

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS  
ALIMENTARIAS**



**T E S I S**

**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE  
FILETES AHUMADOS DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*)  
EMPACADA AL VACÍO**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

**Presentado por el Bachiller:**

**ELMER WILLIAM CULQUI MUÑOZ**

**Asesor:**

**Dr. JOSÉ GERARDO SALHUANA GRANADOS**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2023**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**  
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"  
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
Secretaría Académica



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

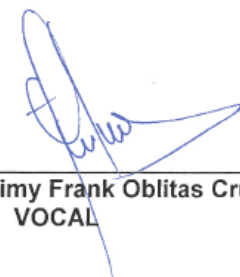
En la ciudad de Cajamarca, a los doce días del mes de enero del año dos mil veintitrés, se reunieron en el ambiente 2H - 204 de la Facultad de Ciencias Agrarias, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 025-2022-FCA-UNC, de fecha 18 de febrero del 2022**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**EVALUACIÓN DE PARÁMETROS EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE FILETES AHUMADOS DE TRUCHA ARCOÍRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EMPACADA AL VACÍO**", realizada por el Bachiller **ELMER WILLIAM CULQUI MUÑOZ** para optar el Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las ocho horas y diez minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad, con el calificativo de dieciséis (16); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**.

A las nueve horas y diez minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

  
Ing. Mtr. Max Edwin Sangay Terrones  
PRESIDENTE

  
Dr. Rodolfo Raúl Orejuela Chirinos  
SECRETARIO

  
Ing. M. Sc. Jimy Frank Oblitas Cruz  
VOCAL

  
Ing. M. Sc. José Gerardo Salhuana Granados  
ASESOR

## **DEDICATORIA**

La presente tesis la dedico a mis padres, hermanos, especialmente a mis abuelitos quienes me formaron con valores cristianos, a ellos mi gran respeto, por el cariño y apoyo incondicional que he recibido, por haberme inculcado el valor de la responsabilidad y superación.

El presente estudio, también la dedico a mi amor de mi vida Leny, a mi amada hija Alessandra Belén; quienes constituyen mi esperanza y fortaleza para alcanzar mis sueños.

ELMER WILLIAM CULQUI MUÑOZ.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios, por darme la oportunidad de vivir y por su gran misericordia que tiene conmigo, por darme la fuerza, por iluminar la senda por donde a diario camino, por la oportunidad de poder conocer muchas personas y amigos que me han acompañado en todo el periodo de mi formación profesional, a mi familia y nuestros profesores que han sido el soporte para no desistir en el camino trazado.

ELMER WILLIAM CULQUI MUÑOZ.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Bases teóricas.....	7
2.3 Definición de términos básicos.....	26
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	28
3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación.....	28
3.2. Materiales.....	28
3.3. Metodología.....	30
3.4. Métodos de análisis.....	33
3.4.1. Tipo de investigación.....	33
3.4.2. Unidad de análisis, población y muestra de estudio.....	33
3.4.3. Diseño de investigación.....	33

3.4.4. Técnicas de procedimiento y análisis de información .....	36
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>38</b>
4.1. Análisis de la materia prima .....	38
4.2. Análisis del experimento 1. Tratamiento de salado.....	38
4.3. Análisis del experimento Combustibles utilizados.....	43
4.4. Análisis del experimento 3. Ahumado .....	48
4.5. Análisis sensorial del sabor. Prueba pareada.....	56
4.6. Análisis organoléptico del producto final .....	58
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO VII. ANEXOS .....</b>	<b>70</b>
Anexo 1. Tabla de análisis organoléptica para trucha entera fresca. ....	70
Anexo 2. Tabla de análisis organoléptica para pescado ahumado. ....	72
Anexo 3. Tabla de Evaluación Organoléptica .....	72
Anexo 4. Prueba sensorial escala hedónica para el Sabor .....	73
Anexo 5. Prueba sensorial escala hedónica para Textura (Primer Experimento) .....	74
Anexo 6. Prueba sensorial escala hedónica para el Sabor (Segundo Experimento).....	75
Anexo 7. Prueba sensorial escala hedónica para Olor (Segundo Experimento) .....	76
Anexo 8. Prueba sensorial escala hedónica para el sabor (Tercer Experimento) .....	77

<b>Anexo 9. Prueba sensorial escala hedónica para Olor (Tercer Experimento)</b>	<b>78</b>
<b>Anexo 10. Prueba sensorial escala hedónica (Textura) (Tercer Experimento)</b> .....	<b>79</b>
<b>Anexo 11. Prueba Sensorial Pareada (Sabor) (Tercer Experimento)</b> .....	<b>80</b>
<b>Anexo 12. Análisis microbiológico de las muestras</b> .....	<b>83</b>
<b>Anexo 13. Tratamiento de la unidad de análisis</b> .....	<b>84</b>
<b>Anexo 13. Evidencias fotográficas del proceso de filete ahumados de trucha arcoíris</b> .....	<b>86</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris.....	8
Tabla 2. Composición química nutricional del filete fresco de trucha ( <i>O. mykiss</i> ) por cada 100 g .....	9
Tabla 3. Principales ácidos grasos presentes en filete de Trucha arcoíris ( <i>O. mykiss</i> ) .....	9
Tabla 4. Formulación de insumos complementarios para el tratamiento de salado .....	29
Tabla 5. Parámetros de control en el proceso de salado a filetes de trucha arcoíris .....	34
Tabla 6. Tipos de combustibles utilizados para el ahumado de los filetes de trucha .....	34
Tabla 7. Parámetros de control en el proceso de ahumado en filetes de trucha arcoíris.....	35
Tabla 8. Valoración total para trucha entera.....	38
Tabla 9. Resultados del análisis organoléptico del salado de los filetes de trucha arcoíris.....	40
Tabla 10. Resultados de la prueba de normalidad para los tratamientos de salado .....	41
Tabla 11. Resultados de la prueba de Friedman para los tratamientos de salado .....	41
Tabla 12. Resultados del análisis organoléptico de los filetes de trucha arcoíris según el combustible utilizado.....	45
Tabla 13. Resultados de la prueba de normalidad para los combustibles .....	46



Tabla 14. Resultados de la prueba de Friedman para los combustibles .....	46
Tabla 15. Resultados del análisis organoléptico de los filetes de trucha arcoíris para el ahumado a 80 °C.....	49
Tabla 16. Resultados de la prueba de normalidad para el ahumado a 80 °C ..	50
Tabla 17. Resultados de la prueba de Friedman para el ahumado a 80 °C .....	50
Tabla 18. Resultados del análisis organoléptico de los filetes de trucha arcoíris para el ahumado a 90 °C.....	53
Tabla 19. Resultados de la prueba de normalidad para el ahumado a 90 °C ..	54
Tabla 20. Resultados de la prueba de Friedman para el ahumado a 90 °C .....	54
Tabla 21. Resultados de la prueba pareada para el sabor de los filetes de trucha ahumados.....	56
Tabla 22. Resultados de la prueba de normalidad para la prueba pareada del sabor .....	57
Tabla 23. Resultados de la prueba de signos para comparación de medianas de muestras pareadas.....	57
Tabla 24. Parámetros óptimos para la producción de filetes ahumados de trucha arcoíris.....	58
Tabla 25. Resultados de la Evaluación Organoléptica de filete de trucha ahumado .....	58

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1.</b> Flujo para el procesamiento de filetes ahumados de trucha (oncorhynchius mikyss).....	32
<b>FIGURA 2.</b> Análisis organoléptico para el sabor .....	39
<b>FIGURA 3.</b> Análisis organoléptico para la textura .....	39
<b>FIGURA 4.</b> Resultados obtenidos para la valoración del olor .....	43
<b>FIGURA 5.</b> Resultados obtenidos para la valoración del sabor .....	44

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Tecnología de Carnes de la E.A.P. de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Facultad de Ciencias Agrarias., de la Universidad Nacional de Cajamarca, con el objetivo de determinar los parámetros en el proceso de elaboración de filetes ahumados de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), empacada al vacío. Se diseñaron tres experimentos para determinar los parámetros de salado con tres tratamientos (9% sal x 25 min, 10% sal x 20 min y 12% sal x 15 min), los parámetros de combustible (romero, coronta de maíz y virutas de eucalipto); la temperatura y tiempo de ahumado (80 °C y 90 °C a 55, 60 y 85 min). Para el análisis se utilizó una prueba de preferencia (Escala Hedónica) y 30 panelistas. Las comparaciones se realizaron mediante análisis de Friedman y prueba pareada no paramétrica de signos ambas con  $p = 0.05$ . Los resultados demostraron diferencias significativas entre todos los tratamientos en todos los experimentos ( $p < 0.05$ ) con preferencia por el salado con 12% sal x 15 min, el combustible virutas de eucalipto y el ahumado a 80 °C por 60 min. Con estos parámetros se consiguió un producto con alta aceptación, categorizándose en función a la calidad como “muy bueno” en cuanto a las características de olor, sabor y textura, lo que llevó a que el producto final tuviera características organolépticas que lo definen de olor agradable a humo, sabor bueno, apariencia algo opaca, con ligera exudación de grasa y de consistencia firme.

**Palabras clave:** Ahumado, trucha arcoíris, salmuera, temperatura.

## ABSTRACT

This research work was carried out in the Meat Technology Laboratory of the Food Industry Engineering School, Faculty of Agricultural Sciences of the National University of Cajamarca, with the objective of determining the parameters in the process of elaboration of smoked fillets of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), vacuum-packed. Three experiments were designed to determine the salting parameters with three treatments (9% salt x 25 min, 10% salt x 20 min and 12% salt x 15 min), fuel parameters (rosemary, cornhusk and eucalyptus chips), temperature and smoking time (80 °C and 90 °C at 55, 60 and 85 min). A preference test (Hedonic Scale) and 30 panelists were used for the analysis. Comparisons were made using Friedman's analysis and nonparametric paired sign test both with  $p = 0.05$ . The results showed significant differences between all treatments in all experiments ( $p < 0.05$ ) with preference for salting with 12% salt x 15 min, eucalyptus chips fuel and smoking at 80 °C for 60 min. With these parameters, a product with high acceptance was obtained, categorized in terms of quality as "very good" in terms of odor, flavor and texture characteristics, which led to the final product having organoleptic characteristics that define it as having a pleasant smoky odor, good flavor, somewhat opaque appearance, with slight exudation of fat and firm consistency.

**Keywords:** Smoked, rainbow trout, brine, temperature.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La cría de truchas constituye una de las actividades económicas más importantes, que contribuyen a la calidad de vida de la población rural, debido a la flexibilidad de la cría y a la facilidad de adaptación a diferentes recursos hídricos con condiciones ambientales óptimas. La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) pertenece a la familia de los salmones y, por tanto, necesita agua fría para crecer. En el Perú, la producción está aumentando en las regiones del norte, el centro y el sur; es así que MINAM (2021) destaca su producción en los departamentos de Huánuco, Junín, Arequipa, Puno, Moquegua, Tacna, Ayacucho, Cusco, Huancavelica, Cajamarca, Áncash y Pasco.

El consumo de pescado ahumado no es habitual en Perú, prefiriéndose otros productos disponibles en el mercado, como las conservas, el pescado congelado, el pescado salado seco y, durante la temporada de Semana Santa, diversos platos elaborados con carne de trucha. Esto se debe a que la trucha ahumada no se puede encontrar envasada al vacío, y también es importante encontrar un producto final con características organolépticas que satisfagan las necesidades del consumidor final promoviendo su valor añadido como materia prima.

La tecnología del ahumado se desarrolló para prolongar la vida útil y es un método de conservación de la carne mediante una combinación de procesos de salado, cocinado y desecado, utilizando componentes de humo y otras acciones (Vigil 2019). El cocinado desactiva las enzimas y mata los gérmenes, mientras que la salazón y el secado reducen el contenido de humedad e impiden el crecimiento de bacterias y microorganismos. El ahumado puede ser en frío (menos de 30°C) o en caliente (más de 60°C). El ahumado altera el estado de los alimentos, produciendo un alimento con sabores, texturas, aromas y colores característicos. Estas propiedades se deben a los compuestos adquiridos por el ahumado, que funcionan como desinfectantes, aromatizantes y anti-oxidantes (González 2022).

Para alargar la conservación de los alimentos, el envasado al vacío en polipropileno reduce la temperatura de almacenamiento y prolonga la vida útil sin comprometer sus propiedades organolépticas y nutricionales (Huarhua 2022). Su objetivo es mostrar el nuevo valor añadido de las materias primas para el ahumado con distintos materiales para el combustible (corteza de naranjas, piña, hojas de eucaliptos con maíz) y lograr la diversificación de la variedad de productos.

El estudio pretende evaluar los parámetros que dan al producto sus características de ahumado y obtener un producto con valor añadido y comercial. Por tanto, el presente estudio tuvo el objetivo de determinar los parámetros en el proceso de elaboración de filetes ahumados de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), empacada al vacío.

### **Problema de la Investigación**

La trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) es un pez de agua fría perteneciente a la familia del salmón. En Perú, las truchas se distribuyen por toda la sierra andina y se prefiere la trucha arco iris por su resistencia (IMARPE/ITP 1998).

La acuicultura en el Perú es una industria cuya producción se ha acelerado en los últimos años, en el 2016 se logró alcanzar 93,4 toneladas (TM), donde la trucha de la especie (*Oncorhynchus mykiss*) es la más importante porque aporta al desarrollo con 40 946 TM (PRODUCE 2016).

Según el informe, la acuicultura de la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) ha experimentado un crecimiento vertiginoso en la última década y se ha desarrollado con relativo éxito en la región altoandina. Por ejemplo, en 2016, la provincia de Puno fue la principal productora de trucha con más de 43 000 toneladas, lo que supone más del 80% de la producción del país, seguida de Huancavelica, Junín, Cuzco, Cajamarca y Lima. No obstante, según el mismo reporte, la cría de trucha en el Perú depende de la importación de huevos, que ha aumentado significativamente, teniendo como mayores importadores a Estados Unidos, Dinamarca, España y el Reino Unido (PRODUCE 2016).

La diversificación de la productividad ha dado lugar a una variedad de métodos en el campo de la tecnología de los productos del mar, combinando técnicas antiguas como la congelación y el enlatado con productos envasados al vacío, así como la transformación primaria como el eviscerado, la transformación secundaria como el fileteado, la salazón y el marinado con yogur, y además, la exposición del pescado al frío para su envasado para mejorar su conservación. También se comercializan productos pesqueros procesados. Dado que la preservación de los productos prolonga su conservación y facilita su transporte, la tecnología pesquera aún no ha llegado a un punto muerto, debido a que esta tecnología utiliza los medios tecnológicos y biológicos posibles a fin de prolongar la duración de los productos (Ancassi 2016).

El productor de recursos hidrobiológicos busca ofertar nuevos productos apetecibles al paladar y alargar su vida útil, en este sentido existe la necesidad de poner en marcha nuevas alternativas y presentaciones de estos productos como es filetes ahumados de trucha, en esta investigación se analizará los diferentes parámetros de este proceso, esperando que los resultados nos otorguen las mejores características sensoriales a los filetes ahumados de trucha (*Oncorhynchus mykiss*).

### **Formulación del Problema**

¿Cuáles son los parámetros en el proceso de elaboración de filetes ahumados de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), empacada al vacío?

### **Objetivo de la Investigación**

Determinar los parámetros del proceso de elaboración de filetes ahumados de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), empacada al vacío.

### **Objetivos específicos**

- Determinar el mejor tratamiento en función de la concentración adecuada de cloruro de sodio y al tiempo de salado.
- Determinar el tiempo y temperatura de ahumado para la elaboración de filetes ahumados.

- Determinar cuál es el mejor combustible para la elaboración de filetes ahumados.
- Realizar pruebas sensoriales a los filetes ahumados de trucha.

### **Hipótesis de la Investigación**

Los parámetros obtenidos otorgan las mejores características sensoriales, en el proceso de elaboración de los filetes ahumados de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) empacada al vacío.

### **VARIABLES DE INVESTIGACIÓN**

Variables independientes:

Concentraciones de sal, tiempo de salado, temperatura y tiempo de ahumado.

Variable dependiente:

Características organolépticas.



## CAPÍTULO II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Antecedentes de la investigación

García et al. (2008) La tecnología de envasado al vacío se da con el producto envasado, se calienta antes de introducirlo en el alimento y que, al salir el aire del envase, la bolsa o la película se ajusta a los contornos del producto y se encoge bajo la influencia del calor. La ausencia de oxígeno en el envasado al vacío inhibe el crecimiento de numerosos microorganismos (bacterias aeróbicas) y las reacciones oxidativas, evita la pérdida de humedad y ayuda a conservar los componentes más volátiles encargados del sabor del alimento. A partir de este punto de vista se reconoce que el aporte de la investigación radica en que el envasado al vacío es eficiente para extender la caducidad del producto y de reducir la probabilidad de que microorganismos crezcan.

En Ecuador, Cahueñas (2011) utilizó el procedimiento de salar, desecar, ahumar y finalmente envasar al vacío filetes de tilapia para determinar la conservación y el valor nutricional del alimento, y descubrió que la exposición continua a elevada temperatura desnaturaliza la proteína y provoca una pérdida de valor biológico, reduciéndolo en un 28%; 90 nuevos productos, señalando que la evaluación por parte de un panel de jueces determinó la satisfacción en términos de sabor, olor, color y textura. El aporte a esta investigación se debe a que propone que una pérdida del valor biológico del producto, lo cual influye en su percepción.

Llaro (2018) realizó un estudio organoléptico del contenido final de las piezas de lisa salado, deshidratado, ahumado y envasado al vacío. Los resultados mostraron productos con un sabor salado, un sabor ahumado característico muy agradable, un agradable aroma ahumado, un color dorado brillante, una textura firme y un aspecto suave con un brillo uniforme. La puntuación media obtenida en el cuadro básico corresponde a 14 de un total máximo de 15 puntos, lo que implica la excelente calidad del producto. Los tratamientos aplicados en la conservación a las materias primas fueron la salazón, la deshidratación, el ahumado y el embalaje al vacío. Los parámetros empleados para determinar salazón, deshidratación y ahumado se ensayaron con varios tratamientos y fueron evaluados sensorialmente por un panel semioficial para determinar los más favorables., obteniéndose como resultado: inmersión en salmuera durante 4 minutos, secada durante 2 horas y

ahumada durante 20 minutos. El proceso de producción de los copos de bonito seco salado, deshidratado, ahumado y envasado al vacío es el siguiente. Recibir la materia prima, limpiar, eviscerar, filetear, volver a limpiar, recortar, salar, escurrir, deshidratar, ahumar, enfriar, envasar y almacenar. La absorción de cloruro fue del 2,36% de NaCl en 8 minutos y la tasa de secado de 0,1951 kg de agua/m<sup>2</sup>. El producto final tenía 39,2% de humedad, 50,9% de proteínas, 2,8% de grasa y 7,1% de cenizas. Los estudios microbiológicos estuvieron por debajo de los niveles recomendados por la Resolución Directoral N°20-2016-SANIPES-DSNPA, confirmando las condiciones higiénicas en la producción de este producto. También se llevó a cabo una evaluación sensorial por parte de 40 panelistas y se confirmó que las características sensoriales eran aceptables. Sabor: 85%; Textura: 77,5%; Aroma: 90%; Color: 95%; Aspecto general: 80,0%. El producto tenía un rendimiento del 16,37% y muy buenas propiedades orgánicas, químicas y microbiológicas tras su almacenamiento a temperatura ambiente durante 30 días. La investigación es útil debido a que identifica la influencia del tiempo sobre el producto final, con lo que se considera importante este factor dentro de la investigación.

