

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE FILETE DE TRUCHA**

**ARCO IRIS (*Oncorhynchus Mykiss*) CONGELADA EN DOS**

**PRESENTACIONES DE ENVASADO MEDIANTE PRUEBAS**

**ACELERADAS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**LENIN YAPU YAPU**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**PUNO – PERÚ**

**2018**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DETERMINACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE FILETE DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) CONGELADA EN DOS PRESENTACIONES DE ENVASADO MEDIANTE PRUEBAS ACELERADAS

TESIS PRESENTADA POR:

**LENIN YAPU YAPU**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**



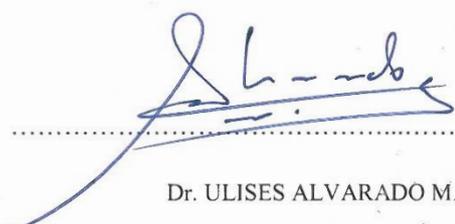
APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

**PRESIDENTE**

: 

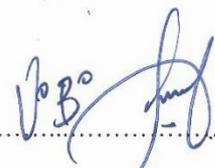
Ing. M.Sc. FLORENTINO VICTOR CHOQUEHUANCA CACERES

**PRIMER MIEMBRO**

: 

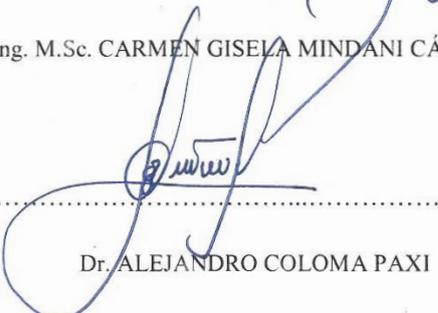
Dr. ULISES ALVARADO MAMANI

**SEGUNDO MIEMBRO**

: 

Ing. M.Sc. CARMEN GISELA MINDANI CÁCERES

**DIRECTOR / ASESOR**

: 

Dr. ALEJANDRO COLOMA PAXI

**TEMA** : Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes  
**ÁREA** : Ingeniería y tecnología

FECHA DE SUSTENTACIÓN 27 DE DICIEMBRE DEL 2018

## DEDICATORIA

A Dios por guiar e iluminarme mis pasos que doy, cuidándome y dándome fortaleza para seguir adelante.

A mis padres Melecio y Balbina por su ejemplo de superación, apoyo incondicional y motivación incesante por lograr mis anhelos profesionales, por su esfuerzo diario para que sus hijos cumplan sus metas trazadas.

A mi hermano Alonso por su apoyo moral en mi deseo de superación. Y a mi hermana K. Sabina que, pese a que está un poco más lejos de nosotros, ha sido la motivación de deseo de superación. Asimismo, a toda mi familia y en especial a mis tíos Mauricio y Benita.

**L.Y.Y.**

## AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional del Altiplano en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por permitir mi formación profesional.

A la empresa Piscifactoría de los Andes, por el apoyo en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A la Plana de Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por sus acertadas enseñanzas.

A mis compañeros de trabajo de la empresa Piscifactoría de los Andes, por su apoyo en el desarrollo de la investigación.

Finalmente, mi profundo agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera ayudaron para la realización del presente trabajo.

## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
RESUMEN.....	15
ABSTRACT.....	16
I. INTRODUCCIÓN.....	17
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	20
2.1 PRUEBAS ACELERADAS.....	20
2.1.1 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS ACELERADAS.....	21
2.1.2 MODELOS MATEMÁTICOS.....	22
2.2 VIDA ÚTIL.....	26
2.2.1 CAUSAS DE DETERIORO DE ALIMENTOS.....	27
2.2.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DETERIORO DE ALIMENTOS.....	33
2.3 CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS.....	35
2.3.1 REFRIGERACIÓN.....	36
2.3.2 CONGELACIÓN.....	37
2.3.3 ENVASADO DE ALIMENTOS.....	40
2.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD.....	43
2.4.1 MÉTODOS FÍSICOS.....	44
2.4.2 MÉTODOS QUÍMICAS.....	45
2.4.3 MÉTODOS BIOLÓGICOS.....	48
2.5 TRUCHA.....	49

2.5.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS .....	50
2.5.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL .....	51
2.5.3 PRODUCCIÓN DE TRUCHA .....	53
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	57
3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN .....	57
3.2 MATERIALES .....	57
3.2.1 INSUMOS.....	57
3.2.2 REACTIVOS .....	57
3.2.3 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS .....	58
3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS .....	59
3.3.1 QUÍMICAS .....	59
3.3.2 MICROBIOLÓGICO.....	61
3.3.3 FÍSICOS.....	62
3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL .....	63
3.4.1 MATERIA PRIMA .....	64
3.4.2 EVISCERADO Y LAVADO.....	64
3.4.3 FILETEADO.....	64
3.4.4 LAVADO.....	64
3.4.5 ENVASADO.....	64
3.4.6 CONGELADO .....	65
3.4.7 ALMACENADO .....	65
3.5 VARIABLES DE ESTUDIO.....	65

3.6 VARIABLES DE RESPUESTA.....	65
3.7 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ESTADÍSTICOS.....	65
3.7.1 DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN .....	66
3.7.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ARRHENIUS .....	66
3.7.3 CONSTRUCCIÓN DE ECUACIONES DE MODELOS MATEMÁTICOS .....	67
3.8 PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA REGRESIÓN.....	68
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	70
4.1 DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO EN LOS CAMBIOS DE LOS INDICADORES DE CALIDAD .....	70
4.1.1 NIVELES DE NITRÓGENO BÁSICO VOLÁTIL TOTAL (NBVT).....	70
4.1.2 ÍNDICE DE PERÓXIDOS (IP) .....	72
4.1.3 AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES (AMT) .....	75
4.1.4 pH.....	78
4.1.5 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) .....	80
4.2 CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS BASADOS EN LOS INDICADORES DE CALIDAD EN FILETE DE TRUCHA CONGELADA.....	82
4.2.1 ESTIMACIÓN DE LAS ÓRDENES DE REACCIÓN .....	82
4.2.2 CINÉTICA DE ARRHENIUS .....	84

4.2.3 EVALUACIÓN DE LOS MODELOS DE ARRHENIUS PARA LOS INDICADORES DE CALIDAD .....	86
4.3 DESARROLLO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS VÁLIDOS CONSTRUIDOS PARA LA PREDICCIÓN DE VIDA ÚTIL EN FILETES DE TRUCHA CONGELADA PARA CADA TIPO DE ENVASADO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN CONGELACIÓN.....	89
V. CONCLUSIONES .....	93
VI. RECOMENDACIONES.....	95
VII. REFERENCIAS .....	96
ANEXOS .....	103

**INDICE DE ANEXOS**

	Pág.
Anexo A: Envasado y almacenamiento de filetes de trucha arco iris .....	103
Anexo B: Fichas técnicas de envases .....	107
Anexo C: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de niveles de nitrógeno básico volátil total (NBVT) en filete de trucha congelada durante el almacenamiento .....	109
Anexo D: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de valores de Índice de peróxidos en filete de trucha congelada durante el almacenamiento .....	111
Anexo E: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de Conteos de aerobios mesófilos totales (AMT) en filete de trucha congelada durante el almacenamiento .....	113
Anexo F: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de pH en filete de trucha congelada durante el almacenamiento .....	115
Anexo G: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de Conductividad eléctrica (CE) en filete de trucha congelada durante el almacenamiento .....	117
Anexo H: Evaluación mediante análisis de varianza de los modelos de Arrhenius para los indicadores de calidad .....	119
Anexo I: Informe de resultados de análisis de laboratorio .....	124

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1:</b> Niveles de Nitrógeno Básico volátil total de salmón coho ( <i>Oncorhynchus kisutch</i> ) almacenado a -20 °C durante un año.....	46
<b>Figura 2:</b> Producción mundial de la pesca de captura y acuicultura .....	54
<b>Figura 3:</b> Evolución de la producción de Trucha Arco Iris a nivel mundial (2011 – 2016) .....	54
<b>Figura 4:</b> Diagrama de flujo de procesamiento para la obtención de filetes de trucha arco iris congelada .....	63
<b>Figura 5:</b> Presentación grafica de los resultados de niveles de nitrógeno básico volátil total (NBVT) (mg N/100 g) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas .....	70
<b>Figura 6:</b> Presentación grafica de los resultados de los valores del índice de peróxidos (IP) (meq/kg) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas .....	73
<b>Figura 7:</b> Presentación grafica de valores de conteos aerobios mesófilos totales (AMT) (Ufc/g) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.....	75
<b>Figura 8:</b> Presentación grafica de valores de pH de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas .....	78
<b>Figura 9:</b> Presentación grafica de valores de conductividad eléctrica CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas .....	80

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1:</b> Límites permisibles de microorganismos presentes en: Productos hidrobiológicos crudos (frescos, refrigerados, congelados, salpresos o ahumados en frío) .....	33
<b>Tabla 2:</b> Límites de aceptación para Nitrógeno básico volátil total para productos pesqueros y acuícolas.....	46
<b>Tabla 3:</b> Parámetros Valor de Peróxido en truchas eviscerada arco iris almacenamiento en hielo.....	48
<b>Tabla 4:</b> Principales características para la diferenciación de la trucha arco iris .....	51
<b>Tabla 5:</b> Composición química nutricional del filete fresco de trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ) por 100 g.....	52
<b>Tabla 6:</b> Principales ácidos grasos presentes en filete de trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	52
<b>Tabla 7:</b> Componentes minerales presentes en filete de trucha arco iris ( <i>Oncorhynchus mykiss</i> ).....	53
<b>Tabla 8:</b> Producción mundial de la Trucha Arco Iris en TM (2011-2016).....	55
<b>Tabla 9:</b> Ranking de la producción de Trucha Arco Iris, en América en TM (2016) .....	56
<b>Tabla 10:</b> Producción de Trucha Arco Iris (TM), por departamentos (2011 – 2016) .....	56
<b>Tabla 11:</b> Estimaciones de las órdenes de reacción mediante los valores de coeficientes de determinación para los indicadores de calidad en dos tipos de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.....	83

**Tabla 12:** Estimaciones de los parámetros del modelo de Arrhenius para los indicadores de calidad de los filetes de trucha arco iris envasado en dos presentaciones y almacenado a diferentes temperaturas..... 85

**Tabla 13:** Predicción del tiempo de vida útil mediante el modelo de Arrhenius basados en los indicadores AMT y CE para filete de trucha congelada almacenada a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . ..... 91

## ACRÓNIMOS

NBVT	: Nitrógeno Básico volátil total (mg N/100 g)
IP	: Índice de peróxidos (meq/kg)
AMT	: Aerobios mesófilos totales (Ufc/g)
CE	: Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{s/cm}$ )
pH	: Potencial de hidrógeno
CCB	: Cámara de comercio de Bogotá de Colombia
k	: Constante de velocidad
Co	: Indicador de Calidad inicial
$C_f$	: Indicador de Calidad final
$k_o$	: Constante pre exponencial
Ea	: Energía de activación
R	: Constante de gas (8.314 J mol <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )
T	: Temperatura absoluta (°K)
OTMA	: Óxido de trimetilamina
TMA	: Trimetilamina
DMA	: Dimetilamina
Ufc	: Unidades formadoras por colonia
MINSA	: Ministerio de Salud del Perú
SANIPES	: Organismo Nacional de Sanidad Pesquera del Perú
aw	: Actividad de agua
HDPE	: Polietileno de alta densidad
LDPE	: Polietileno de baja densidad
MDPE	: Polietileno de densidad media
LLDPE	: Polietileno lineal de baja densidad

- BOPA : Poliamida Biorientada
- CPA : Poliamida Cast
- IWP : Envasado Individual Wrap Pack (con aire)
- VP : Envasado Vac Pack (al vacío)
- FONDEPES : Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero del Perú
- PRODUCE : Ministerio de la Producción del Perú

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue: Determinar la vida útil del filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) congelada en dos presentaciones de envasado mediante pruebas aceleradas. Las variables experimentales fueron la temperatura de almacenamiento (1.1 °C, -2.5 °C, -9.0 °C y - 11.6°C) y tipos de envasado (al vacío y normal con aire) y se planteó como las variables de respuesta los indicadores de calidad; nitrógeno básico volátil total (NBVT), índice de peróxidos (IP), aerobios mesófilos totales (AMT), pH y conductividad eléctrica (CE) durante 28 días. Para los cuales se determinaron los efectos de las variables experimentales sobre los indicadores de calidad, también se construyó modelos matemáticos de predicción basados en las variables de respuesta. El coeficiente de determinación y análisis de varianza para probar la significancia de las ecuaciones fueron los criterios básicos que se utilizaron para determinar los indicadores de calidad adecuados para realizar predicciones válidas. Los resultados mostraron que el NBVT, IP y pH no se ven afectados significativamente por la temperatura de almacenamiento, poseen altos coeficientes de determinación en las ecuaciones encontradas, sin embargo, no muestran significancia para realizar predicciones válidas. Por el contrario, los indicadores de AMT y CE se ven afectados por la temperatura, poseen altos coeficientes de determinación en las ecuaciones encontradas y muestran existencia de regresión resultando ser significativos y adecuados para realizar las predicciones. Utilizando las ecuaciones obtenidas para los indicadores de AMT y CE se alcanzó una vida útil estimada, para los filetes de trucha congelada almacenada a -18 °C, de 18 a 22 meses para el envasado al vacío y de 12 a 16 meses para el envasado normal con aire. Por lo tanto, los modelos de Arrhenius basados en AMT y CE podría ser una herramienta de gran ayuda para modelar los cambios de calidad de los filetes de trucha arco iris almacenado en congelación.

**Palabras Clave:** Trucha, congelación, predicción, vida útil, indicadores de calidad.

## ABSTRACT

The objective of the investigation was: To determine the shelf life of the rainbow trout fillet (*Oncorhynchus mykiss*) frozen in two packaging presentations by accelerated tests. The experimental variables were the storage temperature (1.1 ° C, -2.5 ° C, -9.0 ° C and - 11.6 ° C) and types of packaging (vacuum and normal with air) and the indicators were considered as the response variables quality; Total volatile basic nitrogen (NBVT), peroxide index (IP), total mesophilic aerobes (AMT), pH and electrical conductivity (EC) for 28 days. For which the effects of the experimental variables on the quality indicators were determined, mathematical prediction models based on the response variables were also constructed. The coefficient of determination and analysis of variance to test the significance of the equations were the basic criteria that were used to determine the appropriate quality indicators to make valid predictions. The results showed that the NBVT, IP and pH are not significantly affected by the storage temperature, they have high coefficients of determination in the equations found, however, they do not show significance to make valid predictions. On the contrary, the AMT and CE indicators are affected by temperature, have high coefficients of determination in the equations found and show the existence of regression proving to be significant and adequate to make the predictions. Using the equations obtained for the AMT and CE indicators, an estimated useful life was reached, for frozen trout fillets stored at -18 ° C, 18 to 22 months for vacuum packaging and 12 to 16 months for packaging normal with air. Therefore, the Arrhenius models based on AMT and CE could be a great help to model the quality changes of freezer-stored rainbow trout fillets.

**Keywords:** Trout, freezing, prediction, shelf life, quality indicators.

## I. INTRODUCCIÓN

El Perú se ha convertido en un importante país pesquero acuícola a nivel mundial, tal es así que en el año 2016 ocupó el quinto lugar en la producción de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) a nivel del mundo, y esto se debe a la riqueza de la diversidad biológica y que cuenta con bastos recursos hídricos lénticos y lóticos en condiciones fisicoquímicas y biológicas adecuadas para el desarrollo de la acuicultura (FONDEPES, 2014).

La actividad en torno a la trucha arco iris en el Perú viene creciendo vertiginosamente en los últimos años. Esto es debido al alto valor nutricional y comercial que es muy apreciada por los consumidores Europeos (Lianou, Panagou, & Nychas, 2016). Y otros países de América y Asia y de igual forma en el mercado interno de Perú que cada vez va incrementando el consumo y ello se debe también a la elaboración de productos con valor agregado (PRODUCE, 2018).

Debido al incremento del consumo de los productos pesqueros es que también ha incrementado la vigilancia Sanitaria a nivel mundial. A fin de minimizar cualquier riesgo de intoxicación, transmisión de enfermedades por el alimento y los fraudes que puedan ocurrir sobre la calidad de los alimentos para el consumo humano. Es por ello que las Autoridades Sanitarias en representación de los consumidores están ejerciendo una mayor presión a empresas procesadoras de alimentos, con el fin de asegurar la protección de los consumidores a través del mejoramiento de las leyes en materia de inocuidad alimentaria. Por lo que la industria de procesamiento de alimentos debe asegurar en proveer alimentos inocuos y de calidad, para lo cual las compañías deben realizar diversas investigaciones para llegar a tal fin y una de esas investigaciones está relacionada con estudios de vida útil.

Actualmente se vienen desarrollando diversas investigaciones con el objeto de construir modelos matemáticos para la predicción de vida útil durante el almacenamiento con diversos indicadores de calidad y a diferentes temperaturas de refrigeración y congelación. Así también estudios para extender la vida útil. Y esto se debe a que la trucha es un producto extremadamente perecedero, principalmente debido a su alto nivel de humedad, contenido nutricional, crecimiento microbiano y actividad enzimática (Lianou et al., 2016).

Hoy en día la conservación de trucha a través de la refrigeración y congelación viene siendo como la alternativa de mayor elección y esto obedece a que los productos refrigerados poseen prácticamente todo el valor nutritivo y las características organolépticas del alimento original siendo considerados por los consumidores “frescos” y “saludables” como indica Fellows (1994). Y de forma similar la congelación cuando es realizado adecuadamente las características organolépticas y el valor nutritivo del alimento apenas uno si resultan afectados, y la ventaja de estos productos es que poseen una vida útil de 6 meses a 2 años según Lianou et al. (2016). E inclusive podría ser mayor si se recurre a las tecnologías de envasado que ofrecen un mayor control en las reducciones de las reacciones químicas, enzimáticas y microbianas responsables del deterioro durante su almacenamiento y comercialización (García, Gago, & Fernández, 2006).

Es así que esta investigación aborda un estudio referido a la vida útil de filetes de trucha congelada envasada en presentaciones que son de común uso en países europeos, americanos y asiáticos. La investigación se desarrolla mediante pruebas aceleradas, debido a que estos productos poseen una vida útil relativamente prolongadas. En consecuencia, el presente trabajo de investigación plantea como objetivo general:

Determinar la vida útil del filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) congelada en dos presentaciones de envasado mediante pruebas aceleradas.

Los objetivos específicos son:

- Determinar el efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de calidad de niveles de nitrógeno básico volátil total, índice de peróxidos, aerobios mesófilos totales, pH y conductividad eléctrica en filete de trucha congelada durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

- Construir modelos matemáticos formulados a partir de las diferentes temperaturas de almacenamiento y tipo de envasado para los indicadores de calidad de niveles de nitrógeno básico volátil total, índice de peróxidos, aerobios mesófilos totales, pH y conductividad eléctrica en filete de trucha congelada.

- Desarrollar modelos de predicción de indicadores de calidad en filetes de trucha congelada para cada tipo de envasado durante el almacenamiento en congelación utilizando el Modelo de Arrhenius.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 PRUEBAS ACELERADAS

Se consideran las pruebas aceleradas como uno de los tres tipos de procedimientos para determinar la vida útil de un producto, así mismo indica que se puede recurrir a los procedimientos de pruebas estáticas y pruebas de uso/abuso para la determinación de vida útil (Phimolsiripol & Suppakul, 2016).

Las pruebas aceleradas es considerado un método corto de determinación de la vida útil en alimentos de larga duración (Ellis, 1994). En cambio las pruebas estáticas requiere mucho tiempo para observar los cambios y además resulta siendo más costoso.

Según Phimolsiripol & Suppakul (2016) señalan que la simulación acelerada de la vida útil se refiere a cualquier método que sea capaz de evaluar la estabilidad del producto, en un período significativamente más corto que la vida útil real del producto. Pero en general se basan en colocar el alimento en condiciones extremas de temperatura, humedad y luz para predecir el tiempo de duración del producto.

Según la CCB (2018) señala que la importancia de este método de determinación de vida útil parte en los fabricantes que son los responsables de realizar los estudios de vida útil y colocarla en el empaque junto con las condiciones de almacenamiento requeridas para lograr dicho tiempo. Este tipo de estudios ayudan a minimizar los costos, es decir, se reduce el retorno de producto alterado, pérdida de la imagen de la compañía, y otros. Y permite, también, saber con antelación qué puntos débiles presenta el producto y poder modificarlo para alargar su vida comercial. Para esto las industrias alimentarias requieren un tiempo relativamente corto para obtener la información necesaria para determinar la vida útil de sus productos. Por razones prácticas, cuando el tiempo de almacenamiento real es largo, la industria generalmente utiliza técnicas de prueba

aceleradas que acortan considerablemente el proceso de obtención de los datos experimentales necesarios.

Actualmente, se ha reportado estudio de vida útil mediante pruebas aceleradas en pasta de tomate (García, Molina, & Chacón, 2012). Asimismo, se ha reportado en mayonesa (García & Molina, 2008). También, se ha reportados en quesos (Sánchez & Pérez, 2016). Además, se ha reportado también en alcachofa (Rojas, Arteaga, Barraza, Méndez, & Miano, 2010).

