición difiere de la composición del humo de madera natural, ya sea debido a diferencias en las condiciones de preparación del humo (tal como la destilación seca de la

madera que produce metanol y otras sustancias tóxicas), o a las diferencias en la manera de obtener los concentrados (Fernández *et al.*, 1995).

2.3.2. Propiedades del humo

Propiedades antioxidantes

Fernández *et al.* (1995), menciona que el humo es sumamente importante. Las sustancias del humo que cumplen esta función son los fenoles, inhibiendo la reacción de autooxidación al actuar como catalizadores negativos. Los fenoles juegan un papel de aceptores de radicales libres, originando radicales libres estables en la fase inicial de la oxidación. Los fenoles con mayor acción antioxidante son los que se encuentran en la fase de partícula, o sea de alto punto de ebullición.

Así Atkins P. (2005) refiere que los fenoles que se encuentran en el humo actúan como antioxidantes de las grasas desviando el ataque del oxígeno.

Propiedades bacteriostáticas

La fracción fenólica del humo de madera es la que posee la mayor acción en la inhibición del crecimiento bacteriano. Los más activos son los fenoles de más bajo punto de ebullición. Se ha observado que el *Staphilococcus aureus* se inhibió con el agregado de humo que contenía fracción fenólica. Se ha comprobado el efecto bacteriostático del humo comparando la población bacteriana de pescado ahumado y no ahumado. El efecto principal se da al prolongar la duración de la fase de latencia en forma proporcional a su concentración en el producto. Los fenoles de alto punto de ebullición tienen una acción antibacteriana indirecta dada por su acción antioxidante (Fernández *et al.*, 1995).

Buena parte de los componentes del humo tiene propiedades al menos bacteriostáticas directas o bien bactericidas. Entre ellos están: los aldehídos formaldehído, acético y butílico, los alcoholes, como el metanol y alquilalcohol, además de otros compuestos aromáticos, tales como los fenoles, el guayacol y los cresoles. Otros ácidos como el acético y el fórmico, y que se encuentran en cantidades importantes, también manifiestan una

acción bactericida. Ya en menor cantidad están los ácidos propiónico, butírico, valeriánico, caprónico y crotónico (Rodríguez, 2005).

2.3.3. Tipos de ahumado

Ahumado en frío

Es el proceso de ahumar el pescado a temperaturas a las que no aparecen señales de coagulación térmica de las proteínas. Durante el ahumado en frío, la temperatura no excede los 35°C (*Codex Alimentarius*, 1993). El tiempo del ahumado es variable de acuerdo con el producto; preferentemente será mayor en los pescados de mayor volumen. Un producto ahumado en frío tiene las condiciones óptimas para el almacenamiento sin refrigeración. El humo penetra más profundamente en el músculo; puede decirse que todas las porciones quedan impregnadas de los componentes del humo. La desecación del producto es mayor, y por consiguiente, su contenido de humedad (*aw*) es menor (ITDG, 1999).

Walker (1995) considera que el ahumado en frío es el auténtico ahumado, el método en el cual la carne cambia de color y sabor. Se realiza a temperaturas que generalmente oscilan entre los 21°C y 31°C, idealmente a los 25°C.

Ahumado en caliente

Es un proceso mediante el cual la carne de pescado es cocida al ser sometida al humo y al calor, cuya temperatura fluctúa entre 70°C y 95°C, pudiendo alcanzar 110°C (Wisdom *et al.*, 1999). En general el producto ahumado en caliente es consumido sin previa cocción. Este tipo de ahumado cocinará el pescado, destruirá enzimas y reducirá el número total de microorganismos.

Microorganismos como *Lysteria monocitogenes*, *Vibrio sp*, *Salmonella* y *E. coli*, aún con el pescado cocido, podrían sobrevivir, por lo cual es muy importante tener cuidados posteriores al ahumado (Liv, 2000). Se recomienda que inmediatamente de ser sacado del Ahumador se enfríe rápidamente entre los 0°C a -2°C, manteniéndolo a esa temperatura hasta su consumo. El cocido, si bien disminuye la carga bacteriana existente en el producto, no evita la multiplicación bacteriana que se produce posteriormente al tratamiento (Wisdom *et al.*, 1999).

2.3.4. Principales operaciones del ahumado

Ensalmuerao

Según Cutting (1965) el pescado antes de ahumar se eviscera y sufre un tratamiento con sal cuya concentración del NaCl depende del nivel deseado en el pescado. La salazón es relativamente suave y por tanto su acción conservadora es mínima. En ciertos pescados, como arenques “rojos” y salmón escandinavo, el salado es más intenso y juega un importante papel en la conservación del pescado

El pescado destinado a ahumado es salado luego de una previa clasificación por tamaño y calidad que permita al producto llegar al mercado con un contenido de humedad y sal definido (Zaitsev *et al.*, 1969 citado por Rodríguez, 1992). El tamaño del corte permiten la mejor uniformidad y penetración de la salmuera, en casos como la trucha se descabeza y se retiran las cotilla a fin de tener presentación adecuada (Burgess, 1965).

En el proceso de ahumado en frío, los investigadores coinciden en que el salado se debe hacer en el sistema de inmersión en salmuera, en lo que difieren es en la concentración y el tiempo de inmersión dado que esto varía en función de tipo de corte, pureza química de la sal (NaCl), grado de frescura del pescado y de engrosamiento, porcentaje de grasa, temperatura del medio y seguramente algunos factores más (Connell, 1980).

Los objetivos que tiene el salado será: dar sabor al producto final, mejorar la textura, ayuda a la eliminación del agua del pescado extraer parte de la proteína que otorga el brillo superficial característico y aprovechar la actividad bacteriostático y bactericida de la sal que disminuye la susceptibilidad al deterioro microbiano después del ahumado y manipuleo en el almacenamiento (Connell, 1980; Ludorf, 1963 citado por Quispe, 1979; Ronsivalli, *et al.*, 1973 y FAO, 1970 citado por Garayar, 1976).

El tiempo de salmuerao depende de la especie, tamaño del pescado, tipo de corte, composición química, además de otros factores externos como temperatura de la salmuera y del pescado (Zaitsev *et al.*, 1969 citado por Rodríguez, 1992).

El grado de salazón depende del producto final que quiere obtenerse, cuya calidad de sabor depende del tipo de ahumado a que se somete. (Ludorf, 1963 citado por Quispe, 1979).

Oreado

El pescado después del proceso de ensalmuerado presenta mucha humedad, de tal forma que cuando se ahúma el pescado en esa condición, el alquitrán se condensa abundantemente en la superficie dando al producto, color marrón oscuro opaco. Para prevenir esta situación y reducir el tiempo de ahumado, es necesario un secado previo, este se puede realizar al medio ambiente o con ventilación artificial (Zaitsev *et al.*, 1969 citado por Rodríguez, 1992).

Ahumado

Desde el punto de vista de la conservación, un método tradicional es el ahumado. Consiste en la disminución de la humedad o secar el producto a través del humo además de tener un efecto de inhibición bacteriana en la superficie del producto. Las partículas del ahumado también tienen un efecto positivo en el producto en sabor y color. Si el producto es secado adecuadamente en el proceso de ahumado esto implica un mayor tiempo de vida.

Existen tres tipos de ahumado:

- **Ahumado en frío:** la temperatura de proceso durante el ahumado debe exceder los 30°C (Zaitsev *et al.*, 1969 citado por Rodríguez, 1992), aunque Burt (1987) recomienda no mayor de 40° C. Lo que significa que el producto no está cocido, y que sea más susceptible al deterioro y deba mantenerse en refrigeración. Este proceso demanda un alto estándar de higiene.
- **Ahumado en Caliente:** durante este proceso el producto se llega a cocinar pero no secar (La temperatura va entre 60°C a 100°C). En este tipo de ahumado se busca llegar a una temperatura interna en el pescado de 160°F o 70°C durante los últimos 30 minutos, esta temperatura matará a la mayoría de las bacterias de deterioro de los alimentos y, combinada con la refrigeración adecuada, garantizará un producto seguro (Kenneth y Hildebrant, 1996). (Ver Figura 3)

- **Secado ahumado:** en este proceso el producto es ahumado en caliente primero, para cocinarse luego con un continuo ahumado es secado (temperatura varía entre 45°C a 85°C).

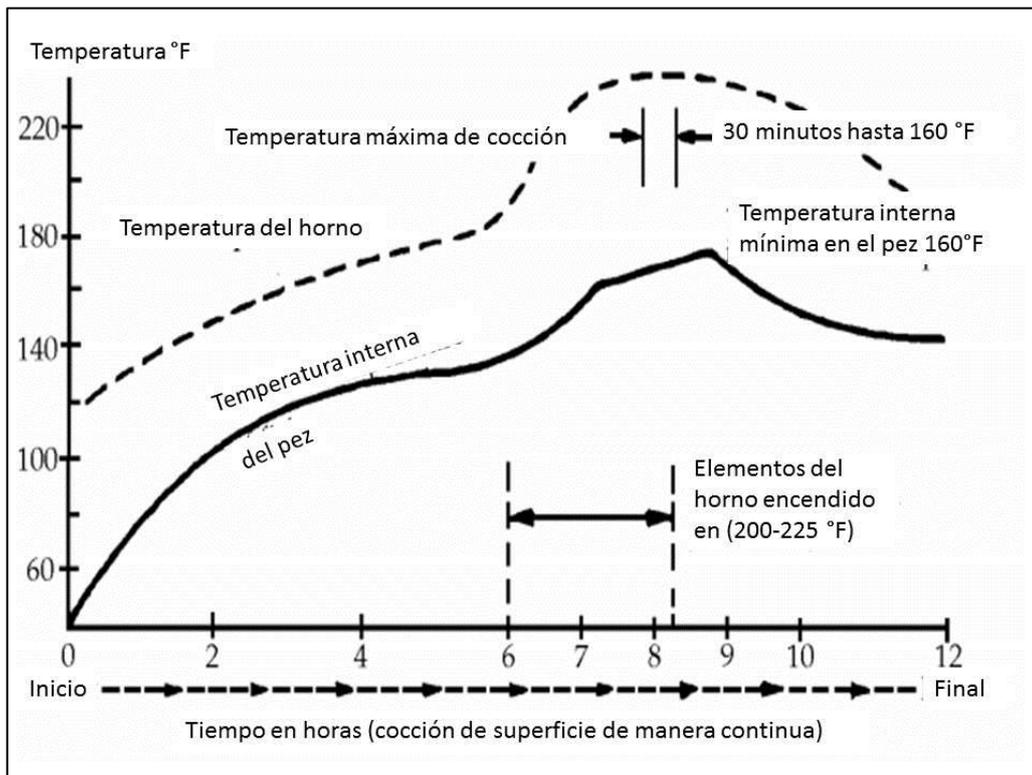


Figura 3: Ciclo de temperatura interna en el pescado durante el ahumado. FUENTE: Kenneth y Hildebrant, 1996.

El efecto del ahumado genera cambios en la composición de pescado y varía según las especies. Torry Research Station citado por Quispe (1979) en la Tabla 7 muestra un cuadro de composición de un pescado fresco y ahumado.

Adicionalmente Ramirez (1978) realizó trabajo de ahumados en diferentes especies del litoral peruano en el IMARPE, estableciendo unos parámetros de ahumado, salado y oreado, tal como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 7: Composición química de algunas especies de pescado fresco y ahumado, expresado en porcentaje (%).