Vilca (2017) estableció los parámetros técnicos del procedimiento para el ahumado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*) a partir de tres experimentos, uno de los cuales determinó y evaluó el tratamiento óptimo de salazón. Sabor y textura; prueba de Friedman para las diferencias significativas en el tratamiento de salado y prueba de Tukey para el tratamiento óptimo, que resultó ser la inmersión en 10% de sal durante 20 minutos; en el segundo experimento, se utilizaron tres combustibles (cáscara de naranja, piña y eucalipto con cáscara de maíz) para la evaluación sensorial del aroma y el sabor ahumado de los filetes. Esta investigación aporta con sus resultados de inmersión en sal, brindando un valor óptimo que fue considerado para la preparación del producto final de la presente investigación.

Se utilizó una prueba de Friedman para ver si había una diferencia significativa entre los combustibles, seguida de una prueba de Tukey para ver cuál de los tres combustibles era el mejor, y el eucalipto con cáscara de maíz fue el mejor. En el tercer experimento, se utilizaron sensores para evaluar el sabor, el aroma y la textura de los filetes ahumados a los 60, 90 y 120 minutos, utilizando

80 y 90 °C como temperaturas de ahumado La prueba de Friedman y luego la prueba de Tukey para ver si había diferencias significativas entre los tratamientos, y encontraron que 60 minutos a 80 °C y Se comprobó que 120 minutos era lo óptimo. En esta comparación sólo se evaluó el sabor.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Generalidades de la Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)**

La trucha arco iris es un pez salmónido originario del río Sacramento, en California, en la costa oeste de Estados Unidos. Se caracteriza por un cuerpo azulado en forma de huso, plateado iridiscente en los costados, vientre crema en el lomo y los costados, asimismo, abundantes manchas negras y marrones. (Blanco 1999).

La trucha arcoíris tiene un cuerpo alargado, llegando a ser algo más profundo y comprimido en los peces más grandes (Moyle 2002, Nelson 2006). La boca es grande y terminal, y la mandíbula superior suele extenderse hasta o más allá del margen posterior del ojo. Los dientes se encuentran en las mandíbulas superior e inferior, el vómer, los palatinos y la lengua. Las truchas arco iris adultas suelen tener un color de fondo plateado, con manchas negras en el lomo, así como en las aletas dorsal, adiposa y caudal (cola), y una banda de color entre rosa y rojo a lo largo de los costados. El lomo suele ser de color azul oscuro a marrón, y la parte inferior de los costados y el vientre de color blanco plateado a amarillo claro.

Según Montgomery y Bernstein (2008) la tonalidad cambia según el hábitat, el tamaño y el sexo. Los residentes de los arroyos y los desovadores tienden a ser más oscuros, con colores más intensos, mientras que los residentes de los lagos tienden a ser más claros, brillantes y plateados. Los juveniles suelen presentar de 5 a 13 marcas oscuras y ovaladas a lo largo del costado y puntas claras en las aletas dorsal y anal. Las aletas (excepto la adiposa) están sostenidas por radios blandos segmentados y ramificados (sin verdaderas espinas); el recuento específico de radios de las aletas incluye: dorsal 10 a 12, caudal (cola) 19, anal 8 a 12, pélvica 9 a 10 y pectoral 11 a 17. Las escamas son pequeñas y fáciles de quitar, con 110 a 160 escamas porosas a lo largo de la línea lateral, de 18 a 35

filas de escamas por encima de la línea lateral y de 14 a 29 filas por debajo de ella. Hay de 9 a 13 radios branquiales.

Estos peces son de aguas frías y pueden resistir temperaturas cercanas al punto de congelación y a temperaturas menores de 25 °C, aunque su desarrollo óptimo de crecimiento y engorde ocurre a 15 °C. Las alteraciones repentinas de la temperatura no son deseables, debido a que afectan a la actividad metabólica. Las características taxonómicas se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris.*

Reino	Animal
Phylum	Chordata
Sub-phylum	Craneata
Súper Clase	Pisces
Clase	Osteichtyes
Sub – División	Teleósteo
Súper Orden	Protacanthopterygii
Orden	Salmoniformes
Familia	Samonidae
Género	<i>Oncorhynchus</i>
Especie	<i>Oncorhynchus mykiss</i> Walbaum 1892
Nombre común	Trucha arcoíris

Fuente: Smith y Stearley (1989).

### **2.2.2. Composición química y nutricional de la Trucha arcoíris**

Según Popelka *et al.* (2014) la composición química de filetes de Trucha arcoíris es aproximadamente la que se muestra en la Tabla 2, de igual manera, los autores indican que la composición aproximada de ácidos grasos contenidos en los filetes de Trucha arcoíris es la que se observa en la Tabla 3.

**Tabla 2**

*Composición química nutricional del filete fresco de trucha (Oncorhynchus mykiss) por cada 100 g.*

Parámetro	Valor
Agua (g)	73.03 ± 0.66
Proteína (g)	18.57 ± 0.52
Grasa (g)	2.81 ± 0.73
Cenizas (g)	1.15 ± 0.38
Potasio (g)	0.425
Fósforo (g)	0.240
Calcio (g)	0.091
Magnesio (g)	0.051
Sodio (g)	0.050
Hierro (mg)	2.840
Manganeso (mg)	1.560
Cinc (mg)	1.020
Cobre (mg)	0.040

Fuente: Popelka *et al.* (2014).

**Tabla 3**

*Principales ácidos grasos presentes en filete de Trucha arcoíris (O. mykiss)*

Ácido graso	Valor (%)
Mirístico	3.2
Palmítico	13.0
Palmitoleico	5.1
Esteárico	3.0
Oleico	21.4
Cis-vaccénico	3.0
Linoleico	16.9
Eicosenoico	4.8
Docosaheenoico	12.7
Eicosapentaenoico	4.5
Otros ácidos grasos	12.4

Fuente: Popelka *et al.* (2014).

### 2.2.3. Métodos de conservación de trucha en filete y ahumado

Huss (1999) identificó los primeros cambios sensoriales que se producen en los pescados en el proceso de almacenaje que se relacionan con la textura y la apariencia. Por ello, el sabor propio de la especie del pescado suele desarrollarse a los dos días de almacenaje en hielo.

El rigor mortis es el cambio más dramático en los peces. Al morir, los músculos se relajan inmediatamente por completo y una textura flexible y elástica suele durar varias horas. A continuación, los músculos se contraen y se vuelven rígidos y rígidas. Esta condición se denomina rigor mortis, ya que todo el cuerpo del pez queda inmóvil. Tras un día o más de este estado, el rigor mortis se resuelve y los músculos se relajan de nuevo, recuperando su flexibilidad, si no la elasticidad que tenían antes del rigor mortis. La relación entre el estado inicial y el estado después de la resolución del rigor varía entre las especies de peces y también está influida por la temperatura, la manipulación, el tamaño de los peces y las condiciones físicas.

Según Carrillo y Guzmán (2007), las técnicas de ahumado conservan el pescado de manera que el producto resulta más atractivo para los consumidores. Cabe destacar el ahumado en frío, que puede consumirse con o sin tratamiento térmico adicional, dependiendo del tipo y el tamaño del pescado, de la cantidad de sal y del tratamiento térmico aplicado (Baltic *et al.* 2009). Un mejor ahumado puede dar lugar a un producto de mayor calidad si se consigue ajustar el ritmo y la temperatura de combustión.

Belichovska *et al.* (2019) indican que el humo es una fuente de calor y de los componentes básicos responsables de los efectos del ahumado en el pescado. La composición y las propiedades de los humos dependen de la variedad de la madera, de la composición química, de las propiedades físicas y de las condiciones de combustión. Para la producción de humo de calidad se utiliza madera de árboles caducifolios, principalmente haya, roble, abedul (sin corteza), lino, arce o álamo. Estas maderas arbóreas arden suavemente y producen un humo aromático. No se recomiendan las coníferas, ya que su madera contiene cantidades importantes de resinas que dan un sabor desagradable, amargo y un color oscuro al pescado. Para la combustión se suele utilizar madera, virutas o serrín.

Un estudio realizado en Perú por Carruthers (1976) descubrió que las mejores maderas peruanas para ahumar el pescado eran el diablo fuerte, el urcumano y el tornillo. También observó que una combinación de madera de árboles aromáticos como el eucalipto y hojas de maíz trituradas producía un buen producto, mientras que Castro (2013) encontró que la paja de maíz, debido a su contenido de compuestos fenólicos, tenía un efecto antimicrobiano más fuerte que la madera como el roble y el algarrobo lo descubrió.

El proceso de producción de pescado ahumado (método de salado, cantidad de sal, método de ahumado) debe garantizar la producción de pescado ahumado que satisfaga las demandas de los clientes y aporte beneficios económicos al productor (Gallart-Jornet *et al.* 2007). Independientemente del método de ahumado que se utilice, el producto de pescado debe ser seguro para el consumo. La determinación de la vida útil debe ir acompañada de una evaluación sensorial, análisis químicos y bacteriológicos.

La utilización del ahumado, la composición de la salmuera y la proporción de tripolifosfato de sodio influyen en el producto final y en su calidad. Las técnicas tradicionales de ahumado y el ahumado líquido son parámetros que tienen un impacto significativo en el sabor y la textura y en la aceptabilidad del producto. La concentración de sal en la salmuera tiene un efecto bacteriostático que afecta a la pérdida de masa, ya que impide el desarrollo de microorganismos que pueden afectar a la vida útil del producto. Del mismo modo, la proporción de tripolifosfato de sodio afecta al rendimiento del producto final al aumentar la masa y el volumen de los langostinos., cuyas características principales son mantener la delgadez de los langostinos y hacer el producto más apetecible para el consumidor, (Cabrera y Pilacuán 2012).

A nivel mundial se identifican diferentes tipos de ahumados, los cuales según Belichovska *et al.* (2019) son los siguientes:

### **Ahumado en caliente**

Muchas especies de pescado disponibles en el mercado son adecuadas para la producción de pescado ahumado en caliente. Técnicamente, el ahumado en caliente implica el siguiente procedimiento, se utiliza para Recepción de

materias primas, descongelación, corte, limpieza, salado, aclarado, ahumado, envasado y almacenamiento. El proceso por el que el pescado se expone al calor y al humo, con una temperatura de 65-120°C y un tiempo de tratamiento de 6-8 horas.

### **Ahumado en frío**

El frío otorga un sabor y un aroma característicos al pescado ahumado, este suele consumirse como está sin agregar ningún adicional o complemento. Se prepara con pescado fresco, congelado o salado. El pescado congelado se descongela en el aire, en el agua o rociándolo con agua mediante un equipo especial. Dependiendo de la especie y el tamaño del pescado, se producen diversos cortes, pero los peces pequeños se dejan en pie. Algunos peces grandes sólo se evisceran, mientras que otros se evisceran, se descabezan y se cortan, en función de la finalidad del producto final. La temperatura a la que se expone el material en el ahumador es de 27-30°C y el tiempo de procesamiento es de 18-24 horas, pero puede durar varios días.

### **Ahumado tibio**

La tecnología de producción de pescado ahumado tibio difiere de la de producción de pescado ahumado frío y caliente. Las principales diferencias son la temperatura, la duración del proceso y la salinidad del pescado. La aplicación de la tecnología de ahumado en caliente al pescado es limitada y se utiliza principalmente para peces pequeños con un contenido de sal del 5-8%. El ahumado se realiza en dos etapas: en primer lugar, el ahumado se realiza a 18-20°C durante 1,5-2 h para completar el proceso de secado ligero y, en segundo lugar, se añade humo denso, se aumenta la temperatura a 80°C y se ahúma el pescado durante 6-8 h. El pescado ahumado tibio puede almacenarse hasta 7 días

Los efectos del humo sobre los alimentos son varios y Fellows (2017) menciona los siguientes:

1. Deshidratación/disminución del contenido de agua en el producto.
2. Acción antioxidante de algunos productos químicos constituyentes del humo (por ejemplo, galato de butilo e hidroxianisol butilado (BHA)).
3. Destrucción de microorganismos y enzimas por el calor.



4. Acción antimicrobiana de algunos productos químicos constituyentes del humo (por ejemplo, compuestos fenólicos, ácidos orgánicos).
5. Acción antimicrobiana de los pretratamientos con sal, cuando se utilizan.
6. Los compuestos fenólicos y aldehídos sirven de aromatizantes y saborizantes, por lo que les confieren a los alimentos sabor y aroma agradable.

### **Parámetros para la elaboración**

Para la elaboración de productos ahumados se deben tomar en cuenta dos parámetros básicos:

#### **La materia prima**

Siempre será preferible utilizar materia prima fresca para el ahumado, por ser la más adecuada, aunque no se descarta el uso de pescado congelado o salado. La materia prima da un producto ahumado de mejor calidad cuando su recuento microbiano inicial es bajo. Si hay algún retraso en el procesamiento, el alimento debe mantenerse a una temperatura adecuadamente baja hasta que comience el proceso (Ogbadu 2014).

Chimpén (2016) Ha señalado que la calidad de los alimentos ahumados dependerá de la naturaleza fresca de las materias primas y de la correcta ejecución de las técnicas de transformación y conservación desde la recolección hasta la entrega para el inicio de la transformación, lo que en algunos países repercute negativamente en la eficacia y aceptabilidad de los productos ahumados (Fernández *et al.* 1995).

#### **Materiales para la combustión y ahumado**

El aroma, sabor y atractivo tono dorado es proporcionado por el combustible empleado para la fuente de calor y humo (Fernández *et al.* 1995) Según Vargas y Choque (2010), la leña utilizada tiene que ser en forma de aserrín, astillas o madera, según el tipo de ahumador que se use. Es preferible utilizar maderas duras que hayan sido fresadas. Para obtener un producto de alta calidad, la madera debe tener un olor agradable.

#### 2.2.4. Evaluación sensorial

La valoración organoléptica de los productos alimentarios es una de las herramientas principales para el más óptimo rendimiento de las funciones de la industria alimentaria (FAO 2012). La evaluación sensorial es una disciplina de mediciones fuertemente aliada con la precisión, la exactitud y la sensibilidad para evitar resultados erróneos. La evaluación sensorial se compone de técnicas en las que intervienen la psicología, la estadística, la ciencia de los alimentos, la física, la ingeniería, la ergonomía, la sociología, las matemáticas, las humanidades y otras ciencias biológicas. La evaluación sensorial se clasifica en pruebas objetivas y subjetivas. En el primer método, la respuesta hedónica de un producto la determinan evaluadores cualificados, mientras que, en el segundo, los consumidores participan en el proceso de evaluación (Sharif *et al.* 2017).

La "evaluación sensorial" es una técnica que emplea los sentidos humanos para evaluar las propiedades de las sustancias orgánicas. Esta evaluación permite conocer la clasificación de las materias primas y los productos, la opinión de los consumidores, su aprobación, su desaprobación y su gusto, lo que puede utilizarse en la formulación y el desarrollo de los productos. La importancia de esta disciplina en el ciclo de vida de un producto se pone de manifiesto por sus diversas aplicaciones y por el hecho de que la evaluación de las características sensoriales mediante pruebas sensoriales es esencial para el análisis de los productos alimentarios, no sólo ahora sino también en el futuro (Espinoza 2007).

Varios autores mencionan las evaluaciones orientadas al usuario, como las pruebas de preferencia, las pruebas de aceptabilidad y las pruebas hedónicas. Estos tardan menos tiempo en evaluarse, tienen procedimientos más interesantes y pueden ser utilizados por evaluadores sin formación (García *et al.* 2008, Gutiérrez 2012, Maza y Rivas 2014, Muñoz 2014, Pacori y Agilar 2015).

El análisis sensorial es la disciplina científica que se ocupa de conseguir, determinar, evaluar e identificar las respuestas a los productos alimenticios y otras propiedades físicas que se perciben mediante la vista, el olfato, el gusto, el tacto y el oído (Lawless y Heymann 2010). Según Ramírez (2012), esta área incluye una serie de tecnologías para medir con precisión cada respuesta humana a los

productos y brindando datos útiles para el perfeccionamiento del producto, el control en su procesamiento y el monitoreo durante su almacenaje.

Según Ramírez (2012) La prueba de análisis sensorial puede informar sobre las necesidades de los consumidores en cuanto a la calidad de los productos. Para ello, se obtiene información sobre las preferencias, los gustos y las condiciones de aceptación a través de un método analítico denominado prueba de orientación del consumidor. Sólo deben realizarse con consumidores y evaluadores formados (Watts *et al.* 1989; Arrabal y Ciappini 2000, citado en Ramírez 2000).

### ➤ **Tipos de evaluación sensorial en alimentos**

- Las pruebas de preferencia pretenden averiguar cuál de dos o más muestras es la preferida por un determinado número de personas, mientras que las pruebas de preferencia miden los factores psicológicos y los que influyen en el gusto.

- Las pruebas de aceptación se realizan para determinar la reacción de los consumidores a un producto alimentario. Se dice que es de naturaleza emocional o subjetiva, es una medida de la aceptabilidad de un producto considerándose una prueba de juicio individual.

- Las pruebas hedónicas se emplean con el fin de medir el nivel de agrado o desagrado de un alimento/producto o para medir la satisfacción del mismo. Estas pruebas utilizan una escala categorizada que debe sentirse extraña en la categoría "me gusta o no me gusta" o en el punto medio, con hedonismo verbal y facial. Por otro lado, puede haber consumidores semiprofesionales o novatos, comúnmente denominados panelistas de laboratorio. No existe un consenso general, pero cuando se utilizan calificadores, las pruebas suelen realizarse con un grupo formado por 10 hasta 20-25 panelistas (Ibañez y Barcina 2001).

También, algunos usuarios, comúnmente denominados consumidores, no responden a normas específicas y no están capacitados para ello. Es decir, se trata de personas que no tienen relación directa con las pruebas organolépticas, no intervienen en la producción de productos alimentarios o trabajan como investigadores de empresas de procesamiento de alimentos, y no realizan

regularmente evaluaciones sensoriales. Suelen ser personas seleccionadas al azar de la calle, empresas, colegios, etc. No se ha llegado a un consenso sobre el número mínimo de personas (30-40 por muestra) que deben participar en este tipo de paneles. Sin embargo, se recomienda trabajar con un máximo de 100 personas para obtener resultados estadísticamente válidos (Ibañez y Barcina 2001).