### **2.1.1 PROCEDIMIENTO DE PRUEBAS ACELERADAS**

Según Phimolsiripol & Suppakul (2016) describen el procedimiento y además las consideraciones para la realización de pruebas de vida útil acelerada, siendo las siguientes:

- Los factores de composición del producto deben mantenerse constantes.
- Los parámetros calidad deben definirse y determinarse como la primera prioridad para la vida útil del producto.
- Seleccionar los factores de deterioro que causarán la pérdida de calidad y la inaceptabilidad. Como los factores ambientales temperatura, la humedad relativa, la luz, u otros, como los factores cinéticamente activos deseados para la aceleración del proceso de deterioro.
- Determinar cuánto tiempo se mantendrá el producto a cada temperatura de prueba y determinar la frecuencia del tiempo de prueba entre las pruebas a temperatura.
- Calcular el número total de muestras que se deben almacenar a cada valor de los factores de deterioro.
- El paso final es la realización de un estudio cinético del proceso de deterioro a tales niveles de los factores de aceleración. Sin embargo, si la tasa de deterioro es demasiado rápida o demasiado lenta, entonces la frecuencia de muestreo se puede aumentar o

disminuir según sea apropiado. La predicción de la vida útil se puede predecir construyendo los gráficos de la vida útil para determinar la vida útil en condiciones normales de almacenamiento utilizando los datos de extrapolación o el modelo cinético para predecir la vida útil en condiciones reales de almacenamiento.

### **2.1.2 MODELOS MATEMÁTICOS**

De acuerdo con Kong & Singh (2011) señalan la predicción cuantitativa del deterioro químico y la inestabilidad física es crítica para estimar la vida útil de los productos alimenticios. Esto se puede hacer mediante el uso de modelos matemáticos. El modelado matemático del deterioro de la calidad se realiza comúnmente para describir el destino de los indicadores de calidad en función de los factores intrínsecos y extrínsecos en la cadena alimentaria. Hay una serie de métodos de modelado, en los cuales el modelado cinético es el más utilizado. El modelado cinético implica que los parámetros cinéticos característicos están contenidos en los modelos matemáticos, como las constantes de velocidad y las energías de activación. El modelado cinético se ha utilizado para caracterizar el crecimiento microbiológico y los cambios en la textura y el color, así como las reacciones químicas y bioquímicas en los alimentos durante el procesamiento y almacenamiento. Para desarrollar estos modelos, se necesitan experimentos para recopilar datos que relacionen el cambio en la calidad de los alimentos con las condiciones de almacenamiento dadas. El modelo se puede desarrollar mediante el análisis estadístico de los datos experimentales para determinar los parámetros cinéticos y buscar relaciones matemáticas.

#### ***a. Cinética de deterioro de los alimentos y predicción de vida útil***

Los alimentos son sistemas físico-químicos y biológicamente activos, por consiguiente, la calidad de los alimentos es un estado dinámico que se mueve continuamente hacia niveles más bajos. En consecuencia, la cinética de deterioro de los

alimentos se puede expresar matemáticamente por medio de ecuaciones de relación. Aplicando los principios fundamentales de la cinética química, los cambios en la calidad de los alimentos pueden expresarse como una función de la composición de los mismos y de los factores ambientales (Casp & Abril, 1999).

Desde el punto de vista de Singh (1994) refiere que la cinética química implica el estudio de las tasas y mecanismos mediante los cuales una especie química se convierte en otra. Además, Gonzáles (2001) menciona que la cinética química trata del estudio de la velocidad de reacción química y de los distintos factores que influyen en ella. En definitiva, Kong & Singh (2011) afirman que la tasa de reacciones químicas es un determinante importante de los cambios en la calidad de los alimentos y la vida útil, donde la velocidad de una reacción química o el deterioro de un indicador de calidad se define como el cambio de concentración de un reactivo o factor de calidad en un momento dado.

Además, Walker (1994) señala que los modelos cinéticos a menudo son más útiles, ya que no solo indican la capacidad de crecimiento, sino que también brindan información sobre la tasa y el grado de crecimiento que se produce en un período de tiempo determinado. La principal ventaja de los modelos predictivos es que se pueden usar para predecir el destino de los microorganismos en condiciones no probadas específicamente durante la construcción del modelo.

#### - *Análisis cinético*

La velocidad de cambio en la frescura de los productos durante el almacenamiento se puede caracterizar por la ley general de tasas (Singh, 1994; Kong & Singh, 2011).

$$-\frac{dC}{dt} = kC^n \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

C : Indicador de Calidad (Niveles de NBVT, Índice de Peróxidos, pH o Aerobios mesófilos totales) en el tiempo (días)

$k$  : Constante de velocidad

" $n$ " : Orden de la reacción.

A juicio de Gonzáles (2001) sostiene que normalmente se trabaja con las ecuaciones cinéticas integradas, las cuales se obtienen integrando la ecuación (1) dando como resultado la ecuación cinética de cero, primer y segundo orden de la siguiente manera:

Para una reacción de orden cero:

$$C - C_0 = kt \dots\dots\dots (2)$$

Para una reacción de primer orden:

$$\ln C - \ln C_0 = -kt \dots\dots\dots (3)$$

Para una reacción de segundo orden:

$$\frac{1}{C} - \frac{1}{C_0} = kt \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

$C_0$  : Indicador de Calidad inicial.

$C$  : Indicador de Calidad final.

Según Singh (1994) menciona que la mayoría de las reacciones que muestran pérdidas en la calidad de los alimentos se pueden describir en orden cero o de primer orden. Es así que Liu, Jiang, Shen, Luo, & Gao (2015) encontraron que el orden de reacción para los atributos de calidad como conteos aeróbicos totales, conductividad eléctrica, valor K y evaluación sensorial en la trucha son descritos adecuadamente mediante ecuaciones cinéticas de orden cero. Igualmente, Phimolsiripol & Suppakul (2016) afirman que la mayoría de las reacciones que son responsables de la pérdida de vida útil en alimentos congelados basada en un índice fisicoquímico, químico o microbiano característico se describen en orden cero.

- Ecuación de Arrhenius

Desde el punto de vista de Kong & Singh (2011) refieren que la temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la vida útil de los alimentos. En este sentido Singh (1994) menciona que la influencia de la temperatura en la velocidad de reacción se puede describir utilizando la relación de Arrhenius.

$$k = k_0 \exp\left[\frac{-E_a}{RT}\right] \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$k_0$  : Constante pre exponencial

$E_a$  : Energía de activación,

$R$  : Constante de gas (8.314 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

$T$  : Temperatura absoluta (°K)

La ecuación (5) conocido como la ecuación de Arrhenius expresa la dependencia de la velocidad de la reacción con las concentraciones de los reactivos. Sin embargo, la velocidad de una reacción varía ampliamente con la temperatura (Avery, 2002). De manera semejante González, González, González, Gutiérrez, & Gutiérrez (1999) mencionan que la ecuación de Arrhenius ha demostrado ser válida para representar el comportamiento de la constante de velocidad con la temperatura para la mayoría de las reacciones químicas y en un amplio intervalo de temperaturas.

En investigaciones Liu et al. (2015) revelan en su estudio de predicción de la calidad de los filetes de trucha arcoiris durante el almacenamiento a diferentes temperaturas que los modelos de Arrhenius basados en conductividad eléctrica y conteos aeróbicos totales fueron aceptables, mientras que los basados en valores de evaluación sensorial y valor K mostraron resultados desalentadores a los pocos días.

- *Estimación de parámetros cinéticos*

Para describir la influencia de la temperatura en las velocidades de reacción, como el uso de la expresión de Arrhenius, es necesario conocer los valores de los parámetros cinéticos, como la constante de velocidad y la energía de activación. Uno de los procedimientos comúnmente empleado para determinar estos parámetros cinéticos es: El método de regresión lineal, es necesario obtener constantes de velocidad para al menos tres temperaturas diferentes. Dado que esta gráfica debe ser una línea recta, se utilizan procedimientos de regresión lineal para determinar la pendiente y la intersección, obteniendo así valores para el factor pre exponencial y la energía de activación en la ecuación (Singh, 1994).

## **2.2 VIDA ÚTIL**

La vida útil es una característica importante de todos los alimentos. Por tanto, todos los involucrados en el manejo de los alimentos deben ser conscientes de ello. Además, refiere que la vida útil de un producto alimenticio se puede definir como el tiempo entre la producción y el punto en el que se vuelve inaceptable en condiciones ambientales definidas (Ellis, 1994). Así mismo, Kong & Singh (2011) indica que la calidad de un alimento cambia con el tiempo lo que afecta su vida útil.

De acuerdo con Garthwaite (2009) Considera que el pescado se encuentra entre los alimentos mas deteriorables. Asi mismo según Liu et al. (2015) indican que la trucha arco iris es una especie de pez de agua fría con alto valor comercial y muy apreciada por los consumidores. Pero es un producto extremadamente perecedero, principalmente debido a su alto nivel de humedad, rico contenido nutricional, crecimiento microbiano y actividad enzimática.

### 2.2.1 CAUSAS DE DETERIORO DE ALIMENTOS

Durante el almacenamiento y la distribución, los alimentos están expuestos a una amplia gama de condiciones ambientales. Los factores ambientales como la temperatura, la humedad, el oxígeno y la luz pueden desencadenar varios mecanismos de reacción que pueden conducir a la degradación de los alimentos. Como consecuencia de estos mecanismos, los alimentos pueden ser alterados hasta tal punto que son rechazados por el consumidor o pueden ser dañinos para la persona que los consume (Singh, 1994). De igual forma Ellis (1994) menciona que los cambios en la mayoría de los casos hacen que los alimentos sean menos atractivos, agradables y en última instancia no aptos para el consumo.

#### *a. Causas físicas*

Los cambios físicos son causados por el mal manejo de los alimentos por ejemplo en el caso de los alimentos congelados las temperaturas fluctuantes a menudo son perjudiciales (Singh, 1994).

##### *- Daño mecánico*

Puede ocurrir durante las operaciones, empaque, el manejo y el transporte, en los cuales el producto está sujeto a uno o más tipos de carga de compresión, impacto y vibración (Singh, 1994).

##### *- Formación de cristales*

Según Garthwaite (2009) menciona que durante la congelación la eliminación lenta del calor hace que la congelación sea también lenta, produciendo cristales de hielo de tamaño mayor pero en menor número, lo que favorece la rotura de las paredes celulares y conducen a una pérdida de fluidos y cambios de textura en el momento de la descongelación. De igual forma Kong & Singh (2011) mencionan que los cristales de hielo que se forman durante la congelación afectan los parámetros de calidad de los

alimentos congelados almacenados. La velocidad de crecimiento de los cristales es más grave cuando se aplican procesos de congelación lenta o ciclos múltiples de congelación/descongelación, debido a la migración del líquido desde el interior de la célula al espacio extracelular, lo que contribuye a la formación de grandes cristales de hielo extracelulares que interrumpen la ultraestructura de las células. La congelación rápida minimiza la migración de agua al espaciado extracelular y, en consecuencia, promueve la formación de hielo intracelular más pequeño.

### ***b. Causas químicas***

Durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos se producen varios cambios químicos que involucran los componentes internos de los alimentos y los factores ambientales externos. Estos cambios pueden causar el deterioro de los alimentos y reducir la vida útil (Singh, 1994). En efecto Kong & Singh (2011) indican que el mayor deterioro químico incluye la oxidación de los lípidos y la hidrólisis que causan rancidez y disgusto, la degradación enzimática que conduce a cambios de color y textura, reacciones inducidas por la luz que catalizan la oxidación de los lípidos e hidrólisis y oxidación de las proteínas.

#### ***- Oxidación de lípidos***

Los lípidos son los macro constituyentes menos estables en los alimentos, además la presencia de ácidos grasos insaturados en los alimentos es la razón principal para el desarrollo de la rancidez durante el almacenamiento, siempre que haya oxígeno disponible. Si bien el desarrollo de sabores desagradables es notoriamente notable en los alimentos rancios, la generación de radicales libres durante el proceso auto catalítico conduce a otras reacciones indeseables, como la pérdida de vitaminas, la alteración del color y la degradación de las proteínas (Singh, 1994). Kong & Singh (2011) consideran que la oxidación de lípidos son un problema importante que afecta la vida útil de los

alimentos grasos, especialmente aquellos que contienen ácidos grasos con altos niveles de insaturación.

La oxidación de los lípidos ocurre cuando los dobles enlaces de un ácido graso son atacados por el oxígeno, el hidrógeno y las enzimas. Los mecanismos generales de los procesos oxidativos implican tres etapas de autooxidación: (1) iniciación, (2) propagación y (3) terminación, catalizada por metales de transición, enzimas y fotosensibilizadores. Los productos primarios de la oxidación de lípidos son hidroperóxidos, que son compuestos inestables y tienden a descomponerse en productos de oxidación secundarios, incluidos los aldehídos, las cetonas y los alcoholes, que son los productos volátiles que causan un desprendimiento en los productos (Kong & Singh, 2011).

Singh (1994) indica que las tasas de oxidación de lípidos están influenciadas por varios factores. La temperatura ambiental es una variable importante. La presencia de oxígeno en las inmediaciones de los alimentos conduce a un aumento de las tasas de oxidación. Del mismo modo, el agua juega un papel importante; La oxidación de lípidos se produce a tasas elevadas en actividades de agua muy bajas. De igual modo Kong & Singh (2011) señalan que la temperatura y el oxígeno son los factores críticos que influyen en la velocidad de oxidación. La velocidad de oxidación aumenta exponencialmente con la temperatura. Sin embargo, el almacenamiento a baja temperatura retarda la oxidación de lípidos.

- *Degradación enzimática*

Según Kong & Singh (2011) manifiestan que otro mecanismo de degradación de los lípidos implica la rancidez lipolítica/hidrolítica. Por ejemplo, las enzimas lipolíticas lipasas catalizan la lipólisis, dando como resultado olores y desagradables. Los ácidos grasos libres tienen longitudes de cadena más cortas, umbrales de sabor más bajo y, a

veces, sabores y olores rancios. La hidrólisis lipídica puede ocurrir incluso a temperaturas congeladas.

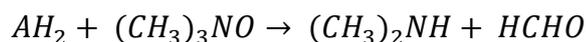
- *Dimetilamina, formaldehído y nitrógeno básico volátil total*

Según Timm & Jørgensen (2002) señalan que la frescura es uno de los criterios más importantes para la calidad de los productos pesqueros. Sin embargo, el pescado sufre cambios irreversibles (color, textura, olor) poco después de la cosecha, lo que resulta en una pérdida de calidad. Un notable cambio químico por deterioro post mortem es la acumulación gradual de ciertos compuestos de aminas volátiles en la carne. La evaluación química del deterioro de los productos de la pesca se remonta a hace aproximadamente un siglo, cuando se publicó la determinación de las bases nitrogenadas volátiles (NBVT) como método estándar para la inspección de peces. Desde entonces el análisis de NBVT se ha aplicado ampliamente para evaluar la calidad de los pescados y mariscos. En definitiva, Landeros & López (2005) señalan que las aminas volátiles y no volátiles se han descrito como índices químicos para medir el grado de frescura del pescado.

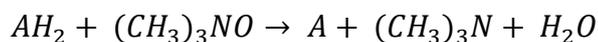
Desde el punto de vista de Timm & Jørgensen (2002) y Landeros & López (2005) mencionan que el óxido de trimetilamina (OTMA) es uno de los componentes nitrogenados no proteicos más abundantes en los peces de origen marino y se encuentra en distintas concentraciones dependiendo de la especie, estación del año, tamaño, y edad. Por otra parte, según Huss (1999) señala que recientemente ha sido reportado en algunos peces de agua dulce que contienen altas cantidades de OTMA.

El OTMA corresponde a una sal de amonio cuaternario que se reduce por acción de enzimas de origen endógeno, que se encuentran presentes en el músculo del pescado, o de origen exógeno, correspondientes a las enzimas reductoras de las bacterias en el curso del deterioro del pescado (Landeros & López, 2005).

Origen endógeno (Vía predominante en pescados congelados).



Origen exógeno (Vía predominante en pescados refrigerados).



El nitrógeno básico volátil total (NBVT) contiene DMA, TMA y amoníaco, además trazas de monometilaminas y propilamina, que se formarían en etapas avanzadas de la descomposición de pescados. Los compuestos del NBVT se originan de OTMA y de aminoácidos libres por mecanismos diferentes; por lo tanto, este índice representa el efecto convergente de varias transformaciones. Esta falta de especificidad es justamente uno de sus méritos, pues el Amoníaco y las aminas volátiles son metabolitos ubicuos de la descomposición de peces, moluscos y crustáceos marinos. En los productos congelados no hay aumento del NBVT, de modo que las cantidades encontradas pueden servir como indicador del estado de frescura inicial.

### *c. Causas biológicas*

Según Pascual & Calderón (1999) mencionan que los alimentos no son productos absolutamente estériles. Sus poblaciones microbianas varían, desde un escaso número a cifras importantes en alimentos fermentados. Además, en ocasiones pueden vehicular agentes microbianos patógenos o sus toxinas, con riesgo para la salud del consumidor. Por otra parte, Huss (1999) señala que los microorganismos en los pescados se encuentran en todas las superficies externas (piel y branquias) y en los intestinos de los peces vivos y recién capturados. El número total de microorganismos varía enormemente. Sin embargo, se establece como rango normal  $10^2 - 10^7$  Ufc/cm<sup>2</sup> en la superficie de la piel. Las branquias e intestinos contienen entre  $10^3 - 10^9$  Ufc/g. Además, la flora bacteriana en pescados recién capturados depende más del medio ambiente de captura, que de la

especie. Los pescados capturados en aguas muy frías y limpias contienen menor número de microorganismos, mientras que el pescado capturado en aguas cálidas presenta recuentos ligeramente superiores.

En los alimentos industrializados según ICMSF (2000) señala que, los alimentos (excepto como los productos fermentados) deben ser considerados como inadecuados para el consumo cuando contienen un gran número de microorganismos, aun cuando estos microorganismos no sean conocidos como patógenos y no hayan alterado de forma apreciable los caracteres organolépticos del alimento.

- *Bacterias del deterioro*

Según Huss (1999) menciona que el número total de bacterias en el pescado raramente indica la calidad sensorial o duración en almacén. Sin embargo, se reconoce que ciertas bacterias son las principales causantes del deterioro como la *Shewanella putrefaciens*. Por otro lado, el MINSA (2008) realiza una referencia de los criterios microbiológicos en alimentos en el cual agrupa como:

(1)*Microorganismos indicadores de alteración*: Son aquellos microorganismos asociados con la vida útil y alteración del producto tales como microorganismos aerobios mesófilos, bacterias heterotróficas, aerobios mesófilos esporulados, mohos, levaduras, levaduras osmófilas, bacterias ácido lácticas y microorganismos lipolíticos.

(2)*Microorganismos indicadores de higiene*: Se encuentran los microorganismos no patógenos que suelen estar asociados a ellos, como Coliformes, *Escherichia coli*, anaerobios sulfitos reductores, *Enterobacteriaceas*.

(3)*Microorganismos patógenos*: Corresponden a microorganismos patógenos tales como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Clostridium perfringens*, cuya cantidad en los alimentos condiciona su peligrosidad para causar enfermedades alimentarias. Además, están también los microorganismos patógenos tales como *Salmonella sp*,

*Listeria monocytogenes*, *Escherichia coli* O157:H7 y *Vibrio Cholerae* entre otros patógenos cuya sola presencia en los alimentos condiciona su peligrosidad para la salud.

De igual forma, SANIPES (2016) asocia a los microorganismos aerobios mesófilos a la vida útil y alteración de los productos, en la Tabla 1 establece los límites máximos de estos microorganismos para los productos hidrobiológicos (frescos, refrigerados, congelados, salpessos o ahumados en frío) en pescados.

**Tabla 1:** Límites permisibles de microorganismos presentes en: Productos hidrobiológicos crudos (frescos, refrigerados, congelados, salpessos o ahumados en frío).

MICROORGANISMOS	Categoría	Plan de Evaluación		Límites	
		n	C	m	M
Aerobios mesófilos (30 °C)	3	5	3	5x 10 <sup>5</sup> Ufc/g	10 <sup>6</sup> Ufc/g
<i>Escherichia coli</i>	6	5	3	10 Ufc/g	10 <sup>2</sup> Ufc/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	7	5	2	10 <sup>2</sup> Ufc/g	10 <sup>3</sup> Ufc/g
<i>Salmonella spp</i>	10	5	0	Ausencia/25 g	
<i>Vibrio Cholerae</i>	10	5	0	Ausencia/25 g	
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	10	5	0	<3 NMP/g	

FUENTE: SANIPES (2016).

### 2.2.2 FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DETERIORO DE ALIMENTOS

Los factores ambientales como la temperatura, la humedad, el oxígeno y la luz pueden desencadenar varios mecanismos de reacción que pueden conducir a la degradación de los alimentos (Singh, 1994).

#### a. Temperatura

Desde el punto de vista de Kong & Singh (2011) indican que la temperatura es uno de los factores más importantes que afectan la vida útil de los alimentos. Por ejemplo, puede ocurrir un daño por congelación lenta o quemaduras, así también un aumento de la temperatura generalmente aumenta la velocidad de las reacciones químicas y biológicas que resultan en un deterioro más rápido. La dependencia de la velocidad de reacción de la temperatura se describe en la ecuación de Arrhenius.

### ***b. Actividad de agua y humedad***

El contenido de humedad y la actividad del agua ( $a_w$ ) son los factores más importantes, además de la temperatura, que afectan el crecimiento microbiano, así como la tasa de reacciones químicas y físicas de deterioro. La actividad del agua y el contenido de humedad se correlacionan a través de isotermas de sorción. La mayoría de los alimentos frescos se pueden considerar como alimentos con un alto contenido de humedad, con más del 50% p/p de agua y  $a_w$  de 0.90-0.99. Los alimentos de humedad intermedia tienen un contenido de agua de 10-50% y  $a_w$  de 0.60-0.90. El uso de materiales de embalaje mejorados minimiza la migración de humedad desde hacia el medio ambiente. En los alimentos, el agua funciona como disolvente, medio de reacción y reactivo. El aumento de  $a_w$  generalmente mejora las reacciones de deterioro (Kong & Singh, 2011).