ESPECIES	AUTORES	AGUA	TOTAL SOLIDOS	CLORURO DE SODIO	PROTEINA (nx6.25)	GRASA	CALCIO
Merlusa fresca	Shewan	79.1 a 84.1	15.9 a 20.9	0.21	14.6 a 20.3	0.1 a 0.6	-
"Pale" (bien curado, 11-13% pérdida de peso)	Shewan	78.0	22.0	3.0 a 4.0	-	-	-
"Finnans" (bien curado, 24-26% pérdida de peso)	Shewan	73.5	26.5	3.5 a 4.5	-	-	-
Smokies	Shewan	67.8	32.2	3.0 a 4.0	-	-	-
Ahumado	Plimmer	75.3	24.7	4.5 (cenizas)	19.6	0.3	-
Ahumado	Chatfield y Adams	72.6	27.4	3.1 (cenizas)	23.2	0.4	-
Arenque fresco	Lovern y Wood	62.4 a 73.6	16.1 a 20.2 (libre de agua)	0.2 a 3.0	-	6.2 a 21.6	-
Kipper (ahumado, curado)	Lovern y Reay	47.4 a 63.4	21.7 a 31.5 (libre de agua)	0.2 a 3.0	-	8.1 a 28.1	-
Kipper	Plimmer	62.5	37.5	4.5 (cenizas)	18.8	14.9	-
Kipper	Chatfield y Adams	61.0	39.0	4.0 (cenizas)	22.2	12.9	-
Kipper de arenque	Benre	66.0	34.0	2.0	18.0	14.0	240
Rojo "Norwegian"	Shewan	45.5 a 47.0	39.0	9.0 a 15.0	-	14.0 a 15.5	-
Arenque "buckling" octubre 1947	Behre	61.0	39.0	1.0	21.0	16.0	239
Báltico, agosto de 1946	Behre	61.0	39.0	2.0	24.0	13.0	219
Arenque "Norwegian" almacenado, 1947	Behre	68.0	32.0	2.0	19.0	11.0	175
"Blaukaal"	Behre	65.0	35.0	2.0	19.0	23.0	292
"Celbaal"	Behre	60.0	40.0	2.0	25.0	10.0	196
"Tonina"	-	52.0	48.0	-	18.0	29.0	344

FUENTE: Torry Research Station citado por Quispe (1979)

Tabla 8: Resumen del proceso de ahumado en diversas especies del litoral peruano

Especies	Longitud Promedio cm	Materia Prima		Salado			Cocido		Ahumado		Producto	
		Proteínas %	Grasa %	Salmuera %	Inmersión min	Oreado h	Temperatura °C	Tiempo h	Temperatura °C	Tiempo h	Proteínas %	NaCl %
Machete	23-28	19.3	7.3	20.5	9	3-6	80-110	1:30 - 1:45	75-80	00:10 - 00:20	28.3	2.6-2.8
Jurel	32-52	20.3	3.8	20.5	9.0-12.5	3-10	80-120	1:00 - 2:00	60-80	00:15 - 00:30	28.2	2.5-8.1
Lisa	25-55	16.9	4.1	20.3	9.5-12.0	4-5	80-115	0:40 - 1:45	75-80	00:20 - 00:30	26.6	2.6-3.0
Sardina	24-30	21.9	8.8	20	8	2.5-4.5	80-105	1:45 - 2:00	70-75	00:20 - 00:30	29.1	2.7-3.0
Anchoveta	16-18	19.6	8.5	21	5	2.5-3.5	75-100	0:40 - 0:55	70-80	00:15 - 00:20	26.9	2.0-2.5

FUENTE: Ramírez, 1998

2.3.5. Cambios en el pescado durante el proceso de ahumado

En el proceso de ahumado se producen cambios en el pescado debido a la acción de los componentes del humo o por reacciones naturales de los componentes del musculo del pescado. A continuación se indicara algunos de estos cambios:

a. En la proteínas

Cuando el ahumado – secado es realizado a temperaturas menores de 70°C, la disminución en la calidad de la proteína es insignificante, en cambio si se realiza a altas temperaturas (más de 115°C) se producen efectos negativos y profundos en la calidad de la proteína (Opstvedt, 1987 citado por Rodríguez, 1992).

Aitken *et al.* (1967) citado por Rodríguez (1992). , dice que usando el sistema AMD (Accelerated Mechanical Drying) el pescado salado tiene un valor NPU (Net Protein Utilization Standardized) de 96% cuando es secado con una temperatura máxima de 100 °C comprado con el valor NPU de 87 % cuando es secado a 115°C. Cuando el pescado es medianamente secado (10.8% de NaCl) o fuertemente salado (28.9% de NaCl) el valor de NPU es de 94% o 90% respectivamente después del secado a 12°C.

Opstvedt (1987) citado por Rodríguez (1992), menciona que si bien los cambios que se producen en el secado y ahumado son diferentes; estos cambios no son de importancia. Siendo estas las conclusiones de su estudio: a) Los carbonilos del humo al reaccionar con la lisitina reducen la calidad de la proteína a mayor ahumado el efecto es mayor, b) La calidad de la proteína no estimula el proceso de ahumado en el pescado, y c) Cuando se trabaja con humo de baja concentración por largos periodos o cuando se utiliza humo concentrado por cortos periodos de tiempo, las reacciones posibles son las mismas.

b. En los lípidos

Daun (1975) y FAO (1981) citado por Rodriguez (1992), reportaron que las cualidades antioxidantes del humo se encuentran en el alto contenido fenólico; particularmente 2,6-dimetoxifenol; 2,6- dimetoxi-4-metilfenol; y 2,6-dimetoxi-4-etilfenol.

La oxidación de los ácidos grasos insaturados y triglicéridos en alimentos del mar involucra la oxidación de radicales libre e hidroperóxidos, tales compuestos intermedios son inestables y causan oxidación de pigmentos, compuestos del aroma y vitaminas. La oxidación de las grasas toma lugar en los alimentos frescos y congelados o bajo otros procesos pudiendo ser catalizados por iones metálicos, los lípidos oxidados insaturados ligados a proteínas forman complejos lipoproteicos insolubles en agua (Khayat y Schall, 1983 citado por Rodríguez, 1992).

c. En las vitaminas

Generalmente las vitaminas liposolubles son más estables que las hidrosolubles y resisten mayores temperaturas en presencia de oxígeno. A acción pro-oxidante de la sal (NaCl) es neutralizada por la acción antioxidante de los componentes del humo (Daun, 1975).

La pérdida de vitaminas liposolubles ocurre durante el almacenamiento y sugiere utilizar antioxidantes para ayudar a disminuir las pérdidas de vitaminas por oxidación (Higashi, 1962 citado por Rodríguez, 1992).

Las vitaminas hidrosolubles por diversa naturaleza y propiedades químicas son difíciles de estudiar durante el proceso de ahumado y aparentemente son menos estables que las vitaminas liposolubles (Priestley, 1979 citado por Rodríguez, 1992).

Durante el ahumado y secado convencional la pérdida de vitaminas hidrosolubles es aparentemente 10 por ciento y de la vitamina B, es al que presenta notable disminución luego del proceso (Blustein y Labuza, 1975 citado por Rodríguez, 1992).

d. En el aroma y sabor

El proceso de ahumado se orienta conseguir en primer lugar un agradable olor, aroma y sabor en el producto final, y en segundo término a obtener los efectos relacionados con la conservación del producto (Mohler, 1980 citado por Rodríguez, 1992).

El sabor y aroma característico a ahumado se debe a una muy compleja mixtura de sustancias, sin embargo se puede mencionar el grupo fenoles: guayacol, 4-metilguayacol y el 2,6 dimetilguayacol, como responsables del cambio de sabor y olor de la materia prima (Dun y Fee, 1979 citado por Rodríguez, 1992).

Los fenoles por su naturaleza lipofílica y por no reaccionar con los compuestos del grupo amino, pueden atravesar la gruesa capa superficial del pescado y alojarse en el centro del filete (Zimba, 1967 citado por Rodríguez, 1992).

Las proteínas participan en primer lugar en las reacciones que otorgan aroma y sabor al producto. De los componentes del humo los que primero reaccionan son los carbonilos, luego los fenoles (Mohler, 1980 citado por Rodríguez, 1992).

La temperatura de ahumado y niveles de humedad son criterios críticos en el desarrollo del sabor y olor. La humedad es necesaria para permitir la adecuada absorción de los compuestos del vapor asimismo debe mantenerse la temperatura del humo a bajos niveles para prevenir un exceso de secado en la superficie. El método de ahumado también está relacionado con el desarrollo total del sabor y olor; a baja temperatura se logra una mayor absorción de los compuestos que cuando se trabaja a temperaturas elevadas (Daun, 1975 citado por Rodríguez, 1992).

e. En el color

Daun (1979) menciona que el color de los alimentos ahumados es factor importante en la aceptación del consumidor. Se piensa que el desarrollo del color es causado principalmente por la acción de carbonilos en la fase vapor del humo con los grupos aminos en la superficie de los alimentos.

La intensidad y conservación del color dependen de muchos factores tales como: la proporción acuosa de la superficie, el pH del sustrato, el grado y duración del calentamiento. Un papel importante corresponde a los ácidos del humo y cuya función es determinante para la fijación del color (Fernández *et al.* 1995).

La formación del color es el resultado de las reacciones químicas entre componentes del humo y las proteínas. El grupo amino juega un rol importante en estas reacciones y que hay una considerable similitud entre las reacciones que guían el color y las reacciones entre azúcares y componentes amino como la reacción de Maillard (Zimba, 1966 citado por Rodríguez, 1992).

Todos los compuestos relacionados con el empardecimiento ubica en primer lugar al grupo de los carbonilos los cuales fácilmente reaccionan con grupos aminos. Y en muchos casos los productos de la reacción sufren rearrreglos y toman parte de las reacciones de polimerización que inducen a componentes del color (Ruiter, 1979 citado por Rodríguez, 1992).

f. En la carga microbiana

El proceso de ahumado en frío al combinar diversas operaciones de preservación (salado, ahumado y secado) permite reducir la carga bacteriana inicial. Debido a la absorción de los constituyentes ácidos del humo, el pH de las capas superficiales del músculo varía desde 6,7 para el pescado fresco hasta 5,9 en el ahumado siendo el efecto de este aumento de acidez, la eliminación de bacterias no esporógenas, en particular *Achromobacter* y *Pseudomonas* que son muy sensibles a los constituyentes del humo (Shewan, 1961 citado por Rodríguez, 1992).

El pescado fuertemente salado y ahumado (a baja temperatura) no sufre deterioro bacteriano debido a su alto contenido de sal (10-12%) y por los compuestos inhibidores procedentes del ahumado. Una de las causas más corrientes de alteración del pescado ahumado es la contaminación con mohos; tanto *Penicillium*, como *Aspergillus* sp. Que crecen fácilmente a temperatura de refrigeración, se encuentran en el serrín o aserrín empleado para la producción de humo.

En general, bajo condiciones desfavorables como presencia de agentes conservadores, pH bajo o temperaturas no óptimas de crecimiento, la capacidad de los microorganismos de proliferar en productos con actividad de agua (A_w) menores a 0.90 disminuye (Nickerson y Sinskey, 1978 citado por Rodríguez, 1992).

El efecto preservante del ahumado en productos pesqueros es atribuido a una combinación de secado superficial, salado, y deposición de compuestos antioxidantes (fenoles) y antimicrobianos en el pescado (Gilbert y Knowles, 1975 citado por Rodríguez, 1992).

2.3.6. Aspecto general de calidad en el pescado ahumado

La producción de un pescado ahumado de buena calidad y consistente depende básicamente, del mantenimiento de contenido en colorante y de la tasa de humo acumulado. Si se sobrepasa estos niveles se obtiene un producto defectuoso (Connell, 1980).

Un producto de calidad debe poseer una superficie lisa y lustrosa; una superficie mate sin resquebrajadura o desigual. La producción de un producto agradable depende de un salazonado adecuado, de un drenaje apropiado al salir de la salmuera y de un secado correcto en el horno en el que se practica el ahumado (Connell, 1980).

Roldan y Medina (2002) muestran en la Tabla 9 los factores de conservación por efecto del ahumado, siendo una buena opción para mantener la calidad del producto.

Tabla 9: Factores de conservación del ahumado.

Factor	Efecto
Deshidratación superficial	Origina una barrera física al paso de los microorganismos y un ambiente hostil para cualquier tipo de proliferación microbiana aerobia
Salado	Reduce la aw e inhibe el crecimiento de muchos microorganismos deteriorantes y patógenos
Deposición de sustancias antioxidantes fenólicas	Retrasan la autooxidación y rancidez de los lípidos del pescado
Deposición de sustancias antimicrobianas: fenoles, formaldehído y nitritos	Disminuyen la proliferación microbiana.

FUENTE: Adaptado de Roldán y Medina (2002).

Considerando estos aspectos, se desarrolló unos criterios de calidad para la evaluación del producto ahumado, tal como se muestra en la tabla 10, puesto que no hay criterios estandarizados para dicha evaluación.

Tabla 10: Atributos de la calidad para ahumado de paiche.

Atributo	Puntaje	Características
OLOR	5	Ahumado
	4	Ligeramente Ahumado
	3	Ligeramente Quemado
	2	Quemado
	1	Muy Quemado
ASPECTO	5	Brilloso
	4	Ligeramente Brilloso
	3	Neutro
	2	Casi Sin Brillo
	1	Opaco/Sin Brillo
SABOR	5	Sabor A Humus
	4	Sabor A Humus Y Salado
	3	Ligeramente Sabor A Humus
	2	Salado
	1	Sin Sabor A Ahumado
TEXTURA	5	Firme/Elástica En Superficie
	4	Firme/Dura En Superficie
	3	Semiblanda
	2	Blando
	1	Muy Blando
VACÍO	5	Sellado Optimo 100%
	4	Sellado Bueno 75%
	3	Sellado Regular 50%
	2	Sellado Malo 25%
	1	Sin Sellar

FUENTE: Elaboración propia

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación del proceso de ahumado de paiche se ejecutó en los laboratorios de Química de Recursos Hidrobiológicos y Procesos de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina en el 2015.

3.2. MATERIALES Y EQUIPOS

3.2.1. Materia prima

Se utilizó paiche (*Arapaima gigas*) entero de procedencia de Satipo – Junín. Se mantuvo en condiciones de frío durante su envío y recepción en el Laboratorio de Procesos en la UNALM, en caja térmica con hielo a temperaturas de 5°C +/- 1°C y posteriormente fue almacenado en refrigeración.

3.2.2. Insumos

Los insumos utilizados son la sal, azúcar, hielo, agua adquiridos en un supermercado y el aserrín y coronta seca provenientes de la planta de cereales de la UNALM.

3.2.3. Materiales y reactivos

- Reactivos químicos e indicadores: Nitrato de plata 0,01 N , en cristales y bicromato de potasio cloruro de sodio 0,01 N.
- Medios de cultivo: Medio Plate Count Agar (PCA), Medio Baird Parker Agar y Medio Agar Sulfito.
- Materiales de vidrio: vaso de precipitado de 50, 100 y 150 mL, matraz de 250 y 500 mL, fiola de 50, 100 y 250 mL, placas Petri.