Para esta evaluación sensorial existen dos tipos de panelistas: panelista analítico y panelista afectivo (Manfugas 2007).

El analista es una persona que presenta una especial sensibilidad sensorial a uno o más de los grupos de productos candidatos. Sin embargo, deben analizarse en función de la edad, el sexo, el estado de salud, la personalidad, la compatibilidad con el producto que se va a probar, la disponibilidad, etc.

No es necesario seleccionar o formar a los sujetos, sino que se trata de consumidores elegidos al azar que representan la población a la que se supone que se dirige el producto evaluado. Las pruebas de consumo pueden realizarse en supermercados, escuelas o lugares de trabajo. El criterio del momento más adecuado para una inspección debe tenerse siempre en cuenta a la hora de hacer una solicitud.

Recomendaciones básicas para los panelistas:

1. No realizar las evaluaciones dentro de la hora anterior o posterior a la comida
2. No fume, ni mastique chicle, ni ingiera alimentos al menos 30 minutos antes de la prueba.
3. No participe en la prueba si tiene una enfermedad.
4. Todos los participantes en la evaluación deben evitar usar perfume, loción o lápiz de labios.
5. Se recomienda lavarse las manos con un jabón suave y resistente al olor antes de la prueba.
6. Se recomienda enjuagar la boca con agua destilada antes de iniciar la cata.
7. Dejar a los jueces un tiempo determinado y hacer pausas entre las catas de cada muestra para evitar la fatiga y la adaptación.

- **Pruebas degustativas**

La prueba del gusto es algo natural para el ser humano, ya que en cuanto prueba un producto empieza a decidir si le gusta o no y describe sus propias características, como el sabor, el olor y la textura. Es una herramienta básica que se utiliza cada vez más en la industria alimentaria y, si no se utiliza correctamente, puede ser la que más distorsione los resultados. Según Wittig (2001), la evaluación sensorial utiliza técnicas basadas en la fisiología y la psicología de la percepción. Las pruebas sensoriales implican una variedad de pruebas, dependiendo del propósito para el que se realicen.

Existen tres tipos de pruebas: afectivas, discriminativas y descriptivas, cuyo objetivo es formar un panel de análisis sensorial. Hay que tener en cuenta que para determinar la evaluación de los alimentos, sustancias y preparados degustados se pueden utilizar varias pruebas, entre ellas las afectivas, las de identificación y las de descripción.

- **Las pruebas afectivas**

Es una evaluación en la que el evaluador tiene una respuesta subjetiva a un producto, indicando si preferiría o no otro producto. Suele realizarse con paneles inexpertos o sólo con consumidores. Las pruebas efectivas incluyen pruebas de satisfacción y de aceptación.

- **Las pruebas discriminativas.**

Las pruebas que no requieren el conocimiento de los aspectos sensoriales subjetivos de los alimentos se ocupan de determinar si hay diferencias entre las muestras y, en ciertos casos, la magnitud y la relevancia de estas diferencias. Para los estudios discriminantes se suelen utilizar pruebas simples de un par, triangulares, de dos y tres pares, de comparaciones múltiples y de rango.

- **Las pruebas descriptivas.**

Es una prueba en la que el evaluador establece indicadores que determinan las propiedades organolépticas de un producto y cuantifica las diferentes características de los productos. Implica determinar el color, el sabor y los atributos

individuales del producto. Mediante estos ensayos, se establece el orden de identificación para cada cualidad, el grado de importancia de cada atributo, la persistencia del olor, el grado de sabor o aroma y la impresión general.

- **Escala hedónica**

La disciplina de las reacciones hedónicas se desarrolló velozmente en el siglo XX con el desarrollo de la industria alimentaria. Abarca las diversas técnicas necesarias para medir con precisión las reacciones de las personas a los productos alimenticios y, en última instancia, persuadir a los consumidores. La evaluación sensorial es una metodología científica que se utiliza con el fin de obtener, medir, analizar e interpretar las percepciones de los productos a través de la vista, el oído, el tacto, el olfato y el gusto (Stone y Sidel 2004).

La evaluación sensorial, que surgió en la década de 1940, se ha consolidado como un campo que evoluciona dinámicamente y ahora se reconoce como una disciplina científica por derecho propio. Los profesionales de la evaluación sensorial se enfrentan a menudo a problemas que requieren una competencia integrada en diferentes disciplinas, como las ciencias de la vida, la psicología y la estadística, y a menudo necesitan colaborar con otros expertos en estos campos. Además, tratar a los humanos como una "herramienta de medición" es un reto debido a la alta variabilidad (Sharif *et al.* 2017). La evaluación sensorial se ha convertido en una parte integral del desarrollo de los alimentos y las normas para la producción, las pruebas, el análisis y la interpretación de los resultados sensoriales están progresando. Por otra parte, la innovación tecnológica y los adelantos de la electrónica han facilitado más el proceso de análisis.

La evaluación sensorial desempeña múltiples funciones a la hora de predecir la aceptación de los análogos de la carne por parte de los consumidores, ya que en ella no sólo influyen las características sensoriales del producto, sino también factores relacionados con las personas. Éstos dependen de los aspectos éticos, los valores políticos y el bienestar ecológico implicados en la producción y pueden actuar como impulsores o como barreras para la aceptación de los análogos de la carne (Fiorentini *et al.* 2020).

Los métodos de evaluación sensorial pueden reunir datos sobre las percepciones de los consumidores más allá de la percepción oral de los alimentos. Es importante identificar qué características del producto son las que impulsan su agrado, teniendo también en cuenta las diferencias entre los factores relacionados con las personas. Estos datos pueden integrarse con los resultados de las evaluaciones sensoriales y las mediciones instrumentales para proporcionar una descripción más precisa de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales (Piqueras-Fiszman y Spence 2015).

- **El papel de la evaluación sensorial**

El papel de la evaluación sensorial ha cambiado mucho en los últimos años. Trabaja con los departamentos de I+D y marketing para ayudar a desarrollar estrategias rentables. En las primeras fases del desarrollo del producto, las pruebas sensoriales ayudan a determinar las características sensoriales más importantes para su aceptación. También puede ayudar a identificar a los consumidores objetivo y a los competidores del producto, así como a evaluar nuevas ideas (Nguyen *et al.* 2014).

Las características sensoriales se determinan mediante una combinación de pruebas sensoriales y datos de pruebas instrumentales que analizan las propiedades químicas y físicas. La evaluación sensorial permite ampliar las muestras piloto y determinar el impacto en la producción a gran escala. La evaluación sensorial garantiza que no lleguen al mercado productos de calidad inferior. La vida útil de un producto alimentario suele estimarse mediante la evaluación sensorial, ya que las características sensoriales disminuyen antes que la calidad microbiológica. Las evaluaciones de los clientes se utilizan ampliamente en la investigación. Se exploran nuevas técnicas para desarrollar productos y comprender el comportamiento de los consumidores (Singh-Ackbarali y Maharaj 2014).

- **Pruebas sensoriales exitosas**

Según Sharif *et al.* (2017), el análisis sensorial utiliza los cinco sentidos (vista, olfato, gusto, tacto y oído) para comprobar diversas características de calidad de un producto, incluyendo el aspecto, el gusto, el sabor, el aroma, la

textura y el sonido. Estas características alimentarias pueden describirse brevemente como sigue:

**Aroma:** Compuestos volátiles, percibidos por los receptores del olor en el tejido olfativo de la cavidad nasal. La masticación libera compuestos aromáticos. El sentido del olfato aprecia los aromas de los alimentos, que son importantes para la apreciación del gusto. Los aromas agradables hacen que los alimentos sean sabrosos. Una sustancia debe estar en estado gaseoso para desencadenar sensaciones de olor. Los aromas también son valiosos para detectar alimentos frescos, alimentos podridos y venenos intermitentes.

**Aspecto:** son características que se perciben en primer lugar por los órganos sensoriales humanos y que desempeñan un rol fundamental en la determinación y elección definitiva de los productos alimentarios. Se trata de una impresión visual que consiste en el color, la forma, el tamaño, el brillo, la opacidad y la transparencia de un alimento. Se ha demostrado que la aparición de alimentos influye en la estimulación e inhibición del apetito, lo que provoca sensaciones agradables y malestar general. El aspecto de la comida y la bebida influye en el apetito y la receptividad antes de que entre en la boca. Esto se debe a que comemos con los ojos, no con el olfato o el gusto.

**Sabor:** es un mecanismo sensorial que se emplea en la descripción de las percepciones del olfato, el gusto y la impresión en la boca. El sabor es un compuesto aromático que consiste en una combinación de sabor y olor, que se percibe por la boca y la nariz. Los sabores aumentan el placer de comer, como el olor del arroz recién cocido o de los productos horneados. El gusto nos ayuda a identificar, aceptar y apreciar los alimentos. Se detecta mediante las papilas gustativas de la lengua. Hay cuatro tipos de sabor: dulce, salado, ácido y amargo. La acidez se confunde a menudo con la amargura. El zumo de limón tiene un sabor agrio, mientras que el café tiene un sabor amargo. En el caso de la sensación bucal, los nervios presentes en el interior de la boca se entusiasman con las respuestas químicas o térmicas, por ejemplo, la frialdad del helado o la impresión ardiente del picante.

**Sonido:** la audición sonora delibera sobre los sonidos que producen los alimentos durante su preparación e ingesta, por ejemplo, el crujido de los alimentos



fritos, la efervescencia de las bebidas o el crujido de las galletas duras. Así pues, el análisis sensorial utiliza los cinco sentidos para medir, analizar e interpretar las propiedades orgánicas y sensoriales de los alimentos.

**Textura:** La textura se percibe a través de una mezcla de diferentes sensaciones, como el tacto, la sensación en la boca, la vista y el oído. Es una de las características más importantes de los alimentos. Si un cliente muerde una galleta empapada o come un helado con textura granulada, no volverá. La textura es un factor indispensable para la aceptabilidad de muchos alimentos, como la ternura de la carne o la suavidad del pan. Además, comprende la consistencia, el grosor, la fragilidad, la masticabilidad, el tamaño y las formas de las partículas de los comestibles. Los analizadores de textura ayudan a asegurar la calidad de la textura deseada.

- **Análisis Estadístico**

Los resultados se evalúan estadísticamente formulando una "hipótesis nula" y una "hipótesis alternativa". Esto implica la hipótesis de que no hay diferencias entre las muestras, es decir, que no se observan diferencias.

Los nuevos alimentos no tienen que contener necesariamente cantidades suficientes de ingredientes estrechamente relacionados. La palatabilidad y la capacidad de consumo son también factores relevantes en la calidad nutritiva. Cuando un producto/alimento es inaceptable desde el punto de vista sensorial, no hay más remedio que consumirlo. Por esta razón, es fundamental emplear herramientas estadísticas tales como el método ANOVA para identificar las áreas de buena aceptación de los nuevos alimentos. La evaluación organoléptica adecuada de los distintos productos/alimentos resulta vital para los animales y las personas.

La importancia de un panel de evaluación bien diseñado conlleva ciertos requisitos. Para la evaluación sensorial por parte de jueces no entrenados, aleatorios y emocionales, es conveniente formar paneles de cata con las siguientes características El número de evaluadores debe ser de al menos 10 para garantizar que el resultado de la evaluación sea significativo (los calificadores tienen que ser consumidores frecuentes del producto analizado y ser seleccionados

aleatoriamente). Cuando se considera la calidad desde la perspectiva del consumidor, el análisis sensorial es una herramienta muy eficaz para identificar los atributos de valor que son importantes para los consumidores y que son difíciles de evaluar por otros métodos. El análisis sensorial se ha utilizado desde tiempos inmemoriales para ayudar a las personas a elegir los alimentos para una dieta estable y cómoda (Picallo et al. 2002).

En estadística, el análisis de la varianza (ANOVA) es un procedimiento asociado a un conjunto de modelos estadísticos que divide la variación observada en una determinada variable en componentes debidos a diferentes fuentes de variación.

Se dice que dos muestras son dependientes o emparejadas si los individuos o sujetos que la integran son los mismos y, al mismo tiempo, la información obtenida procede de la observación de la muestra en diferentes etapas del análisis, es decir, al principio y al final de la intervención (prevención, tratamiento, educación, persuasión, información, etc.). Se dice que los datos son dependientes o emparejados.

Las variables del estudio son cuantitativas (continuas o discretas), cualitativas ordinales y cualitativas no ordinales (dicotómicas o multimodales). Si el tamaño de la muestra es pequeño ( $n < 30$ ), debe realizarse una prueba de bondad de ajuste para una distribución normal.

Las respuestas a estas dos preguntas determinan las coordenadas de la prueba de contraste estadístico que hay que realizar. La base de una prueba de comparación de medias por pares es analizar la diferencia entre las observaciones de una misma persona: suponiendo que la variable que define la diferencia entre dos observaciones se distribuye normalmente y que se quiere probar la hipótesis nula (ninguna diferencia entre dos observaciones), una prueba t de Student paramétrica sobre datos emparejados es la más adecuada. La prueba adecuada sería la prueba t paramétrica de Student para datos emparejados. Por otro lado, si los datos no se distribuyen normalmente, se aplicará la prueba t de Wilcoxon no paramétrica (Romero Saldaña 2016).

Estas pruebas de hipótesis son análisis de significación estadística que cuantifica hasta qué punto la variabilidad del muestreo puede explicar los resultados de un estudio concreto. El proceso de aceptar o rechazar una hipótesis implica un riesgo, cuantificado por un valor "p", que indica la probabilidad de que una hipótesis alternativa sea aceptada como verdadera cuando la hipótesis nula puede ser verdadera. El valor "p" indica si la asociación es estadísticamente significativa, un término ampliamente utilizado en la literatura científica y " reconocida como una etiqueta que implica "garantía de calidad". Este valor se elige arbitrariamente y se fija en 0,05 o 0,01; el 95% de certeza significa  $p < 0,05$  y el 99% de certeza significa  $p < 0,01$  (Visauta, 2007).

En la tabla 4 resumimos el tipo de pruebas que deben realizarse según el contraste planteado (Ferrán 2002):

**Tabla 4**

*Resumen de pruebas paramétricas*

<b>Tipo de contraste</b>	<b>Pruebas</b>
Una muestra	Prueba t
Dos muestras independientes	Prueba t para datos independientes
Dos muestras relacionadas	Prueba t para datos relacionados
Más de dos muestras independientes	ANOVA

La utilización de la prueba de normalidad en los datos tiene por objeto asegurar la solidez del análisis estadístico, sobre todo si las instituciones dedican esfuerzos y medios a la obtención de conclusiones correctas, por lo que es deseable. En este sentido, cuando se aplican determinadas herramientas estadísticas para analizar variables continuas o cuantitativas, es importante asegurarse de que la información obtenida en el proceso preserva la distribución normal de los datos. Por ejemplo, todas las pruebas paramétricas deben satisfacer este supuesto, ya que la aplicación de las pruebas no paramétricas requiere a su vez que los valores observados no procedan de una distribución normal (Correa et al. 2006).

- **Prueba Shapiro-Wilk**

Según Novales (2010), Esta prueba sirve para comprobar la normalidad si el tamaño de la muestra es inferior a 50 registros siendo equivalente a la prueba de Kolmogorov-Smirnov para muestras grandes. El procedimiento permite ordenar las muestras de menor a mayor valor para obtener un nuevo vector de muestras. Si el tamaño de la muestra es menor de 50, se puede emplear el análisis de normalidad de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad y calcular la media y la varianza de la muestra; si el estadístico de Shapiro-Wilk es menor que el valor crítico indicado en la tabla realizada por el autor para un tamaño de muestra y un nivel de significación determinados.

La prueba de Shapiro-Wilk se introdujo como prueba de normalidad porque se supone que el gráfico de probabilidad normal utilizado para examinar el ajuste de un conjunto de datos de muestra a una distribución normal es similar a la regresión lineal la línea diagonal del gráfico es la línea de ajuste perfecto con la diferencia de que esta línea es similar a los residuos de la regresión. Esto se debe a la diferencia de que esta línea es similar a los residuos de la regresión. El grado de esta desviación puede analizarse (análisis de la varianza) para examinar la bondad del ajuste. Esta prueba puede aplicarse a muestras grandes, como sugirió Royston, que también desarrolló un algoritmo para su ampliación, que se ha aplicado en varios programas estadísticos especiales (Carmona y Carrión 2015).

- **Prueba de Friedman**

Es una extensión de la prueba de Wilcoxon y el análogo no paramétrico de mediciones repetidas de un coeficiente. Friedman realiza una prueba la hipótesis nula de que  $k$  variables relacionadas provienen del mismo conjunto. Para cada caso, se asignan  $k$  variables de 1 a  $k$ , y el estadístico de prueba para el contraste se basan en estos rangos (IBM, 2021).

- **El ahumado y las propiedades organolépticas**

La conservación en el sentido de que también se mantienen las propiedades orgánicas de los componentes de la grasa, como se puede comprobar comparando

las salchichas secadas al aire y ahumadas, comprobando el efecto antioxidante del ahumado (Orna 2008).

Los efectos de la conservación no suelen ser bien apreciados y, a menudo, sólo los técnicos saben evaluar correctamente la importancia técnica, el efecto antioxidante y la reacción de los componentes del humo. Por otra parte, los consumidores prefieren los productos ahumados de color marrón, numerosos alimentos/productos tienen una apariencia llamativa al ser ahumados, las personas asocian el color oscuro o negro del humo como una característica de un producto ahumado (Orna 2008). Por otro lado, en el caso de los filetes de salmón, los distintos filetes tienen diferente firmeza Sigurgisladottir et al. (1997) descubrieron que los filetes eran más compactos cerca de la cabeza que de la cola del pescado. Además, la composición química y la estructura física del filete varían con la longitud del mismo, lo que puede afectar a sus características de textura.

**La técnica del vacío.** Windsor y Barlow (1984) mencionan el vacío como una tecnología de preservación de alimentos/productos, se clasifica en:

**Conservación en crudo.** El producto limpio se envasa fresco y se almacena en el congelador. A continuación, se empaquetan y etiquetan.

**Cocción tradicional y envasado al vacío.** Se prepara según los métodos tradicionales, se utilizan dos métodos de almacenamiento después de la cocción: el enfriamiento rápido y el envasado. Se consigue un enfriamiento rápido de 10 °C en el centro y de 2 °C en la periferia. Tras el enfriamiento, el producto es empaquetado y etiquetado.

**Envasar en caliente y luego enfriar.** Una vez cocido, el producto se envasa en caliente. A continuación, se envasan y se enfrían a 10 °C lo más rápidamente posible en el centro del producto. Ambos métodos tienen la ventaja de que se pueden utilizar sistemas de almacenamiento modernos y prácticos al tiempo que se conservan los métodos de cocina tradicionales.