### ***c. pH***

Desde el punto de vista de Kong & Singh (2011) refieren que el pH de un alimento afecta fuertemente la solubilidad y funcionalidad de las proteínas. La solubilidad máxima de la proteína suele ser, como mínimo, cerca del punto isoeléctrico, lo que tiene un efecto directo sobre su comportamiento y reacciones. El pH puede afectar fuertemente la actividad enzimática. Cada enzima tiene una región de pH para una estabilidad óptima. Los valores de pH extremadamente altos o bajos pueden resultar en una pérdida completa de actividad para la mayoría de las enzimas. Los cambios en el pH de los alimentos no solo afectan la función enzimática, sino que también cambian la forma o las propiedades de carga de otras proteínas, lo que afecta significativamente la estabilidad del almacenamiento de alimentos.

#### *d. Aire y oxígeno*

Según Kong & Singh (2011) mencionan que la presencia de oxígeno en un paquete no solo facilita el crecimiento de microbios y mohos aeróbicos, sino que también desencadena o acelera las reacciones oxidativas que resultan en el deterioro de los alimentos, incluido el desarrollo de malos olores, desagradables, cambios de color indeseables y una calidad nutricional reducida. El oxígeno afecta tanto a la velocidad como al orden aparente de las reacciones oxidativas. Sin embargo, las tecnologías de envasado en atmósfera protectora permiten un cierto control sobre las reacciones químicas, enzimáticas y microbianas responsables del deterioro de los alimentos durante su almacenamiento y comercialización.

### **2.3 CONSERVACIÓN DE ALIMENTOS**

Uno de los mayores desafíos para los tecnólogos de alimentos es preservar la calidad de los productos alimenticios durante un período prolongado. Es así que existe una variedad de métodos de procesamiento que están disponibles para la conservación de alimentos. Los enfoques tradicionales incluyen el procesamiento térmico (pasteurización, escaldado, cocción y esterilización), secado, refrigeración (refrigeración y congelación), extrusión y separación (filtración, centrifugación y membranas). Y se están investigando nuevas tecnologías de procesamiento, que incluyen alta presión hidrostática, campos eléctricos pulsados, calentamiento por microondas y calentamiento óhmico. Estas tecnologías ofrecen varias opciones para la conservación de alimentos y una vida útil más larga (Kong & Singh, 2011).

Fellows (1994) además menciona que la temperatura es un factor importante para mantener la calidad de los alimentos almacenados. Por lo que la reducción de la temperatura de un alimento retrasa los cambios que en este se producen durante su almacenamiento. Por lo general, cuanto más largo es el almacenamiento más baja es la

temperatura a la que el alimento deberá mantenerse por lo que la congelación se utiliza con frecuencia para prolongar la vida útil de los productos alimenticios. Sin embargo, si bien las temperaturas bajas estabilizan el alimento inhibiendo eventuales cambios en el mismo, éste no es un producto estéril y por tanto durante las operaciones de preparación deberán tomarse las precauciones oportunas.

### 2.3.1 REFRIGERACIÓN

Fellows (1994) señala que la refrigeración es aquella operación unitaria en la que la temperatura del producto se mantiene entre  $-1$  y  $8^{\circ}\text{C}$ . SANIPES (2016) precisa que el almacenamiento del pescado debe efectuarse con hielo en cámaras frigoríficas, isotérmicas o en pozas con agua de mar refrigerada a una temperatura menor o igual a  $4.4^{\circ}\text{C}$  a fin de asegurar su conservación.

La refrigeración se utiliza para reducir la velocidad de las transformaciones microbiana y bioquímicas que el alimento tiene lugar prolongando de esta forma la vida útil tanto en los alimentos frescos como elaborados (Fellows, 1994).

Desde el punto de vista de Cheftel & Cheftel (1992) mencionan que los alimentos refrigerados poseen prácticamente todo el valor nutritivo y las características organolépticas del alimento original y son considerados por el consumidor “frescos” y “saludables”. Sin embargo, el periodo de conservación varía mucho de una especie a otra, pero puede llegar hasta 1 o 2 semanas en pescado eviscerado y enfriado rápidamente a  $-1$  o  $-2^{\circ}\text{C}$ , mientras que la temperatura ordinaria se deteriora entre 24 y 48 horas.

Recientemente Liu et al. (2015) realizaron estudios de determinación de los cambios de calidad en conteos aeróbicos totales, conductividad eléctrica, valor K y evaluación sensorial en filetes de trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) durante el almacenamiento a diferentes temperaturas donde estableció el modelo de Arrhenius para predecir los cambios de los filetes de trucha arco iris durante el almacenamiento.

Obteniendo una vida útil de 9 y 12 días a unas temperaturas de 2.85 °C y -3.15 °C respectivamente. Por otro lado, Chytiri, Chouliara, Savvaidis, & Kontominas (2004) señalan en su investigación que la vida útil del trucha (*Oncorhynchus mykiss*) entera y fileteada almacenadas en el hielo, según lo determinan los datos sensoriales y microbiológicos, es de 15 a 16 y de 10 a 12 días, respectivamente.

De forma similar Rodriguez (2015) indica que en salmones como el Salmon Coho (*Oncorhynchus kisutch*) de acuerdo a las evaluaciones organolépticas de olor y sabor también de acuerdo con los parámetros de calidad químicos y microbiológicos demostró ser rechazable después de 17 días de conservación en hielo.

Por otro lado, la vida útil del salmón del Atlántico no supera las dos semanas, al almacenar el producto a 0-4 ° C. Los cambios en la temperatura en refrigeración afectan en gran medida la composición metabólica de los peces y su calidad. Por ejemplo, las aminos biogénicas tóxicas se detectaron solo en peces almacenados a 4 ° C después de dos semanas de almacenamiento. La concentración del compuesto indeseable hipoxantina fue tres veces mayor después de dos semanas de almacenamiento a 4 ° C en comparación con 0 ° C. Además, la vida útil basada en el índice K (índice de frescura) se redujo de 15 a 12 días al elevar la temperatura de almacenamiento a 4 ° C. De estos hallazgos, se puede concluir que incluso un aumento de temperatura de 4 ° C tiene un impacto significativo en la vida útil, calidad y seguridad (Shumilina, Dyky, & Dikiy, 2018).

### 2.3.2 CONGELACIÓN

La congelación es aquella operación unitaria en la que la temperatura del alimento se reduce por debajo de su punto de congelación, con lo que una proporción elevada del agua que contiene cambio de estado formando cristales de hielo. La inmovilización del agua en forma de hielo y el aumento de la concentración de los solutos en el agua no congelada reduce la actividad de agua del alimento. Cuando la congelación y el

almacenamiento se realizan adecuadamente, las características organolépticas y el Valor nutritivo del alimento en apenas uno si resultan afectados (Fellows, 1994). Así mismo Soares, Oliveira, & Vicente (2015) mencionan que la congelación es el método principal de procesamiento de pescado para consumo humano y el más utilizado para controlar y/o reducir los cambios bioquímicos que ocurren durante el almacenamiento.

Por otra parte, Garthwaite (2009) señala que la temperatura de congelación típica del pescado es de  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Durante la congelación el agua se convierte, de forma gradual, en hielo. Pero, incluso una temperatura de  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  solo entre un 90 a 95% del agua está realmente congelada. Sin embargo, la mayor parte del agua (alrededor del 75 al 80%) se congela entre  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . este intervalo de temperatura se conoce como zona de congelación o zona crítica. Asimismo, Ccallo (2009) revela en su investigación de congelación y refrigeración de filetes de trucha arcoiris envasado al vacío que a una temperatura de  $-1,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  inicia la congelación de los filetes. Sin embargo, a una temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  indica que el 93,7 % del agua es congelada y 6,29% de agua sin congelar.

Además Lianou et al. (2016) mencionan que estos alimentos a menudo se almacenan a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  y tienen una vida útil de 6 meses a 2 años. A estas bajas temperaturas, el crecimiento de microorganismos no es compatible (aunque pueden sobrevivir) y, por lo tanto, la vida útil no estará limitada por la actividad microbiana. El deterioro de los alimentos puede deberse a reacciones enzimáticas, que también se reducen a bajas temperaturas. En el caso de los alimentos congelados, es probable que su vida útil esté limitada por cambios texturales, como la formación de cristales de hielo, por la pérdida de humedad o por cambios bioquímicos como la rancidez. Sin embargo, Fellows (1994) indica que los efectos del almacenamiento por lo general, cuanto más bajas la temperatura de almacenamiento en congelación, menor es la velocidad a la que se producen los cambios bioquímicos y microbiológicos. Sin embargo, la congelación y el

almacenamiento en congelación no son capaces de inactivar las enzimas y su efecto sobre los microorganismos es variable.

En investigaciones recientes realizados por Tolstorebrov, Eikevik, & Bantle (2016) refieren que los cambios en la calidad de los peces se discutieron con respecto a los eventos térmicos, que ocurren a temperaturas bajas y ultra bajas. Pero, se encontró una excelente estabilidad de las proteínas a temperaturas por debajo del punto de congelación, cuando el contenido de agua no congelada es mínimo, los aceites de pescado permanecen sin congelar hasta una temperatura de  $-110\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Por lo tanto, la temperatura de almacenamiento recomendada para almacenar el pescado a largo plazo y de alta calidad es de  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ . La disminución adicional de la temperatura de almacenamiento es innecesaria para las necesidades industriales. De forma similar Indergård, Tolstorebrov, Larsen, & Eikevik (2014) señalan que las temperaturas de almacenamiento entre  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$  prolongan la vida útil. Sin embargo, estudios anteriores demostraron que reducir la temperatura de  $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  mejoró significativamente la calidad y la vida útil de los pescados y salmones pelágicos grasos, la temperatura de  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  de almacenamiento congelado puede caracterizarse como almacenamiento de temperatura ultra baja (ULT). En consecuencia, la aplicación de ULT en la congelación de alimentos y almacenamiento reduce la movilidad molecular del agua en el sistema e inhibe la reacción bioquímica, y se demostró que ULT aumenta la vida útil de los filetes de salmón congelados en comparación con la vida útil en el rango entre  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

De forma similar Soares et al. (2015) indican que hay informes de pérdida progresiva de la calidad intrínseca y sensorial del pescado congelado durante el almacenamiento. De hecho, si por un lado, el uso de temperaturas por debajo de  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$  inhibe el crecimiento microbiano y disminuye la actividad enzimática, por otro lado, la

congelación no es capaz de inhibir completamente las reacciones microbianas y químicas, como la oxidación de lípidos, la desnaturalización de proteínas y la deshidratación de la superficie, lo que lleva al deterioro de la calidad de los peces durante el almacenamiento prolongado. Estas reacciones resultan en sabores desagradables, rancidez, deshidratación, pérdida de peso, pérdida de jugosidad, pérdida por goteo y endurecimiento, así como deterioro microbiano y autólisis.

### **2.3.3 ENVASADO DE ALIMENTOS**

El envase es el material que contiene y está en contacto directo con él, cuya finalidad es de protegerlo para estabilizarlo y conservarlo; y el empaque está constituido por todos los materiales que envuelven una unidad de producto con el objeto de darle protección secundaria e identificar su contenido (Coloma, 2006).

Según Kong & Singh (2011) mencionan que el uso del envase adecuado es el método más importante para mantener la calidad de los alimentos y lograr la vida útil requerida. La función principal del embalaje es proteger los alimentos de la luz, el oxígeno, la temperatura, la humedad y los microorganismos. El envase también protege a los alimentos de daños mecánicos y protege los alimentos de los golpes y vibraciones que se producen durante la distribución. Además, el envasado de alimentos sirve para comunicar al consumidor información sobre los alimentos como herramienta de marketing y brinda a los consumidores la facilidad de uso y la conveniencia. Por lo tanto, Stollman, Johansson, & Leufven (1994) destacan que el envasado desempeña un papel vital en el mantenimiento de la vida útil de los alimentos. Pudiendo ser el empaque primario flexible hecho de película de plástico, papel o laminado delgado.

#### ***a. Materiales de envase***

Según Kong & Singh (2011) mencionan que los materiales que se han utilizado tradicionalmente en el envasado de alimentos incluyen vidrio, metales, papel, cartón, y

plásticos. Sin embargo, los polímeros sintéticos son los materiales de empaque más comunes que se utilizan en el empaque debido a su flexibilidad, peso ligero y transparencia. Así mismo Stollman et al. (1994) señalan que en muchos de los productos alimenticios actuales, los plásticos se utilizan en el empaque primario debido a las ventajas como su gran diversidad y gama de propiedades. También son relativamente baratos, fácilmente procesados en forma. El principal inconveniente técnico es que no proporcionan una barrera absoluta a los gases y vapores y que pueden interactuar con los alimentos envasados. Además, Kong & Singh (2011) sostienen que no son biodegradables e imponen serios problemas ecológicos.

Por otra parte García et al. (2006) mencionan que es difícil que un único material presente todas las características de protección, técnicas y comerciales necesarias para el envasado en atmósfera protectora de un alimento concreto. Por este motivo, suelen fabricarse envases con una estructura multicapa que se constituyen a partir de distintas láminas. A su vez Envasados (2018) indica que los films y láminas multicapa utilizados se denominan “complejos” debido a que a pesar de que solo se vea una lámina, su composición puede estar hecha de tres, cuatro y hasta cinco capas de material diferentes.

Según Stollman et al. (1994) indican que los plásticos más utilizados, así como algunos sistemas de embalaje, incluidos algunos desarrollos recientes son elaborados de: Poliolefinas, polietileno, polipropileno, ionomeros, cloruro de polivinilo, cloruro de polivinilideno, alcohol etilenvinílico, poliestireno, poliamidas, poliésteres y policarbonatos.

- *Polietileno (PE)*

De acuerdo con Stollman et al. (1994) señalan que hay cuatro tipos principales de polietileno disponibles, que difieren en estructura y propiedades, así como con respecto a los procesos de fabricación que los producen. Son:

- Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Polietileno de baja densidad (LDPE)
- Polietileno de densidad media (MDPE)
- Polietileno lineal de baja densidad (LLDPE)

Polietileno de baja densidad (LDPE). Esta variedad representa la mayor proporción de plásticos para embalaje. Es relativamente inerte químicamente, moderadamente permeable al vapor de agua, pero altamente permeable al oxígeno. En general, las permeabilidades a los gases son altas, con características de barrera al mal olor. El LDPE se puede laminar. Las principales características atractivas además de su bajo precio, son una buena capacidad de procesamiento, dureza, flexibilidad, que contienen relativamente pocos aditivos y, en películas delgadas de ciertos grados, transparencia. El LDPE tiene una buena capacidad de sellado al calor y se recubre fácilmente con otros materiales como papel y aluminio. Además, Envasados (2017) señala que el LDPE proporciona alta resistencia al impacto a bajas temperaturas, un excelente sellado y mucha flexibilidad.

- *Poliamida Biorientada (BOPA)*

De acuerdo a Envasados (2017) señala que el film de BOPA mejora las propiedades de la poliamida cast (CPA) y aporta al envase propiedades de brillo, barrera al oxígeno (para envases al vacío), resistencia mecánica, rigidez del envase.

#### ***b. Métodos, estilos y técnicas de envasado***

Según Gallo (2018) refiere que los métodos, estilos y técnicas de envasado que se presentan a continuación son de común uso en países europeos, americanos y otros, en donde se encuentra el consumo de una gran variedad de productos congelados. En este rubro se han identificado los diferentes productos pesqueros congelados:

- Envasado normal con aire con materiales simples o laminados

- Envasado en atmósfera protectora (al vacío, atmósfera controlada, atmósfera modificada)

- Envasado de productos preparados

- Envasado en bandejas

(1) *El envasado normal con aire* con materiales simples o laminados: A menudo señalado también como “*envasado de forma individual*” que proviene de las palabras en inglés “*Individual Wrap Pack*” (IWP). Según Gallo (2018) indica que para este tipo de envasado se utiliza los envases plásticos que son manufacturados a partir de materiales simples y que son de amplia aplicación al empacado de productos congelados, destacando de manera particular los polietilenos de baja y alta densidad.

(2) *Envasado al vacío (atmósfera protectora)*: Denominado también “*Vac Pack*” (VP). Desde el punto de vista de García et al. (2006) señala que el envasado en atmósfera protectora presenta numerosas ventajas si se compara con los procesos de envasado convencionales en aire. Algunas de las más importantes son:

- El incremento del tiempo de vida de los alimentos, es superior frente a los envasados en aire, porque este sistema retrasa y/o evita el desarrollo microbiano y el deterioro químico y enzimático.

- En el envasado al vacío el incremento de la vida útil de un alimento se logra gracias a la baja concentración de oxígeno existente en el envase.

- Se reduce la formación de compuestos volátiles causantes de olores desagradables como la trimetilamina y de histamina que ocasiona reacciones alérgicas, sobre todo, en los productos envasados en atmósfera modificada.

## **2.4 MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD**

Desde el punto de vista de Singh (1994) refiere que una práctica común utilizada para evaluar la vida útil de un producto alimenticio es determinar los cambios en las

características de calidad durante un período de tiempo. Para ello se pueden usar técnicas empíricas o analíticas para cuantificar los atributos de calidad. Sin embargo, debe reconocerse que el término calidad abarca varios atributos o características de calidad.

#### 2.4.1 MÉTODOS FÍSICOS

##### *a. Conductividad eléctrica*

Desde hace tiempo se sabe que las propiedades eléctricas de la piel y de los tejidos cambian después de la muerte y podrían proporcionar un medio para medir los cambios post mortem o el grado de deterioro (Huss, 1999).

Según Liu et al. (2015) realizan una investigación en la medición de las propiedades eléctricas como la conductividad eléctrica. Donde menciona que la conductividad eléctrica (CE) mejora durante el almacenamiento de los filetes de trucha arco iris, el cual ocurre como resultado del aumento de la permeabilidad de la membrana y la disminución de la capacidad de retención de agua de las fibras musculares que conduce a un aumento en el volumen extracelular. Las sustancias iónicas, producidas principalmente durante el crecimiento de bacterias, también explican el mayor valor de CE. La tasa creciente de CE disminuye con temperaturas menores de almacenamiento, que se debe al efecto inhibitorio de la temperatura más baja sobre la descomposición de los tejidos musculares y el crecimiento bacteriano. Así mismo indica que cuando la trucha se encuentra deteriorado la conductividad eléctrica se encuentra entre 1415 - 1450  $\mu\text{s}/\text{cm}$ .

##### *b. pH*

Se sabe que el pH de la carne de pescado proporciona cierta valiosa información acerca de su condición. Por otro lado, las mediciones se llevan a cabo mediante un pH-metro, colocando los electrodos directamente dentro de la carne o dentro de una suspensión de la carne de pescado en agua destilada (Huss, 1999).

Desde el punto de vista de Ccopa (2014) refiere que el ácido láctico generado a partir del glucógeno en condiciones de anoxia es la causa principal del descenso de pH en el músculos del pescado. Sin embargo, el pH final del pescado capturado comercialmente en aguas frías, no es menor de 6,0. Por otro lado las etapas posteriores de los cambios *post mortem*, la descomposición de los compuestos nitrogenados provoca el incremento del pH en la carne del pescado. En consecuencia, Belitz & Grosch (1988) indican que el pH del pescado fresco oscila por lo común entre 6,0 y 6,5 en las proximidades del límite de aptitud para el consumo se alcanzan valores de pH de 6,8 pero el pH del pescado descompuesto es 7 a más.

#### 2.4.2 MÉTODOS QUÍMICAS

##### *a. Aminas - Bases volátiles totales*

La determinación de bases volátiles totales (BVT) es uno de los métodos más ampliamente usado en la evaluación de la calidad de los productos pesqueros. Es un término general que incluye la medición de trimetilamina (producida por deterioro bacteriano), dimetilamina (producida por enzimas autolíticas durante el almacenamiento en congelación), amoníaco (producido por desaminación de aminoácidos y catabolitos de nucleótidos) y otros compuestos nitrogenados básicos volátiles asociados con el deterioro de los productos pesqueros (Huss, 1999).