- Materiales de plástico: piceta, baldes, embudos, bidones, menaje de cocina, tablas, bolsas de alta densidad, etc.
- Otros: cuchillo, bandejas de acero inoxidable, placa metálica, papel filtro, arena, mortero.

3.2.4. Equipos

- Cronómetro. Marca CASIO.
- Termómetro digital de precisión, Marca DIGITRON.
- Refrigeradora doméstica, Marca ELECTROLUX.
- Mufla (SN219989) Nabertherm 30 – 3000°C
- Ahumador tipo canadiense
- Congeladora doméstica, Marca ELECTROLUX
- Balanza analítica SARTORIOUS (TE2145) Max. 210 g y d=0,1mg

3.3. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.3.1. Análisis Físico y Sensorial

Se registró la longitud total, longitud estándar y peso, obteniendo así los rendimientos de cada operación unitaria durante el proceso de la materia prima

La frescura del paiche fue evaluada sensorialmente en forma organoléptica utilizando para la evaluación la tabla de calidad de Wittfogel, adaptado a especies de agua dulce (Oliva, 2012) (Anexo 1).

El producto final fue evaluado por un panel semi entrenado y los resultados obtenidos fueron procesados de acuerdo al método estadístico de Friedman (Conover, 1980).

3.3.2. Análisis Químico Proximal

El análisis proximal a la materia prima se realizó en el Laboratorio de La Molina Calidad Total, empleando los siguientes ensayos:

- AOAC 948.15 Cap. 35 Ed. 19 Pág. 11 (2012) para grasa.
- AOAC 952.08 Cap. 35 Ed. 19 Pág. 08 (2012) para humedad.
- AOAC 940.25 Cap. 35 Ed. 19 Pág. 08 (2012) para proteína.
- AOAC 938.08 Cap. 35 Ed. 19 Pág. 08 (2012) para ceniza.

El análisis proximal del filete de paiche ahumado seleccionado, se realizó en el Laboratorio de La Molina Calidad Total, empleando los siguientes ensayos:

- AOAC 920.39 Cap. 4 Ed. 19 Pág. 40 (2012) para grasa.
- AOAC 934.01 Cap. 4 Ed. 19 Pág. 01 (2012) para humedad.
- AOAC 988.05 Cap. 4 Ed. 19 Pág. 25 (2012) para proteína.
- AOAC 942.05 Cap. 4 Ed. 19 Pág. 08 (2012) para ceniza.

Asimismo, para la determinación de cloruros (NaCl) se utilizó el método NTP-ISO 1841–1:2006 para productos cárnicos, en el Laboratorio de Química de Recursos Hidrobiológicos y Procesos de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

3.3.3. Análisis Microbiológico

Se analizó el producto final (filete de paiche ahumado), según los procedimientos reportados por la ICMSF (International Commission on Microbiological Specification for Food, 1983) y los requeridos por DIGESA (2008):

- Número Aerobios Mesofilos Viables (UFC/g).
- Número *Staphylococcus aureus* (NMP/g)
- Numeración *Clostridium perdringes* (UFC/g).

3.3.4. Análisis estadístico

Prueba de aceptabilidad

Al finalizar el proceso de elaboración del filete ahumado de paiche se procedió a evaluar la aceptabilidad del producto final, mediante la participación de un panel semi entrenado, conformado por 10 personas. Para ello se utilizó el método no paramétrico de la prueba de Friedman con un nivel de significancia del 5%, por tratarse de datos cualitativos, para evaluar variables de: sabor, textura, aspecto, olor y condiciones del vacío. Los datos obtenidos fueron procesados con el programa estadístico Minitab 17.

Prueba de preferencia

En esta prueba se preguntó a los 20 panelistas no entrenados, cuál de las muestras codificadas preferían. Se les solicitó que seleccionaran una, incluso si no estuvieran seguros. Se aplicaron estas pruebas en los ensayos experimentales. Los formatos para la Prueba de Preferencia de cada experimento, fueron elaborados según recomendación de Ureña *et al.*, (1999).

3.4. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

3.4.1. Proceso de ahumado en frío a partir de filetes de paiche

El proceso para la obtención del filete de paiche (*Arapaima gigas*) ahumado en frío se aprecia en el flujo que se encuentra en la Figura 6.

Una breve descripción del proceso para la elaboración de filete de paiche ahumado en frío, es la siguiente:

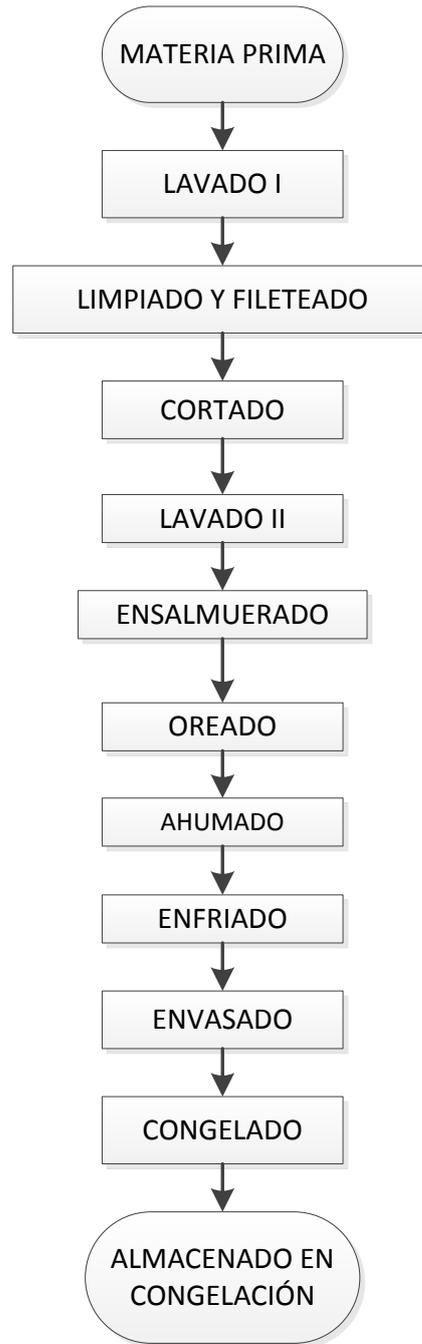


Figura 4: Flujo de proceso para elaboración de filete de paiche ahumado en frío.

a. Materia prima

Las muestras de paiche entero fueron recepcionadas en buenas condiciones de refrigeración e inmediatamente puestas en el refrigerador en una cama de hielo en escamas para mantener óptimas la cadena de frío. Luego fueron evaluadas con la tabla de Análisis sensorial de Wittfogel, adaptado a especies de agua dulce (Oliva, 2012).

b. Lavado I

El lavado se realizó de forma manual utilizando suficiente agua potable.

c. Limpiado y Fileteado

Se realizó de manera manual y comprende las operaciones de descabezado, eviscerado, despellejado y fileteado.

d. Cortado

Se realizó de manera manual, y se trabajó con un tamaño estándar de filete de 150 g. Puesto que aún no se tiene un tamaño de corte específico.

e. Lavado II

Se procedió a un lavado de los filetes para eliminar los restos de sangre y vísceras, con abundante agua, luego estas piezas fueron escurridas.

f. Ensalmuerao

Se preparó una solución de salmuera y se disolvió sal (NaCl) a una concentración de 20% (Ramirez, 1978) y se incorporó 10% de azúcar. Luego los filetes fueron evaluados a 3 diferentes tiempos de inmersión: 2 min, 6 min y 10 min.

g. Oreado o secado

Los filetes fueron expuestos al medio ambiente, con la finalidad de retirar los restos de humedad superficial. Por espacio de 1 h.

h. Ahumado

Se realizó un ahumado en frío cuya temperatura en un rango de 30°C a 35°C, sin excederse de los 35°C y tampoco menos de los 30°C. La fuente de humo empleada fue coronta seca y aserrín.

i. Enfriado

Los filetes fueron enfriados a temperatura ambiente, aproximadamente 18°C a 20°C.

j. Envasado

Se procedió a colocar los filetes ahumados en las fundas de polietileno de alta densidad y se empacó al vacío, para lo cual se utilizó una selladora al vacío.

k. Congelado

El filete ahumado envasado al vacío fue llevado a congelación durante 2 días hasta que su centro térmico alcance los -5°C +/- 1°C (Pérez, 2012).

l. Almacenado

Finalmente los filetes ahumados se almacenaron a temperatura de -22°C de acuerdo a lo que reporta Perez (2012), hasta las respectivas pruebas organolépticas, físico-químicas y microbiológicas del producto final.

3.4.2. Determinación del tamaño de corte del filete

Con la finalidad de estimar un tamaño de presentación del prototipo de producto final, se realizó una pre-operación del corte a fin de determinar un tamaño y peso de filete adecuado. Por tanto se evaluó mediante una prueba de preferencia tres diferentes pesos de corte de filete de paiche: $C_1 = 100$ g, $C_2 = 150$ g y $C_3 = 200$ g.

3.4.3. Determinación del tiempo de inmersión en salmuera.

Se preparó la solución de salmuera en donde se disolvió sal (NaCl) a una concentración de 20%, tomando como referencia lo empleado por Ramirez (1978) para el ahumado de Lisa. Se incorporó 10% de azúcar. Luego los filetes fueron evaluados a 3 diferentes tiempos de inmersión: $T_1=2$ min, $T_2=6$ min y $T_3=10$ min.

Para la evaluación de estos tiempos se hizo un monitoreo del contenido de cloruros cada 2 minutos durante los primeros 12 min, debido a la alta concentración la relación tiempo debe ser menor.

De acuerdo a Ludorff (1978) este salmuerado es de suma importancia dado que sirve para mejorar el sabor, además de incrementar la textura del filete.

Luego las muestras inmersas en salmuera, fueron escurridas y ahumadas siguiendo el procesamiento establecido. Los productos obtenidos fueron evaluados por los panelistas para determinar si había preferencia por alguna de las muestras de los tratamientos, para ello se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman siguiendo las recomendaciones de Ureña (1999).

3.4.4. Determinación del tiempo de ahumado

De acuerdo al ahumado en frío, se hizo un control de la temperatura que no sea mayor a los 35°C ni menor de los 30°C, siguiendo lo que considera Burt (1987) y Codex Alimentarius (1993) durante el contacto del humo y el filete. Para ello, se desarrolló una curva de ahumado mediante una termocupla y una curva de pérdida de humedad controlando el peso de los filetes.

En esta etapa del proceso, se evaluaron en tres tiempos diferentes de ahumado efectivo, cuales son: H_1 : 1 h, H_2 : 1.5 h y H_3 : 2 h.

Los productos obtenidos fueron evaluados por los panelistas para determinar si había preferencia por alguna de las muestras, para ello se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman siguiendo las recomendaciones de Ureña (1999).

3.4.5. Parámetros Experimentales

En el esquema de la tabla 11 se muestran las variables evaluadas y controles en cada etapa del desarrollo experimental.

Tabla 11: Resumen de variables experimentales

ESQUEMA EXPERIMENTAL PARA OBTENER EL FILETE AHUMADO EN FRÍO DE PAICHE					
OPERACIÓN	Caracterización de materia prima	Estandarización			Almacenamiento
		Tamaño de Corte	Tiempo Inmersión en Salmuera al 20%	Tiempo de Ahumado <35°C	
PROCESOS		C1 } C2 } C3 }	T1 } T2 } T3 }	H1 } H2 } H3 }	
CONTROLES	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis físico y Evaluación Sensorial. • Estimación de Rendimiento. • Análisis proximal de la Materia Prima. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de preferencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de preferencia • Curva de Cloruros 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de preferencia • Curva de Ahumado y secado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Prueba de Aceptabilidad del producto terminado • Análisis proximal del producto terminado • Análisis microbiológico

3.4.6. Evaluación del Producto final

Se empleó un panel semi-entrenado de 10 personas a quienes se les explico los objetivos de la prueba. Se consideró los factores de: aspecto, olor, textura y sabor, para la prueba de aceptabilidad. También se verifico posteriormente la interacción de dichos atributos mediante el programa estadístico Minitab 17.

Se realizó un análisis químico proximal y microbiológico del producto final, también el rendimiento del proceso en entero, filete y producto terminado.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA- PAICHE

4.1.1. Análisis físico y Evaluación sensorial del paiche

El paiche tenía una longitud total (LT) de 111.15 cm, longitud estándar (LS) de 101.15 cm y un peso de 14.105 kg, El análisis físico del paiche dio como resultado un rendimiento de filete de 51.10% el cual es similar a lo reportado por Alcantara *et al.* (2006) y este guarda relación con la distribución de la cabeza y cuerpo del paiche pues según Rebaza *et al.* (1999) indica que es el 10% respecto al cuerpo y se obtuvo un valor de 9.87%. En la Tabla 12 se observa la composición física.

Tabla 12: Composición física del paiche entero

Componente	Peso (kg)	Rendimiento %
Cabeza	1.39	9.87
Vísceras	0.78	5.51
Piel	2.39	16.91
Restos	2.34	16.61
Filetes	7.21	51.10
Total	14.11	100.00

El resultado del análisis sensorial según la tabla de Wittfogel adaptado a especies de agua dulce recomendado por Oliva (2012) dio un puntaje final de 20 puntos, calificando a la materia prima trabajada de calidad extra.