**Cocción al vacío propiamente dicha.** Proceso que emplea la cocción para cocinar el producto después de haberlo envasado al vacío. En el caso de la carne, es mejor marcarla previamente en la parrilla para darle un color dorado. Como en el caso anterior, el producto debe enfriarse rápidamente después de la cocción.

## 2.3 Definición de términos básicos

Según la norma de la FAO (2018) para el pescado ahumado, el pescado con sabor a ahumado y el pescado seco ahumado, se pueden enumerar los siguientes términos básicos:

**Ahumado:** Es un método de preparación del pescado mediante la exposición del pescado al humo de la quema de madera o plantas. El proceso se caracteriza típicamente por la salazón, el secado, el calentamiento y el ahumado de manera integrada en el ahumadero (FAO, 2018).

**Almacenamiento:** Es el proceso de refrigeración o congelación de los productos ahumados para garantizar su calidad e inocuidad (FAO, 2018).

**Envasado:** Es el proceso de colocar el pescado ahumado en un recipiente en condiciones aeróbicas a presión reducida (incluso al vacío o en una atmósfera modificada) (FAO, 2018).

**Evaluación sensorial:** Es un conjunto de técnicas para medir y evaluar ciertas características de los alimentos utilizando uno o más de los sentidos humanos (Manfugás, 2020).

**Olor:** Es una sensación provocada por el sistema sensorial olfativo al recibir un estímulo (Sánchez-Márquez, 2019).

**Parámetros de proceso:** Son atributos definidos en un proceso con valores asociados a puntos individuales a lo largo de un camino (Lozano y Yagual, 2022).

**Sabor:** Es la impresión que causa un alimento u otra sustancia, y está determinado principalmente por sensaciones químicas detectadas por el gusto, así como por el olfato (Vera y Mantilla, 2020).

**Salado:** Es el proceso de tratamiento del pescado con sal de calidad alimentaria para reducir la actividad del agua y potenciar el sabor de la carne de pescado mediante cualquier técnica de salazón adecuada (por ejemplo, salazón en seco, salazón, salazón por infusión).

**Secado:** Es el proceso de reducir el contenido de agua del pescado a un estado higiénicamente controlado.

**Temperatura:** Un parámetro físico que mide la energía térmica suministrada al cuerpo (Goyes, 2022).

**Textura:** La apariencia o rugosidad que muestra la superficie de un material (García y Zegarra, 2020).

**Tiempo:** Es el tiempo que se tarda en completar una acción de trabajo (Samaniego, 2018).

## **CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Ubicación geográfica del trabajo de investigación**

La presente investigación se desarrolló en las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca, específicamente en el Laboratorio de Tecnología de Carnes de la E.A.P. de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Facultad de Ciencias Agrarias.

### **3.2. Materiales**

#### **Materia prima**

La materia prima utilizada fue el músculo del recurso hidrobiológico trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), proveniente del Centro de Producción “Parque de las Truchas KULKY” del Centro Poblado Polloc – Encañada de la región Cajamarca. Todas las truchas se colocaron en una nevera de polietileno y se cubrieron con hielo en una proporción de 1:2. Esto mantuvo la trucha fresca a - 4°C. Luego fueron trasladados inmediatamente a las instalaciones de la Universidad Nacional de Cajamarca.

La materia prima será evaluada y seleccionada mediante características sensoriales como la:

- Apariencia
- Ojos
- Branquias
- Músculo
- Vísceras

Esta evaluación se realiza para garantizar que la materia prima sea fresca y por tanto sea un material apto para el proceso de ahumado y posterior consumo.

#### **Insumos**

Adicionalmente se utilizaron los siguientes productos: sal, pimienta, glutamato monosódico, azúcar, ácido cítrico y sorbato de potasio, los cuales fueron



adquiridos en el Mercado de Baños del Inca. Las proporciones de cada uno de los insumos adicionales a la sal se muestran en la Tabla 5.

**Tabla 5**

*Formulación de insumos complementarios para el tratamiento de salado.*

Porcentaje	Elemento
97,5%	Materia Prima (Trucha)
0,2%	Sorbato de potasio – Fratello SKU: 10293302 x 10 g
0,1%	Ácido Cítrico - Fratello SKU: 10291502 x 10 g
0,1%	Pimienta – Frescabasta x 5 gr
0,1%	Glutamato Monosódico – Nakamito x 100 g
2,0%	Azúcar – Metro 2 kg
100%	Total

Como combustibles para el ahumado se utilizaron romero, coronta de maíz y virutas de eucalipto.

### **Equipos**

- Ahumador artesanal – Sin marca / artesanal.
- Balanza analítica – Gramera 5kg x 01 Selcom.
- Selladora al vacío – Vacuum sealer xl-2101.
- Termómetro digital – JERS TP101.

### **Materiales**

- Bolsas coextruidas PE/PA.
- Bandejas.
- Tableros.
- Cuchillos.
- Coladores.

- Tinas.
- Bolsas plásticas.

### **3.3. Metodología**

La metodología a la que se refiere este estudio se basa en el proceso propuesto y elaborado por IMARPE/ITP (1998) con algunos cambios. A continuación, se describen las operaciones del procesamiento:

- **Recepción de Materia Prima**

Las materias primas frescas se transportaron en neveras de polietileno limpias y desinfectadas con hielo. Esto garantiza que la trucha se mantenga fresca incluso a -4°C. Los análisis orgánicos se realizan en el laboratorio. El análisis de los alimentos ecológicos se llevó a cabo en el laboratorio de acuerdo con el Anexo 1.

- **Lavado**

La materia prima se lavó de forma manual por sumersión para remover las partículas existentes en el músculo de la trucha. La materia prima se lavó con agua y cloro a una concentración de 1 ppm de cloro y a una temperatura de 5°C hasta que el agua fuera clara.

- **Eviscerado y Fileteado**

Esta operación consistía en el fileteado de truchas para su transformación utilizando una plancha de fileteado. En este procedimiento se extirpan la cabeza, los órganos y el esqueleto. El proceso inicia en el lavado, el fileteado y el enjuague del pescado en agua fría a menos de 5°C.

- **Desangrado**

En esta fase, los filetes de trucha se colocaron en una solución de salmuera al 3% durante 15 minutos para eliminar cualquier resto de sangre en los músculos de la trucha y conseguir un filete más limpio con textura y firmeza consistentes. La relación entre el agua salada y los peces era de 2:1.

- **Tratamiento de salado**

Este tratamiento pretende conservar el sabor y la textura de los filetes. Por ello, se realizaron tres ensayos de salazón diferentes (9% de concentración de sal durante 25 min, 10% de concentración de sal durante 20 min y 12% de concentración de sal durante 15 min), todos ellos con una proporción salmuera/pescado de 2:1 y los siguientes aditivos. Sorbato de potasio, ácido cítrico, pimienta, glutamato monosódico y azúcar en las proporciones indicadas en la Tabla 4.

- **Emparrillado**

La parrilla se aceita y los filetes se colocan con la piel hacia abajo para facilitar la manipulación y una mejor circulación del humo en el ahumador.

- **Ahumado**

Teniendo en cuenta que la parrilla con los filetes de trucha se colocó en el ahumador y se ahumó en tres etapas, el proceso duró un total de tres horas. Durante este proceso se experimentó con tres combustibles. Romero, coronta de maíz y virutas de eucalipto.

El ahumado comenzó con el secado en el ahumador a una temperatura de unos 50°C durante aproximadamente una hora. A continuación, se realizó un proceso de cocción que elevó la temperatura a aproximadamente 55°C-75°C durante una hora. Por último, se procedió al proceso de ahumado propiamente dicho: las pruebas se realizaron a temperaturas de 80°C y 90°C durante 55, 60 y 85 minutos.

- **Enfriado**

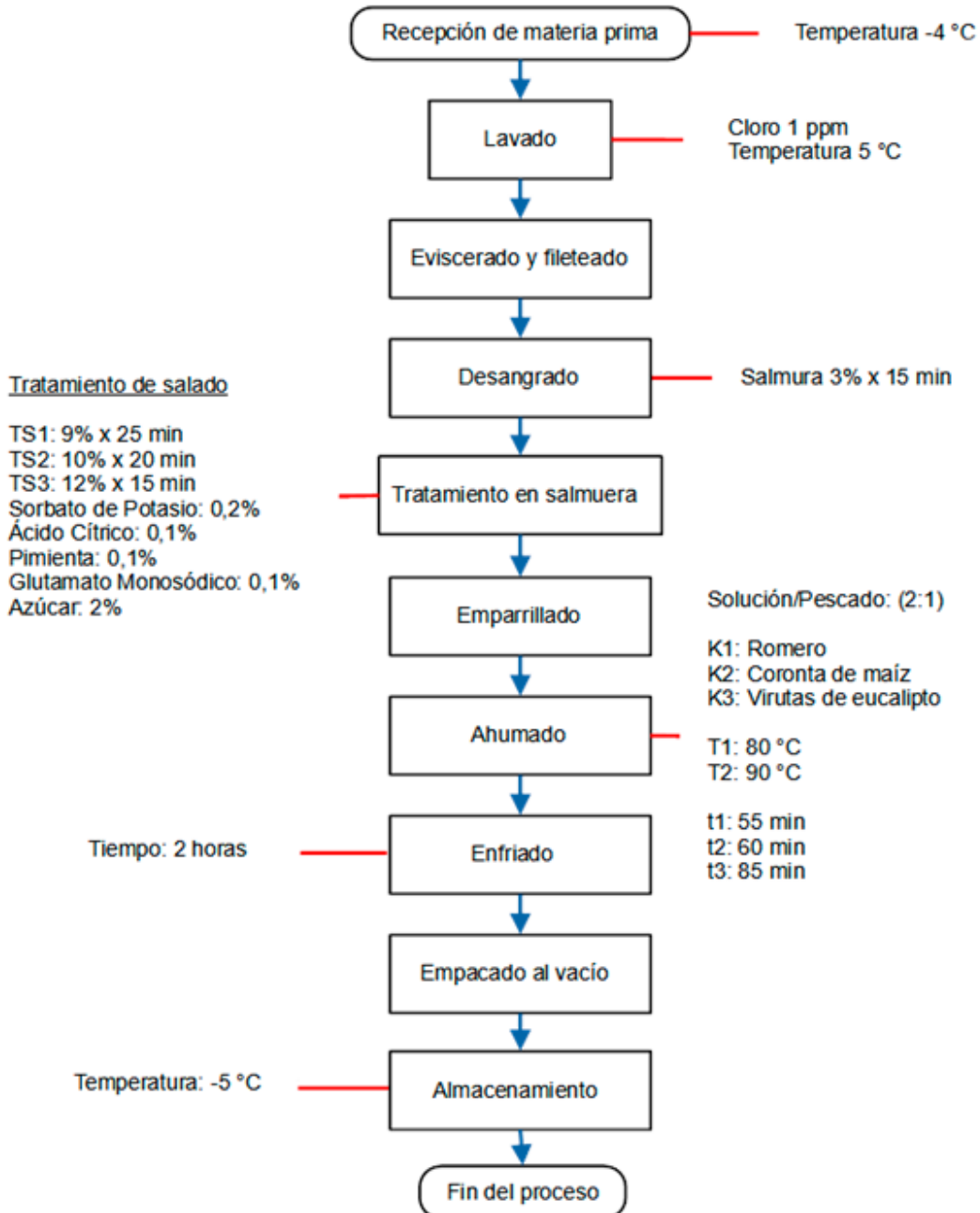
Los filetes de trucha se retiraron del ahumador y se enfriaron a temperatura ambiente durante 2 horas.

- **Envasado**

Los filetes de trucha ahumada de 200 g se envasaron en bolsas de polietileno. Para ello se utilizó empacadora al vacío.

- **Almacenamiento**

Los filetes de trucha ahumada envasados al vacío se refrigeraron y almacenaron a -5°C.



**Figura 1.** Flujo para el procesamiento de filetes ahumados de trucha (*Oncorhynchus mikyss*)

En la Figura 1 se esquematiza el desarrollo de las operaciones de procesamiento desarrollado para la obtención del material ahumado.

### **3.4. Métodos de análisis**

#### **3.4.1. Tipo de investigación**

Experimental de nivel explicativo.

#### **3.4.2. Unidad de análisis, población y muestra de estudio**

- **Unidad de análisis**

El producto se extrae y clasifica según los siguientes criterios: productos frescos, recién extraído de las unidades productivas de Parque de las Truchas Kulky – Polloc – Encañada – Cajamarca. Todo este proceso se detalla en el anexo 1.

- **Población**

Trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*), proveniente de las unidades productivas de Parque de las Truchas Kulky – Polloc – Encañada, Región Cajamarca.

- **Muestra**

Se trabajó con una muestra poblacional de 20 unidades de trucha de 500 gramos cada una. En cambio, se realizó un análisis de calidad basado en los parámetros de evaluación sensorial establecidos para el pescado crudo (Avdalov, 2008) y con base en el Anexo 1.

#### **3.4.3. Diseño de investigación**

- **Experimento 1. Tratamiento de salado**

El objetivo de este experimento era determinar la concentración adecuada de cloruro de sodio para salar filetes de trucha. En el Tabla 6 se detallan los tratamientos aplicados.

**Tabla 6***Parámetros de control en el proceso de salado a filetes de trucha arcoíris*

Tratamiento de salado a los Filete de Trucha	Salado	Tiempo (min)
TS1	9%	25
TS2	10%	20
TS3	12%	15

Evaluación: El sabor y la textura de los filetes ahumados fueron evaluados sensorialmente por 30 panelistas mediante una prueba de preferencia gustativa (escala hedónica) (FAO 2018).

- **Experimento 2. Combustibles**

El objetivo del experimento fue realizar pruebas sensoriales a los filetes ahumados de trucha, ahumados con diferentes combustibles. En la tabla 7 se describe el proceso.

**Tabla 7***Tipos de combustibles utilizados para el ahumado de los filetes de trucha*

Tratamiento de ahumado	Combustible	Condiciones
K1	Romero	Salado: 9% x 25 min Temperatura: 80 °C – 90 °C Tiempo de ahumado: 55 min
K2	Coronta de maíz	Salado: 10% x 20 min Temperatura: 80 °C – 90 °C Tiempo de ahumado: 60 min
K3	Virutas de eucalipto	Salado: 12% x 15 min Temperatura: 80 °C – 90 °C Tiempo de ahumado: 85 min

Evaluación: Evaluación sensorial del aroma y el sabor de los filetes ahumados en una prueba de preferencia gustativa (escala hedónica), 30 panelistas no entrenados (FAO 2018).

- **Experimento 3. Ahumado**

El propósito del ensayo era establecer el periodo de ahumado y la temperatura de los filetes de trucha. Los parámetros se enumeran en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Parámetros de control en el proceso de ahumado en filetes de trucha arcoíris.*

Ahumado De Trucha	Tiempo (Min.)	Temperatura (°C)
TH1	55	
TH2	60	80
TH3	85	
TH1-1	55	
TH2-2	60	90
TH3-3	85	

Fuente: Con base en Vilca (2017).

En la tabla 8, se presenta los tiempos aplicados a la materia prima durante el proceso de ahumado, se realizaron dos pruebas para cada temperatura (80 °C y 90 °C), replicando dos veces los periodos de tiempo. De este modo, TH1 representa la primera prueba realizada a 55 min con una concentración de 9% de sal a una temperatura de 80 °C, de la misma forma TH1-1 representa la réplica de 9% de sal, pero a una temperatura de 90 °C.

Evaluación: Se evaluaron sensorialmente el sabor, el olor y la textura (dureza). Para ello, se realizó una prueba de sabor (escala hedónica) a cada temperatura y tres veces para evaluar el sabor. Para ambas pruebas se utilizaron 30 panelistas no entrenados (FAO 2018).

- **Análisis organoléptico**

Las características sensoriales evaluadas en los filetes de trucha ahumada fueron el sabor, el olor y la textura, según la tabla de análisis sensorial para el pescado ahumado que figura en el anexo 2. Como lo que se busca es determinar cuál de las muestras es la de mejores características, el análisis organoléptico fue

de tipo afectivo y de aceptación, el cual se utiliza para evaluar la preferencia entre productos o tratamientos dentro de un diseño experimental mediante consulta a un panel de personas que no necesitan entrenamiento previo (FAO 2018).

#### **3.4.4. Técnicas de procedimiento y análisis de información**

Se realizaron pruebas sensoriales, mediante la textura, el aroma y el sabor, los cuales fueron evaluados mediante la escala hedónica para cada temperatura, tiempo y tipo de combustible. Para ello, se pidió a 30 panelistas (jueces inexpertos) que ayudaran a calificar la satisfacción general de los productos de atributos en una escala preparada por los analistas (Anzaldúa 2005).

Se brindaron instrucciones generales respecto a la razón del estudio, el producto presentado y la forma del llenado de la escala, con fines de que estos pudieran brindar una evaluación en base a su percepción individual. El producto se presentó sobre una mesa, en la cual se invitó a cada panelista a oler, saborear e identificar la textura del producto, para después se solicitó que los panelistas brinden un valor en la escala presentada respecto a su percepción de este producto, estos datos se recopilaron y posteriormente fueron tabulados según la escala.

A continuación, los resultados se analizaron estadísticamente para identificar las diferencias producidas por los distintos tratamientos aplicados y establecer qué parámetros determinan la calidad de los filetes de trucha ahumada. Las pruebas estadísticas aplicadas fueron las siguientes:

- **Prueba de normalidad**

Para definir el tipo de pruebas de contraste a utilizar, se debe establecer el comportamiento de los resultados respecto a la distribución normal, ya que de ello depende si se utilizan pruebas paramétricas o no paramétricas. En este estudio se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, ya que se recomienda cuando el número de datos es inferior a 50 (Romero-Saldaña 2016). Esta prueba pretende comprobar la hipótesis de que los datos proceden de una distribución normal:

Ho: Los datos se ajustan a una distribución normal si  $p \geq 0.05$

Hi: Los datos no se ajustan a una distribución normal si  $p < 0.05$



- **Pruebas de comparación de grupos**

Si la hipótesis nula ( $H_0$ ) de la prueba de normalidad se mantiene, las pruebas utilizadas son el análisis de varianza ANOVA con la prueba de diferencia de medias Tukey HSD y la prueba t pareada de Student.

Si no se cumple la hipótesis nula ( $H_0$ ) de la prueba de normalidad, la prueba utilizada es el análisis de la diferencia de la mediana de Friedman, una prueba por pares de signos (Romero-Saldaña 2016).

En los contrastes de tratamientos no paramétricos, la prueba de Friedman es aplicable dado que la misma se utiliza cuando se tienen más de dos muestras relacionadas, los datos son ordinarios o en rangos y se prueba la hipótesis de igualdad de medianas. Cuando  $p < 0.05$  indica que por lo menos dos muestras presentan medianas diferentes (Berlanga y Rubio 2012).