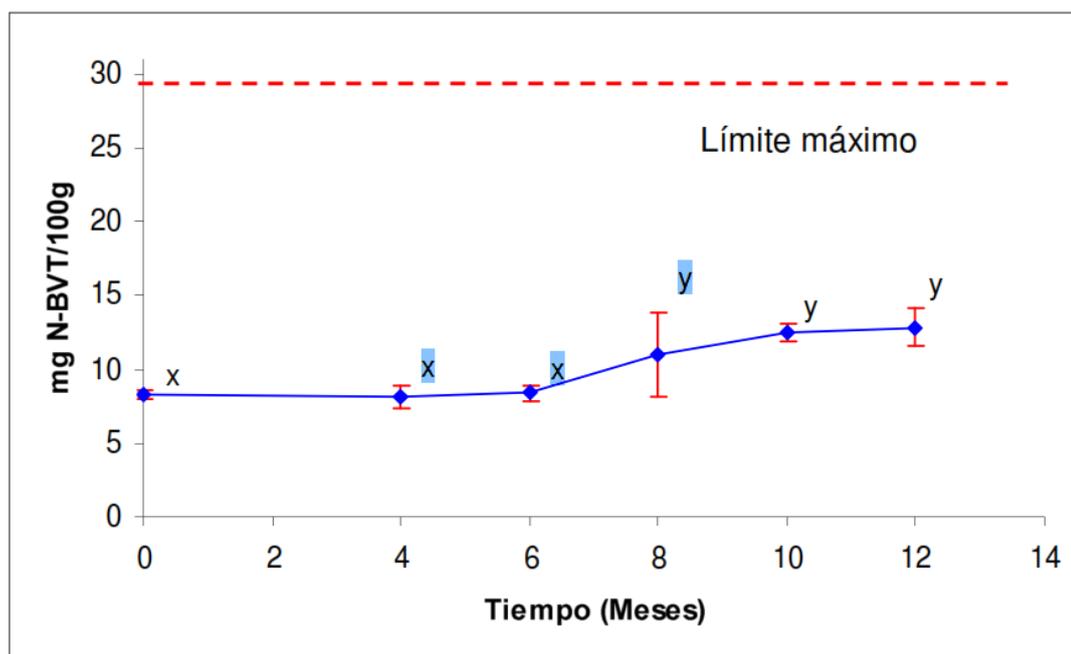
El Reglamento (CE) N° 2074 (2005) de La Comisión Europea establece los valores límite de nitrógeno básico volátil total (NBVT) para determinadas categorías de productos de la pesca asimismo métodos de análisis que deberán utilizarse. Así mismo SANIPES (2016) señala que los productos pesqueros en las que el resultado de un examen sensorial no permita determinar la condición sanitaria de un producto deben ser sometidos a un análisis químico de Nitrogeno basico volatil total (NBVT) el cual debe no debe exceder lo mencionado en la Tabla 2.

**Tabla 2:** Límites de aceptación para Nitrógeno básico volátil total para productos pesqueros y acuícolas.

Producto	Especie	Límite (mg N/100g Carne)
	Especie de la familia Merlucidae y salmonidos	35
Productos refrigerados y congelados sin otro tratamiento adicional	Pescado excepto elasmobranquios	30
	Elasmobranquios	70
	Moluscos y Crustaceos Excepto pota	30

FUENTE: SANIPES (2016).

En investigaciones recientes realizados por Landeros & López (2005) señalan las propiedades químicas (niveles de NBVT) durante un año de almacenamiento del Salmón coho a -20 °C, se puede ver un incremento de NBVT a lo largo del tiempo, como se ve en la Figura 1.



**Figura 1:** Niveles de Nitrógeno Básico volátil total de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) almacenado a -20 °C durante un año. FUENTE: Landeros & López (2005).

De forma similar Chytiri et al. (2004) señalan en su investigación el efecto del procesamiento (fileteado) en las propiedades microbiológicas, químicas y sensoriales de las truchas de agua dulce (*Onchorynchus mykiss*) almacenadas en hielo. Donde muestra

los valores de nitrógeno básico volátil total (NBVT) no muestran un aumento significativo para la trucha entera durante el almacenamiento, alcanzando un valor de 20,16 mg N / 100 g a los 18 días mientras que para el pescado fileteado se registró un valor respectivo de 26,06 mg N / 100 g.

Por otro lado, Huss (1999) señala que los análisis de NBVT son relativamente simples de realizar, pero generalmente reflejan sólo los últimos estadios del deterioro avanzado y son generalmente considerados poco confiables para la medición del deterioro durante los primeros días de almacenamiento.

### ***b. Índice de Peróxidos***

Huss (1999) señala que los productos primarios de la oxidación son los lípidos hidroperóxidos. Estos compuestos pueden ser detectados por métodos químicos, generalmente haciendo uso de su potencial de oxidación para oxidar yoduro a yodo o para oxidar hierro. La concentración de hidroperóxidos puede ser determinada mediante titulación o mediante métodos espectrofotométricos, obteniéndose el valor de peróxido (VP) como miliequivalentes (mEq) de peróxido por 1 kg de grasa extraída del pescado, su valor (por titulación iodométrica) no debiera ser superior a 10-20 meq/kg de grasa de pescado. Durante los estados posteriores de la oxidación generalmente están presentes los productos secundarios de la oxidación. Estos productos comprenden aldehídos, cetonas, ácidos grasos de cadena corta y otros; muchos de los cuales tienen olores y sabores desagradables, que combinados producen el carácter "a pescado rancio" asociado con los lípidos oxidados del pescado.

En investigaciones recientes realizados por Ccopa (2014) refiere que la evaluación de índice peróxidos en filete de trucha arco iris en el transcurso de 12 días de almacenamiento en refrigeración sobrepasa el límite permisible para el consumo de 20 meq/Kg. Por otro lado, Ortiz, Palma, González, & Aubourg (2008) en la investigación

realizada en la trucha eviscerada respecto al valor del peróxido durante el almacenamiento en hielo fluido condujeron a una buena calidad y tiempo de conservación en cual se detalla en la Tabla 3.

**Tabla 3:** Parámetros Valor de Peróxido en truchas eviscerada arco iris almacenamiento en hielo.

Tiempo de almacenamiento en hielo (días)	Valor de Peróxido (meq/Kg)
1	2.7 ± 0.7
3	1.2 ± 0.1
6	2.6 ± 0.2
9	3.7 ± 0.2
13	3.5 ± 1.1
16	1.3 ± 0.1

FUENTE: Ortiz et al. (2008).

### 2.4.3 MÉTODOS BIOLÓGICOS

De acuerdo con Huss (1999) indica que la finalidad del análisis microbiológico de los productos pesqueros es evaluar la posible presencia de bacterias u organismos de importancia para la salud pública, y proporcionar una impresión sobre la calidad higiénica del pescado, incluyendo el abuso de temperatura e higiene durante la manipulación y el procesamiento.

#### *a. Microorganismos aerobios mesófilos*

Según ICMSF (2000) señala que el número de microorganismos aerobios mesófilos (“recuento en placa”) encontrados en los alimentos ha sido uno de los indicadores microbiológicos más comúnmente utilizados. Esta determinación permite obtener información sobre la alteración incipiente en los alimentos, su probable vida útil, la descongelación incontrolada de los alimentos congelados o los fallos en el mantenimiento de la temperatura de refrigeración en los alimentos refrigerados. De igual forma Huss (1999) menciona que este parámetro es sinónimo de Recuento Total de

Aeróbicos y Recuento Estándar en Placa. El recuento total representa, si se efectúa mediante métodos tradicionales, el número total de bacterias capaces de formar colonias visibles en un medio de cultivo a una temperatura dada.

Chytiri et al. (2004) señalan en su investigación el efecto del procesamiento (fileteado) en las propiedades microbiológicas, químicas y sensoriales de las truchas de agua dulce (*Onchorynchus mykiss*) almacenadas en hielo. Donde muestra los recuentos mesofílicos para los pescados fileteados y eviscerados superaron los  $10^7$  Ufc/cm<sup>2</sup> después de 10 y 18 días respectivamente.

Respecto a las temperaturas de almacenamiento Soares et al. (2015) encuentran que los microorganismos aerobios mesofílicos aun desarrollan a temperaturas de almacenamiento de -22 °C esto realizado en filetes de salmón atlántico por un periodo de 250 días.

## 2.5 TRUCHA

La trucha arco iris es una especie típica de aguas continentales que viven en ambientes lóticos y lénticos originaria de la vertiente del Pacífico del Norte América (Mantilla, 2004). Que ha sido clasificada durante mucho tiempo en el género *Salmo*, con el que tiene ciertos caracteres en común, pero el estudio de los huesos de las cabezas y los análisis del ADN (en concreto un citocromo b mitocondrial) la sitúan más próxima a los salmónes del Pacífico. Su nombre latino, por tanto, ha cambiado, pasando de *Salmo irideus* a *Salmo gairdneri*, y más adelante a *Oncorhynchus mykiss*, en 1989 (Breton, 2007).

Según FONDEPES (2014) señala que se dio inicio la acuicultura extensiva de la trucha en el Perú, gracias a los buenos resultados que se obtuvieron en su oportunidad, llegó a determinarse que esta especie, se adapta eficientemente a las condiciones bioecológicas de los ambientes acuáticos de las zonas alto andinas (lagunas y ríos), los que

presentan entre sus principales factores favorables para el desarrollo de la trucha: alta productividad primaria y buenas condiciones fisicoquímicas del agua. Esta situación impulsó la ejecución de siembras de alevinos de trucha en varias lagunas identificadas de las regiones de Junín y Pasco.

### 2.5.1 ASPECTOS BIOLÓGICOS

#### *a. clasificación*

La trucha arco iris se encuentra dentro de la siguiente clasificación (Smith & Stearley, 1999).

Reino : Animalia

Phylum: Chordata

Sub- phylum: Vertebrata

Grupo: Gnatostomara

Super clase: Pisces

Clase: Osteichthyes

Sub clase: Actinopterygii

Super orden: Clupeomorpha

Orden: Salmoniformes

Sub orden: Salmonoidei

Familia: Salmonidae

Género: Oncorhynchus

Especie: mykiss

Nombre común: Trucha Arco Iris

#### *b. Anatomía y fisiología*

Según Mantilla (2004) señala que la trucha arco iris se caracteriza por presentar un cuerpo fusiforme (forma de huso), es de color plateado y la parte ventral de color

crema; tanto en el dorso como en los flancos presenta manchas y lunares negros y marrones. A lo largo de los flancos, especialmente, en la línea lateral tiene un color rojizo iridiscente, por ello se debe el nombre del arco iris. En cuanto a la diferenciación de género tanto el macho como las hembras tienen sexos separados, además se les diferencia también por algunas características externas.

Debido a la diferencia y dimorfismo sexual la trucha arco iris presenta las siguientes características, tal como se muestra en la Tabla 4 (Acosta, 2002).

**Tabla 4:** Principales características para la diferenciación de la trucha arco iris.

<b>Características</b>	<b>Macho</b>	<b>Hembra</b>
Cuerpo	Delgado	Voluminoso
Cabeza	Forma ligera triangular	Redondeado
Boca y mandíbula	Agudos	No muy agudo
Musculatura	Dura	Suave
Abdomen	Dura	Blando por las ovas
Poro genital	No prominente	Prominentes
Color nupcial	Muy negruzca	Normal
Anchura	Angosta	Ancho
Fecundidad	2-4 años	2-5 años

**FUENTE:** Acosta (2002).

En cuanto a la reproducción esta especie es variable, está de acuerdo a la zona geográfica, latitud y altitud del cuerpo de agua donde habitan. En el Perú la época de reproducción de la especie se inicia aproximadamente desde abril hasta octubre, siendo los meses junio y julio los de mayor actividad. Sin embargo, los meses comprendidos entre abril y octubre se presentan la reproducción a nivel nacional en la serranía peruana (Mantilla, 2004).

### 2.5.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y NUTRICIONAL

Según PromPerú (2018) indica que la Trucha es un alimento que posee un sinnúmero de propiedades nutricionales para quienes la consumen. Un pez rico en omega 3, el cual

ayuda a prevenir enfermedades cardiovasculares, debido a que reduce la hipertensión y el colesterol. Además, su consumo es ideal para quienes optan por bajar de peso, dado que tiene un bajo aporte calórico que se ve reflejado en su consumo; por ejemplo, 100 gramos de este pescado ofrecen 90 calorías y solo 3 gramos de grasa.

En las Tablas 5, 6 y 7 se presentan la composición química de la trucha arco iris.

**Tabla 5:** Composición química nutricional del filete fresco de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) por 100 g.

Componente	Promedio (%) <sup>(1)</sup>	Promedio (%) <sup>(2)</sup>
Humedad	75,80	75,80
Grasa	3,10	3,10
Proteína	19,50	19,50
Sales minerales	1,20	1,20
Carbohidratos	-	-
Calorías	139,00	139

**FUENTE:** (1) IMARPE & ITP (1996); (2) PromPerú (2018).

**Tabla 6:** Principales ácidos grasos presentes en filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

Ácidos grasos	Promedio %	Ácidos grasos	Promedio %
Mirístico	6,4	Aráquico	2,3
Palmitoleico	0,5	Eicosaenoico	0,3
Palmítico	20,89	Eicosatrienoico	0,5
Palmitoleico	6,8	Araquidónico	0,8
Margárico	0,2	Eicosapentaenoico	6,2
Esteárico	3,0	Docosatrienoico	0,5
Oleico	25,6	Docosatetraenoico	0,1
Linoleico	11,7	Docosapentaenoico	1,8
Linolénico	1,6	Docosahexaenoico	10,4

**FUENTE:** IMARPE & ITP (1996).

**Tabla 7:** Componentes minerales presentes en filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*).

<b>Macro elementos</b>	<b>Promedio (%) (mg/100 g)</b>
Sodio	155,5
Potasio	396,7
Calcio	18,8
Magnesio	72,9
<b>Micro elementos</b>	<b>Promedio (%) (ppm)</b>
Fierro	2,2
Cobre	0,2
Cadmio	0,0
Plomo	0,6

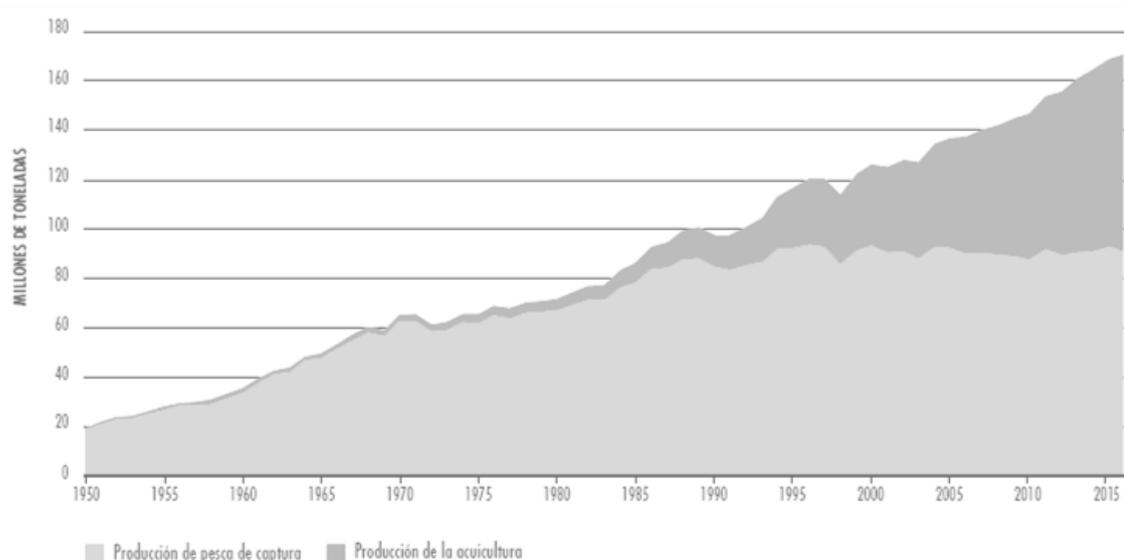
FUENTE: IMARPE & ITP (1996).

Asimismo, aporta vitaminas del grupo A, B1, B2, B3, micronutrientes que fortalecen el sistema inmunológico, generando un organismo menos propenso de adquirir enfermedades infectocontagiosas; y minerales como el hierro, magnesio, potasio, fosforo y Zinc, que ayudan a prevenir la anemia y facilitan el desarrollo óptimo de huesos y dientes. También gracias a su bajo contenido en sal, es ideal para las personas que padecen de hipertensión arterial. Además, cuenta con un alto valor proteico que fortalece y acelera el crecimiento de los músculos (PromPerú, 2018).

### 2.5.3 PRODUCCIÓN DE TRUCHA

#### *a. Panorama mundial*

Según la FAO (2018) menciona que la producción pesquera mundial alcanzó un máximo de aproximadamente 171 millones de toneladas en 2016, de los cuales la acuicultura representó un 47% del total como se muestra en la Figura 2, la acuicultura ha sido la desencadenante del impresionante crecimiento continuo del suministro de pescado para el consumo humano.



**Figura 2:** Producción mundial de la pesca de captura y acuicultura. **FUENTE:** FAO (2018).

Asimismo, la producción mundial de peces comestibles cultivados se apoya cada vez más en la acuicultura continental. En 2016, provinieron de la acuicultura continental el 64,2% de la producción mundial de peces comestibles cultivados, frente al 57,9% alcanzado en 2000, predominado la cría de peces de aleta que representa el 92,5% del total de la producción procedente de este tipo de acuicultura. Siendo la trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) considerada una de las 27 principales especies producidas en la acuicultura mundial (FAO, 2018).



**Figura 3:** Evolución de la producción de Trucha Arco Iris a nivel mundial (2011 – 2016). **FUENTE:** PRODUCE (2018).

Según PRODUCE (2018) indica que a nivel mundial la producción de Trucha Arco Iris durante el periodo del 2011 al 2016 varió, destacando la producción en el año

2012 con 883 463 TM, como se puede ver en la Figura 3. Además, detalla la información del ranking mundial de países productores de Trucha Arco Iris, durante el año 2016, donde se tiene a la República Islámica de Irán con 18,27 % ocupa el primer lugar de producción, seguido por Turquía con 13,85 %, Chile con 12,3 %, Noruega con 9,47 % y Perú en el 5to puesto con 6,41 %, como se puede ver en la Tabla 8.

**Tabla 8:** Producción mundial de la Trucha Arco Iris en TM (2011-2016).

N°	PAÍS	AMBIENTE DE CULTIVO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	Irán	Agua dulce	106409	131000	143917	126515	140632	148789
2	Turquía	Agua dulce y marina	107936	114569	128059	112345	106598	112781
3	Chile	Agua dulce y marina	224448	254353	142681	151773	94717	100211
4	Noruega	Marina	58472	74583	71449	68910	72921	77151
<b>5</b>	<b>Perú</b>	<b>Agua dulce</b>	<b>19962</b>	<b>24762</b>	<b>34993</b>	<b>32923</b>	<b>40947</b>	<b>52217</b>
6	Francia	Agua dulce	30806	30627	30818	34000	36500	38617
7	Dinamarca	Agua dulce, salobre y marina	32681	31462	33840	35750	32346	34222
8	Italia	Agua dulce	34366	35261	35059	31300	31300	33115
9	China	Agua dulce	19654	25901	28991	28141	27335	28920
10	Rusia	Agua dulce	21180	21874	24173	25005	24431	25848

FUENTE: PRODUCE (2018).

### *b. Perú*

PRODUCE (2017) indica que la riqueza de la diversidad biológica y de hábitat que posee el Perú, lo coloca en una posesión expectante para el desarrollo sostenible de la acuicultura, es así que el Estado Peruano para darle impulso a la actividad acuícola emitió el Decreto Legislativo N° 1195 - Ley General de Acuicultura, donde declara de interés nacional la promoción de la acuicultura sostenible, por ser una actividad económica que contribuirá a la diversificación productiva, competitividad y seguridad alimentaria, en armonía con la preservación y conservación del medio ambiente, permitiendo la generación de empleo y la mejora de ingresos económicos del productor acuícola.

De acuerdo a PRODUCE (2018) considera que hoy en día Perú se ha convertido en un importante país pesquero a nivel mundial. La acuicultura peruana actualmente se orienta principalmente al cultivo de concha de abanico, trucha arcoíris, langostinos y

tilapia, además de un conjunto de peces amazónicos con perspectivas de mercado local, nacional e internacional como es el paco y gamitana.

Es así que PRODUCE (2017) informó que en el año 2016, los países de América han producido 201 092 TM, que representa el 24,69 % de la producción mundial de Trucha Arco Iris, donde el Perú ocupa la segunda ubicación, con 25,97 %, después de Chile que tiene el 49,83 %, como se detalla en la Tabla 9.

**Tabla 9:** Ranking de la producción de Trucha Arco Iris, en América en TM (2016).

N°	PAÍS	AMBIENTE DE CULTIVO	2016	%
1	Chile	Agua dulce y marina	100211	49,83
<b>2</b>	<b>Perú</b>	<b>Agua dulce</b>	<b>52217</b>	<b>25,97</b>
3	Estados unidos	Agua dulce	22005	10,94
4	México	Agua dulce	8874	4,41
5	Colombia	Agua dulce	7043	3,50

FUENTE: PRODUCE (2017).

### *c. Puno*

PRODUCE (2017) informa que el cultivo de la trucha arco iris, en la última década ha tenido un crecimiento vertiginoso; desarrollándose con relativo éxito en las zonas alto andinas, especialmente en el departamento de Puno se ha convertido en el principal productor de trucha con más 43 000 toneladas en el 2016, que representa más del 80% de la producción nacional, seguido por Huancavelica, Junín, Cusco, Ayacucho, Lima, entre otros, esta información se detalla en la Tabla 10.

**Tabla 10:** Producción de Trucha Arco Iris (TM), por departamentos (2011 – 2016).

N°	DEPARTAMENTO	2011	2012	2013	2014	2015	2016
1	<b>Puno</b>	<b>15550</b>	<b>18472</b>	<b>29093</b>	<b>28243</b>	<b>34124</b>	<b>43298</b>
2	Huancavelica	1122	1144	1222	1444	3387	3704
3	Junín	1967	3413	2127	1615	1178	2263
4	Cuzco	252	438	641	170	637	798
5	Ayacucho	209	240	265	304	483	544

FUENTE: PRODUCE (2017).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 LUGAR DE EJECUCIÓN

La investigación se desarrolló en tres instituciones:

- Las operaciones de procesamiento hasta la obtención de producto terminado, envasado, congelado y almacenamiento a diferentes temperaturas se realizaron en las instalaciones de la sede de procesamiento de la ciudad de Puno de la compañía Piscifactorías de los Andes S.A.

- Los análisis de laboratorio (Análisis de niveles de nitrógeno básico volátil total, Índice de peróxidos, pH y Conductividad eléctrica) se realizaron en el Laboratorio de Tecnología y Curados de la Escuela Profesional de Ingeniería Pesquera de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

- El análisis microbiológico (aerobios mesófilos) se realizó en el Laboratorio de Microbiología de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Altiplano.