Según la tabla empleada (Anexo 1) las características de la superficie fueron brillantes, de consistencia firme y elástica además de escamas fuertemente adheridas, un globo ocular plano, pupila negra y cornea plateada amarillenta. Las branquias presentaron coloración rojo vinosa, de mucosa clara y con los filamentos marcados. La cavidad abdominal poseía

un color natural rosa plateado, peritoneo liso y brillante, órganos de color rojo granate profundo y poseía un olor ligero a algas.

4.1.2. Análisis químico proximal de la materia prima

La Tabla 13 muestra los resultados del análisis químico proximal del paiche obtenido en la presente investigación y se comprueba que guarda relación a lo reportado por Vasquez (2012), Pérez (2012) y Alcantará *et al.* (2006), pues la materia prima empleada usada fue buena calidad.

Tabla 13: Composición química proximal del paiche

Ensayos	Valor en %
Humedad (g/100g muestra)	79.20
Proteína (g/100g muestra) Factor: 6.25	18.70
Grasa (g/100g muestra)	1.10
Cenizas (g/100g muestra)	1.00
Carbohidratos (g/100g muestra)	0.00
Energía total (kcal./100 muestra)	84.70

El paiche es una especie con alto contenido de proteína, pues su valor de 18.70% está dentro de los rangos indicados por la FAO de 16 a 21 % (Stansby, 1962 y Love, 1970). Así mismo por su contenido en grasa de 1.10%, es considerado como magra, pues está en el rango menor al 2% junto con la arahuana y carachama, especies amazónicas, reportada por Cortez (1992). También es preciso considerar que de esta cantidad de porcentaje de grasa del paiche, el 24% contiene ácidos grasos polinsaturados, que son esenciales (Salas y Barriga, 2004). Dichos valores son aspectos importantes que verifican la calidad proteica y alimenticia del filete de paiche como producto con valor agregado.

4.2. DETERMINACIÓN DEL TAMAÑO DE CORTE DEL FILETE

Se realizó una pre-operación del corte de los filetes de paiche en base a su peso, puesto que en los *retails* de consumo masivo, se venden en presentación de productos ahumados como la trucha desde 100 g a 200 g (TOTTUS, Plaza Vea, Metro entre otros). Considerando también que el fileteado o corte es una de las etapas principales del proceso de ahumado en frío, tomando como referencia el Ahumado de Salmón del Atlántico (*Salmon Salar*) reportado por Birkeland (2004).

Se mostraron mediante una prueba de preferencia sobre la selección de uno de los tamaños mostrados, seleccionando el mejor corte para un filete ahumado.

Siendo el C₂ de 150 g preferido en un 52%, seguido el C₁ de 100 gr en un 24% y el 19% restante, prefirió el C₃ de 200 g.

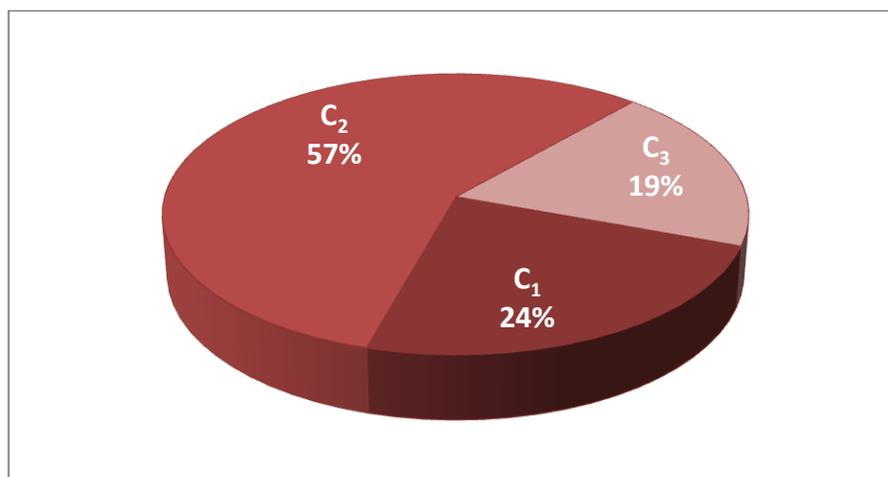


Figura 5: Preferencia de tamaño de corte del filete en función al peso (g).

4.3. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE INMERSIÓN EN SALMUERA

Se realizó el salado de los filetes de 150 g, con un espesor promedio de 2 a 1.5 cm. En la Figura 6 se muestra la curva de cloruro en base a una salmuera del 20%, definida en referencia a Ramirez (1978).

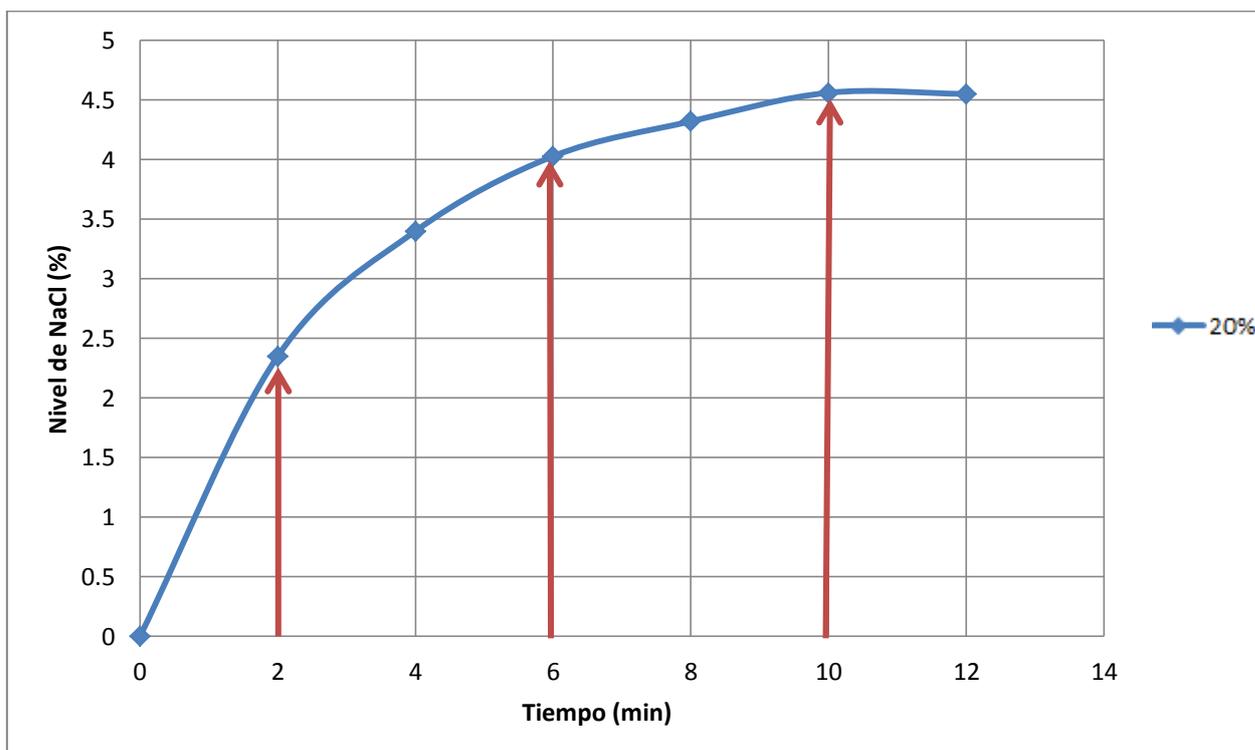


Figura 6: Curva de %NaCl a 20% de Salmuera.

En la Figura 6 se muestran los niveles de NaCl (%) en los filetes de paiche, los cuales se evaluaron a 2, 6 y 10 min de inmersión, identificándose una posible tendencia constante a partir del décimo minuto, lo cual indica una saturación de la sal en el filete, siendo similar a lo reportado por Chavez (2012) quien trabajó un pre tratamiento de 3% de salmuera durante 45 min en gamitana e indica que el ingreso de las moléculas de NaCl es rápido durante el primer contacto con el filete y luego se hace más constante.

Los filetes inmersos a diferentes tiempos, fueron ahumados y evaluados por el panel mediante la prueba de preferencia no paramétrica de Friedman. Se utilizó una escala de 1 al 5 siendo: Excelente (5), Muy bueno (4), Bueno (3), Malo (2) y Muy malo (1).

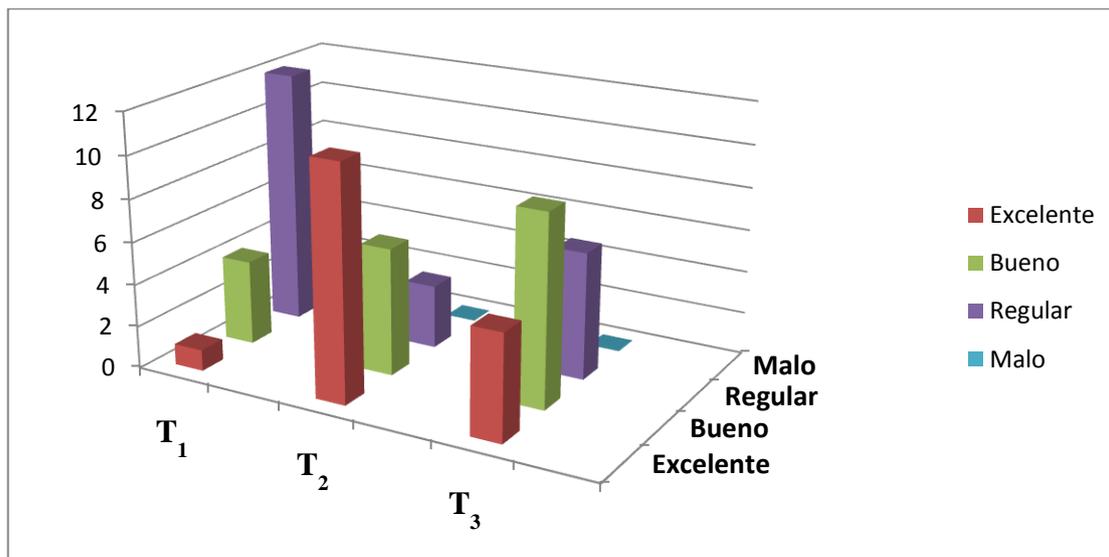


Figura 7: Preferencia de los panelistas en función del tiempo de inmersión de los filetes en salmuera.

El análisis estadístico demostró que existían diferencias significativas entre los tratamientos estudiados y que el tratamiento de mayor preferencia por los panelistas fue el T₂ (Tiempo de 6 min y 4.02% NaCl) pues indicaba un balance de sal óptima y sin opacar los atributos del filete ahumado de paiche con mejor brillo, esto debido a que se adiciono la azúcar en la salmuera, esto concuerda con Wicki (1990) pues reporta que se suaviza el salado del producto y le confiere una mejor coloración en la terminación. Las muestras ahumadas con el T₃ (Tiempo de 10 min y 4.56% NaCl) fueron demasiados saladas en comparación con las que fueron inmersas solo 2 minutos (Tiempo de 2 min y 2. % NaCl).

4.4. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE AHUMADO

Se obtuvo la curva de ahumado con mediciones cada 5 min, y con ello los tiempos de ahumado efectivo (luego del secado), donde se inicia a partir de los 40 min de iniciado el proceso. Este se hizo constante en función del peso y en comparación con un muestra paralela de peso menor, tal como se observa en la relación de los gráficos en la Figura 8 y 9 respectivamente. A diferencia del ahumado en caliente que dura más horas y la temperatura es mayor, el comportamiento de la curva es similar, pues represente una etapa controlada en las primeras horas, tal como se ve en la curva de temperatura interna reportado por Kenneth y Hildebrant (1996).