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Análisis de la materia prima

La Tabla 9 muestra que la puntuación total obtenida en la evaluación sensorial de la materia prima es de 17, lo que corresponde a una calificación de "buena calidad" según la clasificación del pescado crudo (anexo 1).

**Tabla 9**

*Valoración total para trucha entera.*

Aspecto	T1	T2	T3	PROMEDIO
Apariencia	3.3	3.1	3.9	3
Ojos	3.4	3.0	3.6	3
Branquias	2.8	3.1	3.2	3
Músculo	2.6	3.0	3.7	3
Vísceras	3.56	4.1	4	4
Total	16	16	18	17

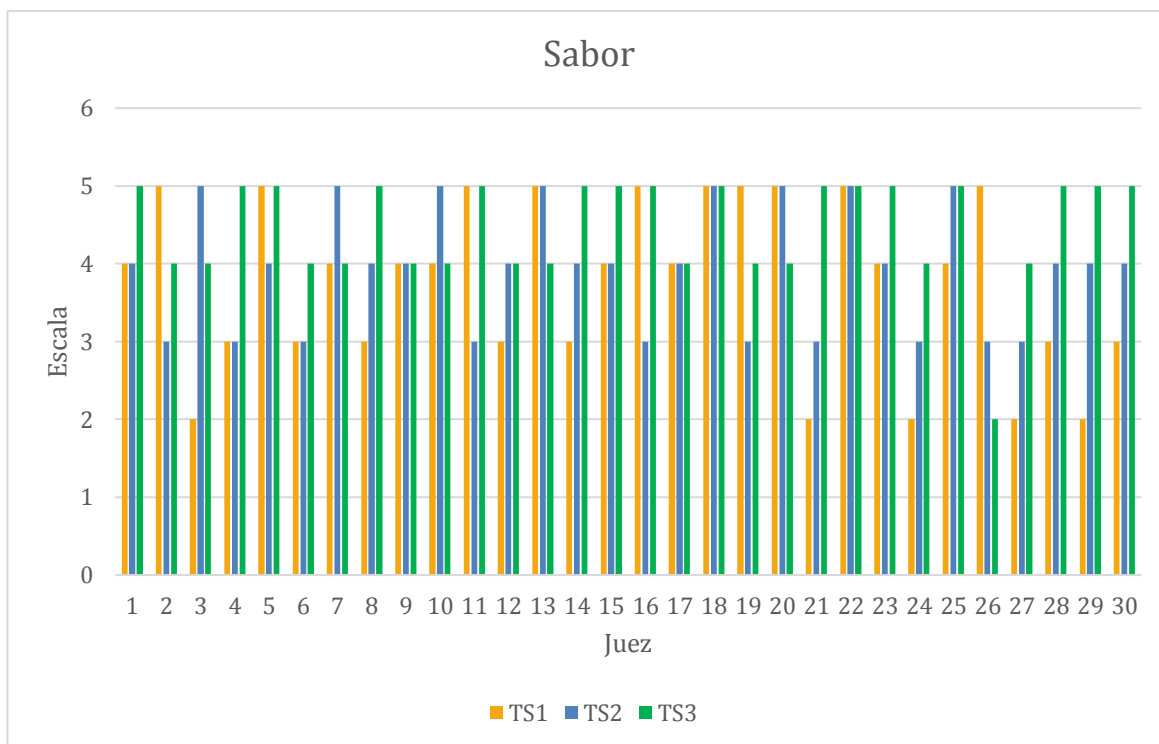
La materia prima tenía las siguientes características sensoriales. Externamente, escamas brillantes e iridiscentes, abdomen firme, córnea transparente con pupilas aplanadas y negras, branquias de colores brillantes con mucosidad clara, músculos con fascia moderadamente pronunciada y vísceras claras y algo firmes. Todas las características corresponden a un pescado en estado fresco, como lo indica Avdalov (2008) y por lo tanto apto para el procesamiento de ahumado y consumo de la presente investigación.

### 4.2. Análisis del experimento 1. Tratamiento de salado

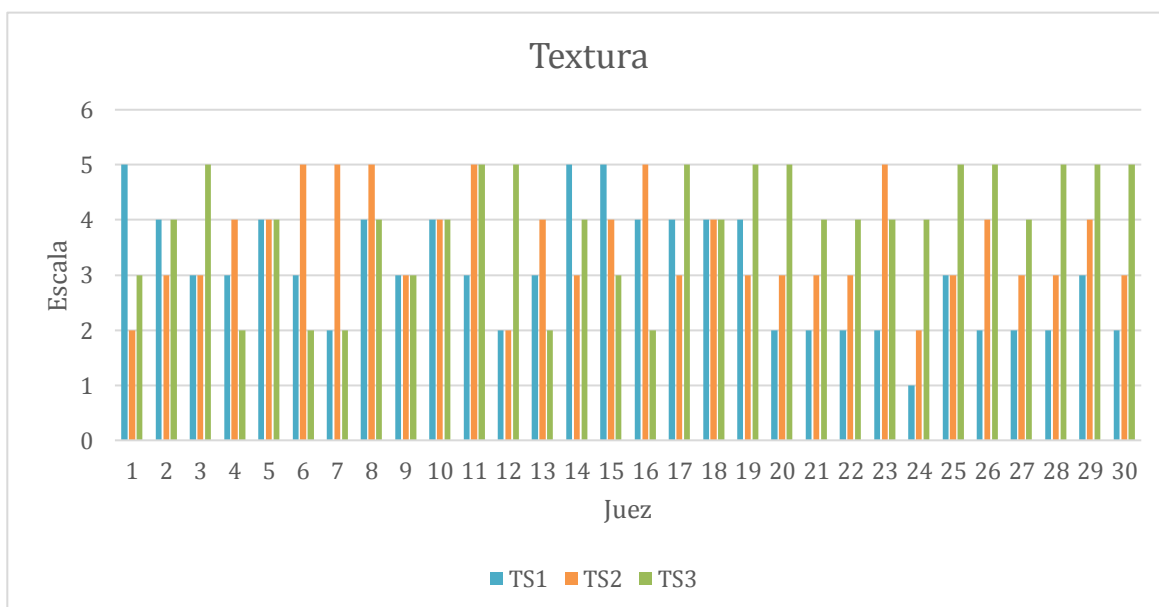
La Figura 2 y 3 muestran los resultados de las pruebas sensoriales correspondientes a cada uno de los tratamientos aplicados durante el proceso de salazón de los filetes de trucha arcoíris basados en la escala Hedónica (anexo 2).

En la Tabla 10 se observa que, en cuanto al total del puntaje obtenido por los tratamientos, el TS3 obtuvo un puntaje mayor a los otros dos tratamientos en ambas pruebas, por lo que se puede inferir que este es el de mayor aceptación por parte de los jueces.

**Figura 2.** Análisis organoléptico para el sabor



**Figura 3.** Análisis organoléptico para la textura



**Tabla 10***Resultados del análisis organoléptico del salado de los filetes de trucha arcoíris.*

Juez	Sabor			Textura		
	TS1	TS2	TS3	TS1	TS2	TS3
1	4	4	5	5	2	3
2	5	3	4	4	3	4
3	2	5	4	3	3	5
4	3	3	5	3	4	2
5	5	4	5	4	4	4
6	3	3	4	3	5	2
7	4	5	4	2	5	2
8	3	4	5	4	5	4
9	4	4	4	3	3	3
10	4	5	4	4	4	4
11	5	3	5	3	5	5
12	3	4	4	2	2	5
13	5	5	4	3	4	2
14	3	4	5	5	3	4
15	4	4	5	5	4	3
16	5	3	5	4	5	2
17	4	4	4	4	3	5
18	5	5	5	4	4	4
19	5	3	4	4	3	5
20	5	5	4	2	3	5
21	2	3	5	2	3	4
22	5	5	5	2	3	4
23	4	4	5	2	5	4
24	2	3	4	1	2	4
25	4	5	5	3	3	5
26	5	3	2	2	4	5
27	2	3	4	2	3	4
28	3	4	5	2	3	5
29	2	4	5	3	4	5
30	3	4	5	2	3	5
Total	113	118	134	92	107	118

Para realizar comparaciones estadísticas de los resultados, se analizó la normalidad de los datos. Los resultados se presentan en la tabla 11, con un valor de Alpha de 0,05 para todos los tratamientos, siendo que el p valor hallado para todos los casos fue menor que el valor de significancia de la prueba, afirmándose que los datos no se distribuyen de manera normal, por lo que se aplicó una prueba no paramétrica de Friedman para hacer comparaciones entre tratamientos.

**Tabla 11***Resultados de la prueba de normalidad para los tratamientos de salado*

Shapiro-Wilk Test						
	Sabor			Textura		
	TS1	TS2	TS3	TS1	TS2	TS3
<b>p-valor</b>	0.000	0.000	0.000	0.007	0.001	0.000
alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
normal	No	No	No	no	No	No

El comportamiento de los datos es consistente con lo reportado por Marful (2019) quien al aplicar la misma prueba de Shapiro-Wilk al análisis sensorial, obtuvo como resultado un valor menor al Alpha (0.05), tomando como base el estudio hedónico de muestras de yogur. Asimismo, el comportamiento de los valores obtenidos muestra que cuando se aplica la misma prueba de Shapiro-Wilk al análisis sensorial, los datos del valor p son inferiores al valor alfa (0,05) para todos los tratamientos analizados. Es por ello que se afirma que hay una distribución no normal de los datos obtenidos.

Sobre la base de los resultados anteriores, se contrastó cada tratamiento mediante la prueba de Friedman y los resultados se recogen en la Tabla 12.

**Tabla 12***Resultados de la prueba de Friedman para los tratamientos de salado*

Prueba	Tratamiento	Rango medio	<b>Estadístico de Friedman</b>	Ubicación
Sabor	TS1	3.77	6.017	C
	TS2	3.93		B
	TS3	4.47		A
Textura	TS1	3.07	7.317	C
	TS2	3.57		B
	TS3	3.93		A

Según los resultados de la Tabla 12 no hubo diferencias significativas ya que en los casos evaluados el estadístico de Friedman fue 6.017 para sabor y 7.317 para textura, los cuales son mayores al valor de Alpha de la prueba que fue de 0,05 tanto para el sabor como para la textura evaluados, lo que sería calificado como bueno (anexo 3). Lo anterior demuestra que, las variaciones en el porcentaje de sal y el tiempo de salado no generan cambios en cuanto a la aceptación del producto. En ambos ensayos, el tratamiento TS3 (12% de sal x 15 minutos) fue el

más aceptable para el jurado de evaluación y constituyó la base de los siguientes ensayos.

Este resultado contrasta con el obtenido por Vilca (2017) para el proceso de ahumado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), donde se consideraron tres tratamientos y se reportaron las mejores propiedades sensoriales para las muestras tratadas con 10% de sal y 20 minutos de remojo. Tiempo muy cercado al de la presente investigación, en donde los resultados difieren debido a que la tilapia empleada para el experimento fue de tamaño medio, por ello, requirió un 2% menos de sal. Por otro lado, Llaro (2018) reportó una mayor aceptabilidad para los filetes de bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) en condiciones de salazón de 5% de sal y 4 min de duración que los valores obtenidos en este estudio, pero siendo dos especies de peces diferentes y que viven en distintos tipos de hábitats Hay que tener en cuenta que las diferencias en las pruebas sensoriales son de esperar debido a que se trata de dos especies diferentes y que viven en distintos tipos de hábitat.

Del mismo modo, en la investigación del autor, Benítez (2019) reportó para filetes de trucha arcoíris una aceptación del tratamiento con 10% de sal en cuanto a la textura, pero baja aceptación de sabor, lo que difiere del resultado obtenido en la presente investigación, sin embargo, estas diferencias son a causa de que los filetes tratados además del salado estaban impregnados con sumo de aguaymanto (*Physalis peruviana* L) lo que evidentemente es un factor que influye en el sabor, por ende se requeriría menos % de sal. Esto brindaría evidencia que la sal empleada para los tratamientos requería reconsiderar el valor de sal.

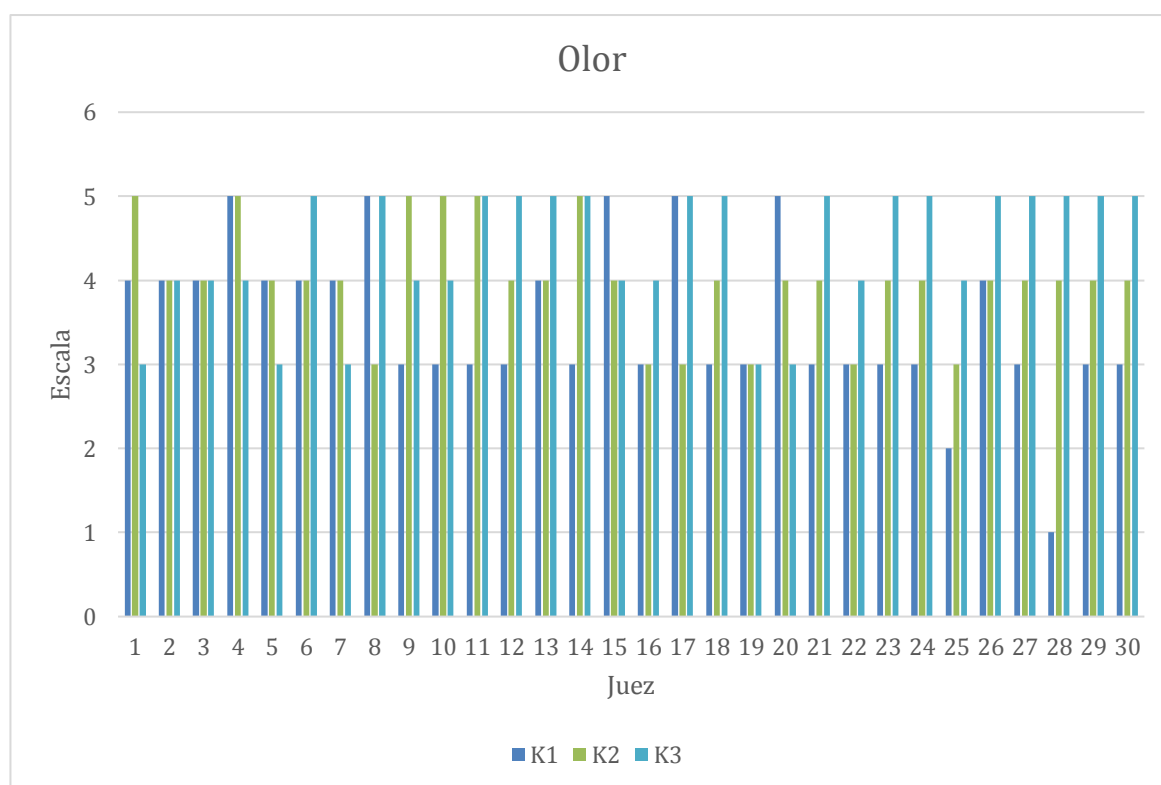
Por otro lado, según el autor Xargayó et al. (2017) desde siempre se ha utilizado la sal como aditivo para lograr un aumento de sabor y la conservación de los alimentos. La sal cumple un papel muy valioso a la hora de retener la humedad y reducir la pérdida de agua y las fugas durante la cocción. La sal también puede aumentar la separación de las cadenas de proteínas constituyentes, disminuyendo su punto isoeléctrico y facilitando la unión a las cadenas de proteínas cargadas positivamente de los iones de cloruro (cargados negativamente), aumentando la fuerza de repulsión entre las cadenas. Se sabe que las proteínas de la carne se pueden hinchar hasta alcanzar dos veces su tamaño cuando son expuestas a las

concentraciones de sal que se utilizan en su procesamiento. Esto indica que cuanto más alto es el contenido de sal, mayor es la retención de agua, pero se elimina más agua durante la cocción. De lo anterior se deduce que el uso del 12% de sal en la muestra T3 elimina más agua que el uso del 9% de sal empleado para la muestra T1, sin embargo, la muestra T1 que emplea el 9% de sal elimina menos agua, pero proporciona una mejor textura.

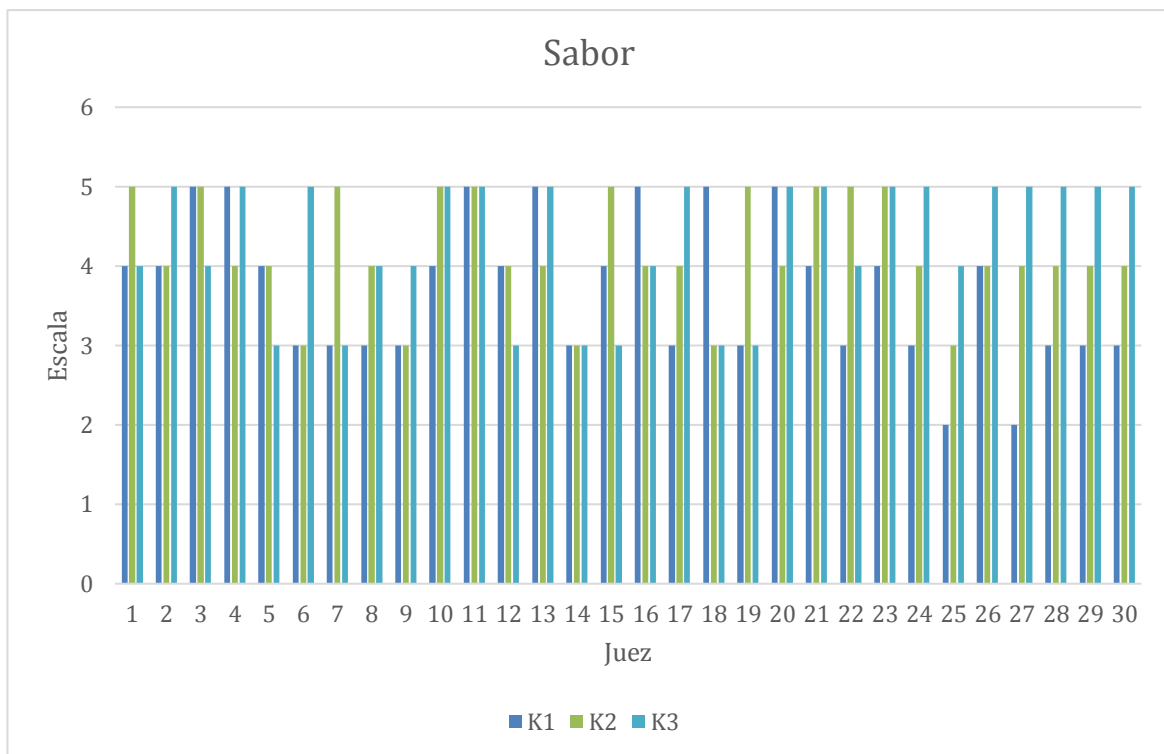
### 4.3. Análisis del experimento Combustibles utilizados

Luego del salado el producto se sometió al ahumado utilizando diferentes combustibles, los cuales le confieren propiedades de aroma y sabor al filete de trucha arcoíris, los datos obtenidos por parte de los jueces se observan en las figuras 4 y figura 5, mientras que la Tabla 13 se observan los resultados totales.