#### 3.2 MATERIALES

##### 3.2.1 INSUMOS

- 03 unidades de filetes de trucha con peso individual de  $150 \pm 15$  g, fresco provisto por la empresa Piscifactorías de los Andes S.A.

- 48 unidades de filetes de trucha con peso individual de  $150 \pm 15$  g, envasado normal con aire (IWP) provisto por la empresa Piscifactorías de los Andes S.A.

- 48 unidades de filetes de trucha con peso individual de  $150 \pm 15$  g, envasada al vacío (VP) provisto por la empresa Piscifactorías de los Andes S.A.

##### 3.2.2 REACTIVOS

- Solución de ácido perclórico ( $HClO_4$ )= 6 g/100 ml.

- Solución de hidróxido de sodio (NaOH) = 20 g/100 ml.

- Ácido clorhídrico (HCl) = 0,05 mol/l ((0,05 N).
- Solución de ácido bórico ( $H_3BO_3$ ) = 3 g/100 ml.
- Solución de fenolftaleína = 1 g/100 ml de etanol 95 %.
- Solución indicadora (indicador Tashiro mezclado): 2 g de rojo de metilo y 1 g de azul de metileno disueltos en 1 000 ml de etanol al 95 %.
- Ácido acético ( $C_2H_4O_2$ ).
- Cloroformo ( $CHCl_3$ ).
- Yoduro de potasio (KI).
- Agua destilada.
- Almidón al 1% (indicador).
- Tiosulfito de Sodio ( $Na_2S_2O_3$ ) al 0.01 N.
- Medio de cultivo (Plate Count Agar).

### 3.2.3 INSTRUMENTOS Y EQUIPOS

- Refrigeradores (Marca: Samsung, Modelo: RB21KMFH5SE/PE. Marca: Indurama, Modelo RI-279D y Marca: Electrolux, Modelo: ERT18G2HNW).
- Monitor de temperatura (Marca: Sensitech TempTale 4).
- Autoclave (Modelo: LS-B50L-II).
- Incubadora (Modelo: IN-601).
- Contador de Colonias (Marca: BIO-TECHNOLOGIES).
- pH – metro (Marca: METTLER TOLEDO, Modelo: MP120).
- Medidor Conductividad eléctrica digital (Marca: METTLER TOLEDO, Modelo: FE20 / EL20).
- Termo higrómetro (Marca: Boeco Boe 327).
- Balanza analítica (Marca: Sartorius modelo CP 323S).
- Balanza (Marca: T-Scale).

- Licuadora (Marca Oster).
- Cámara fotográfica.
- Un triturador.
- Un filtro de pliegues de 150 mm de diámetro, de filtrado rápido.
- Un aparato de destilación al vapor tipo Kjeldahl.
- Soporte universal.
- Bureta graduada.
- Matraces Erlenmeyer.
- Probetas.
- Pipetas graduadas.
- Vaso precipitado.
- Placa Petri.
- Gradilla.
- Tubos de ensayo de vidrio.
- Cocinilla eléctrica.
- Agitador magnético.

### 3.3 MÉTODOS DE ANÁLISIS

#### 3.3.1 QUÍMICAS

##### *a. Determinación de niveles de Nitrógeno Básico volátil total (NBVT)*

En análisis del contenido total de nitrógeno volátil (NBVT) se realizó de acuerdo a los métodos de análisis sugerido por la Comisión Europea, siendo uno de estos métodos el de destilación directa descrito por Antonacopoulos en 1968 (Reglamento (CE)N°2074, 2005).

El procedimiento se describe a continuación:

- *Preparación de la muestra.*

Se trituró la muestra. Se pesó 10 g de carne triturada. Se procedió a mezclar con 90,0 ml de solución de ácido perclórico, y posteriormente se homogenizó durante dos minutos mediante un mezclador, y se filtró a continuación.

- *Destilación por arrastre de vapor.*

Se midió 50,0 ml del extracto obtenido en un aparato de destilación al vapor tipo Kjeldahl. Se añadió varias gotas de fenolftaleína, para comprobar posteriormente que el extracto esté suficientemente alcalinizado. Los tubos se llevaron a la unidad de destilación, donde se añadió al extracto 6,5 ml de solución de hidróxido de sodio, y enseguida se procedió a la destilación al vapor.

Se reguló la destilación de modo que se produzcan unos 100 ml de destilado en diez minutos. Luego se procedió a sumergir el tubo de salida en un recipiente con 100 ml de solución de ácido bórico, a la que se le han añadido cinco gotas de indicador Tashiro. Al cabo de diez minutos, se interrumpió la destilación. Luego se determinó mediante una valoración con una solución patrón de ácido clorhídrico, las bases volátiles contenidas en la solución receptora. El método se realizó dos veces.

- *Ensayo en blanco.*

Paralelamente, se realizó un ensayo en blanco donde se destiló 50 mL de la disolución acuosa de ácido perclórico en lugar de los 50 mL del extracto de la muestra.

- *Cálculo de NBVT.*

La concentración de NVBT (mg N/100 g muestra) se calculó a partir del volumen de ácido clorhídrico empleado en la valoración del destilado recogido, mediante la siguiente ecuación:

$$\text{mg N/100 g de muestra} = \frac{(V_m - V_b) \times 0.14 \times 2 \times 100}{M}$$

Donde:

$V_m$  : Volumen de ácido clorhídrico empleado en la valoración de la muestra (mL).

$V_b$  : Volumen de ácido clorhídrico empleado en la valoración del blanco (mL).

M : Masa de la muestra (g).

#### ***b. Determinación del índice de peróxidos.***

AOAC (1995), indica el procedimiento para la determinación de índice de peróxidos siendo el siguiente procedimiento. En un Erlenmeyer previamente tarado se añadió 0.5 gramos de muestra de filete, se agregó a la muestra 15 ml de ácido acético y 10 ml de cloroformo. Además, se realizó para el ensayo en blanco sin muestra se añadió a un Erlenmeyer 15 ml de ácido acético y 10 ml de cloroformo. Posteriormente se agregó a la muestra 1 ml de solución saturada de yoduro de potasio, y se dejó reposar por un período de 1 minuto, enseguida se adicionó 100 ml de agua destilada y 5 ml de solución de almidón al 1% (indicador).

Finalmente se tituló la muestra con tiosulfito de Sodio al 0.1 N hasta la presencia de un cambio de color de morado a blanco.

Para el cálculo del índice de peróxido se empleó la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de Peroxidos} = \frac{S \times N \times 100}{g}$$

Donde:

S : Gasto de ml de solución valorada de Tiosulfito de Sodio en el ensayo.

N : Normalidad de la solución de Tiosulfito de sodio al 0.1 N

G : Peso en gramos de la muestra.

### **3.3.2 MICROBIOLÓGICO**

#### ***a. Procedimiento para el recuento de microorganismos Aerobios Mesófilos***

El análisis microbiológico fue realizado bajo la metodología descrita por ICMSF (2000).

*- Procedimiento para el recuento de microorganismos Aerobios Mesófilos:*

Se Preparó la dilución. Enseguida se pesó en un vaso previamente tarado, 1 gramo representativos de filete de trucha, seguidamente se añadió un volumen de diluyente igual a 9 veces la muestra (9 ml), se procedió a homogenizar hasta conseguir 15.000 a 20.000 revoluciones en la licuadora y finalmente se obtuvo una dilución de  $10^{-1}$ . Luego se cogió 1ml del homogenizado y se colocó en un tubo con 9 ml de diluyente, obteniéndose así la dilución  $10^{-2}$ , se prosiguió así hasta obtener la dilución de  $10^{-4}$ .

Luego se procedió a sembrar. Para ello se pipeteó alícuotas de 1 ml de las diluciones  $10^{-3}$  y  $10^{-4}$  sobre placas de Agar Plate Count previamente temperadas. Seguidamente se mezcló las alícuotas con el agar, mediante movimientos de vaivén y rotación y posteriormente se colocó en incubación a 35 - 37 °C durante 48 horas. El conteo de colonias. Se realizó luego de haber transcurrido 48 horas de incubación se procedió al conteo de colonias en las placas, haciendo el cálculo correspondiente, expresando el número de colonias por gramo o por ml de muestra.

### **3.3.3 FÍSICOS**

#### *a. Conductividad eléctrica*

Se realizó por el método descrito por Liu et al. (2015). Se procedio a tomar 10 g de muestra de filete de trucha luego se procedió a agitar en 100 ml de agua destilada durante 30 minutos aproximadamente. Enseguida se filtró la mezcla en un matraz Erlenmeyer de 125 ml, y finalmente se procedió a medir la conductividad mediante el medidor digital (Marca: METTLER TOLEDO).

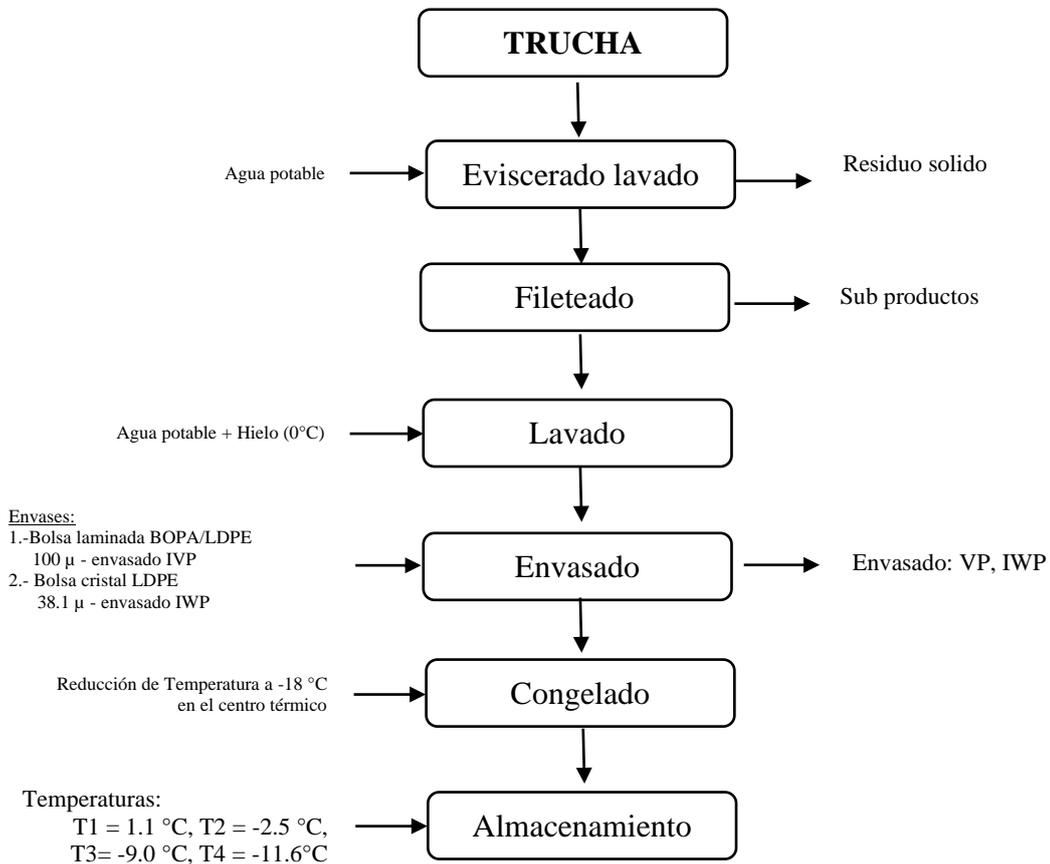
#### *b. Determinación de pH.*

AOAC (1995), indica el procedimiento para la determinación de pH. Para esta prueba se pesó 10 g de muestra de filete de trucha, enseguida se molió en un mortero y se añadió 80 ml de agua destilada; posteriormente se agitó por 10 minutos con una bagueta,

seguidamente se vertió la muestra enjuagando el vaso con 20 ml de agua para homogenizarlo en una fiola de 100 ml, se filtró la muestra en un matraz Erlenmeyer de 125 ml y finalmente se procedió a medir el pH mediante el medidor digital (Marca: METTLER TOLEDO).

### 3.4 METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las unidades de truchas enteras transportadas a las instalaciones de la planta de procesamiento de la empresa Piscifactorías de los Andes S.A. ubicado en el parque industrial salcedo, para su proceso de obtención del filete se procedió de acuerdo al diagrama de flujo de operación descrito en la Figura 4.



**Figura 4:** Diagrama de flujo de procesamiento para la obtención de filetes de trucha arco iris congelada. **FUENTE:** Elaboración Propia.

### **3.4.1 MATERIA PRIMA**

La materia Prima fue calificada esquema para la evaluación de la calidad empleado para identificar el índice de calidad mediante deméritos (Huss, 1999).

### **3.4.2 EVISCERADO Y LAVADO**

El proceso se inició con el corte ventral con ayuda de cuchillos de acero inoxidable, en seguida se retiró las vísceras desde la tráquea hacia la parte posterior. Enseguida las truchas evisceradas, fueron lavadas con abundante agua potable para eliminar restos de vísceras y sangre adherida a los músculos, espina dorsal y eliminar contaminantes adheridos en la piel.

### **3.4.3 FILETEADO**

El tipo de corte para el filete fue el corte C en inglés “Trim C”. Este tipo de corte es sin espina dorsal y sin espinas de cavidad ventral, sin aletas dorsales, sin hueso del cuello, sin aletas ventrales ni grasa del belly, sin espinas en la zona central y corte recto en la cola (Albion, 2014).

### **3.4.4 LAVADO**

Se preparó una solución de agua potable y hielo luego se procedió a sumergir el producto en canastillas con la finalidad de eliminar restos de drenado y restos producto de las operaciones previas, hasta que el producto se encuentre limpio.

### **3.4.5 ENVASADO**

Los filetes fueron envasados en presentaciones de: (1) envasado normal con aire IWP (individual wrap packing) en el cual se utilizó bolsa transparente compuesto por LDPE (Anexo A.1), (2) envasados al vacío VP (vack pack) en el cual se utilizó bolsas laminadas compuesto por dos tipos de material BOPA y LDPE (Anexo A.2).

### 3.4.6 CONGELADO

El producto fue congelado hasta llegar la temperatura en el centro térmico mínimo a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 3.4.7 ALMACENADO

Los filetes fueron almacenados en cuatro congeladores graduados a diferentes temperaturas de almacenamiento cada una, bajo el siguiente detalle:  $T1 = 1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T2 = -2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $T3 = -9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $T4 = -11.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

### 3.5 VARIABLES DE ESTUDIO

- Presentación de envasado (envasado al vacío “VP”, envasado normal con aire “IWP”).
- Temperaturas de Almacenamiento ( $1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-2.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $-9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $-11.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

### 3.6 VARIABLES DE RESPUESTA

- Niveles de Nitrógeno Básico volátil total (mg N/100 g).
- Análisis Microbiológico (Aerobios mesófilos Ufc/g).
- Índice de peróxidos (meq/kg).
- pH.
- Conductividad Eléctrica ( $\mu\text{s/cm}$ ).

### 3.7 METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MODELOS ESTADÍSTICOS

Se tiene la ecuación cinética de la ley general de tasas descrito de la ecuacion (1) (Kong & Singh, 2011; Singh, 1994).

$$-\frac{dC}{dt} = kC^n \dots\dots\dots (1)$$

A partir de la ecuación (1) se obtienen integrando las ecuaciones cinéticas de cero, primer y segundo orden descrito en las ecuaciones (2), (3) y (4)(González, 2001).

Para una reacción de orden cero:

$$C - C_0 = kt \dots\dots\dots (2)$$

Para una reacción de primer orden:

$$\ln C - \ln C_0 = -kt \dots\dots\dots (3)$$

Para una reacción de segundo orden:

$$\frac{1}{c} - \frac{1}{c_0} = kt \dots\dots\dots (4)$$

Por otro lado, se tiene la ecuación donde expresa la dependencia de la velocidad de la reacción con la temperatura descrito en la ecuación de Arrhenius (Ecuación 5) (Singh, 1994).

$$k = k_0 \exp\left[\frac{-E_a}{RT}\right] \dots\dots\dots (5)$$

### 3.7.1 DETERMINACIÓN DEL ORDEN DE REACCIÓN

El método utilizado para encontrar el orden de reacción es el método de integración. El proceso comenzó a partir de (1) seleccionar un orden de reacción; (2) se linealizó la ecuación; (3) se trazó datos experimentales para cada uno de los indicadores de calidad en forma linealizada; y (4) si los datos se ajustaban a una línea recta, entonces la conjetura es correcta, si no se inicia nuevamente con otra orden de reacción. La selección se realizó mediante la ecuación linealizada que presentó un coeficiente de determinación más alto ( $R^2$ ). Además, la pendiente es la constante de velocidad de reacción (Phimolsiripol & Suppakul, 2016).

### 3.7.2 DETERMINACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE ARRHENIUS

Enseguida se procedió a hallar los parámetros de los modelos de Arrhenius como la energía de activación ( $E_a$ ) y constante pre exponencial ( $k_0$ ), a partir de la constante de velocidad ( $k$ ) que fue hallada en la ecuación de ley general de tasas mediante una regresión lineal en el orden de reacción que mejor ajuste presentaba.

Se realizó bajo el siguiente detalle: (1) se linealizó la ecuación de Arrhenius; (2) se trazó datos de la constante de velocidad ( $k$ ) encontrados para cada temperatura de

almacenamiento en los indicadores de calidad versus el inverso de las temperaturas absolutas del experimento; Del cual se obtiene de la pendiente la energía de activación ( $E_a$ ) y del intercepto la constante pre exponencial ( $k_o$ ).

### 3.7.3 CONSTRUCCIÓN DE ECUACIONES DE MODELOS MATEMÁTICOS

Una vez que se determina el orden de reacción, una ecuación global que incorpora en las ecuaciones cinéticas de cero, primer y segundo orden (2), (3) y (4) con la ecuación de Arrhenius (ecuación 5) puede ser formulado en las ecuaciones (6) (7) y (8) (Liu et al., 2015).

Para una reacción de orden cero:

$$C_f = C_o + k_o \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} \cdot t \dots \dots \dots (6)$$

Para una reacción de primer orden:

$$\ln C_f = \ln C_o + k_o \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} \cdot t \dots \dots \dots (7)$$

Para una reacción de segundo orden:

$$\frac{1}{C_f} = \frac{1}{C_o} + k_o \cdot e^{\frac{-E_a}{RT}} \cdot t \dots \dots \dots (8)$$

Donde:

$C_o$  : Valor del indicador de calidad inicial.

$C_f$  : Valor del indicador de calidad final.

$k_o$  : Constante pre exponencial.

$E_a$  : Energía de activación.

$R$  : Constante de gas (8.314 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>).

$T$  : Temperatura absoluta (°K).

$t$  : Tiempo (días).

### 3.8 PRUEBA DE SIGNIFICANCIA DE LA REGRESIÓN

En la estimación de los valores de la constante pre exponencial ( $k_0$ ) y la energía de activación ( $E_a$ ), de la ecuación linealizada de Arrhenius.

De la ecuación lineal:

$$y = m x + b$$

Donde:

$m$  : Pendiente de la línea

$b$  : Intercepción en el eje “y” cuando “x” es cero

Antes de utilizar la ecuación de regresión lineal muestral para realizar predicciones, primero se determinó si el valor de la pendiente de la ecuación lineal calculada de la muestra es significativo o no. Debido a variaciones muestrales, la pendiente de la regresión muestral puede asumir valores positivos o negativos, pero si la pendiente toma un valor igual a cero ( $m = 0$ ) entonces se puede concluir que no hay regresión de “y” con “x” por lo que no se puede utilizar para hacer predicciones válidas (Córdova, 2006).

El análisis de varianza es un método que utiliza la estadística F, para probar la significación de la ecuación de regresión muestral.

La hipótesis nula y alternativa para esta prueba es:

$$H_0 : m = 0$$

$$H_1 : m \neq 0$$

Dado el  $\alpha$ , y los grados de libertad son 1 y n-2, se encuentra el valor crítico de  $F_c$ .

La regla de decisión consistió en rechazar la hipótesis nula:  $H_0: m = 0$ , si el valor calculado de F a partir de los datos de la muestra, es mayor que el valor crítico  $F_c$ . Caso contrario no se rechaza la  $H_0$ .