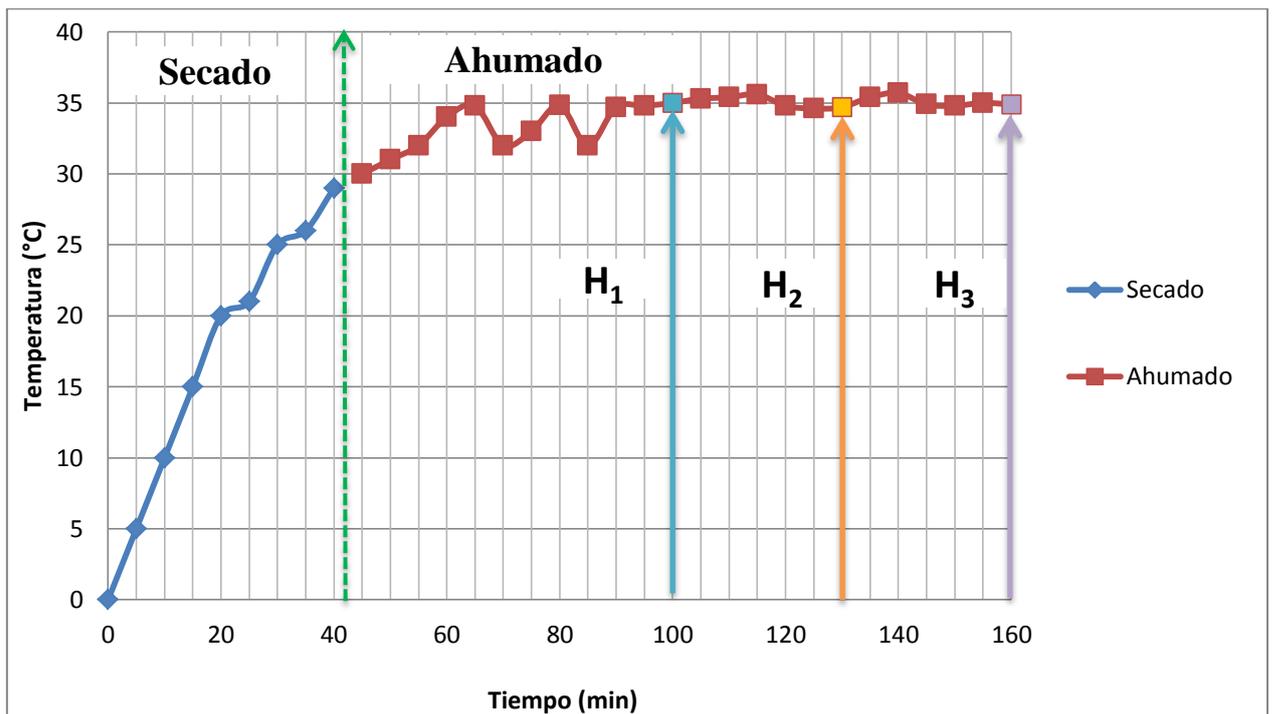


Figura 8: Curva de proceso de secado y ahumado

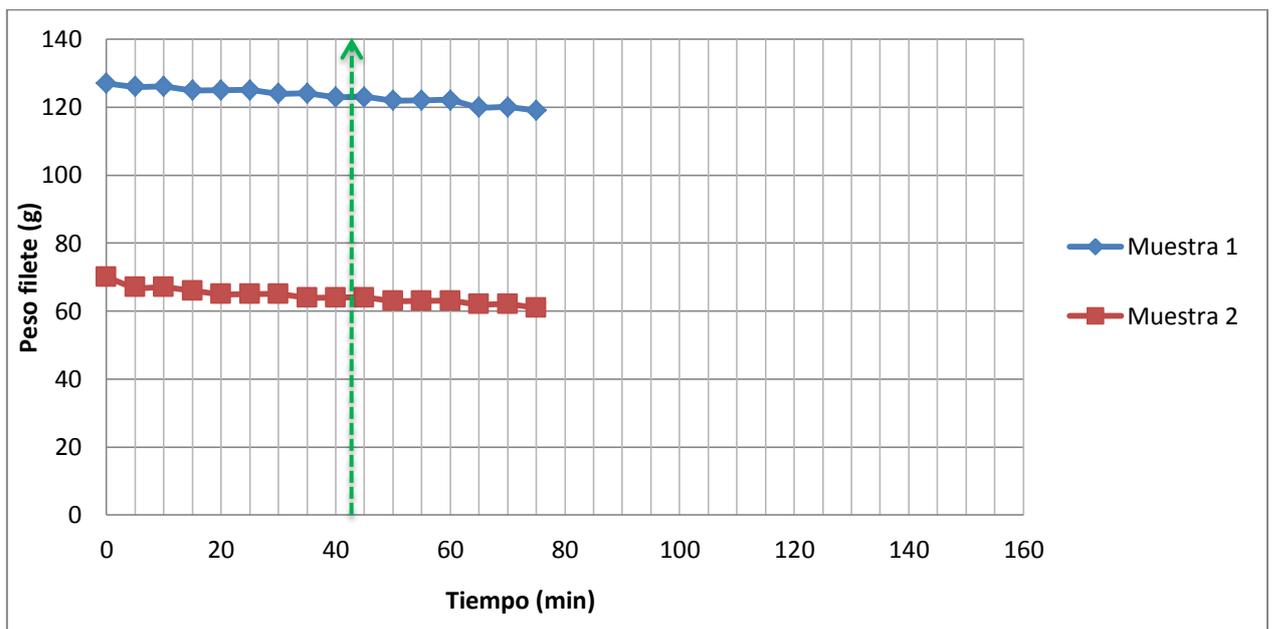


Figura 9: Control de la pérdida de peso del filete durante el ahumado

El análisis estadístico demostró que existían diferencias significativas entre los tratamientos estudiados y que el tratamiento de mayor preferencia por los panelistas fue el H₁ (1 h de ahumado), el cual presentaba un mejor balance entre las notas de humo y el sabor del filete, esto debido al tipo de ahumado pues resalta y conversa las propiedades

organolépticas del producto procesado. En cuanto los otros tratamientos se presentó una presencia fuerte del sabor ahumado, llegando a opacar otros sabores de calidad, tal como ocurre con exceso de exposición al humo tal como reporta Connell (1980).

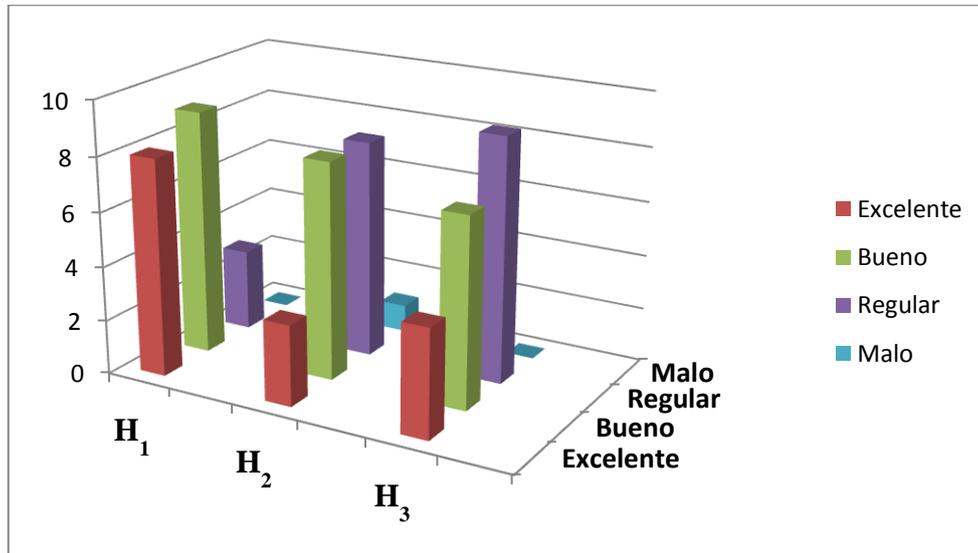


Figura 10: Preferencia de los fieles en función del tiempo (min) de ahumado

Para mayor detalle ver el Anexo 5 de los resultados estadísticos de cada evaluación.

4.5. EVALUACIÓN DEL PRODUCTO FINAL

Para la determinación de la aceptabilidad del producto final se trabajó a través de un panel semi-entrenado de 10 personas, para la determinación de 9 muestras de ahumado de paiche con los diferentes tiempos de ahumado (Tratamiento 1: 1 h, Tratamiento 2: 1.5 h y Tratamiento 3: 2 h), considerando 5 descriptores de calidad: sabor, aspecto, olor, textura y condiciones del vacío. Cada descriptor presenta puntajes de referencia y características para la descripción de las muestras del ahumado en frío de paiche.

De manera general, los tratamientos fueron sometidos a las pruebas no paramétricas por el hecho de tratarse de valores cualitativos. En la siguiente figura 11, se observa la frecuencia absoluta para cada tratamiento.

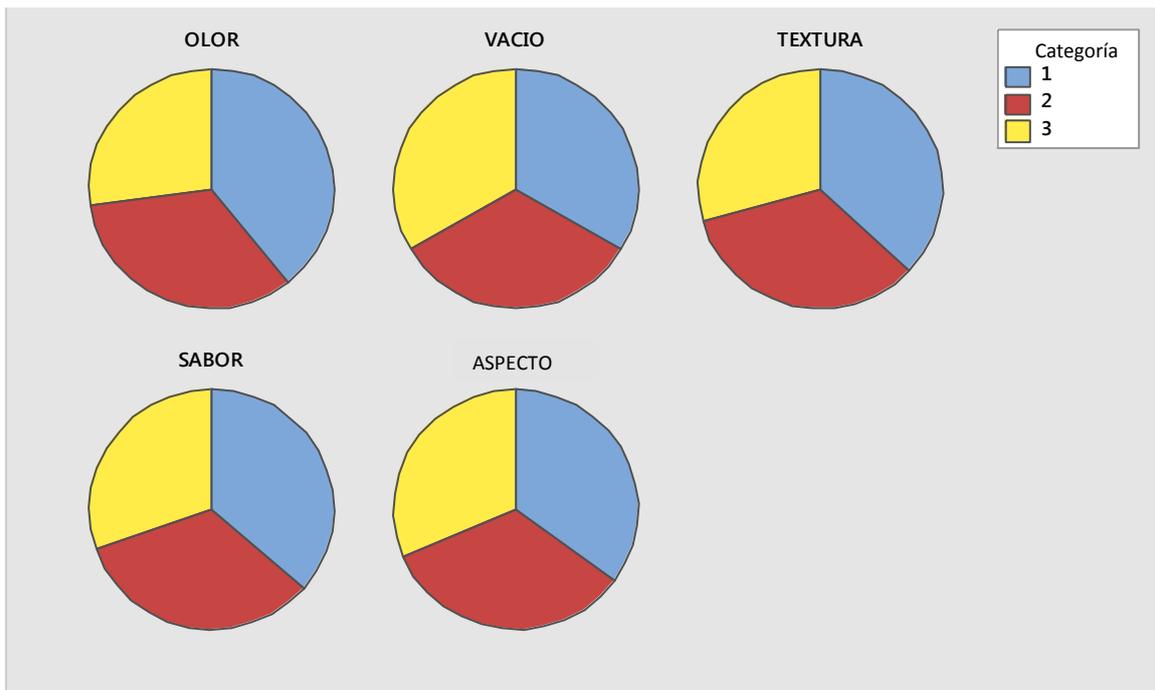


Figura 11: Representatividad de la calidad de cada tratamiento del ahumado de paiche

Los valores promedio para cada descriptor fueron plasmados en los gráficos radiales, representando el perfil del sabor, olor, aspecto, textura y vacío de cada muestra. Las muestras sometidas con el tratamiento H_1 de 1 h de ahumado presentaron mayor aceptación por parte del panel, a diferencia de los tratamientos H_2 y H_3 . Su aceptabilidad se ve reflejada en cuanto al olor, textura y sabor del ahumado de paiche. Sin embargo, en cuanto al aspecto y condiciones de vacío del producto final no presentaron o es mínima la significativa diferencia entre los tratamientos.

A partir de este análisis, se determinó un análisis particular de cada atributo, como se detalla a continuación en cuánto a los resultados obtenidos por el análisis estadístico (Anexo 7).

4.5.1. Análisis de cada atributo de calidad del ahumado de paiche

a. El olor

El atributo del olor, determinado con a través de la prueba de Friedman, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, tal como se muestra en el Anexo 7 y la Figura 12a. El H_1 se encuentra dentro de las calificaciones que describen a un producto con características a un producto ahumado, esto se debe a que las muestras fueron sometidos a un lapso de tiempo de 1 h a diferencia de los demás tratamientos, donde se observa que al ser expuestos a mayor tiempo presentan calificativos de un olor ligeramente a un sabor quemado.

b. El Aspecto

El atributo del aspecto, de acuerdo a lo determinado con la ayuda de la prueba de Friedman, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, tal como se observa en la Anexo 7 y en la Figura 12b . El H_1 se encuentra dentro de las calificaciones que describen a un producto con características a un producto ahumado. Debe considerarse un considerado desviación, sado que los resultados obtenidos son provenientes de apreciaciones de personas, por lo que se refleja la subjetividad de decisión.

c. El sabor

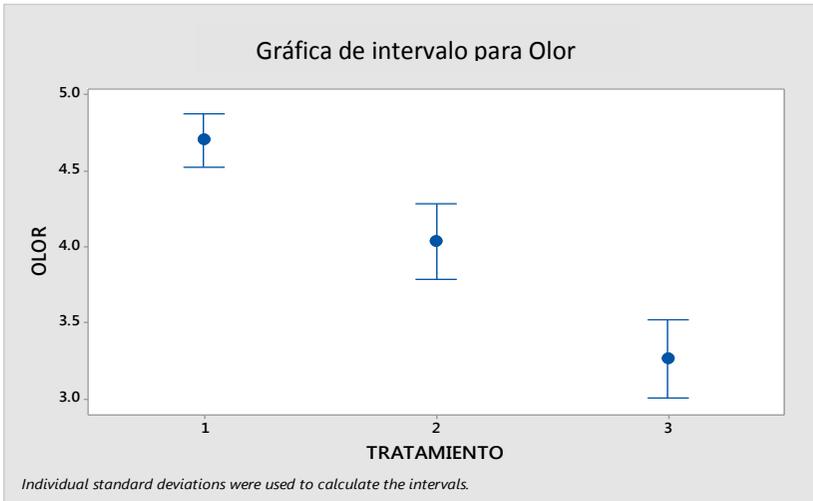
El atributo del sabor, de acuerdo a lo determinado con la ayuda de la prueba de Friedman, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, tal como se observa en la Anexo 7 y en la Figura 12c. El H_1 se encuentra dentro de las calificaciones que describen a un producto con características a un producto ahumado, esto se debe a que las muestras fueron sometidas a un lapso de tiempo de 1 h a diferencia de los demás tratamientos, este tiempo es determinante y necesario para el paiche obtenga las características gustativas adecuadas para el ahumado.