**Figura 4.** Resultados obtenidos para la valoración del Olor



**Figura 5.** Resultados obtenidos para la valoración del sabor





**Tabla 13**

*Resultados del análisis organoléptico de los filetes de trucha arcoíris según el combustible utilizado.*

Juez	Olor			Sabor		
	K1	K2	K3	K1	K2	K3
1	4	5	3	4	5	4
2	4	4	4	4	4	5
3	4	4	4	5	5	4
4	5	5	4	5	4	5
5	4	4	3	4	4	3
6	4	4	5	3	3	5
7	4	4	3	3	5	3
8	5	3	5	3	4	4
9	3	5	4	3	3	4
10	3	5	4	4	5	5
11	3	5	5	5	5	5
12	3	4	5	4	4	3
13	4	4	5	5	4	5
14	3	5	5	3	3	3
15	5	4	4	4	5	3
16	3	3	4	5	4	4
17	5	3	5	3	4	5
18	3	4	5	5	3	3
19	3	3	3	3	5	3
20	5	4	3	5	4	5
21	3	4	5	4	5	5
22	3	3	4	3	5	4
23	3	4	5	4	5	5
24	3	4	5	3	4	5
25	2	3	4	2	3	4
26	4	4	5	4	4	5
27	3	4	5	2	4	5
28	1	4	5	3	4	5
29	3	4	5	3	4	5
30	3	4	5	3	4	5
Total	105	120	131	111	125	129

Tanto para el olor como para el sabor se observa un mayor puntaje para los filetes ahumados con virutas de eucalipto (K3) lo que hace inferir que con este combustible se obtienen las mejores propiedades de sabor y olor en las muestras de filete de trucha arcoíris.

Para comprobar si existen diferencias estadísticamente significativas, se procedió primero a un análisis de la normalidad de los datos mediante la prueba de Shapiro-Wilk, cuyos resultados se presentan en la tabla 14.

**Tabla 14**

*Resultados de la prueba de normalidad para los combustibles.*

	Shapiro-Wilk Test					
	Olor			Sabor		
	K1	K2	K3	K1	K2	K3
<b>p-value</b>	0.001	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
Alpha	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Normal	No	no	No	no	no	No

Como se observa, en todos los tratamientos el valor p en todos los casos fueron menores a 0.05 evidencia que los datos se alejan del comportamiento normal, por lo que para realizar la comparación entre los tratamientos se aplica la prueba no paramétrica de Friedman.

En la Tabla 15 se muestran los contrastes entre los diferentes tratamientos (combustibles) aplicando la prueba de Friedman, donde se reporta que existen diferencias significativas entre los tres tratamientos con  $p < 0.05$  (ubicación en grupos diferentes), con un mayor rango para el K3 (virutas de eucalipto) por lo que se considera que este combustible fue el que les confirió mejores propiedades organolépticas a los filetes de trucha arcoíris.

**Tabla 15**

*Resultados de la prueba de Friedman para los combustibles.*

Prueba	Tratamiento	Rango medio	Estadístico de Friedman	Ubicación
Olor	K1	3.50	7.40	C
	K2	4.00		B
	K3	4.37		A
Sabor	K1	3.70	6.01	C
	K2	4.17		B
	K3	4.30		A

Con ello, se evidencia que el mejor combustible que se debería emplear para el ahumado de los filetes de trucha arcoíris es la viruta de eucalipto debido a que tuvo un promedio de preferencia de 4.37 referente al olor y 4.30 referente al

sabor. Por otra parte, cuando se aplicó la prueba de Friedman, se determinó que  $p > 0,05$  y se rechazó la hipótesis nula.

Esto está en consonancia con lo informado por IMARPE/ITP (1998), donde se utilizó una proporción de 1:1 de aserrín de eucalipto con respecto a la cáscara de maíz en la producción de jurel ahumado y jurel ahumado, lo que dio como resultado un producto con excelentes propiedades de olor. Según el autor, el olor a humo lo desprenden mayoritariamente maderas muy duras como el eucalipto, por lo que el tratamiento K3 tuvo un valor medio más alto y fue el preferido por el jurado. Otros combustibles, en cambio, pueden clasificarse como maderas blandas, que únicamente dan color y no olor.

En cuanto al sabor, las virutas de eucalipto destacan como el mejor combustible, lo que también está en consonancia con estudios como el de Carazas (1976), que determinó que es posible obtener productos de pescado ahumado sabrosos cuando se utiliza la madera de árboles aromáticos como el eucalipto en combinación con hojas de maíz trituradas. Esto está en consonancia con Carazas (1976), que determinó que es posible obtener un producto de pescado ahumado sabroso. Del mismo modo, Vilca (2017) encontró que el mejor combustible era el eucalipto con cáscara de maíz, respecto al olor y sabor de ahumado de tilapia (*Oreochromis niloticus*).

Las propiedades del eucalipto en la conservación de filetes de pescado han sido comprobadas en investigaciones previas, como la de Valipour et al. (2016) quienes utilizaron el aceite esencial de este árbol mezclado con quitosano y  $\alpha$ -tocoferol como recubrimiento comestible y conservante natural para prolongar la vida útil de los filetes de carpa plateada, demostrando su potencial de uso. Por su parte Simón (2014) evidencia que un estudio sobre el pescado ahumado con madera de eucalipto en Zambia mostró una textura deseable de color marrón dorado, así como un atractivo aroma ahumado. El producto no tenía un sabor amargo y se vendía bien.

De igual forma, coincidiendo con el resultado obtenido, Franco et al. (2010) al procesar filetes de matrinxá (*Brycon cephalus*) con madera no resinosa y aserrín de eucalipto rosado obtuvieron un producto que presentó un sabor, un contenido de sal y una muy buena aceptación general. Todos los estudios anteriores

coinciden con los resultados obtenidos en este estudio, demostrando así que los chips de eucalipto son ideales para producir productos ahumados de alta calidad con buenas propiedades sensoriales de aceptabilidad.

Las maderas duras tienen sustancias volátiles, que se desprenden con el incremento de la temperatura, produciendo breas en los 200°C y quemándose en torno a los 300°C. Si la madera se quema de forma incompleta, se produce humo, que reacciona con el pescado y produce un sabor y un aroma ahumados. Esto se debe a que el humo contiene fenoles, carbonilos, ácidos, alcoholes, ésteres e hidrocarburos aromáticos polinucleares (Fernández et al. 1995).

#### **4.4. Análisis del experimento 3. Ahumado**

Los resultados para la temperatura de ahumado de 80 °C a diferentes tiempos se muestran en la Tabla 16.

**Tabla 16**

*Resultados del análisis organoléptico de los filetes de trucha arcoíris para el ahumado a 80 °C.*

Juez	Sabor			Olor			Textura		
	TH1	TH2	TH3	TH1	TH2	TH3	TH1	TH2	TH3
1	5	3	3	4	3	4	4	5	5
2	5	5	4	3	5	4	4	5	3
3	4	5	3	3	5	3	4	4	3
4	5	3	3	3	3	5	3	3	4
5	4	5	5	3	3	3	3	3	4
6	3	5	4	3	5	5	5	3	3
7	3	3	4	5	5	3	3	5	4
8	4	4	3	4	3	4	4	4	5
9	4	4	5	4	4	3	5	4	3
10	3	5	3	5	4	5	5	5	3
11	3	5	3	3	3	4	4	4	5
12	4	3	3	3	3	5	5	3	4
13	4	5	5	3	5	4	3	4	3
14	3	3	4	5	5	4	5	4	4
15	4	5	3	3	3	4	3	5	3
16	4	5	3	3	5	4	4	3	5
17	4	3	3	3	4	4	3	3	5
18	3	3	5	3	4	4	4	3	3
19	5	5	4	3	5	5	3	4	5
20	5	4	3	4	5	4	4	5	3
21	4	5	4	3	4	3	4	5	3
22	3	5	5	4	5	4	3	5	2
23	4	3	5	5	5	4	3	4	2
24	4	5	5	4	5	4	4	5	3
25	3	5	4	5	5	4	4	5	3
26	3	5	4	4	3	4	4	5	3
27	2	5	4	2	5	4	4	4	2
28	2	5	4	2	4	3	4	5	3
29	2	4	3	3	5	4	4	5	3
30	3	5	4	3	5	4	4	5	3
Total	109	130	115	105	128	119	116	127	104

Se observa que los puntajes favorecieron al tratamiento TH2 en todos los aspectos medidos (tiempo 60 min) con el sabor como la sensación de mayor puntaje, lo que infiere que los filetes de trucha arcoíris ahumados a una temperatura de 80 °C por 60 min tienen mayor aceptación en cuanto a su sabor.

Para la comparación de los tratamientos se procedió a establecer la normalidad o no de los resultados mediante la prueba de Shapiro-Wilk, cuyos resultados se muestran en la Tabla 17.

**Tabla 17**

*Resultados de la prueba de normalidad para el ahumado a 80 °C.*

Prueba	Tratamiento	Estadístico de S-W	P-value	P	Normal
Sabor	TH1	0.8807	0.00292	0.05	No
	TH2	0.6785	0.000000771	0.05	No
	TH3	0.7943	0.0000517	0.05	No
Olor	TH1	0.8237	0.00018344	0.05	No
	TH2	0.7255	0.0000038	0.05	No
	TH3	0.7719	0.0000210	0.05	No
Textura	TH1	0.7988	0.000062	0.05	No
	TH2	0.7693	0.000019	0.05	No
	TH3	0.8198	0.000153905	0.05	No

Como se puede observar en la Tabla 17, los resultados de las pruebas para todos los tratamientos muestran un comportamiento significativamente fuera de la distribución normal ( $p < 0,05$ ), por lo que se utilizó la prueba no paramétrica de Friedman para comparar los tratamientos y los resultados se presentan en la Tabla 18.

**Tabla 18**

*Resultados de la prueba de Friedman para el ahumado a 80 °C.*

Prueba	Tratamiento	Rango medio	Estadístico de Friedman	Ubicación
Sabor	TH1	3.63	6.950	C
	TH2	4.33		A
	TH3	3.83		B
Olor	TH1	3.50	7.717	C
	TH2	4.27		A
	TH3	3.97		B
Textura	TH1	3.87	7.017	B
	TH2	4.23		A
	TH3	3.47		C

Se observa que hay diferencias significativas entre los tratamientos en todos los ensayos ( $p > 0,05$ ), dando lugar a diferentes grupos de tratamientos. El tratamiento TH2 destacó sobre los demás con el mayor rango promedio (4.33 en sabor, 4.27 en olor y 4.23 en textura), indicativo de que fue el que presentó el mayor puntaje y por lo tanto el de mayor aceptación. En cuanto al olor el resultado indica que también se debe ahumar por 60 min a la temperatura de 80°C, por otro lado, para obtener buenas características de textura se debe someter al tiempo de 60 min contemplando la temperatura a 80°C.

El perfil de sabor es consistente con los resultados reportados por IMARPE/ITP (1998) para los filetes de Lisa ahumados (*Mugil cephalus*) a una temperatura de 80 °C y por un tiempo de 60 min, demostrando una buena aceptación del sabor, dichos resultados son similares debido a que factores como el tamaño del filete lisa, el porcentaje de sal, la humedad, etc. Son similares al de la presente investigación. De manera similar, Vilca (2017) informaron de que una temperatura de 80°C y una duración de 60 minutos producían las mejores características sensoriales durante el procedimiento de ahumado de la tilapia (*Oreochromis niloticus*), entre ellas el sabor, por lo que se puede considerar que trabajar a esta temperatura y por un tiempo entre 55 y 60 min permite obtener un producto de calidad óptima.

En cuanto al olor el resultado indica que también se debe ahumar por 55 minutos a la temperatura de 80 °C, lo cual se contrasta con lo expresado por Barbecho y Jara (2019) quienes mencionan que temperaturas entre los 60 y 75 °C le confieren al pescado ahumado mayor concentración de olores y sabores, por lo que se puede considerar que por esta razón al ahumar los filetes de trucha arcoíris a 80 °C con un tiempo de 60 min se obtiene mayor aceptación del olor. Respecto a las características de olor, Agustinelli (2014) se refiere a la adhesión de los componentes del humo a la superficie del alimento debido a la temperatura de ahumado, lo que le confiere propiedades de olor característico a los mismos.

Ahora, las características de buena textura al tiempo de 60 min guardan relación con lo reportado por IMARPE/ITP (1998) donde se ahumó machete (*Ethmidium maculatum*) a una temperatura de 80°C por un tiempo de 60 min con resultados de muy buena textura. Por su parte, Barbecho y Jara (2019) mostraron

que, para filetes de trucha, los tiempos de ahumado menores confieren mejores características de textura y recomendaron 45 min en el ahumador, lo que es consistente con los mejores resultados obtenidos a 60 minutos de ahumado. Del mismo modo, un estudio de Adepoju et al. (2018) Realizado para determinar el efecto de la temperatura y el tiempo de ahumado en la calidad de los filetes de pez de leche (*Chanos chanos*) mostró que las mejores características internas (sabor, olor, textura) se obtienen a temperatura de 70 °C con un tiempo de 90 min, lo cual evidencia que no solo influyen las condiciones del ahumado, sino también la especie de pescado que se utilice, por lo que se pueden tener diferencias en estos parámetros.

Ahora, referente a los resultados para la temperatura de ahumado de 90 °C a diferentes tiempos se muestran en la Tabla 19.



**Tabla 19**

*Resultados del análisis organoléptico de los filetes de trucha arcoíris para el ahumado a 90 °C.*

Juez	Sabor			Olor			Textura		
	TH4	TH5	TH6	TH4	TH5	TH6	TH4	TH5	TH6
1	4	5	5	4	5	5	4	5	5
2	3	5	3	4	5	5	5	4	4
3	4	3	3	4	4	3	5	3	5
4	5	3	4	3	4	4	5	3	3
5	4	5	5	4	3	4	5	4	3
6	5	5	4	3	4	3	4	4	5
7	4	5	3	4	3	3	5	4	5
8	5	4	5	4	4	3	5	5	3
9	5	3	5	5	5	4	5	4	5
10	3	4	5	5	4	4	4	3	5
11	3	5	4	4	5	4	5	3	3
12	4	3	3	3	4	4	5	5	5
13	5	3	4	4	4	5	3	5	5
14	3	3	3	5	5	4	3	5	4
15	3	4	4	3	3	5	3	4	4
16	3	3	3	5	4	5	5	4	4
17	5	5	3	4	5	4	3	4	3
18	3	4	3	4	5	4	4	4	5
19	4	5	3	5	4	4	5	3	3
20	5	3	4	4	5	5	3	3	5
21	3	4	4	5	5	4	4	5	3
22	3	4	2	4	4	4	4	5	3
23	4	5	3	3	3	5	3	4	2
24	4	5	3	5	3	3	3	5	2
25	3	4	3	4	5	3	4	5	3
26	4	3	2	4	5	3	4	5	3
27	3	5	3	3	5	2	4	5	3
28	3	4	2	3	4	2	3	4	2
29	4	5	3	4	5	3	4	5	3
30	3	5	2	4	5	3	4	5	3
Total	114	124	103	120	129	114	123	127	111

Al realizar el ahumado a una temperatura de 90 °C se observó que los mayores puntajes se obtienen cuando el proceso se realiza por 60 min (TH5) para todas las pruebas realizadas, con un mayor puntaje total para la aceptación del olor, lo que hace inferir que al ahumar los filetes de trucha arcoíris a 90 °C se obtienen mejores características de olor.

Antes de las comparaciones estadísticas entre los tratamientos, se realizó una prueba de normalidad de Shapiro-Wilk, cuyos resultados se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20**

*Resultados de la prueba de normalidad para el ahumado a 90 °C.*

Prueba	Tratamiento	Estadístico de S-W	P-value	P
Sabor	TH4	0.7831	0.0000328	0.05
	TH5	0.7696	0.0000192	0.05
	TH6	0.8617	0.0001104	0.05
Olor	TH4	0.8062	0.0000852	0.05
	TH5	0.7743	0.0000323	0.05
	TH6	0.8730	0.0019560	0.05
Textura	TH4	0.7998	0.0000652	0.05
	TH5	0.7858	0.0000366	0.05
	TH6	0.8186	0.0000146	0.05

Como se muestra en la Tabla 20, en todos los ensayos, los tratamientos no mostraron un comportamiento normal ( $p < 0,05$ ), lo que justifica el uso de estadísticas no paramétricas para las comparaciones entre tratamientos. Los resultados de la prueba de Friedman se presentan en la Tabla 21.

**Tabla 21**

*Resultados de la prueba de Friedman para el ahumado a 90 °C.*

Prueba	Tratamiento	Rango medio	Estadístico de Friedman	Ubicación
Sabor	TH4	3.8	6.867	B
	TH5	4.13		A
	TH6	3.43		C
Olor	TH4	4	6.867	B
	TH5	4.3		A
	TH6	3.8		C
Textura	TH4	4.1	6.117	B
	TH5	4.23		A
	TH6	3.7		C

Los resultados de la prueba de Friedman mostraron que había diferencias significativas entre los tratamientos en cada uno de los ensayos realizados ( $p < 0.05$ ), dado que cada tratamiento se ubicó en grupos diferentes. Destaca el

mayor rango de respuestas para el tratamiento TH5 (60 min) lo que es evidencia de que las mejores propiedades organolépticas se obtuvieron con el ahumado al tiempo medio.

Un resultado consistente con lo obtenido en la presente investigación lo reportó IMARPE/ITP (1978) donde trabajaron con filetes de anchoveta (*Engraulis ringens*), ahumados a temperatura de 90 °C por 60 y 90 min y cuyos resultados indicaron que las mejores propiedades de sabor se obtienen para el tiempo de 60 min, por lo tanto, se infiere que el procedimiento de ahumado empleado en este estudio es uno de los más adecuados, ya que las propiedades sensoriales del sabor son muy parecidas a las obtenidas por autores anteriores.

En cuanto al olor del pescado ahumado a 90 °C, los resultados de un estudio de Morales (2008) sobre el pez plata (*Odontesthes regia regia*) ahumado a 90 °C durante 30 min con resultados satisfactorios en cuanto al olor, sugieren que estos resultados son coherentes con los resultados del tratamiento de ahumado utilizado en este estudio (60 min a 90 °C), que dio un producto con buena características sensoriales. Se dedujo que esto es coherente con los resultados del tratamiento de ahumado utilizado en este estudio (60 min a 90 °C), que da un producto con buenas características sensoriales en términos de olor.