Para análisis estadístico se utilizó el software de paquete estadístico RStudio versión

3.5.1

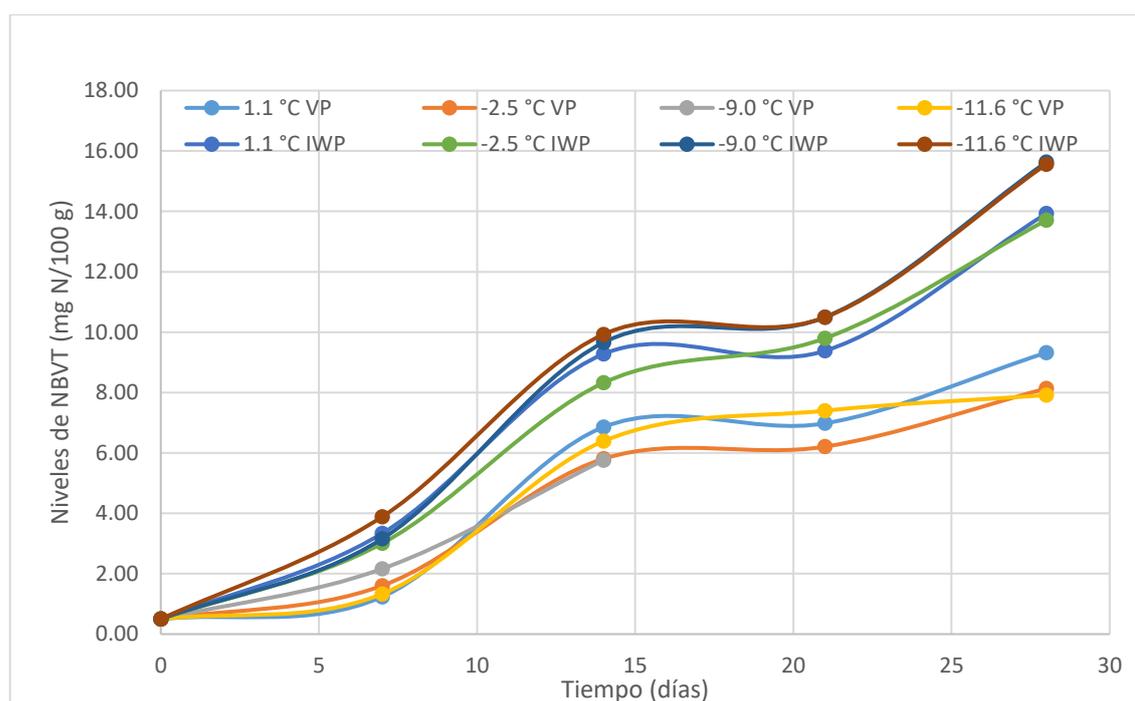
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 DETERMINACIÓN DE LOS EFECTOS DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO EN LOS CAMBIOS DE LOS INDICADORES DE CALIDAD

#### 4.1.1 NIVELES DE NITRÓGENO BÁSICO VOLÁTIL TOTAL (NBVT)

En el Anexo C se presenta los resultados obtenidos en los análisis de niveles de Nitrógeno Básico Volátil Total (NBVT) (mg N/100 g), análisis de varianza y pruebas de comparación, en los filetes de trucha congelada durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

En la Figura 5 se muestra la representación gráfica de los resultados de análisis de NBVT en los filetes de trucha congelada en envasado normal con aire (IWP) y envasado al vacío (VP) almacenado a diferentes temperaturas durante 28 días.



**Figura 5:** Presentación gráfica de los resultados de niveles de nitrógeno básico volátil total (NBVT) (mg N/100 g) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Se puede observar que los valores obtenidos del NBVT son mayores en el envasado IWP que en el envasado VP en diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento. Así también en ambos tipos de envasado se observa que a medida que

se incrementa la temperatura de almacenamiento el valor obtenido de NBVT va en aumento, pero en menor proporción, no siendo estadísticamente significativo. Además, conforme pasa el tiempo de almacenamiento el valor de NBVT aumenta para ambos tipos de envasado.

Los niveles de NBVT iniciales (día 0) de filetes de trucha arco iris en el estudio fue de 0.50 mg N/100 g, este valor se encuentra dentro de los parámetros aceptables siendo el límite máximo permisible de 35 mg N/100 de acuerdo a lo mencionado por SANIPES (2016) y Reglamento (CE)N°2074, (2005), el cual indica que la materia prima es de calidad aceptable mediante este indicador. Asimismo, este valor inicial obtenido en la trucha es acorde a lo mencionado por la Huss (1999) donde señala reportes de óxido de trimetilamina (OTMA) en peces de agua dulce que se reduce a los componentes que dan lugar a NBVT.

Ademas, el valor inicial encontrado es menor a lo obtenido en investigaciones recientes en otras especies de la familia de los salmonidos, como es el salmon Coho (*Oncorhynchus Kisutch*), donde se puede ver valores superiores a 5,0 mg N/100 g. Esta variación posiblemente se debió a la diferencia de especie, siendo el OTMA que da lugar a compuestos de NBVT uno de los componentes nitrogenados no proteicos más abundantes en los peces de origen marino según Landeros & López (2005).

En los filetes envasados al vacío (VP), al término de la investigación (día 28) los valores de NBVT llegaron a 9.32, 8.13, 7.88 y 7.91 mg N/100 g en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 respectivamente. De forma similar, en los filetes envasados normal con aire (IWP), al término de la investigación (día 28) los valores de NBVT llegaron a 13.93, 13.71, 15.63 y 15.65 mg N/100 g en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 respectivamente. Estos valores no llegan a

superar los límites máximos permisibles establecido por la autoridad sanitaria en ambos tipos de envasado.

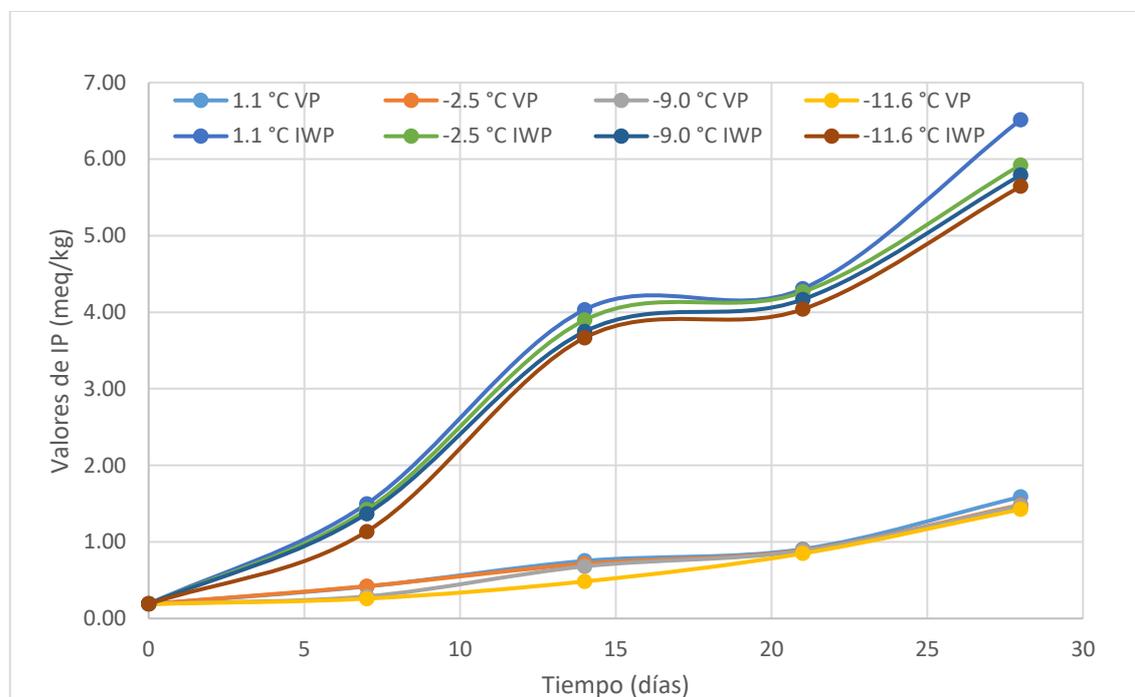
Sin embargo. Cabe resaltar que en los filetes de trucha en envasado normal con aire (IWP) se ha registrado mayores niveles de NBVT comparativamente con el envasado al vacío (VP), esto se debe posiblemente a la presencia del aire (oxígeno) en el envasado IWP el cual es considerado como un factor crítico de deterioro debido a que influencia la velocidad de deterioro mediante la oxidación de lípidos el cual conduce a otras reacciones indeseables, como la pérdida de vitaminas, la alteración del color y la degradación de las proteínas (Kong & Singh, 2011).

Ademas, los filetes de trucha envasado en VP e IWP almacenados a una temperatura de 1.1°C no llegaron en los valores de NBVT hasta el límite aceptable que es 35 mg N/100 durante la observación que fue de 28 días, el cual nos indicaría que el tiempo de vida útil sería mayor a 28 días a una temperatura de almacenamiento de 1.1 °C en ambos tipos de envasado. Este hecho difiere de los estudios previos realizados en vida útil que se realizaron a temperaturas similares de 2.85 °C y -0.15 °C donde se determinó una vida útil de 9 a 12 días como mencionan Liu et al. (2015). Por lo tanto, se puede presumir que los valores de NBVT en la trucha no es un indicador confiable para la medición del deterioro de filete de trucha durante el almacenamiento como lo menciona Huss (1999).

#### **4.1.2 ÍNDICE DE PERÓXIDOS (IP)**

En el Anexo D se presenta los resultados obtenidos en los análisis de Índice de Peróxidos (IP) (meq/kg), análisis de varianza y pruebas de comparación, en los filetes de trucha congelada durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

En la Figura 6 se muestra la representación gráfica de los resultados de análisis de IP en los filetes de trucha congelada en envasado normal con aire (IWP) y envasado al vacío (VP) almacenado a diferentes temperaturas durante 28 días.



**Figura 6:** Presentación grafica de los resultados de los valores del índice de peróxidos (IP) (meq/kg) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Se puede observar que los valores obtenidos del IP son mayores en el envasado IWP que en el envasado VP en diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento. Así también en ambos tipos de envasado se observa que a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento el valor obtenido de IP va en aumento, pero en menor proporción, no siendo estadísticamente significativo. Además, conforme pasa el tiempo de almacenamiento el valor de IP aumenta para ambos tipos de envasado.

Los niveles iniciales (día 0) de IP de filetes de trucha arco iris en el estudio fue de 0.19 meq/kg, este valor se encuentra dentro de los parámetros permisibles, siendo los valores máximos aceptables de 10-20 meq/kg de grasa de pescado como lo menciona Huss (1999). Por lo tanto, indica que la materia prima es de calidad aceptable mediante este indicador.

Sin embargo, el valor inicial encontrado fue menor a lo reportado por Ccopa (2014) donde refirió valores iniciales en filete de trucha de 3.63 meq/kg. De forma similar Ccallo (2009) reportó valores iniciales de 1.50 meq/kg. Por otro lado, Ortiz et al. (2008) revela los valores iniciales en trucha eviscerada fresco que fue de 2.7 meq/kg. Esta variación posiblemente se deba a los métodos, tiempos de procesamiento y presentación del producto tal como dan a conocer Chytiri et al. (2004) en su investigación el efecto del procesamiento (fileteado) de la trucha sobre la variabilidad de los valores microbiológicas, químicas y sensoriales en los productos obtenidos.

En los filetes envasados al vacío (VP), al término de la investigación (día 28) los valores de Índice de peróxidos (IP) llegaron a 1.59, 1.48, 1.47 y 1.43 meq/kg en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 °C respectivamente, De forma similar, en los filetes envasados normal con aire (IWP), al término de la investigación (día 28) los valores de IP llegaron a 6.51, 5.92, 5.79 y 5.64 meq/kg en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 °C respectivamente. Estos valores no llegan a superar los valores máximos durante todo el periodo de observación en ambos tipos de envasado de 10-20 meq/kg de grasa de pescado que refiere la Huss (1999).

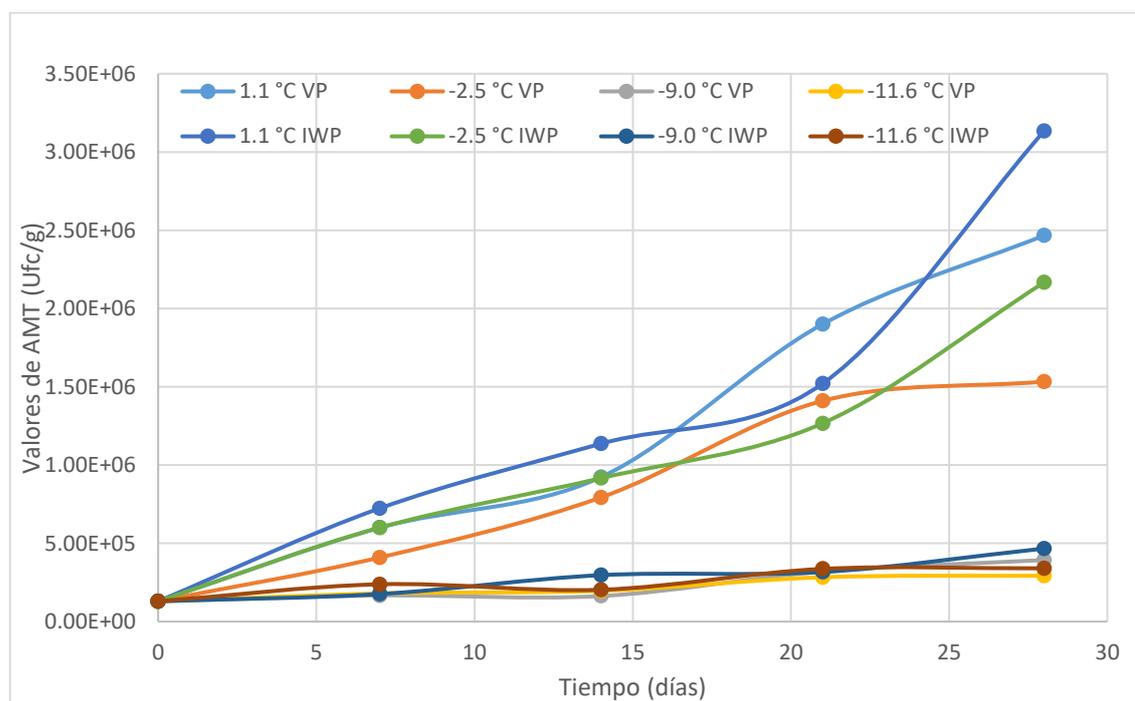
Así mismo, los filetes de trucha envasado en VP e IWP almacenados a una temperatura de 1.1°C no llegaron en los valores de IP hasta el límite aceptable que es 10-20 meq/kg durante la observación que fue de 28 días, el cual nos indicaría que el tiempo de vida útil sería mayor a 28 días a una temperatura de almacenamiento de 1.1 °C en ambos tipos de envasado. Este hecho difiere de los estudios previos realizados en vida útil que se realizaron a temperaturas similares de 2.85 °C y -0.15 °C donde se determinó una vida útil de 9 a 12 días como menciona Liu et al. (2015) y así mismo muestran datos similares Chytiri et al. (2004) y Ortiz et al. (2008). De forma similar la vida útil de otras especies de salmonidos como el salmon coho tiene 17 días de conservación en hielo como

lo indica Rodríguez (2015). Asimismo, Shumilina et al. 2018) señala que la vida útil del salmón del Atlántico no supera las dos semanas al ser almacenado el producto a 0-4 ° C. En consecuencia, se puede deducir que los valores de índice de peróxidos (IP) en la trucha no es un indicador confiable para la medición del deterioro de filete de trucha durante el almacenamiento.

#### 4.1.3 AEROBIOS MESÓFILOS TOTALES (AMT)

En el Anexo E se presenta los resultados obtenidos en los conteos de Aerobios Mesófilos Totales (AMT) (Ufc/g), análisis de varianza y pruebas de comparación, en los filetes de trucha congelada durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

En la Figura 7 se muestra la representación gráfica de los resultados de conteos AMT en los filetes de trucha congelada en envasado normal con aire (IWP) y envasado al vacío (VP) almacenado a diferentes temperaturas durante 28 días.



**Figura 7:** Presentación grafica de valores de conteos aerobios mesófilos totales (AMT) (Ufc/g) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

En cuanto al conteo de aerobios mesófilos totales (AMT) se obtuvo una diferencia mínima entre el envasado IWP y el envasado VP a favor de este último en la conservación

de la calidad, pero no siendo significativo a diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento. Así también en ambos tipos de envasado se observa que a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento el valor obtenido del conteo de AMT va en aumento, siendo un incremento mayor a la temperatura de almacenamiento de 1.1 °C y -2.5 °C. Además, conforme pasa el tiempo de almacenamiento del conteo de AMT aumenta para ambos tipos de envasado en las temperaturas de almacenamiento de 1.1 °C y -2.5 °C. Sin embargo, para las temperaturas de almacenamiento de -9.0 °C y -11.6 °C el incremento es menor.

Los niveles iniciales (día 0) de conteo de AMT en filetes de trucha arco iris en el estudio fue de  $1,3 \times 10^5$  Ufc/g, este valor se encuentra dentro de los parámetros permisibles mencionados por la Autoridad Sanitaria, siendo los valores máximos aceptables  $1,0 \times 10^6$  Ufc/g de acuerdo a lo mencionado por MINSA (2008) y SANIPES (2016), el cual indica que la materia prima es de calidad aceptable mediante este indicador.

Sin embargo, el valor inicial encontrado fue similar a los reportado por Ccopa (2014) donde refirió valores iniciales en filete de trucha entre  $1,3 \times 10^5$  y  $2,2 \times 10^5$  Ufc/g. Por otra parte, Ccallo (2009) reporto valores  $9,8 \times 10^5$  Ufc/g. Esta variación posiblemente se deba a los métodos, tiempos de procesamiento y presentación del producto tal como da a conocer Chytiri et al. (2004) en su investigación del efecto de procesamiento (fileteado) de la trucha sobre la variabilidad de los valores microbiológicas, químicas y sensoriales en los productos obtenidos.

En los filetes envasados al vacío (VP), al término de la investigación (día 28) los valores del conteo de aerobios mesófilos totales (AMT) llegaron a  $2,5 \times 10^6$ ,  $1,5 \times 10^6$ ,  $3,9 \times 10^5$  y  $2,9 \times 10^5$  Ufc/g en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 °C respectivamente, De forma similar, en los filetes envasados normal con aire

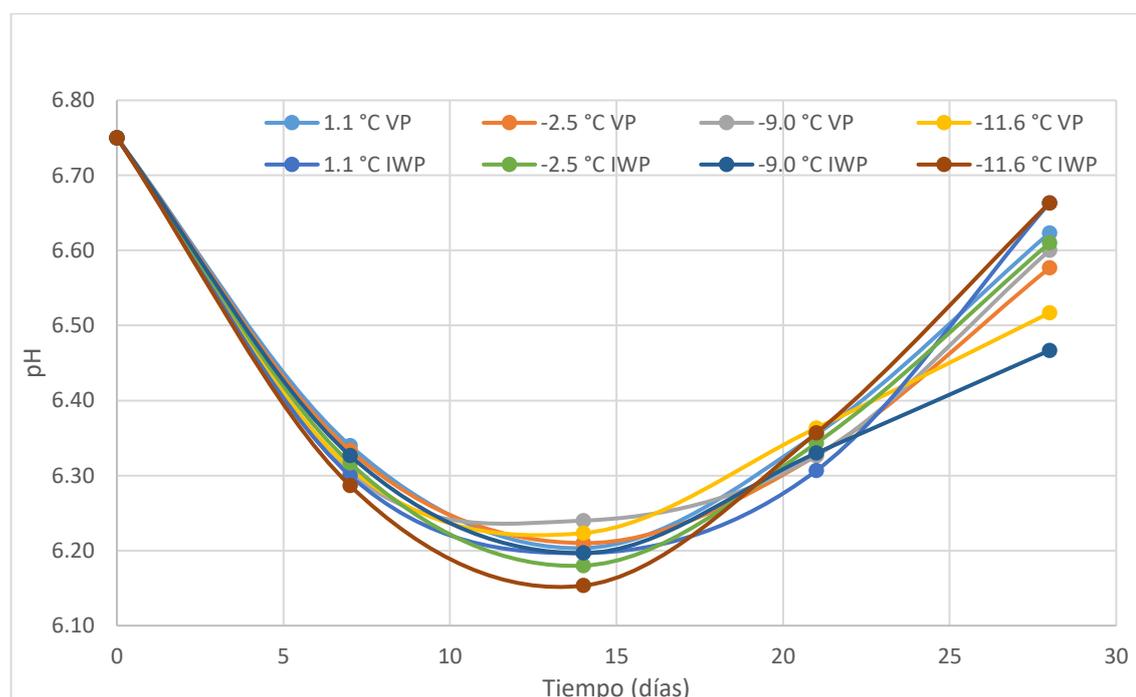
(IWP), al término de la investigación (día 28) los valores del conteo de aerobios mesófilos totales (AMT) llegaron a  $3.1 \times 10^6$ ,  $22 \times 10^6$ ,  $4.7 \times 10^5$  y  $3.4 \times 10^5$  Ufc/g en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 °C respectivamente. Los valores obtenidos, para ambos tipos de envasado, a las temperaturas de almacenamiento de 1.1 y -2.5 °C excedieron el límite máximo a los 14 y 21 días respectivamente. Por otra parte, a temperaturas de almacenamiento de -9.0 y -1.6 °C no llegaron a superar los límites máximos permisibles que es de  $1,0 \times 10^6$  Ufc/g de acuerdo a lo mencionado por SANIPES (2016) y el MINSA (2008).

De Tabla E.1 (Anexos) donde se presenta los resultados obtenidos en los conteos de Aerobios Mesófilos Totales (AMT). Se puede deducir que la vida útil para los filetes envasados al vacío (VP) y envasado normal con aire (IWP) es un aproximado de 14 y 21 días a las temperaturas de almacenamiento de 1.1 y -2.5 °C respectivamente, pero una vida útil mayor a los 28 días en las temperaturas de almacenamiento de 9.0 y -11.6 °C. De forma similar Chytiri et al. (2004) señala en su investigación que la vida útil del filete de trucha almacenada en refrigeración es de 10 a 12 días. Asimismo, Shumilina et al. (2018) refiere en su investigación que la vida útil del salmón del Atlántico no supera los 15 días en almacenamiento en refrigeración. Por otra parte Ccopa (2014) en su investigación declara el valor para conteo de AMT de  $2,4 \times 10^6$  Ufc/g a los 12 días en filete de trucha almacenado en refrigeración en un envasado con aire. Asimismo, Ccallo (2009) reportó  $3,6 \times 10^5$  Ufc/g a los 8 días en filetes de trucha envasado al vacío almacenado en refrigeración, siendo estos valores similares a lo obtenido en la presente investigación.