d. La textura

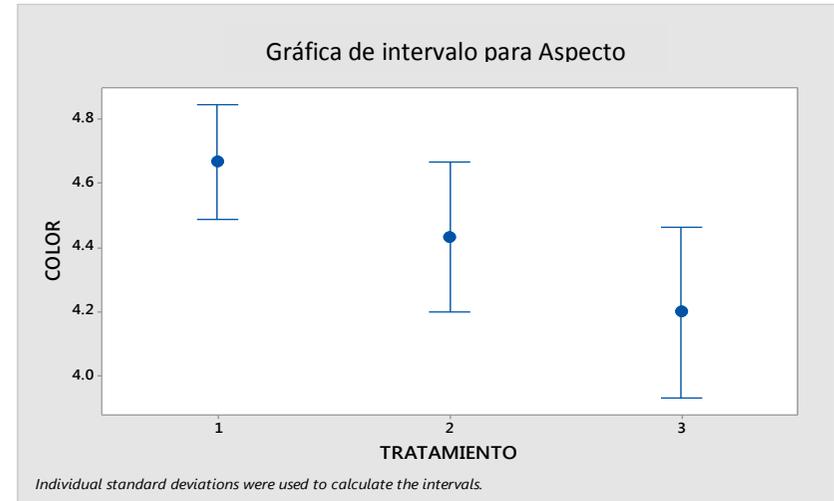
El atributo de la textura, de acuerdo a lo determinado con la ayuda de la prueba de Friedman, se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos, tal como se observa en la tabla 14 y en la figura 12d. El H_1 se encuentra dentro de las calificaciones que describen a un producto con características a un producto ahumado, este tratamiento presenta consistencia de firmeza y ligero ablandamiento a nivel de superficie. En cuanto a este atributo, se observa que en cuánto a los tratamientos, las desviaciones estándar son menores, característica propia de usar el sentido del tacto.

e. El vacío

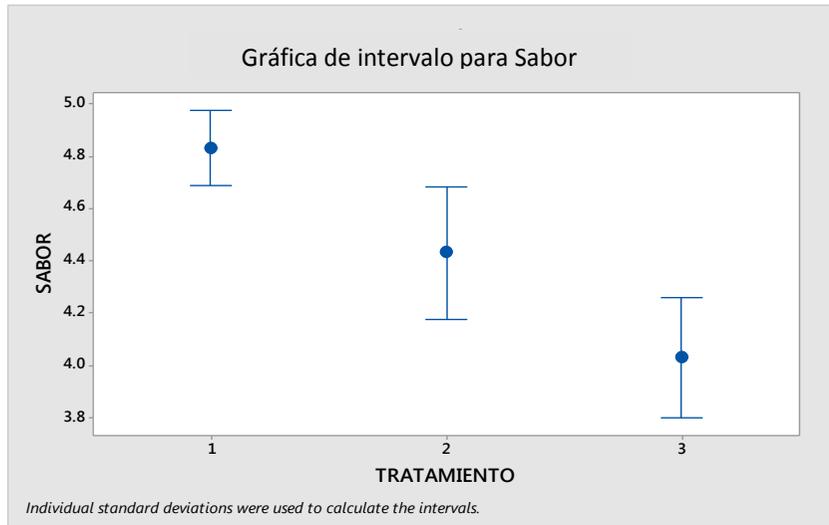
El atributo del sellado al vacío no presentó diferencias significativas, demostrando que las condiciones de sellado fueron las adecuadas y no influyó en los otros atributos de calidad del ahumado de paiche.



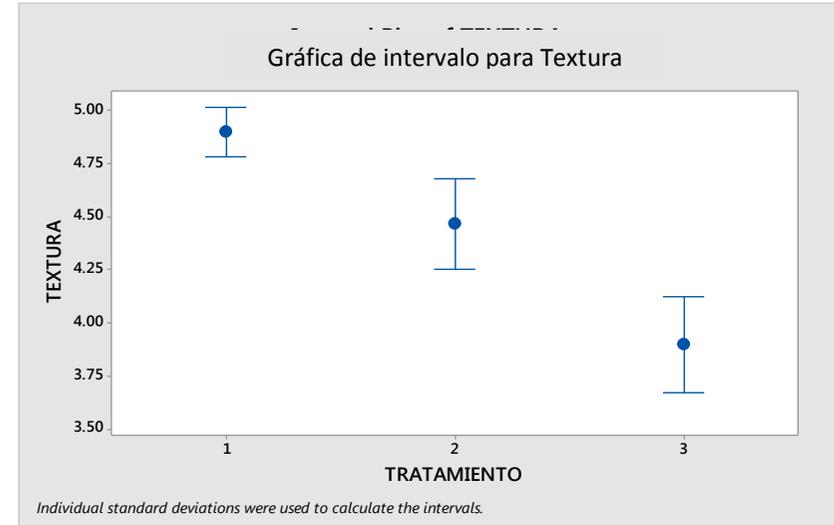
(a) Diagrama de las medianas y desviación estándar del atributo del olor



(b) Diagrama de las medianas y desviación estándar del atributo del aspecto



(c) Diagrama de las medianas y desviación estándar del atributo del sabor



(d) Diagrama de las medianas y desviación estándar del atributo de la textura

Figura 12: Diagrama de la mediada y desviación estándar de los atributos Olor (a), Aspecto (b), Sabor (c) y Textura (d) en los tratamientos de ahumado de paiche

4.5.2. Interacción de las variables más representativas del ahumado de paiche

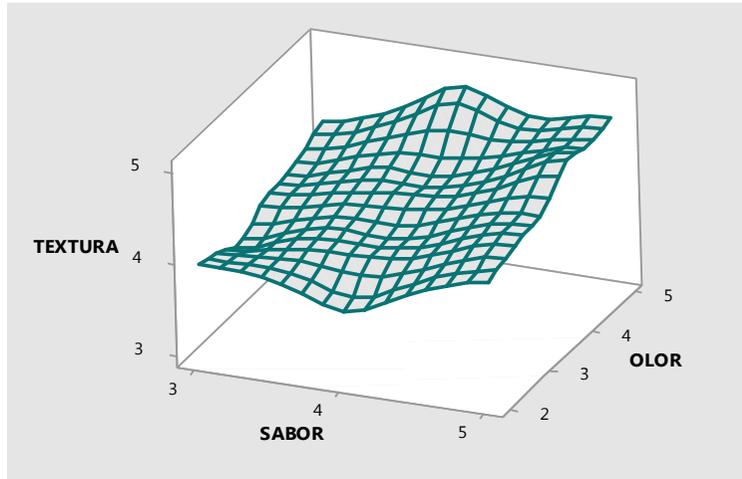
Los atributos de sabor, aspecto y textura se relacionan directamente, como se puede observar a manera general las diversas variaciones por efecto de las características propias de cada tratamiento tal como se ve en la Figura 13a.

El tratamiento H_1 se perfila como el mejor producto ahumado de paiche, dado que presentan los calificativos más altos (entre 4 y 5). Se observa que tiene firme textura con sabor ligero y que es mínimamente indiferente en cuanto al aspecto. Considerando que este último se relaciona a la posición de cada muestra dentro del ahumador (Figura 13b).

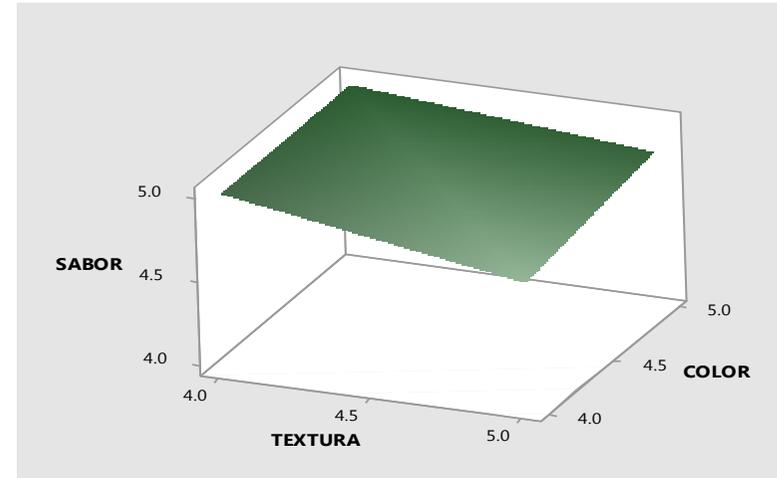
En la Figura 13c se observa que el tratamiento H_2 se perfila como un producto ahumado de paiche en términos medios, debido a la exposición de 30 min más de las unidades experimentales (encontrando valores desde 3 hasta 5).

El tratamiento H_3 se perfila como un producto ahumado de paiche en términos inferior, dado a la exposición de 1 h más a diferencia de las unidades experimentales sometidas al H_1 (encontrando valores desde 2 hasta 4). Sin embargo, la data de no aceptación es más uniforme a diferencia del H_2 (Figura 13d).

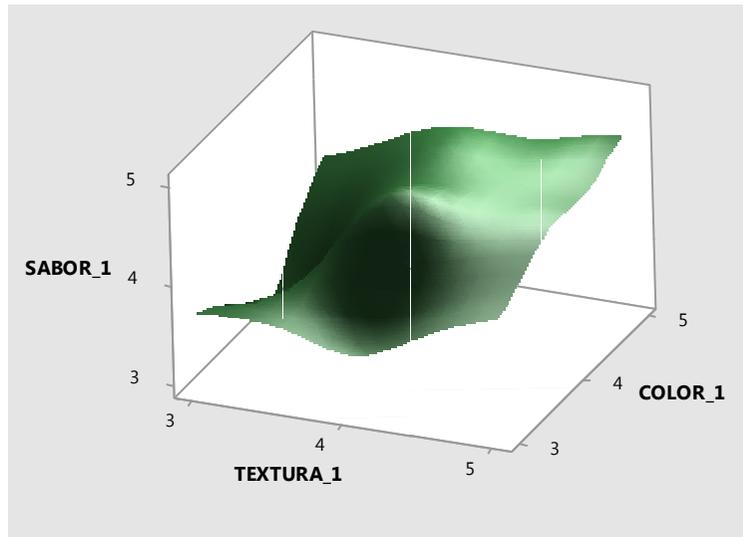
La intensidad y conservación del aspecto dependen de muchos factores como la proporción acuosa de la superficie, pH del sustrato y grado y duración del calentamiento. A diferencia del aroma y el sabor que no dependen solamente de los componentes del humo, sino también de sus reacciones con el sustrato (Durruty y Corti 2013).



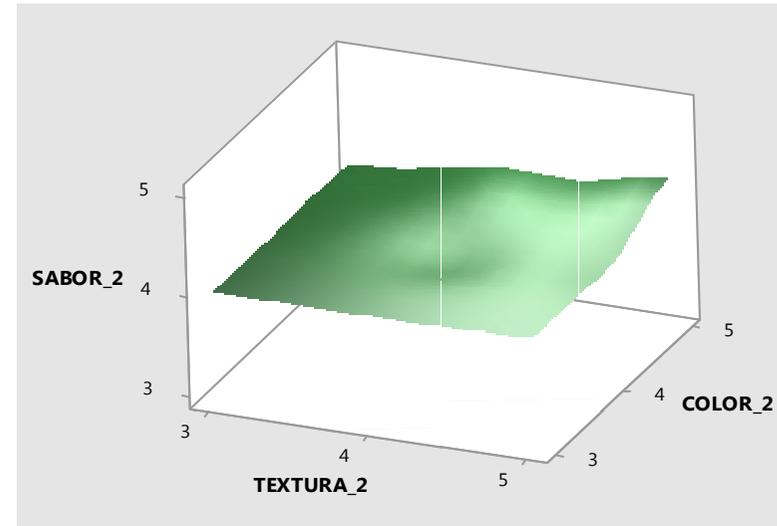
(a). Superficie de los atributos: textura, sabor y olor



(b). Superficie de los atributos: textura, sabor y olor del tratamiento H_1



(c). Superficie de los atributos: textura, sabor y olor del tratamiento H_2 .



(d). Superficie de los atributos: textura, sabor y olor del tratamiento H_3

Figura 13: Diagrama de Surface de la interacción de los atributos de textura, sabor y olor

La Tabla 14 se muestra los resultados del análisis químico proximal de los filetes ahumados de paiche, en función del tratamiento seleccionado H₁. Estos valores se contrastaron con lo reportado por Pérez (2012), quien evaluó los filetes de paiche ahumado. El porcentaje de Humedad fueron similares pues se obtuvo 75.1% en comparación del 72%, en cuanto al nivel proteico también fue muy cercano, pues se obtuvo 20% en comparación del 21%, pero si hubo diferencia en cuanto al porcentaje de grasa, pues se obtuvo 2.50 % en comparación del 5.02%, esto se puede deber a que los filetes trabajados son de diferente estado de crecimiento o estación de año, según reporta Salas y Barriga (2004).