De forma similar a lo obtenido en este estudio, Cabrera y Pilacúan (2012) utilizaron una temperatura de 90°C y 45 min para el ahumado de langostinos (*Penaeus vannamei*) y demostraron que los mejores resultados se obtenían en poco tiempo al ahumar a esta temperatura, por lo tanto, la temperatura y el periodo de ahumado empleados (90°C, 60 min.) pretenden garantizar unas características sensoriales muy buenas, especialmente en lo que respecta a la textura y el tacto.

Sobre el efecto de la temperatura en la calidad organoléptica de la carne de pescado, Agustinelli (2014) afirma que es deseable una temperatura de 80°C, lo que da lugar a un producto con cierto grado de calentamiento, donde se produce la desnaturalización de las proteínas inducida por el calor. A temperaturas mayores a 80 °C se produce pérdida de algunos de los compuestos que confieren efecto conservante los cuales producen CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O por lo que se considera que por encima de esta temperatura las condiciones no son las óptimas. Dichos resultados difieren debido a que el tipo de pescado empleado en la investigación del autor

Agustinelli, era de textura blanda, en donde temperaturas por encima del 80% tenían impacto negativo en la carne de pescado.

#### 4.5. Análisis sensorial del sabor. Prueba pareada

En la Tabla 22 se observan los resultados de la prueba pareada con los tratamientos TH2 y TH5 que fueron los de mayor aceptación.

**Tabla 22**

*Resultados de la prueba pareada para el sabor de los filetes de trucha ahumados.*

Juez	Tratamientos	
	TH2	TH5
1	1	0
2	0	1
3	1	0
4	1	1
5	1	0
6	0	1
7	1	1
8	1	0
9	1	1
10	1	0
11	1	1
12	1	0
13	1	1
14	1	1
15	1	1
16	0	0
17	1	1
18	1	1
19	1	0
20	1	1
21	1	0
22	1	1
23	1	0
24	1	0
25	1	1
26	1	0
27	1	1
28	1	0
29	0	0
30	1	1
Total	26	16

Como se observa en la Tabla 21, hay una tendencia mayoritaria hacia el tratamiento TH2, lo que permite inferir que los filetes de trucha ahumados a una temperatura de 80 °C por un tiempo de 60 min son lo que tienen la mayor aceptación y por lo tanto el mejor sabor.

Al tratarse de una prueba emparejada, se utilizó un análisis TH2 - TH5 y se aplicó la prueba de Shapiro-Wilk para analizar el ajuste de los datos a una distribución normal. Los resultados se presentan en el Tabla 23.

**Tabla 23**

*Resultados de la prueba de normalidad para la prueba pareada del sabor*

	Sabor	
	TH2	TH5
W-stat	0.404401008	0.636621941
<b>p-value</b>	1.0233E-07	2.1069E-07
Alpha	0.05	0.05
<b>Normal</b>	No	No

Se observa que la diferencia entre los tratamientos TH2 y TH5 en la prueba presentan un comportamiento que se aleja de una distribución normal según la prueba de Shapiro-Wilk ( $p < 0.05$ ). Lo anterior llevó a que el contraste entre los dos tratamientos se realizara a través de una prueba no paramétrica Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales, cuyo resultado se muestra en la Tabla 24.

**Tabla 24**

*Resultados de la Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas iguales.*

	TH2	TH5
Media	0.86666667	0.53333333
Varianza	0.11954023	0.25747126
Observaciones	30	30
Estadístico t	2.97345984	
P(T<=t) una cola	0.00214207	
Valor crítico de t (una cola)	1.67155276	
<b>P(T&lt;=t) dos colas</b>	0.00428414	
Valor crítico de t (dos colas)	2.00171748	

Se puede deducir que existen diferencias significativas entre los resultados obtenidos para los dos tratamientos respecto al sabor, debido a que  $p < 0.05$ , lo que demuestra que el mejor tratamiento de ahumado fue el de 80 °C por 60 min, el cual se tomó como base para el análisis organoléptico como producto final.

**4.6. Análisis organoléptico del producto final, luego de las pruebas realizadas se estableció un producto final elaborado a partir de los parámetros que produjeron las mejores aceptaciones por parte de los jueces. Estos parámetros se enumeran en la Tabla 24.**

**Tabla 25**

*Parámetros óptimos para la producción de filetes ahumados de trucha arcoíris.*

Parámetros óptimos	
Salado	T3: 12% sal x 15 min
Combustible	K3: Virutas de eucalipto
Temperatura de ahumado	80 °C
Tiempo de ahumado	TH2: 60 min

El producto final producido con los parámetros óptimos fue sometido a un análisis organoléptico y se obtuvo el resultado que se muestra en la Tabla 25.

**Tabla 26**

*Resultados de la Evaluación Organoléptica de filete de trucha ahumado.*

Característica	Puntaje
Olor	3
Sabor	2
Apariencia	3
Consistencia	3
Total	11

De acuerdo al análisis organoléptico, el filete de trucha ahumado acorde con los parámetros óptimos recibió un puntaje de 11, el cual al ser comparado con los rangos de la Tabla de Evaluación Organoléptica (Anexo 3) se puede decir que el filete ahumado es de muy buena calidad.

Asimismo, es destacable que al realizar un análisis microbiológico del producto (anexo 13), con la finalidad de evaluar si el producto era apto para el consumo humano; en la T1 se encontró  $16 \times 10^1$  UFC/g de *E. coli*, mientras que en la T2 se encontró  $29 \times 10^1$  de *E. coli*, además de algunos microorganismos aerobios mesófilos de  $12 \times 10^2$  hasta  $106 \times 10^1$  en las dos muestras, con lo que este producto sería apto para el consumo humano. Esto se asemejaría a los obtenido por Condori et al. (2022) en la que se determinó la ausencia total de *E. coli*, donde los filetes ahumados de trucha serían aptos para el consumo humano, principalmente por el proceso de empacado al vacío y conservado, que permitía mantener el producto en perfectas condiciones y asegura su conservación para el consumo humano.

Estos resultados sugieren que los filetes de trucha arco iris ahumada son de muy buena calidad y tienen las siguientes características: agradable aroma a humo, buen sabor, aspecto ligeramente opaco, pero con un ligero desprendimiento de grasa y consistencia firme.

Por ende, estos resultados permiten definir las condiciones a las que se debe llevar un proceso de ahumado de filetes de trucha arcoíris para obtener un producto que puede conservarse por más tiempo que el producto fresco y con excelentes propiedades tanto organolépticas como nutricionales, esto es de gran utilidad tanto para el productor de masas, que puede vender productos que pueden almacenarse durante más tiempo en condiciones óptimas de conservación, como para el consumidor final, pues adquirirán un producto que conservará sus propiedades nutritivas y de excelente calidad.

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

El análisis estadístico de cada uno de ellos reveló diferencias significativas en la proporción de sal utilizada en diferentes momentos con respecto al sabor y la textura utilizando diferentes métodos de procesamiento; de esta manera definiendo que el tratamiento de 12% de sal por 15 minutos es el ideal para obtener apreciaciones positivas referente al sabor y textura en Filetes de Trucha Arcoíris.

Por otra parte, se determinaron diferencias significativas en el tiempo y la temperatura de ahumado de los filetes de trucha arcoíris en función del tratamiento aplicado. En donde se evidenció que de los tratamientos seleccionados (80°C y 90°C), el tratamiento TH2 de 80°C por 60 minutos obtuvo mejores puntuaciones a diferencia del resto.

El mejor combustible para la elaboración de filetes ahumados es la viruta de eucalipto, debido a que este elemento fue el mejor calificado por los panelistas, que evidenciaron mayor preferencia por el producto ahumado empleando este elemento, con un promedio de preferencia de 4.37 referente al olor y 4.30 referente al sabor.

Al realizar pruebas sensoriales a los filetes ahumados de trucha arcoíris, se determinó que, una vez analizada la información brindada por los panelistas, el producto final tiene un agradable aroma ahumado, buen sabor, un aspecto ligeramente opaco, pero con una ligera exudación de grasa y una consistencia firme. Los resultados obtenidos categorizan al producto final con una calidad como “muy bueno”.



## **RECOMENDACIONES**

Es necesario seguir investigando para establecer la vida útil del producto final y, por tanto, el efecto conservador de los compuestos fenólicos del humo de las virutas de eucalipto.

Se deben realizar investigaciones posteriores con un mayor porcentaje de cloruro de sodio, debido a que se produce con ello, mayor retención de agua y en la cocción se elimina, mejorando la textura del producto final. Así mismo, como evidenció en las investigaciones de los autores citados anteriormente, sería beneficioso a investigaciones futuras, experimentar con aceites, para mejorar el sabor de los filetes y mejorar la conservación de éstos.

## CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adepoju, MA; Omitoyin, BO; Ajani, EK; Asha, K. 2018. Effect of Smoking Time and Temperature on the Proximate Composition and Quality of Milkfish Steaks. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 27(3): 369–378. DOI: <https://doi.org/10.1080/10498850.2018.1437494>
- Agustinelli, SP. 2014. Estudio del proceso de ahumado frío de filetes de caballa (*Scomber japonicus*). Evaluación y modelado de parámetros tecnológicos (en línea). Tesis de doctorado en Ingeniería. Universidad de la Plata, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/35309/Documento\\_completo.pdf?sequence=4](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/35309/Documento_completo.pdf?sequence=4)
- Anzaldúa-Morales, A. 1993. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial. Acribia, S. A. Zaragoza. España.
- Avdalov, N. 2008. Manual de control de calidad de los productos de la acuicultura (en línea). Lima, Perú, FAO. Disponible en: <https://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publiblibreacceso/320/manual-de-control-de-calidad-de-los-productos-de-la-acuicultura.pdf>
- Baltic, ZM; Kilibarda, N; Dimitrijevic, M. 2009. Cinioci od znacaja za odrzivost ribe i odabranih proizvoda od ribe u prometu. *Tehnologija Mesa* 50(1–2): 166-176.
- Barbecho, PA; Jara, CF. 2019. Aplicación del proceso de la técnica de ahumado empírico-artesanal en trucha y tilapia para uso en recetas ecuatorianas (en línea). Tesis de Licenciado en Gastronomía y Servicios de Alimentos y Bebidas. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/32444/3/Trabajo%20de%20titulación.pdf>
- Belichovska, K; Belichovska, D; Pejkovski, Z. 2019. Smoke and smoked fish production. *Meat Technology* 60(1): 37-43. DOI: <http://dx.doi.org/10.18485/meattech.2019.60.1.6>
- Benítez, DG. 2019. Características fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de filetes de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*), salado e impregnado con zumo de

aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) con presiones de vacío (en línea). Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas, Apurímac, Perú. Disponible en: [https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/592/Diana\\_Glenis\\_Tesis\\_Bachiller\\_2019.pdf?sequence=1](https://repositorio.unajma.edu.pe/bitstream/handle/123456789/592/Diana_Glenis_Tesis_Bachiller_2019.pdf?sequence=1)

Berlanga, V; Rubio, MJ. 2012. Clasificación de pruebas no paramétricas. Cómo aplicarlas en SPSS. REIRE, Revista d'Innovació i Recerca en Educació 5(2): 101-113. Disponible en: <http://www.ub.edu/ice/reire.htm>

Blanco, MDC. 1999. La trucha cría industrial. Madrid, España, Mundi-Prensa. 238 p.

Cabrera, YDC; Pilacuán, PP. 2012. Determinación de parámetros óptimos para la elaboración de langostino (*Penaeus vannamei*) ahumado (en línea). Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1919>

Cahueñas, EA. 2011. Desarrollo de filete de tilapia salado, seco, ahumado y empacado al vacío (en línea). Tesis de Ingeniería de Alimentos. Universidad Tecnológica Equinoccial, Quito, Ecuador. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4907/1/44180\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4907/1/44180_1.pdf)

Carazas, C. 1976. Incidencia de 8 especies de maderas peruanas en las características organolépticas del machete ahumado en caliente. Tesis Ingeniería Pesquera. Lima, Perú, Universidad Nacional Agraria La Molina. 159 p.

Castro, J. 2013. Efecto del tipo de combustible vegetal y tiempo de ahumado sobre la aceptabilidad general y recuento de mesófilos aerobios en carne de pato criollo (*Cairina moschata*) ahumada (en línea). Tesis Ingeniería en Industrias Alimentarias. Trujillo, Perú, UPAO. 64 p. Disponible en [http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/193/3/CASTRO\\_JUAN%20CARLOS\\_EFECTO\\_TIPO\\_COMBUSTIBLE\\_MARCO\\_TEORICO.pdf](http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/193/3/CASTRO_JUAN%20CARLOS_EFECTO_TIPO_COMBUSTIBLE_MARCO_TEORICO.pdf)

Chimpén, L. 2016. El Proceso de Ahumado en Frio para Especies de Alto Valor Comercial. Lima, Perú, Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. 13 p.

- Condori, L. ., Castañón, V., & Espinoza, M. (2022). Evaluación del procesamiento artesanal de ahumado de Trucha Arco Iris (*Oncorhynchus mykiss*) en la comunidad de Cala Cala. *CS*, 1(1), 62–68. <https://doi.org/10.53287/uybv1832vp80m>
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2012. Código de prácticas para el pescado y productos pesqueros. 2da edición. Roma, Italia, Organización mundial de la salud. 271 p.
- FAO (Food and Agriculture Organization). 2018. Standard for smoked fish, smoke-flavoured fish and smoke-dried fish (en línea). Disponible en: [http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B311-2013%252FCXS\\_311e.pdf](http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B311-2013%252FCXS_311e.pdf)
- Fellows, P.J. 2017. Food Processing Technology: Principles and Practice, 4th Edition. Amsterdam, Netherlands, Elsevier B.V. 1128 p.
- Fernández, S; Pollak, A; Vitancur, J. 1995. Pescado Ahumado Artesanalmente. Ensayos tecnológicos. Serie: Documentos de Trabajo N° 10. I.I.P.–PROBIDES. 69 p.
- Fiorentini, M; Kinchla, AJ; Nolden, AA. 2020. Role of Sensory Evaluation in Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Analogs and Meat Extenders: A Scoping Review. *Foods* 9(9): 1334-1349. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods9091334>
- Franco, M.L.R; Viegas, E.M.M; Kronka, S.N; Vidotti, R.M; Assano, M; Gasparino, E. 2010. Effects of hot and cold smoking processes on organoleptic properties, yield and composition of matrinxá fillet. *Revista Brasileira de Zootecnia* 39(4): 695-700. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/rbz/a/qbtqzCKxqKHNKWtQ5qrt9yn/?format=pdf&lang=en>
- Gallart-Jornet, L; Barat, JM; Rustad, T; Erikson, U; Escriche, I; Fito, PJ. 2007. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. *Journal of Food Engineering* 80(1): 267–275.

García Olaya, D. D., & Zegarra Quiroz, R. E. (2020). Obtención de nanocelulosa de la cáscara de sandía (*Citrullus lanatus*) y sus imágenes de microscopía electrónico de barrido (SEM). Tesis de grado. Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12840/3418>

García, A; Núñez, A; Espino, G; Alarcón, A; Rentería, A; Chávez, C; Espinoza, R. 2008. Características organolépticas de productos elaborados con carne de trucha arco iris *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum). *Tecnociencia Chihuahua* 2(3): 156-165. Disponible en: <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/78>

González, VA. 2022. Elaboración de filetes de lisa (*Mugil cephalus*) tratados con humo líquido. Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. Disponible en: <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/3441>

Goyes Guerrero, D. N. (2022). *Análisis térmico para el proceso de secado de fideo tipo Regin en la empresa Industrias Catedral SA, para determinar su eficiencia*. Tesis de grado. Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica, Carrera de Ingeniería Mecánica. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36086>

Gutiérrez, CA. 2012. Grado de aceptación y diferencias nutricionales y especies de mayor producción acuícola de Argentina: Trucha y Pacú (en línea). Tesis de Licenciatura en Nutrición, Universidad Fasta, Mar del Plata, Argentina. Disponible en: <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/257>

Huarhua, N. 2022. Evaluación del tiempo de vida útil de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) procesadas con dos técnicas de ahumado al frío y en caliente, conservada a temperatura de refrigeración y envasado al vacío. Tesis de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Abancay, Perú. Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1047>

Huss, HH. 1999. *El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad*. Roma, Italia, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (en línea). Disponible en: <http://www.fao.org/3/v7180s/v7180s00.htm>

- IBM. 2021. *Prueba de Friedman*. SPSS Statistics. Disponible en: <https://www.ibm.com/docs/es/spss-statistics/beta?topic=tests-friedman-test>
- IMARPE/ITP (Instituto Tecnológico de la Producción). 1978. Estudio Tecnológico del Ahumado de Algunas Especies Marinas (en línea). Disponible en: <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/>
- IMARPE/ITP (Instituto Tecnológico de la Producción). 1998. Procesamiento de pescado ahumado. Curso Internacional Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros, Instituto, Callao, Perú, ITP.
- Julia Espinosa. 2007. Evaluación Sensorial de los Alimentos / Editorial Universitaria ISBN 978-959-16-0539-9.
- Llaro, JT. 2018. Elaboración de trozos de bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío (en línea). Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3476>
- Lozano Macías, J. M., & Yagual Quimí, A. G. (2022). *Análisis de riesgos y puntos críticos en la manufactura de medicamentos sólidos orales: gránulos para reconstitución oral*. Tesis doctoral. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/reduj/61790>
- Manfugás, J. E. (2020). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria (Cuba).
- Marful, P. 2019. Aplicación de técnicas estadísticas al análisis sensorial inteligente (en línea). Tesis de Maestría en Técnicas Estadísticas. Universidad de Santiago de Compostela, La Coruña, España. Disponible en: [http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto\\_1673.pdf](http://eio.usc.es/pub/mte/descargas/ProyectosFinMaster/Proyecto_1673.pdf)
- Maza, S; Rivas, H. 2014. Elaboración de caramelos de pescado. Programa de Alimentos Congelados. Callao, Perú, Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. 6 p.