#### 4.1.4 pH

En el Anexo F se presenta los resultados obtenidos en los análisis de pH, análisis de varianza y pruebas de comparación, en los filetes de trucha congelada durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

En la Figura 8 se muestra la representación gráfica de los resultados de valores obtenidos para el pH en los filetes de trucha congelada en envasado normal con aire (IWP) y envasado al vacío (VP) almacenado a diferentes temperaturas durante 28 días.



**Figura 8:** Presentación gráfica de valores de pH de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Se puede observar que los valores obtenidos para el pH no presentan diferencias notables en el envasado IWP comparativamente con el envasado VP en diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento. De igual forma en los dos tipos de envasado se observa que a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento no tiene efecto significativo en los valores obtenidos para el pH. Sin embargo, conforme pasa el tiempo de almacenamiento el valor de pH disminuye, pero en el día 14vo de almacenamiento subió los valores de pH para ambos tipos de envasado.

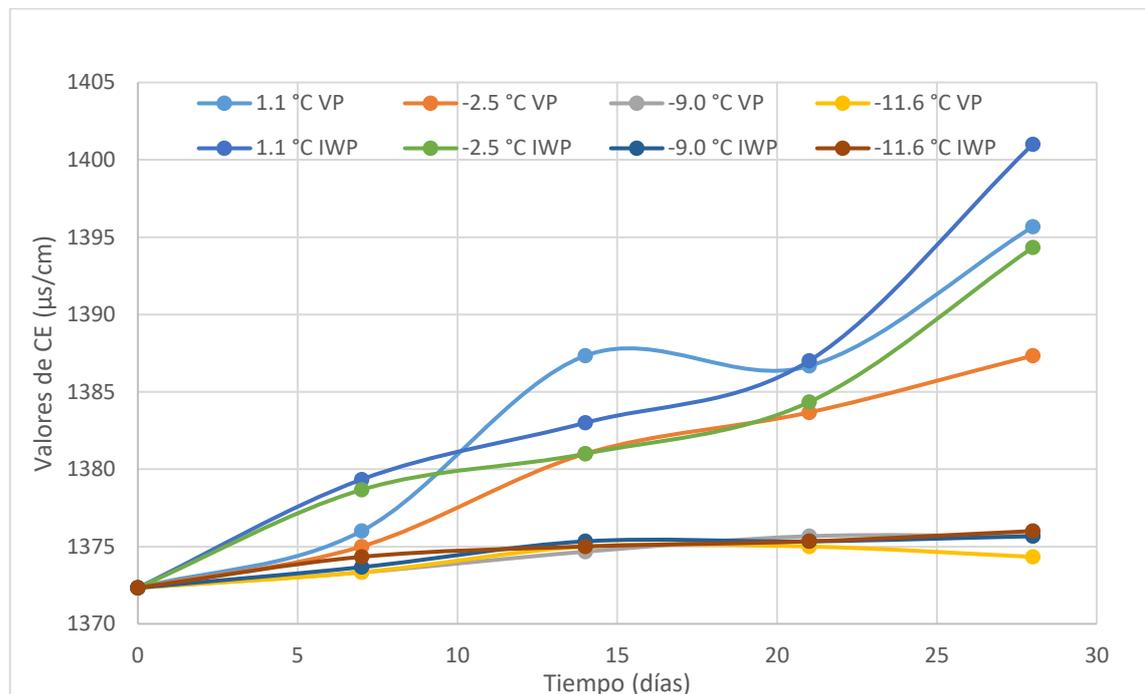
El valor de pH inicial (día 0) en el filete de trucha en el estudio fue 6.75, este valor difiere de los rangos para el pescado fresco que se considera de 6.0 a 6.5 como refiere Belitz & Grosch (1988). Por otro lado, García, Núñez, Chacón, Alfaro, & Espinosa (2004) refieren que el pH para todos los pescados oscila entre 6.6 y 6.8, asimismo encontró en su investigación de la calidad de canal y carne de trucha un valor de 6.65. De forma similar, Prieto (1998) reporto un valor de pH de 6.6 inmediatamente después del sacrificio de la trucha (García et al., 2004). Esta diferencia posiblemente se debió a la especie, tamaño, edad, estado del animal antes del sacrificio, días de ayuno previo a la cosecha los cuales afectan los niveles de glucógeno y consecuentemente el pH post mortem como describe Ccopa (2014). Sin embargo, el valor inicial del pH está dentro de los límites considerados de aptitud para el consumo para el pescado que es 6,8 como lo menciona Belitz & Grosch (1988).

Por otro lado, en los filetes envasados al vacío (VP), al término de la investigación (día 28) los valores de pH llegaron a 6.62, 6.58, 6.60 y 6.52 en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 respectivamente. De forma similar, en los filetes envasados normal con aire (IWP), al término de la investigación (día 28) los valores de NBVT llegaron a 6.66, 6.61, 6.47 y 6.66 en las temperaturas de almacenamiento de 1.1, -2.5, -9.0 y -11.6 respectivamente. Estos valores no llegan a superar el límite de 6.8 que se considera el límite de aptitud de 6.8 para el consumo ya que un pescado descompuesto se encuentra con un pH de 7 a más como lo señala Belitz & Grosch (1988). Estos resultados son similares a lo reportado por Ccopa (2014) donde señala un pH de 6.54 a los 18 días de almacenamiento en refrigeración de filetes de trucha.

#### 4.1.5 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE)

En el Anexo G se presenta los resultados obtenidos en los análisis de Conductividad Eléctrica (CE) ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), análisis de varianza y pruebas de comparación, en los filetes de trucha congelada durante el almacenamiento a diferentes temperaturas.

En la Figura 9 se muestra la representación gráfica de los resultados de valores obtenidos para la CE en los filetes de trucha congelada en envasado normal con aire (IWP) y envasado al vacío (VP) almacenado a diferentes temperaturas durante 28 días.



**Figura 9:** Presentación grafica de valores de conductividad eléctrica CE ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Se puede observar que los valores obtenidos para la conductividad eléctrica (CE) presentan diferencias mínimas en los valores obtenidos para el envasado IWP comparativamente en el envasado VP en diferentes temperaturas y tiempos de almacenamiento, no siendo esta diferencia estadísticamente significativa. Por otro lado, en los dos tipos de envasado se observa que a medida que se incrementa la temperatura de almacenamiento se tiene incremento en los valores obtenidos para el CE, siendo estos valores más altos en las temperaturas de almacenamiento de 1.1 °C y -2.5 °C. Asimismo,

conforme pasa el tiempo de almacenamiento el valor de CE aumenta progresivamente en los valores de CE para ambos tipos de envasado.

La conductividad eléctrica (CE) inicial de filetes de trucha arco iris en el estudio fue  $1372 \mu\text{s}/\text{cm}$ , este valor es menor a los valores encontrados en estudios previos donde se reportó  $1325 \mu\text{s}/\text{cm}$  en filete de trucha como lo señalan Liu et al. (2015) y esto se debe probablemente por lo señalado por Huss (1999) donde indica que puede variar dentro de un mismo lote, las diferentes lecturas del instrumento cuando el pescado está dañado, congelado, fileteado, desangrado o no desangrado. En general los valores de CE de todas las muestras aumentaron a lo largo del almacenamiento y esto se debe probablemente como resultado del aumento de la permeabilidad de la membrana y la disminución de la capacidad de retención de agua de las fibras musculares que conduce a un aumento en el volumen extracelular como señala Liu et al. (2015). Asimismo, Ekanem & Achinewhu (2000) menciona que las sustancias iónicas producidas principalmente durante el crecimiento de bacterias, también explican el mayor valor de EC. Por otra parte, Liu et al. (2015) revela que la tasa creciente de la CE disminuye con la temperatura de almacenamiento, que se debe al efecto inhibitorio de la temperatura más baja sobre la descomposición de los tejidos musculares y el crecimiento bacteriano.

## 4.2 CONSTRUCCIÓN DE MODELOS MATEMÁTICOS BASADOS EN LOS INDICADORES DE CALIDAD EN FILETE DE TRUCHA CONGELADA

La carne de trucha arco iris es un alimento que posee gran calidad nutritiva por sus valores proteicos, con un contenido promedio de 19% de proteínas y humedad 74 % como lo indica IMARPE & ITP (1996). Pero es un producto extremadamente perecedero, principalmente debido a su alto nivel de humedad, rico contenido nutricional, crecimiento microbiano y actividad enzimática (Liu et al., 2015). Sumado a ello es necesario precisar que la cadena de distribución de alimentos incluye varias etapas que involucran el almacenamiento, transporte y manejo, donde los alimentos a menudo están expuestos a diferentes causas y factores que intervienen en el deterioro.

### 4.2.1 ESTIMACIÓN DE LAS ÓRDENES DE REACCIÓN

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ), es pues una medida de la proximidad del ajuste de la recta de regresión. Cuanto mayor sea el valor de  $R^2$ , mejor será el ajuste y más útil la recta de regresión como instrumento de predicción. Si  $R^2 = 0$ , es decir, no cambia “Y” cuando cambia “X”, o todas las predicciones son iguales a una misma constante. En este caso indica que no hay correlación ni regresión (Córdova, 2006).

Por tanto, en la Tabla 11 se presenta las estimaciones de los coeficientes de determinación ( $R^2$ ) para las ordenes de reacción cero, primer y segundo en cada uno de los indicadores de calidad en envasado normal con aire (IWP) y envasado al vacío (VP) almacenado a diferentes temperaturas durante 28 días.

**Tabla 11:** Estimaciones de las órdenes de reacción mediante los valores de coeficientes de determinación para los indicadores de calidad en dos tipos de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Indicadores de calidad	Envasado	Temperatura (°C)	Orden Cero	Primer Orden	Segundo Orden
			C vs tiempo	Ln C vs tiempo	1/C vs tiempo
NBVT (mg N/100 g)	VP	1.1	<b>0.9047</b>	0.8612	0.7466
		-2.5	<b>0.9356</b>	0.8638	0.6937
		-9.0	<b>0.9485</b>	0.8325	0.6368
		-11.6	<b>0.8827</b>	0.8454	0.7283
	IWP	1.1	<b>0.9485</b>	0.8146	0.5897
		-2.5	<b>0.9780</b>	0.8442	0.6045
		-9.0	<b>0.9627</b>	0.8398	0.5998
		-11.6	<b>0.9619</b>	0.8068	0.5764
IP (meq/kg)	VP	1.1	0.9393	<b>0.9617</b>	0.8044
		-2.5	0.9532	<b>0.9616</b>	0.8015
		-9.0	0.9422	<b>0.9762</b>	0.8948
		-11.6	0.9075	<b>0.9916</b>	0.9548
	IWP	1.1	<b>0.9633</b>	0.8150	0.5770
		-2.5	<b>0.9640</b>	0.8110	0.5805
		-9.0	<b>0.9677</b>	0.8169	0.5842
		-11.6	<b>0.9602</b>	0.8381	0.6052
AMT (Ufc/g)	VP	1.1	<b>0.9707</b>	0.9139	0.6551
		-2.5	<b>0.9688</b>	0.9139	0.7123
		-9.0	<b>0.8704</b>	0.8968	0.9127
		-11.6	<b>0.9444</b>	0.9445	0.9164
	IWP	1.1	<b>0.9016</b>	0.8905	0.6218
		-2.5	<b>0.9541</b>	0.8921	0.6429
		-9.0	<b>0.9500</b>	0.9637	0.9197
		-11.6	<b>0.8312</b>	0.8073	0.7562
pH	VP	1.1	<b>0.0281</b>	0.0263	0.0245
		-2.5	<b>0.0651</b>	0.0617	0.0585
		-9.0	<b>0.0396</b>	0.0371	0.0347
		-11.6	<b>0.0997</b>	0.0943	0.0891
	IWP	1.1	<b>0.0115</b>	0.0106	0.0099
		-2.5	<b>0.0296</b>	0.0274	0.0254
		-9.0	<b>0.1787</b>	0.1720	0.1654
		-11.6	<b>0.0041</b>	0.0035	0.0030
CE (µs/cm)	VP	1.1	<b>0.9295</b>	0.9296	0.9296
		-2.5	<b>0.9842</b>	0.9841	0.9840
		-9.0	<b>0.9346</b>	0.9346	0.9345
		-11.6	<b>0.6021</b>	0.6022	0.6023
	IWP	1.1	0.9276	<b>0.9290</b>	0.9304
		-2.5	0.9379	<b>0.9387</b>	0.9395
		-9.0	0.8538	<b>0.8537</b>	0.8536
		-11.6	0.8828	<b>0.8825</b>	0.8823

Se puede observar que los resultados del orden de reacción para los indicadores de calidad, nitrógeno básico volátil total (NBVT), índice de peróxidos (IP), conteos de aerobios mesófilos totales (AMT), conductividad eléctrica (CE) y pH, se describieron

adecuadamente mediante las ecuaciones cinéticas de orden cero con valores de coeficientes de determinación mayor a  $R^2 > 0.9$ . Sin embargo, en los indicadores calidad de niveles de NBVT en envasado al vacío (VP) y CE en envasado normal con aire (IWP) presentaron mayor valor en los coeficientes de determinación en las ecuaciones cinéticas de primer orden. Asimismo, los valores obtenidos de coeficientes de determinación para el pH fueron menores a 0,10 ( $R^2 < 0,1$ ) el cual hace presumir que no exista correlación ni regresión entre las variables de estudio.

Las ordenes de reacción encontradas para los indicadores de calidad guardan relación con lo mencionado por Singh (1994) y Phimolsiripol & Suppakul (2016) donde indican que la mayoría de las reacciones que muestran pérdidas en la calidad de los alimentos se pueden describir en orden cero o de primer orden. De forma similar Liu et al. (2015) encontro en su investigacion que el orden de reacción para los atributos de calidad como conteos aeróbicos totales y conductividad eléctrica en la trucha fue descrito adecuadamente mediante ecuaciones cinéticas de orden cero.

Además, de la ecuación linealizada del orden de reacción con mejor coeficiente de determinación para los indicadores de calidad se obtuvo el valor de la constante de velocidad de reacción (k) este método es sugerido por Phimolsiripol & Suppakul (2016).

#### **4.2.2 CINÉTICA DE ARRHENIUS**

En la Tabla 12 se muestran los parámetros de los modelos de Arrhenius como la energía de activación ( $E_a$ ) y constante pre exponencial ( $k_0$ ) para cada uno de los indicadores de calidad, nitrógeno básico volátil total (NBVT), índice de peróxidos (IP), conteos de aerobios mesófilos totales (AMT), conductividad eléctrica (CE) y pH.

Los parámetros del modelo de Arrhenius fueron calculados de la ecuación linealizada de Arrhenius y a partir de la constante de velocidad (k) en cada uno de los indicadores de calidad.

**Tabla 12:** Estimaciones de los parámetros del modelo de Arrhenius para los indicadores de calidad de los filetes de trucha arco iris envasado en dos presentaciones y almacenado a diferentes temperaturas.

VARIABLES DE RESPUESTA	EMPAQUE	R <sup>2</sup>	Ea (kJ/mol)	Ko
NBVT (mg N/100 g)	IVP	0.3358	5.07	2.9000
	IWP	0.8601	6.49	0.0271
IP (meq/kg)	IVP	0.6116	2.70	0.0215
	IWP	0.8231	4.66	1.6708
AMT (Ufc/g)	IVP	0.9874	130.44	6.7263E+29
	IWP	0.9808	128.99	4.1872E+29
pH	IVP	0.4258	16.20	3.0818E-06
	IWP	4E-06	0.14	2.9920E-03
CE (µs/cm)	IVP	0.9892	113.54	3.8486E+21
	IWP	0.9493	109.16	4.7448E+17

A continuación, se presenta los modelos matemáticos de predicción construidos, reemplazados los valores de Ea y ko, para cada uno de los indicadores de calidad mediante el orden de reacción que mejor describió los resultados.

$$C_{NBVT-VP-f} = C_{NBVT-VP-0} + 2.9 e^{\frac{-5.07}{RT}} t \dots\dots\dots (9)$$

$$C_{NBVT-IWP-f} = C_{NBVT-IWP-0} + 0.0271 e^{\frac{-6.49}{RT}} t \dots\dots\dots (10)$$

$$\ln C_{IP-VP-f} = \ln C_{IP-VP-0} + 0.0215 e^{\frac{-2.70}{RT}} t \dots\dots\dots (11)$$

$$C_{IP-IWP-f} = C_{IP-IWP-0} + 1.6708 e^{\frac{4.66}{RT}} t \dots\dots\dots (12)$$

$$C_{AMT-VP-f} = C_{AMT-VP-0} + 6.7263 \times 10^{29} e^{\frac{-130.44}{RT}} t \dots\dots\dots (13)$$

$$C_{AMT-IWP-f} = C_{AMT-IWP-0} + 4.1872 \times 10^{29} e^{\frac{-128.99}{RT}} t \dots\dots\dots (14)$$

$$C_{pH-VP-f} = C_{pH-VP-0} + 3.0818 \times 10^{-6} e^{\frac{-16.20}{RT}} t \dots\dots\dots (15)$$

$$C_{pH-IWP-f} = C_{pH-IWP-0} + 2.9920 \times 10^{-3} e^{\frac{0.14}{RT}} t \dots\dots\dots (16)$$

$$C_{CE-VP-f} = C_{CE-VP-0} + 3.8486 \times 10^{21} \cdot e^{\frac{-113.54}{RT}} \cdot t \dots\dots\dots (17)$$

$$\ln C_{CE-IWP-f} = \ln C_{CE-IWP-O} + 4.7448 \times 10^{17} e^{\frac{-109.16}{RT}} \cdot t \dots\dots\dots (18)$$

Donde:

NBVT : Indicadores de calidad (Nitrógeno básico volátil total)

IP : Indicadores de calidad (Índice de peróxidos)

AMT : Indicadores de calidad (Aerobios mesófilos totales)

CE : Indicadores de calidad (Conductividad eléctrica)

VP : Envasado al vacío

IWP : Envasado normal con aire

$C_o$  : Valor del indicador de calidad inicial

$C_f$  : Valor del indicador de calidad final

R : Constante de gas (8.314 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

T : Temperatura absoluta (°K)

t : Tiempo (días)

#### **4.2.3 EVALUACIÓN DE LOS MODELOS DE ARRHENIUS PARA LOS INDICADORES DE CALIDAD**

Asimismo, para poder validar estadísticamente la ecuación linealizada de Arrhenius, donde se halló los parámetros de los modelos de Arrhenius como la energía de activación ( $E_a$ ) y constante pre exponencial ( $k_0$ ), se determinó si el valor de la pendiente de la ecuación linealizada de Arrhenius, calculada con los valores experimentales para cada indicador de calidad, es significativo o no. En este sentido Córdova (2006) indica que la pendiente de la regresión muestral puede asumir valores positivos o negativos, pero si la pendiente toma un valor igual a cero ( $m = 0$ ) entonces se concluye que no existe regresión de “y” con “x” por lo que no se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

En el análisis de varianza se utilizó la estadística F, para probar la significación de la ecuación de regresión muestral, siendo la hipótesis nula y alternativa para esta prueba:

$H_0$ : m (pendiente) = 0 ..... Hipótesis nula

$H_1$ : m (pendiente)  $\neq$  0 ..... Hipótesis alternativa

Asimismo, en el análisis de varianza de la regresión muestral se trabajó con un nivel de confianza de 0,95.

La regla de decisión consistió en rechazar la hipótesis nula:  $H_0$ : m = 0, si el valor calculado de F calculada a partir de los datos experimentales es mayor que el valor crítico ( $F_c$ ). Caso contrario no se rechaza la  $H_0$ .

Cabe resaltar que para el análisis estadístico se utilizó el software de paquete estadístico RStudio versión 3.5.1.

En el Anexo H se presenta el procedimiento de análisis de varianza para cada uno de los indicadores de calidad.

Específicamente, se puede observar los resultados en los Anexos H.1, H.2 y H.4 los resultados de análisis de varianza para los indicadores de calidad basados en nitrógeno básico volátil total (NBVT), índice de peróxidos (IP) y pH, los resultados fueron desalentadores debido a que F calculada ( $F_c$ ) fue menor al valor crítico de la estadística F, el cual indica que la pendiente de la regresión lineal tiene una tendencia a tomar un valor igual a cero (m = 0) como indica Córdova (2003). Por lo tanto, se puede concluir que los modelos matemáticos construidos a partir de los indicadores de niveles de NBVT, IP y pH no son adecuados para realizar predicciones válidas.

Por otra parte los resultados obtenidos para los indicadores de calidad basados en el conteo de aerobios mesófilos totales (AMT), conductividad eléctrica (CE), como se puede observar en los Anexos H.3 y H.5 resultaron un éxito ya que la F calculada ( $F_c$ )

fue mayor al valor crítico de la estadística F, el cual indica que la pendiente de la regresión lineal tiene es diferente de cero ( $m \neq 0$ ) como indica Córdova (2006). En consecuencia, se concluye que existe regresión lineal y se puede utilizar para hacer predicciones válidas las ecuaciones construidas basadas en AMT y CE.

Los valores encontrados son similares a resultados obtenidos recientemente por Liu et al. (2015) donde señala que los modelos de Arrhenius basados en conductividad eléctrica (CE) y aerobios mesófilos totales (AMT) son aceptables con errores relativos por debajo del 10%, en filetes de trucha arcoiris en almacenamiento a diferentes temperaturas.