Tabla 14: Composición química proximal de filetes de paiche

Ensayos	H ₁ (aceptable) %
Humedad (g/100g muestra)	75.10
Proteína (g/100g muestra) Factor: 6.25	20.00
Grasa (g/100g muestra)	2.50
Cenizas (g/100g muestra)	2.40
Carbohidratos (g/100g muestra)	0.00
Energía total (kcal./100 muestra)	102.50

El proceso de ahumado afecta al valor nutritivo del pescado principalmente por la reducción de la biodisponibilidad de las proteínas (Fernández *et al.* 1995). Sin embargo, considerando que el proceso de ahumado en frío (próximo a los 35°C), no implica temperaturas lo suficientemente altas para reducir su valor biológico, simplemente se generan enlaces cruzados y/o pardeamientos inducidos por el calor, con pérdidas relativamente pequeñas en aminoácidos y por ende, de proteínas.

4.5.3. Análisis microbiológico de los filetes de paiche ahumado

Tabla 15: Análisis microbiológico de filetes de paiche ahumado

Ensayos	Resultados		
	T ₁	T ₂	T ₃
N. Aerobios mesófilos viables (UFC/g)	10	7	5
N. <i>Staphylococcus aureus</i> (NMP/g)	< 3	2	1
N. <i>Clostridium perfringens</i> (UFC/g)	< 10	<10	<10

En la Tabla 15 se observa los resultados de los análisis microbiológicos de los filetes de ahumado de paiche en los tres tratamientos experimentados, donde se aprecia que a mayor tiempo de exposición de ahumado de los filetes de paiche, menor será el número de Aerobios mesófilos viables, *Staphylococcus aureus* y *Clostridium perfringens*.

Los datos reportados por la parte microbiológicas son determinantes para la prolongación de la vida útil del ahumado en frío de filetes de paiche, para lo cual es vital la combinación de la disminución de la actividad del agua y la ganancia de compuestos bactericidas y antioxidantes del humo. Esta vida útil es variable debido a las distintas posibilidades de combinación de factores de conservación utilizados y al grado de deshidratación que presentan, el efecto combinado de la sal, de los constituyentes del humo y del secado que acompaña al proceso de ahumado (Fernández *et al.*, 1995).

Rendimiento del proceso de ahumado en frío de filetes de paiche.

En la Tabla 16 describe el rendimiento de los filetes ahumados, este rendimiento es realizado en base al peso de la materia prima. Se obtuvo un rendimiento de 35.65% de filete ahumado.

Tabla 16: Rendimiento del proceso de ahumado en frío de filetes de paiche

COMPONENTE	Peso (g)	Rendimiento (%)
Paiche entero	14.11	100.0
Filete de Paiche	7.20	51.10
Filete ahumado de Paiche	5.03	35.65

El efecto del ahumado en el alimento genera modificaciones de las características sensoriales en el aspecto, aroma y el sabor a ahumado, esto no dependen solamente de los componentes del humo, sino también de las reacciones con el sustrato, en este caso es el filete de paiche (Durruty y Corti 2013).

La presente investigación es analizada a través de tres tratamientos (H_1 , H_2 y H_3), y considerando lo reportado por el panel entrenado se logra entender numérica y estadísticamente, cuál de los tratamientos tiene una mayor aceptabilidad. En resumen, el H_1 por presentar menor tiempo de ahumado de los filetes de paiche cumple con el objetivo principal de la conservación mediante el ahumado, tomando en cuenta la combinación de los cuatro factores, como: Deshidratación superficial, salado, deposición de sustancias antioxidantes y antimicrobianas, reportado por Roldán y Medina (2002).

V. CONCLUSIONES

1. El procedimiento para la elaboración de ahumado en frío a partir de filetes de paiche (*Arapaima gigas* Cuvier, 1829) fue el siguiente: recepción > Lavado > Limpiado y Fileteado > Cortado > Lavado II > Ensalmuero > Oreado > Ahumado en frío > Enfriado > Envasado > Congelado > Almacenado.
2. El corte del filete de paiche de mayor aceptación fue el de 150 g
3. El tiempo de inmersión en salmuera de filetes de 150 g fue de 6 min, y a una concentración de NaCl del 20% con 10% de azúcar.
4. El tiempo de ahumado efectivo resaltando los mejores atributos del filete ahumado es de 1 h.
5. Los atributos de textura, olor y sabor fueron determinantes para la calidad del ahumado en frío de filetes de paiche (*Arapaima gigas*).
6. La composición química proximal del filete ahumado de paiche fue: Humedad (75.10 %), Proteína (20.00%), Grasa (2.50 %), Carbohidratos (0.00 %) y Energía Total (102.5 kcal/100 g muestra).
7. A nivel microbiológico los reportes de Aerobios mesofilos viales fue de 10 UFC/g, *Staphylococcus aureus* fue de < 3 NMP/g y *Clostridium perfringens* fue < 10 UFC/g. Los cuales no representa ningún riesgo para el Consumo Humano Directo (CHD)
8. El rendimiento de los filetes ahumados en frío de paiche fue de 35.65% a partir de la materia prima.

VI. RECOMENDACIONES

1. Continuar con los estudios de vida útil en anaquel del filete ahumado en frío de paiche con la finalidad de conocer los grados o niveles de conservación en condiciones ambientales y de refrigeración.
2. Realizar un estudio de prefactibilidad para una planta de ahumado en frío de filete de paiche en Satipo – Junín.
3. Utilizar otras especies magras (bajo en grasa, < 3%) dulceacúcolas para la elaboración de ahumado.
4. Estudiar mejora tecnológicas para los procesamientos tradicionales, en especial en ahumado.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCANTARA, et al. 2006. Principales aspectos técnicos, comerciales y económicos de peces amazónicos con potencial acuícola. 132p.

AGUILA, J. 2010. Programa de Manejo Pesquero en la cocha Jacinto Ormanea “Los tigres negros”- *Arapaima gigas*- “paiche”. 1° Edición. Edit. Iquitos, Perú. 63p.

ATKINS P. 2005. Las moléculas de Atkins. Editorial Akal S.A. Madrid. 141 p.

AVDALOV, N. 2012. Manual de Manipulación y Comercialización de Productos Pesqueros de la Cuenca Amazónica. INFOPECA. Actualizado el 20 de Marzo del 2019. http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/actividadesrecientes/adjuntos/766/Manual%20de%20Manipulaci%C3%B3n%20y%20Comercializaci%C3%B3n%20de%20Productos%20Pesqueros%20de%20la%20Cuenca%20Amaz%C3%B3nica_0.pdf

BARREIRO, J; SANDOVAL, A. 2006. Operaciones de conservación de alimento por bajas temperaturas. Primera edición. Editorial Equinoccio. Caracas. 270p.

BIRKELAND, S. et al. 2004. Effects of cold smoking procedures and raw material characteristics on product yield and quality parameters of cold smoked Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fillets. Food Research International 37. 273-286 pp.

BURGESS, G. 1965. "El pescado y las industrias derivadas de la pesca". Ed. Acribia, Zaragoza (España). 392 pág.

CAMPOS, L. 2001. Historia Biológica del Paiche *Arapaima gigas* y bases para su cultivo en la Amazonía. Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) Programa de Biodiversidad. Iquitos, Perú.

CASP, A. Y JOSE, A. 2003. Procesos de conservación de alimentos. Editorial MundiPrensa.

CHAVEZ, T. ARAUJO, R. BERNUY, J. 2012. Technical study for the elaboration of cured products from *Colossoma macropomum* (gamitana) using the technique of dry-salted in wet and dry cell battery. Revista Conocimiento Amazonico - UNAP. Vol 3 Num. 1. 16 pág.

CHU-KOO, F. & F. B. ALCÁNTARA. 2009. Cultivo de paiche doméstico: Perspectivas económicas. Revista Pesca Responsable, 57(marzo-abril): 32-33.

CHU-KOO F., SÁNCHEZ N., PEREA C., PANDURO D., ALVAN M., ALCÁNTARA F., REBAZA C., TELLO S., FERRÉ W., NÚÑEZ J. 2014. Estado actual del cultivo de paiche o pirarucu en el Perú. Infopesca Internacional N°52.

CHU-KOO, F. 2006. Domesticación y crianza en cautiverio del Arapaima gigas: Manejo, aspectos reproductivos y nutricionales.

CONNELL S. 1980. Control of fish Quality. Ed. Books Fishing News (Books) Ltd., Farnham, Surrey, UK.

CODEX ALIMENTARIUS. 1993. Principles and application of the HACCP system

CORTEZ, J. 1992. Características Bromatológicas de dieciséis especies hidrobiológicas de la amazonia peruana en época de creciente. Folia Amazónica Vol. N°4: 115-122.

CUTTING, C.L. 1965. Fish as Food, Tomo III, Ed. G. Borgstrom, Naw for Kand, London.

DAUN, H. 1979. Interaction of wood smoke components and foods. Food Technology 33(5): 66-71 p.

DURRUTY M., CORTI I. 2013. Análisis físico-químico, sensorial y consumo de productos pesqueros ahumados. Departamento de Metodología de la Investigación de la Universidad FASTA. Mar de Plata, Chile.

FAO. 2006. Indicadores para el desarrollo sostenible de la pesca de captura marina. ISBN 92-5-304333-4 <http://www.fao.org/docrep/003/x3307s/X3307s12.htm>

FAO. 1970. Smoke curing of fish, FAO. Fish. Rep. N° 88. Pág. 4,30,31.

FERNÁNDEZ, S., POLLAK, A., VITANCURT, J. 1995. Pescado ahumado artesanalmente - Ensayos tecnológicos. Programa de Conservación de la Biodiversidad y Desarrollo Sustentable los Humedales del Este (PROBIDES). Uruguay. 69 p.

GARAYAR MELENDEZ, J. 1976. Determinación del procesamiento y estabilidad del ahumado de pejerrey. Tesis para optar el Título de Ingeniero Pesquero. UNALM.

INCE (Instituto Nacional de Cooperación Educativa). 2002. Manipulación y Conservación de Pescado. Venezuela.

INTERMEDIATE TECHNOLOGY DEVELOPMENT GROUP (ITDG). 1999. Procesamiento de pescado. Lima, Perú. 52 p.

KENNETH S. HILDERBRAND, JR. 1996. Smoking Fish at Home Safely, Pacific Northwest Extension publication PNW 238 p.

ITP (Instituto Tecnológico Pesquero del Perú). 2002. Aplicaciones tecnológicas para el procesamiento del paiche en la amazonia peruana. Callao, Perú. 47 p.

LIV, M. 2000. Lysteria monocytogenes in the smoked salmon industry. Food Microbiology: 62; 183-190.

LOVE, R.M. 1970. *The Chemical Biology of Fishes.* Academic Press. London.

LUDORF, W. 1963. "El Pescado y sus productos". Ed. Acribia. Zaragoza (España). 304 pág.

MINCETUR (Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, PE). 2004. Perú: Plan Estratégico Nacional Exportador 2003-2013 (PENX). 75 p.

OLIVA, G. 2012. Elaboración de conservas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) en salsas de sachatomate (*Solanum betacea Cav.*). Tesis de Ingeniero Pesquero, UNALM, Lima. 98 p.

PÉREZ, R. 2012. Dirección de Transferencia Tecnológica y Desarrollo para el Consumo (DTTDC): *Procesamiento y productos con valor agregado del paiche (Arapaima gigas)*. Callao, Perú. 48 p.

PRODUCE. 2016. Anuario Estadístico 2015: Sub sector Pesca y Acuicultura. Actualizado el 14 de Setiembre del 2016. <http://www.produce.gob.pe/index.php/features/anuario-estadistico>.

PROMPEX. 2005. Diagnóstico del sector Acuicultura para el Desarrollo de Bionegocios en el Perú. 96 p.

QUISPE, C. 1979. Procesamiento del ahumado en caliente de Trucha Arcoíris (*Salmo gairdnerii*). Título para optar el título de Ingeniero Pesquero. UNALM.

RAMIRÉZ A. 1978. Estudio Tecnológico del Ahumado de Algunas Especies Marinas. Instituto del Mar del Perú (IMARPE). N°48, pág. 1-30.

REBAZA, M; ALCÁNTARA, F; VALDIVIEZO, M. 1999. *Manual de piscicultura del paiche*. Caracas, Venezuela: Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP), FAO, Secretaria Pro Tempore Venezuela. 35 p.

RESOLUCIÓN MINISTERIAL (RM) N°59 – 2008 / MINSA. “Aprobación de la NTS N° 071-MINSA/DIGESA-V01: Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas del consumo humano”.

RODRÍGUEZ, J. 2005. Tratamientos de curación, secado y calor en la elaboración de productos cárnicos. Técnicas, procesos, útiles y herramientas. Primera Edición. Editorial Ideaspropias. Vigo, España. 104 p.

RODRÍGUEZ, F. 1992. Estudio de procesamiento de Liza (*Mugil cephalus*) en forma de Ahumado en Frio. Tesis para optar el título de Ingeniero Pesquero. UNALM

RODRÍGUEZ, M., GONZÁLEZ, S. 1984. Tecnología de los Productos Marinos. Editorial Pueblo y Educación. Cuba.