- MINAM. 2021. Línea de base de la trucha arcoíris con fines de bioseguridad en el Perú. Ministerio del Ambiente. Primera edición. Lima. 133 p.
- Montgomery, WL; Bernstein, Y. 2008. Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*): A Technical Conservation Assessment (en línea). Rocky Mountain Region, USA, USDA Forest Service. 84 p. Disponible en: [https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb5206802.pdf](https://www.fs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb5206802.pdf)
- Morales, I. 2008. Elaboración de semiconserva de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) sazónada y ahumada. Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.
- Moyle, PB. 2002. Inland fishes of California revised and expanded. Berkeley CA, University of California Press, CA. 502 p.
- Muñoz, F. 2014. Efecto de la cocción y de la concentración de ají amarillo en el líquido de gobierno sobre las características sensoriales en conservas de recortes de filetes de trucha (*Oncorhynchus mykiss*) en salsa tipo escabeche (en línea). Tesis de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12759/817>
- Nelson, JS. 2006. Fishes of the world. 4th ed. Hoboken, NJ, Wiley. 601 p.
- Nguyen, DQ; Le, TM; Nguyen, DH. 2014. Role of sensory evaluation in quality control: A textual point of view. In Spise2014 - From senses to quality: What can sensory evaluation bring to quality control. Ho Chi Minh city, Vietnam, HCMUT. p. 56-60.
- Ogbadu, LJ. 2014. Encyclopedia of Food Microbiology. 2<sup>nd</sup> Edition. Amsterdam, Netherlands, Elsevier B.V. 109 p.
- Pacori, W; Aguilar, W. 2015. Adición de fosfato como mejoradores de las características fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas en el filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) envasados al vacío (en línea). Tesis de Ingeniería industrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2431>
- Piqueras-Fizman, B; Spence, C. 2015. Sensory expectations based on product-extrinsic food cues: An interdisciplinary review of the empirical evidence and

theoretical accounts. *Food Quality and Preference* 40: 165-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.09.013>

Popelka, P; Marcinčák, S; Maskal'ová, I; Guothová, L; Čertík, M. 2014. Comparison of the chemical composition and nutritional values of fresh and frozen rainbow trout. *Slovenian Veterinary Research* 51(2): 73-80.

Romero-Saldaña, M. 2016. Pruebas de bondad de ajuste a una distribución normal. *Revista Enfermería del Trabajo* 6(3): 105-114.

Samaniego Rodríguez, J. J. (2018). *Optimización de los procesos productivos a través de la trazabilidad para la empresa CALMOSACORP en el periodo 2018*. Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/34468>

Sánchez-Márquez, N. I. (2019). Sensación y percepción: una revisión conceptual. *Generación de contenidos impresos*, 31.

Sharif, MK; Butt, MS; Sharif, HR; Nasir, M. 2017. Sensory Evaluation and Consumer Acceptability. In *Handbook of Food Science and Technology*. London, United Kingdom, John Wiley & Sons. p. 361-386.

Simon, I. 2014. Effects of using different smoke sources on the nutritional quality of clarias gariepinus (en línea). Thesis for Bachelor of Fisheries. University of Agriculture, Makurdi, Benue State, Nigeria. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.29930.77766>

Singh-Ackbarali, D; Maharaj, R. 2014. Sensory Evaluation as a Tool in Determining Acceptability of Innovative Products Developed by Undergraduate Students in Food Science and Technology at The University of Trinidad and Tobago. *Journal of Curriculum and Teaching* 3(1): 10-27. DOI: <http://dx.doi.org/10.5430/jct.v3n1p10>

Smith, GR; Stearley, RF. 1989. The Classification and Scientific Names of Rainbow and Cutthroat Trouts. *Fisheries* 14(1): 4-10.



- Stone, H; Sidel, JL. 2004. Sensory Evaluation Practices, 2nd edition. San Diego, CA, USA, Academic Press Inc. 374 p.
- Valipour, F; Ariaii, P; Khademi, D; Nemati, M. 2016. Effect of Chitosan Edible Coating Enriched with Eucalyptus Essential Oil and  $\alpha$ -Tocopherol on Silver Carp Fillets Quality During Refrigerated Storage. *Journal of Food Safety* 37(1): e12295. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfs.12295>
- Vargas, R; Choque, G. 2010. Evaluación del Tiempo y Temperatura de Ahumado de Filetes de Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) y Alpaca (*Lama pacos*) en un Horno Ahumador (en línea). Tesis de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional del Altiplano, Puno, Perú.
- Vera Romero, J. M., & Mantilla Pabón, Y. T. (2020). Características sensoriales de granos y licor de cacao por un panel de jueces en entrenamiento. *Revista Senova: Revista Del Sistema De Ciencia, Tecnología E Innovación*, 5(1), 27–42. <https://doi.org/10.23850/23899573.3232>
- Vigil, VY. 2019. Efecto sobre los ácidos grasos poliinsaturados durante la elaboración de conservas de tilapia (*Oreochromis niloticus*) ahumada, en latas de media libra. Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/11127>
- Vilca, CO. 2017. Determinación de parámetros tecnológicos para el proceso de filetes ahumados de tilapia (*Oreochromis niloticus*) [en línea]. Tesis de Ingeniería Pesquera. Universidad Nacional San Agustín, Arequipa. Perú. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/4778>
- Windsor, M; Barlow, S. 1984. Introducción a los subproductos de pesquería. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 209 p.
- Xargayó, M; Lagares, J; Fernández, E; Borrell, D; Juncà, G. 2017. Marinado por efecto “spray”: Una solución definitiva para mejorar la textura de la carne (en línea). Disponible en: <http://en.joseplagares.com/upload/article/marinadoporefectospray-3.pdf>

## CAPÍTULO VII. ANEXOS

**Anexo 1. Tabla de análisis organoléptica para trucha entera fresca.**

Parámetro de calidad	Descripción de puntuación	Puntos	
APARIENCIA	ESCAMAS	Brillante, iridiscente, pigmentación, hinchado (saludable)	2
		Algo mate, se decoloran.	1
		Mate	0
	SANGRE EN LAS BRANQUIAS	Ausente	2
		Muy poco (10% -30%)	1
		Mucho (30% - 50%)	0
	FIRMEZA	Rigor	3
		Firme, elástico (una huella desaparece rápidamente)	2
		Suave (el dedo deja un marca durante 3 segundos)	1
		Muy suave (el dedo deja una marca por más de 3 segundos)	0
	VIENTRE	Firme	2
No muy firme		1	
Suave		0	
OJOS	CORNEA	Transparente	2
		Opalescente	1
		Lechoso	0
	FORMA	Convexo	3
		Plano	2
		Un poco hundido	1
		Cóncavo	0
	PUPILA	Negro	2
		Opaco	1
Gris		0	
BRÁNQUIAS	COLOR	Rojo sangre	3
		Similar a la carne de res (menos roja)	2
		Manchas marrones descoloridas	1
		Marrón desvanecido	0
	OLOR	Ligeramente metálico	3
		Moderadamente metálico	2
MUCUS	Metálico	1	
	Fuertemente metálico con sensación a levadura	0	
	Transparente	3	
	Lechoso	2	
	Marrón coagulado	1	
	Abundante coagulado	0	

MÚSCULO	COLOR	Traslucido, similar a la carne con un ligero color anaranjado	2
		Cera lechosa	1
		Manchas opacas, amarillas y marrones	0
	ESTRUCTURA	Firme, miomeros definidos	2
		Ligeramente friables, miomeros Ligeramente definidos	1
		Friables, miomeros ligeramente definidos	0
Órganos bien definidos		2	
VÍSCERAS	APARIENCIA	Órganos completamente firmes	1
		Órganos dañados	0
	CONSISTENCIA	Muy consistente	3
		Consistencia promedio	2
Poca consistencia		1	
		Sin consistencia	0
Índice de Calidad			0-29

Fuente: Avdalov (2008).

## Anexo 2. Tabla de análisis organoléptica para pescado ahumado.

Características a Evaluar	Puntaje
<b>A. OLOR</b>	
Agradable a humo	3
Insípido, ligeramente rancio	2
Ligeramente pútrido	1
Pútrido	0
<b>B. SABOR</b>	
Muy agradable, jugoso, sabor, característico a humo	3
Bueno, ligeramente seco Regular, Algo rancio	2
Desagradable, picante, Rancio	1
	0
<b>C. APARIENCIA</b>	
Brilloso, oro metálico	
Opaco, exudación ligera de grasa	3
Rugoso, ceroso, exudación de grasa	2
	1
<b>D. CONSISTENCIA</b>	
Firme	
Ligeramente seca o dura	3
Muy seca o dura	2
	1

Fuente: IMARPE/ITP (1998).

## Anexo 3. Tabla de Evaluación Organoléptica

### TABLA DE CLASIFICACION

Calidad	Puntuación
Muy Bueno	10 – 12
Bueno	8 – 9
Aceptable	6 – 7
Malo	2 – 5

Fuente: IMARPE/ITP (1998).

## Anexo 4. Prueba sensorial escala hedónica para el Sabor

Panelista N°:

Fecha:.....

Nombre del Producto: Filete de trucha ahumada

### INSTRUCCIONES

Guste de las tres muestras de filete de trucha ahumada que tiene delante de Usted; juzgue su satisfacción gustativa en cuanto al sabor y marque con una “X” según su apreciación de preferencia para cada muestra:

GRADO DE SATISFACCIÓN	MUESTRAS		
Me Gusta Mucho			
Me Gusta			
No Me Gusta			
Me Disgusta			
Me Disgusta Mucho			

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

**¡Gracias por su participación!**

## Anexo 5. Prueba sensorial escala hedónica para Textura (Primer Experimento)

Número de Panelista:

Fecha:.....

Nombre del Producto: Filete de trucha ahumada

### INSTRUCCIONES

Guste de las tres muestras de filete de trucha ahumada que tiene delante de Usted; juzgue su satisfacción en cuanto a textura y marque con una "X" según su apreciación de preferencia para cada muestra:

GRADO DE SATISFACCIÓN	MUESTRAS		
Me Gusta Mucho			
Me Gusta			
No Me Gusta			
Me Disgusta			
Me Disgusta Mucho			

Comentarios:

.....

.....

.....

**¡Gracias por su participación!**

**Anexo 6. Prueba sensorial escala hedónica para el Sabor (Segundo Experimento)**

Panelista N° :

Fecha:.....

Nombre del Producto: Filete de trucha ahumada

**INSTRUCCIONES**

Guste de las tres muestras de filete de trucha ahumada que tiene delante; juzgue su satisfacción gustativa en cuanto al sabor y marque con una "X" según su apreciación de preferencia para cada muestra:

GRADO DE SATISFACCIÓN	MUESTRAS		
Me Gusta Mucho			
Me Gusta			
No Me Gusta			
Me Disgusta			
Me Disgusta Mucho			

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

**¡Gracias por su participación!**

## Anexo 7. Prueba sensorial escala hedónica para Olor (Segundo Experimento)

Panelista N°:

Fecha:.....

Nombre del Producto: Filete de trucha ahumada

### INSTRUCCIONES

Guste las tres muestras de filete de trucha ahumada que tiene delante de Usted, juzgue su nivel de satisfacción aromática y marque con una "X" según su apreciación de preferencia para cada muestra:

GRADO DE SATISFACCIÓN	MUESTRAS		
Me Gusta Mucho			
Me Gusta			
No Me Gusta			
Me Disgusta			
Me Disgusta Mucho			

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

**¡Gracias por su participación!**



**Anexo 8. Prueba sensorial escala hedónica para el sabor (Tercer Experimento)**

Panelista N°:

Fecha:.....

Nombre del Producto: Filete de trucha ahumada

**INSTRUCCIONES**

Guste de las tres muestras de filete de trucha ahumada que tiene delante de Usted; juzgue su satisfacción gustativa en cuanto al sabor y marque con una “X” según su apreciación de preferencia para cada muestra:

GRADO DE SATISFACCIÓN	MUESTRAS		
Me Gusta Mucho			
Me Gusta			
No Me Gusta			
Me Disgusta			
Me Disgusta Mucho			

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

**¡Gracias por su participación!**

## Anexo 9. Prueba sensorial escala hedónica para Olor (Tercer Experimento)

Panelista N°:

Fecha:

Nombre del Producto: Filete de trucha  
humada

### INSTRUCCIONES

Guste las tres muestras de filete de trucha ahumada que tiene delante, juzgue su nivel de satisfacción aromática y marque con una "X" según su apreciación de preferencia para cada muestra:

GRADO DE SATISFACCIÓN	MUESTRAS		
Me Gusta Mucho			
Me Gusta			
No Me Gusta			
Me Disgusta			
Me Disgusta Mucho			

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

**¡Gracias por su participación!**

## Anexo 10. Prueba sensorial escala hedónica (Textura) (Tercer Experimento)

Panelista N°:

Fecha:.....

Nombre del Producto:

### INSTRUCCIONES

Guste de las tres muestras de filete de trucha ahumada que tiene delante; juzgue su satisfacción en cuanto a textura y marque con una "X" según su escala de preferencia para cada muestra:

GRADO DE SATISFACCIÓN	MUESTRAS		
Me Gusta Mucho			
Me Gusta			
No Me Gusta			
Me Disgusta			
Me Disgusta Mucho			

Comentarios:

.....

.....

.....

.....

**¡Gracias por su participación!**

## **Anexo 11. Prueba Sensorial Pareada (Sabor) (Tercer Experimento)**

Panelista N°:

Fecha:

Nombre del Producto: Filete de trucha ahumada

### **INSTRUCCIONES**

Usted tiene dos muestras de filete de trucha ahumada; guste y elija solo una de ellas, la que usted considere que tiene mejor sabor de acuerdo a su grado de satisfacción, marque con una "X" dentro del recuadro la que usted prefiera:

Muestra

Muestra

¿Por qué la eligió?

.....  
.....  
.....

Comentarios:

.....  
.....  
.....

**¡Gracias por su participación!**

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, centered on the page.

Ing. MCs. José Gerardo,  
Salhuana Granados.

Código UNC 02000

Asesor

## Anexo 12. Análisis microbiológico de las muestras

MUESTRA N°	UNIDAD	PRODUCTO	Aerobios mesofilos (NMP/g)	<i>Escherichia Coli</i> (UFC/g)	<i>S. Aureus</i> UFC/ml	<i>Clostridium Perfringens</i> UFC/ml	<i>Salmonella</i> UFC/ml	<i>Listeria Monocytogenes</i> UFC/ml
T1	10 <sup>1</sup>	Trucha ahumada	106 x 10 <sup>1</sup>	16 x 10 <sup>1</sup>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
T1	10 <sup>2</sup>	Trucha ahumada	18 x 10 <sup>2</sup>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
T1	10 <sup>3</sup>	Trucha ahumada	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

MUESTRA N°	UNIDAD	PRODUCTO	Aerobios mesofilos (NMP/g)	<i>Escherichia Coli</i> (UFC/g)	<i>S. Aureus</i> UFC/ml	<i>Clostridium Perfringens</i> UFC/ml	<i>Salmonella</i> UFC/mL	<i>Listeria Monocytogenes</i> UFC/ml
T2	10 <sup>1</sup>	Trucha ahumada	120 x 10 <sup>1</sup>	29 x 10 <sup>1</sup>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
T2	10 <sup>2</sup>	Trucha ahumada	12 x 10 <sup>2</sup>	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
T2	10 <sup>3</sup>	Trucha ahumada	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS DS N° 007-98-SA							
RM N° 615-2003 SA/DM							
NTP - REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS PARA CARNES Y PRODUCTOS CARNICOS							
		Categoria	Clase	n	c	Limite por g.	
						m	M
	<b>Aerobios mesofilos</b>	3	3	5	1	5 x 10 <sup>4</sup>	5 x 10 <sup>5</sup>
	<b>Escherichia Coli</b>	6	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
	<b>S. Aureus</b>	6	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
	<b>Clostridium Perfrig</b>	6	3	5	1	10	10 <sup>2</sup>
	<b>Salmonella</b>	10	2	5	0	Ausencia/ 25g	-----
	<b>Listeria M.</b>	10	2	5	0	Ausencia/ 25g	-----
<b>Resultados:</b> Alimento apto para el consumo humano.							

## Anexo 13. Tratamiento de la unidad de análisis

Ilustración 1. *Punto de recolección de materia prima fresca*



Ilustración 2. *Extracción de la materia prima fresca*

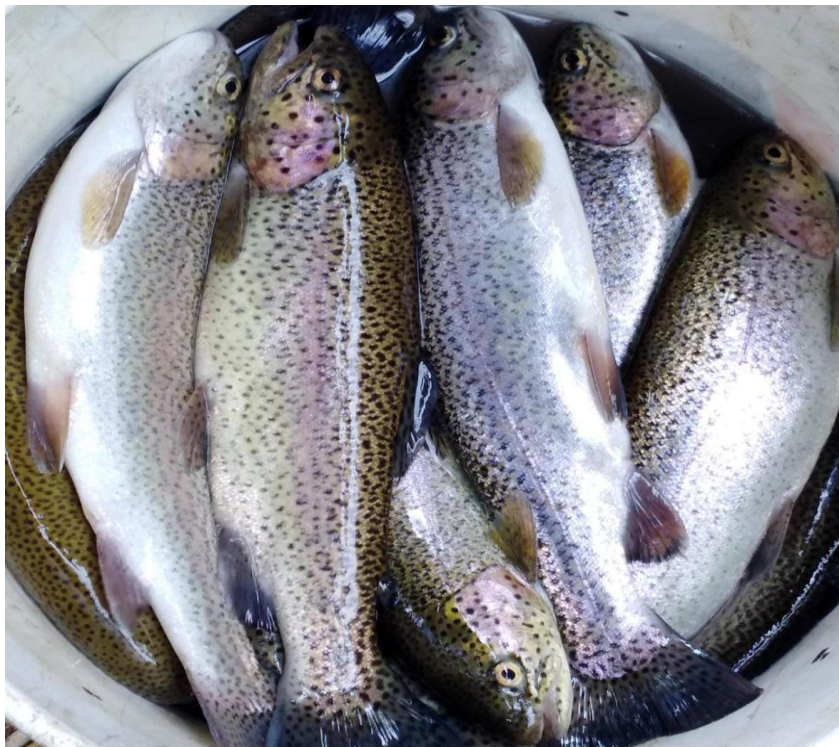




Ilustración 3. *Truchas frescas*



Ilustración 4. *Clasificación por tamaño*



**Anexo 13. Evidencias fotográficas del proceso de filete ahumados de trucha arcoíris**

Ilustración 5. *Trucha Arcoíris entera*



Ilustración 6. *Filete de trucha arcoíris.*



Ilustración 7. *Pesado de insumos*



Ilustración 8. *Combustibles utilizados para ahumado de filete de trucha.*



Ilustración 9. *Preparación de salmuera para el tratamiento de salado en filetes de trucha.*



Ilustración 10. *Tratamiento de salado*



Ilustración 11. *Emparrillado.*



Ilustración 12. *Proceso de ahumado de filetes de trucha con su respectivo combustible.*



Ilustración 13. *Ahumado de filetes de trucha, según sus tiempos programados para cada combustible.*



Ilustración 14. *Enfriamiento de filetes de trucha ahumados.*



Ilustración 15. *Envasado de filetes de trucha ahumada.*



Ilustración 16. Envasado de filetes de trucha ahumada, como producto final.



Ilustración 17. Muestras de filetes de trucha ahumada, seleccionadas por combustible y tiempo de ahumado.





Ilustración 18. *Muestras de filetes de trucha ahumada, seleccionadas para realizar las pruebas sensoriales.*



Ilustración 19. *Explicación a los panelistas no entrenados, previa a la evaluación sensorial de los filetes ahumados de trucha.*



Ilustración 20. Análisis microbiológico de los filetes ahumados de trucha, previa evaluación sensorial del producto terminado.