ROLDÁN, D., MEDINA C. 2002. Evaluación del comportamiento de filetes de anguila común en el procesamiento de ahumado en caliente, *Rev. Anales científicos*, vol. LIII, pág. 489-505. Lima, Perú.

ROUBACH, R., CORREIA, E.S., ZAIDEN, S., MARTINO, R.C., CAVALLI, R.O., 2003. Aquaculture in Brazil. *World Aquaculture* 34, 28–35.

SALAS A., BARRIGA M. 2004. Aspectos bioquímicos y cambios post mortem del filete de Paiche (*Arapaima gigas*) almacenado en hielo. Boletín de investigación del Instituto pesquero Perú. Volumen 6: 27 – 32.

SANDOVAL CHACÓN M. 2007. Aspectos de manejo, alimentación y reproducción del paiche (*Arapaima gigas*) en la Amazonía Peruana. Iquitos, Perú: Instituto de investigación de la Amazonia Peruana. 30 p.

STANSBY, M.E. 1962. Proximate composition of fish. In: E. Heen and R. Kreuzer (ed.) *Fish in nutrition*, Fishing News Books Ltd., London, 55-60.

TORRY RESEARCH STATION. "Salage, fumarage et deshidratation du poisson". Memoir N° 668. Pág. 143 – 145

UREÑA, M.; D'ARRIEGO, M; GIRON, O. 1999. Evaluación sensorial de los alimentos, aplicación didáctica. Lima, Perú. Edit. 218p.

VÁSQUEZ D.; CÓRDOVA C.; OLÓRTEGUI W.; CACHIQUE N.; SILVA L.; GARCÍA R.. 2012, Valor agregado de las especies: *Brycon erythropterum* (Sábalo), *Colossoma macropomum* (Gamitana), *Arapaima gigas* (Paiche) y *Agouti paca* (Majas). Ciencia Amazónica. Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos. Vol. 2, No. 2: 135-141 p.

WALKER, K; SHAWN, D .1995. Practical Food Smoking: A comprehensive guide. Great Britain. 121 p.

WISDOM, A. PLAGAR, G. NERQUAYE-TETTEH, N. 1999. Development of and integrated quality assurance system for the traditional *Sardinella* sp. And anchovy fish smoking industry in Ghana. Food control: 10;15-25.

WICKI, G. A. 1990. El proceso de ahumado como valor agregado en la producción del Catfish Sudamericano (*Rhamdia sapo*). línea). España. Consultado, 10.

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Análisis sensorial de Wittfogel, adaptado a especies de agua dulce

Característica	Aspectos de clasificación	Puntaje	Puntaje obtenido
Superficie y consistencia	Superficie brillante e iridiscente, mucilago transparente y ralo. Consistencia firme y elástica. Escamas fuertemente adheridas.	4	4
	Superficie algo brillante aun, mucilago ligeramente seco, denso y turbio. Consistencia disminuida, perdida ligera de elasticidad, escamas aun bien adheridas.	3	
	Superficie opaca granulosa, seca, consistencia muy disminuida, elasticidad casi nula, escamas separables con cierta facilidad, piel decolorada(gris-azul)	2	
	Superficie totalmente opaca, pérdida total de consistencia y elasticidad, se queda la marca de los dedos, escamas fácilmente separables.	1	
Ojos	Globo ocular hinchado y abombado, pupila negra, cornea plateada amarillenta.	4	4
	Globo ocular plano, pupila negra menos profunda, cornea ligeramente opaca.	3	
	Globo ocular algo hundido, pupila gris - marrón, cornea decolorada turbia.	2	
	Globo ocular totalmente hundido, pupila turbia, cornea lechosa.	1	

Característica	Aspectos de clasificación	Puntaje	Puntaje obtenido
Branquias	Color rojo vinoso, mucosa clara, filamentos marcados.	4	4
	Color menos intenso, poca mucosidad blanquecina de regular viscosidad, filamentos aun marcados.	3	
	Decoloradas, rosas pálidas, mucosidad densa blanco-amarillenta; agrietadas.	2	
	Color sucio marrón - verde, mucosidad densa de igual color, bien agrietadas.	1	
Cavidad abdominal y órganos	Superficie de corte de lóbulos ventrales de color natural rosa plateado, peritoneo liso y brillante, órganos color rojo - granate profundo. Intenso amarillo verdoso.	4	4
	Superficie de corte de lóbulos ventrales menos brillante y lisas, ligero color rojo - amarillo en la zona de la espina central. Órganos color rojo pálido. Intestino marrón claro - verdoso.	3	
	Superficie de corte de lóbulos ventrales amarillentos, peritoneo opaco y removible, órganos color rojo - marrón verdoso, liquido verde espeso aparece en toda la cavidad.	2	
	Superficie de corte de lóbulos ventrales totalmente turbias, órganos totalmente pastosos y marrones. Abundante liquido verde y espeso.	1	
Olor	A algas frescas.	6	
	Ya no como de algas frescas pero aún fresco	5	
	Sin olores típicos, olores neutros	4	4
	Ligero a tierra	3	
	A lodo	2	
	A fango intenso, pútrido	1	
Puntaje Total			20

FUENTE: Oliva, 2012

Calificación de calidad:

Extra: 20 a 22 puntos

Buena: 15 a 19 puntos

Media: 10 a 14 puntos.

Mala: menos de 10 puntos.

Anexo 2: Secuencias del proceso de ahumado en frío de filete de paiche

a. Materia prima

Conservación y cadena de frío de paiche



Tamizaje de la muestra





b. Limpiado y Fileteado





c. Cortado



d. En salmuerado



e. Oreado o secado



f. Ahumado



g. Enfriado



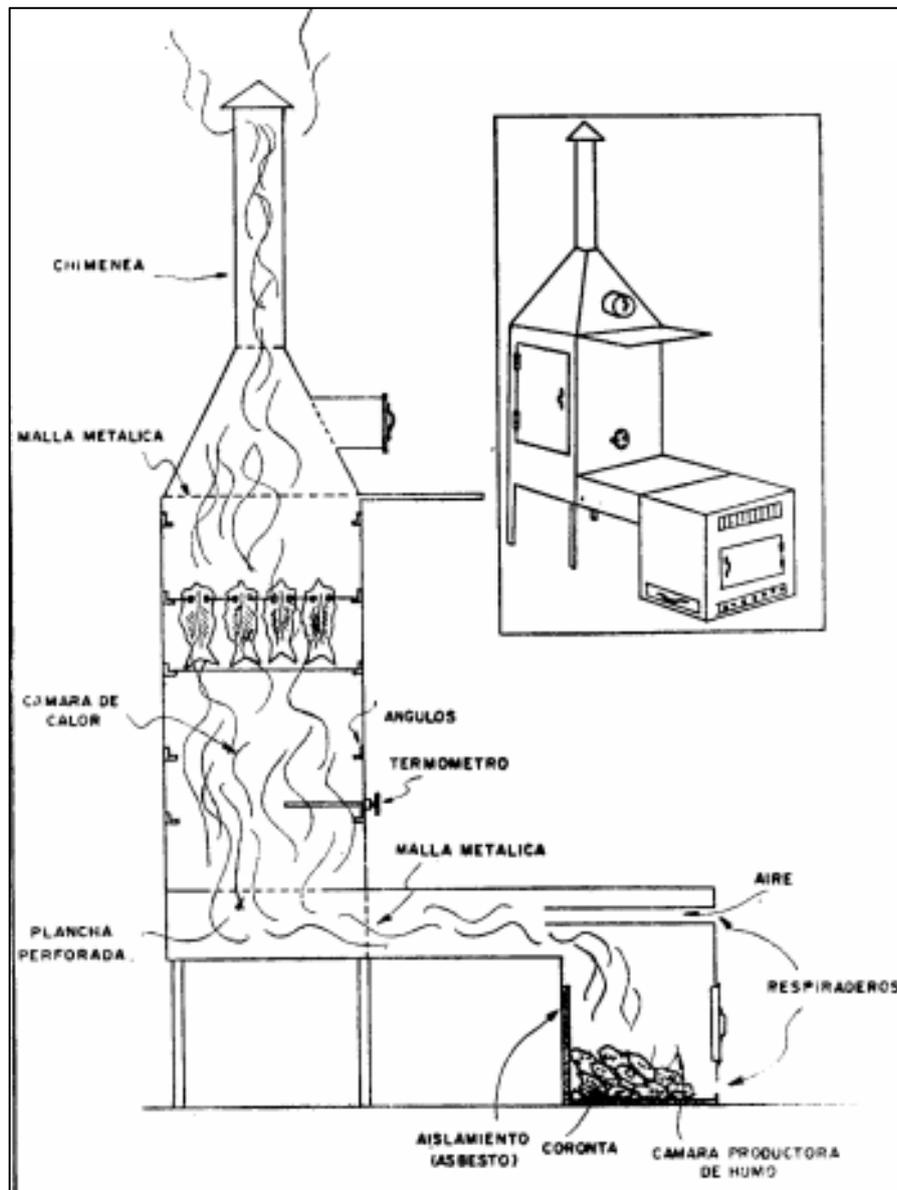
h. Envasado



Prueba del filete ahumado



Anexo 4: Vista lateral de ahumador canadiense



FUENTE: Ramirez, A. 1978.

Anexo 5: Resultado del análisis estadístico

a. Datos de la preferencia del Corte de filete de paiche

	C1	C2	C3
Resultado	5	12	4

Friedman Test: CORTE versus TRATAMIENTO blocked by REPETICION

S = 4.27 DF = 2 P = 0.118
S = 5.70 DF = 2 P = 0.058 (adjusted for ties)

Sum of			
TRATAMIENTO	N	Est Median	Ranks
1	20	0.0000	37.0
2	20	1.0000	47.5
3	20	0.0000	35.5

Grand median = 0.3333

b. Datos de la preferencia respecto al tiempo de inmersión

	T1	T2	T3
Excelente	1	11	5
Bueno	4	6	9
Regular	12	3	6
Malo	3	0	0

Friedman Test: SALMUERA versus TRATAMIENTO blocked by REPETICION

S = 15.07 DF = 2 P = 0.001
S = 16.99 DF = 2 P = 0.000 (adjusted for ties)

Est Sum of			
TRATAMIENTO	N	Median	Ranks
1	20	2.000	26.5
2	20	4.167	50.5
3	20	2.833	43.0

Grand median = 3.000

c. Datos de la preferencia del tiempo de ahumado

	T1	T2	T3
Excelente	8	3	4
Bueno	9	8	7
Regular	3	8	9
Malo	0	1	0

Friedman Test: AHUMADO versus TRATAMIENTO blocked by REPETICION

S = 4.22 DF = 2 P = 0.121
S = 5.63 DF = 2 P = 0.060 (adjusted for ties)

Sum of

TRATAMIENTO	N	Est	Median	Ranks
1	20	3.0000	47.5	
2	20	2.0000	36.5	
3	20	2.0000	36.0	

Grand median = 2.3333

Anexo 6: Datos de la curva de ahumado y secado

Curva de Ahumado y secado		Curva de pérdida de peso (g) de filete		
Registro (Minutos)	Temp. (°C)	Registro (Minutos)	Muestra 1 (g)	Muestra 2 (g)
0.00	0.00	0.00	127.00	70.00
5.00	5.00	5.00	126.00	67.00
10.00	10.00	10.00	126.00	67.00
15.00	15.00	15.00	125.00	66.00
20.00	20.00	20.00	125.00	65.00
25.00	21.00	25.00	125.00	65.00
30.00	25.00	30.00	124.00	65.00
35.00	26.00	35.00	124.00	64.00
40.00	29.00	40.00	123.00	64.00
45.00	30.00	45.00	123.00	64.00
50.00	31.00	50.00	122.00	63.00
55.00	32.00	55.00	122.00	63.00
60.00	34.00	60.00	122.00	63.00
65.00	34.80	65.00	120.00	62.00
70.00	32.00	70.00	120.00	62.00
75.00	33.00	75.00	119.00	61.00
80.00	34.82			
85.00	32.00			
90.00	34.70			
95.00	34.80			
100.00	35.00			
105.00	35.30			
110.00	35.40			
115.00	35.60			
120.00	34.80			
125.00	34.60			
130.00	34.70			
135.00	35.40			
140.00	35.70			
145.00	34.90			
150.00	34.80			
155.00	35.00			
160.00	34.90			

Anexo 7: Data de valores promedios y desviación estándar de los atributos de calidad del ahumado de paiche

ATRIBUTO DE CALIDAD	TRATAMIENTO			<i>p</i> -value
	H ₁	H ₂	H ₃	
ASPECTO ¹	4.83 ± 0.67	4.50 ± 0.61	4.17 ± 0.52	*
OLOR ¹	4.67 ± 0.83	4.00 ± 0.60	3.33 ± 0.39	*
SABOR ¹	5.00 ± 0.76	5.00 ± 0.61	4.00 ± 0.44	*
TEXTURA ¹	4.83 ± 0.78	4.50 ± 0.59	4.17 ± 0.43	*
VACIO ¹	5.00 ± 0.61	5.00 ± 0.59	5.00 ± 0.61	n.s.

(¹) Prueba no paramétrica de Friedman. (*) *p*-value<0.05.