#### **4.3 DESARROLLO DE LOS MODELOS MATEMÁTICOS VÁLIDOS CONSTRUIDOS PARA LA PREDICCIÓN DE VIDA ÚTIL EN FILETES DE TRUCHA CONGELADA PARA CADA TIPO DE ENVASADO DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN CONGELACIÓN**

La construcción de los modelos matemáticos para la predicción de vida útil fue desarrollada en el apartado 4.2, donde primeramente en el apartado 4.2.1 se realizó la determinación del orden de reacción mediante el mejor valor del coeficiente de determinación ( $R^2$ ) que presentara para cada indicador de calidad, nitrógeno básico volátil total (NBVT), índice de peróxidos (IP), conteos de aerobios mesófilos totales (AMT), conductividad eléctrica (CE) y pH. Donde se ha obtenido que los indicadores de NBVT, IP, AMT y CE son considerables para realizar predicciones de vida útil.

Sin embargo, en el apartado 4.2.3 se verifico mediante un análisis de varianza si el valor de la pendiente de la ecuación linealizada de Arrhenius, el cual llevó a calcular los valores de energía de activación ( $E_a$ ) y constante pre exponencial ( $k_0$ ), es significativo o no. Debido a que la pendiente de la regresión linealizada de Arrhenius puede asumir valores positivos o negativos, pero si la pendiente toma un valor igual a cero ( $m = 0$ ) entonces se concluye que no existe regresión de “y” con “x”. Como resultado de la evaluación se ha obtenido que los modelos matemáticos construidos basados en los indicadores de calidad de NBVT, IP no son significativos y no existe regresión y la relación es casual y no causal. Por el contrario, los modelos matemáticos construidos basados en los indicadores de calidad de AMT y CE son válidas y se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

Los modelos matemáticos validos construidos para la predicción de vida útil en los filetes de trucha arcoíris en almacenamiento a diferentes temperaturas son los siguientes:

$$C_{AMT-VP-f} = C_{AMT-VP-O} + 6.7263 \times 10^{29} e^{\frac{-130.44}{RT}} t \dots\dots\dots (13)$$

$$C_{AMT-IWP-f} = C_{AMT-IWP-O} + 4.1872 \times 10^{29} e^{\frac{-128.99}{RT}} t \dots\dots\dots (14)$$

$$C_{CE-VP-f} = C_{CE-VP-O} + 3.8486 \times 10^{21} e^{\frac{-113.54}{RT}} .t \dots\dots\dots (17)$$

$$\ln C_{CE-IWP-f} = \ln C_{CE-IWP-O} + 4.7448 \times 10^{17} e^{\frac{-109.16}{RT}} .t \dots\dots\dots (18)$$

Donde:

AMT : Indicadores de calidad (Aerobios mesófilos totales)

CE : Indicadores de calidad (Conductividad eléctrica)

VP : Envasado al vacío

IWP : Envasado normal con aire

$C_o$  : Valor del indicador de calidad inicial

$C_f$  : Valor del indicador de calidad final

R : Constante de gas (8.314 J mol<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>)

T : Temperatura absoluta (°K)

t : Tiempo (días)

En la Tabla 13 se presenta la estimación del tiempo de vida útil mediante los modelos matemáticos validos contruidos basados en los indicadores de conteo de aerobios mesófilos totales (AMT) y conductividad eléctrica (CE) para el filete de trucha congelada envasada y almacenada a una temperatura de -18 °C. Para la predicción se utilizó los valores iniciales de los indicadores calidad de AMT y CE de la presente investigación que fueron  $1.3 \times 10^5$  ufc/g y 1372  $\mu$ s/cm para el AMT y CE respectivamente.

**Tabla 13:** Predicción del tiempo de vida útil mediante el modelo de Arrhenius basados en los indicadores AMT y CE para filete de trucha congelada almacenada a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Tiempo (mes)	Valores Estimados			
	AMT (Ufc/g)		CE ( $\mu\text{s/cm}$ )	
	Envasado al vacío (VP)	al Envasado en aire (IWP)	Envasado al vacío (VP)	al Envasado en aire (IWP)
0	130000	130000	1372	1372
1	169819	179101	1373	1373
2	209637	228202	1373	1374
3	249456	277303	1374	1375
4	289275	326404	1375	1376
5	329093	375505	1375	1376
6	368912	424606	1376	1377
7	408731	473707	1377	1378
8	448549	522808	1377	1379
9	488368	571909	1378	1380
10	528186	621010	1379	1381
11	568005	670111	1379	1382
12	607824	719212	1380	<b>1383</b>
13	647642	768313	1381	1383
14	687461	817414	1381	1384
15	727280	866515	1382	1385
16	767098	915616	<b>1383</b>	1386
17	806917	964717	1383	1387
18	846736	<b>1013818</b>	1384	1388
19	886554	1062920	1384	1389
20	926373	1112021	1385	1390
21	966192	1161122	1386	1391
22	<b>1006010</b>	1210223	1386	1391
23	1045829	1259324	1387	1392
24	1085648	1308425	1388	1393
25	1125466	1357526	1388	1394
26	1165285	1406627	1389	1395
27	1205103	1455728	1390	1396
28	1244922	1504829	1390	1397
29	1284741	1553930	1391	1398
30	1324559	1603031	1392	1399

Se puede observar que los valores estimados de vida útil para el filete de trucha, congelada envasada y almacenada a una temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , mediante el indicador de calidad microbiológico de aerobios mesófilos (AMT) en el envasado al vacío (VP) y

envasado normal con aire (IWP) superan los valores máximos permisibles de  $1,0 \times 10^6$  ufc/g indicado por MINSA (2008) y SANIPES (2016) a los 22 y 18 meses respectivamente.

Por otra parte, respecto a los valores de conductividad eléctrica (CE) Liu et al. (2015) reporta los valores de 1383 a 1412  $\mu\text{s}/\text{cm}$  cuando los valores de AMT es menor igual a  $1,0 \times 10^6$  Ufc/g. Por lo tanto, en la presente investigación se ha estimado (Tabla 13) en filete de trucha congelada envasada y almacenada a una temperatura de  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  mediante el indicador de calidad de CE en el envasado VP y envasado IWP, el valor 1383  $\mu\text{s}/\text{cm}$  a los 12 y 16 meses respectivamente.

Como resultado de la estimación del tiempo de vida útil mediante los modelos matemáticos construidos basados en los indicadores de AMT y CE para el filete de trucha congelada y almacenada a una temperatura de  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ , se tiene que para los filetes envasados en VP y envasados en IWP son de 12 y 16 meses respectivamente. Este resultado concuerda con lo mencionado por Lianou et al. (2016) donde indica que los alimentos almacenados a una temperatura de  $-18\text{ }^\circ\text{C}$  y tienen una vida útil de 6 meses a 2 años. De forma similar Latorre (2008) realizó un estudio de vida útil en salmón coho mediante la calidad bioquímica, física, microbiológica y sensorial del producto almacenado a  $-18\text{ }^\circ\text{C}$ , donde encontró que es estable en la calidad bioquímica, física y microbiológica durante 18 meses. De forma similar, Landeros & López (2005) menciona que el salmón coho no sufre cambios significativos en las propiedades químicas y físicas almacenado congelado a  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  durante un año.

Sin embargo debido a que se ha desarrollado mayor cantidad de investigaciones también existe afianzamiento de la legislación Peruana a los indicadores de aerobios mesófilos totales (AMT) como microorganismos asociados con la vida útil, se debe tener precedencia en estimar la vida útil mediante el indicador de calidad de AMT.

## V. CONCLUSIONES

- En este trabajo se determinó el efecto de la temperatura de almacenamiento en los indicadores de calidad de los filetes de trucha envasado al vacío (VP) y envasado normal con aire (IWP), a un nivel de confianza del 95%. Obteniéndose que los valores de conteo de aerobios mesófilos totales (AMT) y conductividad eléctrica (CE) mostraron resultados directamente relacionado a la temperatura de almacenamiento, a mayor temperatura mayor valor del indicador de calidad. Por otro lado, los niveles de nitrógeno básico volátil total (NBVT), índice de peróxidos (IP) y pH mostraron resultados no alentadores, debido a que no se ven afectados por la temperatura de almacenamiento. Por lo tanto, los indicadores de calidad de NBVT, IP y pH no son confiables para la medición del deterioro de filete de trucha.

- Los modelos matemáticos construidos para la predicción de vida útil de los filetes de trucha arcoíris basados en los indicadores de calidad de AMT y CE se describieron adecuadamente mediante ecuaciones cinéticas de cero y primer orden. Asimismo, mostraron resultados favorables, debido a que presentaron altos valores de coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y en el análisis de varianza de la ecuación linealizada de Arrhenius, donde se determinó los valores de energía de activación y la constante pre exponencial, fue significativo para realizar predicciones. En cambio, los modelos matemáticos construidos basados en los indicadores de calidad de NBVT, IP y pH presentaron resultados desalentadores ya que mostraron bajos valores de coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y en el análisis de varianza resultaron no ser significativos para realizar predicciones.

- Se construyó los modelos matemáticos basados en los indicadores de calidad de aerobios mesófilos totales (AMT) y conductividad eléctrica (CE) mediante ecuaciones cinéticas de cero y primer orden y los valores de energía de activación y constante pre exponencial fueron determinados a partir de la ecuación linealizada de Arrhenius. A partir

de estos modelos matemáticos se ha obtenido una vida útil estimada, para los filetes de trucha congelada almacenada a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , de 18 a 22 meses para el envasado al vacío (VP) y de 12 a 16 meses envasado normal con aire (IWP). Sin embargo, se debe tener precedencia en estimar la vida útil mediante el indicador de calidad de AMT debido a que existe un afianzamiento de la legislación peruana en asociar la vida útil con este indicador.

## VI. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios de vida útil mediante otros modelos matemáticos como la red neuronal artificial.
- Realizar estudios de vida útil en otros tipos de envasado y diferentes características de envase.
- Realizar estudios de vida útil utilizando diferentes indicadores de calidad físicos, químicos, microbiológicos y sensoriales.
- Validar el tiempo de vida útil estimado mediante pruebas estaticas.

## VII. REFERENCIAS

- Acosta, G. (2002). *Truchicultura*. Ayacucho, Perú: Editorial Gamma.
- Albion. (2014). Salmon-trim. Retrieved December 1, 2014, from Albion Farm & Fisheries website: <http://www.albion.bc.ca/pdf/Salmon-trim.pdf>
- AOAC. (1995). *Official methods of analysis of AOAC International, 16th edition*. Arlington, EEUU: AOAC International.
- Avery, H. (2002). *Cinética química básica y mecanimos de reacción*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Belitz, H., & Grosch, W. (1988). *Química de los alimentos*. Zaragoza, España: Zaragoza, España.
- Breton, B. (2007). *El cultivo de la Trucha "Principales especies de cria, infraestructura, técnicas de alevinaje, genética, alimentacion, gestión de la reproducción, higiene y comercialización."* Barcelona, España: Editorial Omega.
- Casp, A., & Abril, J. (1999). *Procesos de Conservación de Alimentos*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.
- Ccallo, F. (2009). *Congelacion y refrigeracion de Filetes de Trucha Arco Iris (Oncorhynchus mykiss) envasado al vacio* (Universidad Nacional del Altiplano.). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3346>
- CCB. (2018). La importancia de realizar una adecuada determinación de la vida útil de los alimentos. Retrieved October 20, 2018, from <https://www.ccb.org.co/Sala-de-prensa/Noticias-sector-Agricola-y-Agroindustrial/Noticias-2017/La-importancia-de-realizar-una-adecuada-determinacion-de-la-vida-util-de-los-alimentos>
- Ccopa, L. (2014). *Evaluación de la conservación de filetes de trucha arco iris (Oncorhynchus mykiss) envasada con películas biodegradables con la adición de aceite esencial de muña (Menthostachys mollis)* (Universidad Nacional del

- Altiplano.). Retrieved from <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/3426>
- Cheftel, J., & Cheftel, H. (1992). *Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- Chytiri, S., Chouliara, I., Savvaidis, I. N., & Kontominas, M. G. (2004). Microbiological, chemical and sensory assessment of iced whole and filleted aquacultured rainbow trout. *Food Microbiology*, 21(2), 157–165. [https://doi.org/10.1016/S0740-0020\(03\)00059-5](https://doi.org/10.1016/S0740-0020(03)00059-5)
- Coloma, A. (2006). *Estudio de la cinética de deterioro y la estabilidad de tres productos elaborados a base de cañihua (Chenopodium pallidicaule A.)*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Córdova, M. (2006). *Estadística Inferencial Aplicaciones* (Segunda ed). Lima, Perú: Editorial Moshera.
- Ekanem, E. O., & Achinewhu, S. C. (2000). Effects of shucking method on opening, meat yield and selected quality parameters of West African clam, *Galatea paradoxa* (Born). *Journal of Food Processing and Preservation*, 24(5), 365–377. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2000.tb00425.x>
- Ellis, M. (1994). The methodology of shelf life determination. In C. D. M. Man & A. A. Jones (Eds.), *Shelf Life Evaluation of Foods Edited by* (First edit, pp. 27–39). <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2095-5>
- Envasados. (2017). Tipos de film para envase. Retrieved October 1, 2018, from Film para envases website: <https://envasados.es/tipos-de-film-para-envases/>
- FAO. (2018). *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2018. Cumplir los objetivos de desarrollo sostenible*. Retrieved from <http://www.fao.org/publications/es>
- Fellows, P. (1994). *Tecnología del procesado de los alimentos: principios y prácticas*. Zaragoza, España: Editorial Acribia.

- FONDEPES. (2014). *Manual de Crianza de Trucha Trucha en Ambientes Convencionales. Primera Ed.*
- Gallo, M. (2018). Envasado flexible de productos pesqueros congelados. Retrieved October 3, 2018, from Instituto Tecnológico Pesquero del Perú website: <http://www.oannes.org.pe/upload/201609221502052127073701.pdf>
- García, C., & Molina, M. (2008). *Estimación de la vida útil de una mayonesa mediante pruebas aceleradas.* Retrieved from [http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/7Vidadeanaquel\\_14223.pdf](http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/7Vidadeanaquel_14223.pdf)
- García, C., Molina, M., & Chacón, G. (2012). Evaluación de la vida útil de una pasta de tomate mediante pruebas aceleradas por temperatura. *Revista Ingeniería, 21(2)*. <https://doi.org/10.15517/ring.v21i2.2683>
- García, E., Gago, L., & Fernández, J. (2006). *Tecnologías de envasado en atmósfera protectora.* Madrid, España: Elecé Industria Gráfica.
- García, J., Núñez, F., Chacón, O., Alfaro, R., & Espinosa, M. (2004). Calidad de canal y carne de trucha arco iris, *Oncorhynchus mykiss* Richardson, producida en el noroeste del Estado de Chihuahua. *C. Hidrobiológica, vol.14 no.* Retrieved from [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972004000100003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972004000100003)
- Garthwaite, G. (2009). Refrigeración y congelación del pescado. In *Tecnología del procesado del pescado* (p. 99). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- González, Á. (2001). *Cinética química.* Madrid, España: Editorial Síntesis.
- González, J., González, J., González, M., Gutiérrez, J., & Gutiérrez, M. (1999). *Cinética química aplicada.* Madrid, España: Editorial Síntesis.
- Huss, H. H. (1999). *El Pescado Fresco: Su Calidad y Cambios de su Calidad.* Retrieved from <http://www.fao.org/docrep/V7180S/v7180s08.htm#7>. metodos mejorados para

la manipulación del pescado fresco

- ICMSF. (2000). *Microorganismos de los alimentos* (B. Moreno, V. Diez, L. Garcia, I. Menes, L. M. Gutierrez, & F. Polledo, Eds.). Zaragoza, España: Editorial Acribia.
- IMARPE, & ITP. (1996). *Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú* (p. 146). p. 146. Perú: Editorial Stella.
- Indergård, E., Tolstorebrov, I., Larsen, H., & Eikevik, T. M. (2014). The influence of long-term storage, temperature and type of packaging materials on the quality characteristics of frozen farmed Atlantic Salmon (*Salmo Salar*). *International Journal of Refrigeration*, *41*, 27–36. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2013.05.011>
- Kong, F., & Singh, R. (2011). Chemical deterioration and physical instability of foods and beverages BT - Food and Beverage Stability and Shelf Life. In *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1533/9780857092540.1.29>
- Landeros, J., & López, X. (2005). *Estudio de la estabilidad del color, propiedades químicas y físicas del músculo de Salmon Coho (*Oncorhynchus Kisutch*) almacenado congelado a -20 °C durante un año*. Universidad de Chile.
- Latorre, M. (2008). *Evolución de la calidad bioquímica, física, microbiológica y sensorial del Salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*) congelado (-18 °C) HG, alimentado con dietas adicionadas de  $\alpha$ -tocoferol y extracto de romero durante la etapa de engorde*. Universidad de Chile.
- Lianou, A., Panagou, E. Z., & Nychas, G. E. (2016). Microbiological Spoilage of Foods and Beverages. In *The Stability and Shelf Life of Food*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100435-7.00001-0>
- Liu, X., Jiang, Y., Shen, S., Luo, Y., & Gao, L. (2015). Comparison of Arrhenius model and artificial neuronal network for the quality prediction of rainbow trout

- (*Oncorhynchus mykiss*) filets during storage at different temperatures. *LWT - Food Science and Technology*, 60(1), 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.030>
- Mantilla, B. (2004). *Acuicultura “Cultivo de Truchas en jaulas flotante.”* Lima, Perú: Editorial Palomino.
- MINSA. “Norma sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitarias e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano.”, (2008).
- Ortiz, J., Palma, Ó., González, N., & Aubourg, S. P. (2008). Lipid damage in farmed rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) after slaughtering and chilled storage. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 110(12), 1127–1135. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800131>
- Pascual, M., & Calderón, V. (1999). *Microbiología alimentaria “Metodología analítica para alimentos y bebidas.”* Madrid, España: Diaz de Santos.
- Phimolsiripol, Y., & Suppakul, P. (2016). Techniques in Shelf Life Evaluation of Food Products. *Reference Module in Food Science*, (1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.03293-5>
- PRODUCE. (2017). *Cultivo de la trucha arco iris en el Perú con énfasis en la importación de ovas embrionadas y la comercialización de la producción.* San Isidro, Lima: Ministerio de la Producción.
- PRODUCE. (2018). *Acuicultura de la Trucha Arco iris “Importación de ovas embrionadas y su comercialización a nivel nacional.”*
- PromPerú. (2018). Súper trucha. Retrieved October 13, 2018, from Súper Foods Peru website: <https://peru.info/es-pe/superfoods/detalle/super-trucha>
- Reglamento (CE)N°2074. *Establecen medidas de aplicación para determinados productos con arreglo a lo dispuesto en el Reglamento (CE) N° 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo y para la organización de controles oficiales.* ,

- (2005).
- Rodriguez, A. (2015). *Aplicación de nuevas tecnologías en la conservación y comercialización de Salmón Coho (Oncorhynchus Kisutch): efecto sobre la calidad y el valor agregado*. Universidad de Santiago de Compostela.
- Rojas, C., Arteaga, H., Barraza, G., Méndez, E., & Miano, C. (2010). Estimación de la vida útil de corazones de alcachofa (*Cynara scolymus* L.) marinados en conserva y el contenido de omega 3 y omega 6. *Scientia Agropecuaria*, 1, 207–211. Retrieved from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3708168>
- Sánchez, J. A., & Pérez, J. A. (2016). Sensory shelf life of mantecoso cheese using accelerated testing. *Scientia Agropecuaria*, 7, 215–222. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.03.08>
- SANIPES. *El Peruano - Aprueban Manual “Indicadores Sanitarios y de Inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación.”*, (2016).
- Shumilina, E., Dykyy, A., & Dikiy, A. (2018). Development of a statistical model to detect quality and storage conditions of Atlantic salmon. *Food Chemistry*, 258, 381–386. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.045>
- Singh, R. P. (1994). Scientific principles of shelf life evaluation. In C. D. M. Man & A. A. Jones (Eds.), *Shelf Life Evaluation of Foods* (First edit, pp. 3–26). [https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2095-5\\_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2095-5_1)
- Smith, G. R., & Stearley, R. F. (1999). *The Classification and Scientific Names of Rainbow and Cutthroat Trouts; The Classification and Scientific Names of Rainbow and Cutthroat Trouts*. [https://doi.org/10.1577/1548-8446\(1989\)014<0004:TCASNO>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1577/1548-8446(1989)014<0004:TCASNO>2.0.CO;2)
- Soares, N. M. F., Oliveira, M. S. G., & Vicente, A. A. (2015). Effects of glazing and

- chitosan-based coating application on frozen salmon preservation during six-month storage in industrial freezing chambers. *LWT - Food Science and Technology*, 61(2), 524–531. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.009>
- Stollman, U., Johansson, F., & Leufven, A. (1994). Packaging and food quality. In *Shelf Life Evaluation of Foods* (pp. 52–71). California, EEUU: Springer, Boston, MA.
- Timm, M., & Jørgensen, B. M. (2002). Simultaneous determination of ammonia, dimethylamine, trimethylamine and trimethylamine-N-oxide in fish extracts by capillary electrophoresis with indirect UV-detection. *Food Chemistry*, 76(4), 509–518. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00289-8](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00289-8)
- Tolstorebrov, I., Eikevik, T. M., & Bantle, M. (2016). Effect of low and ultra-low temperature applications during freezing and frozen storage on quality parameters for fish. *International Journal of Refrigeration*, 63, 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.11.003>
- Walker, S. (1994). The principles and practice of shelf life prediction for microorganisms. In C. D. M. Man & A. A. Jones (Eds.), *Shelf Life Evaluation of Foods* (First edit, pp. 40–51). <https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2095-5>

## ANEXOS

## Anexo A: Envasado y almacenamiento de filetes de trucha arco iris



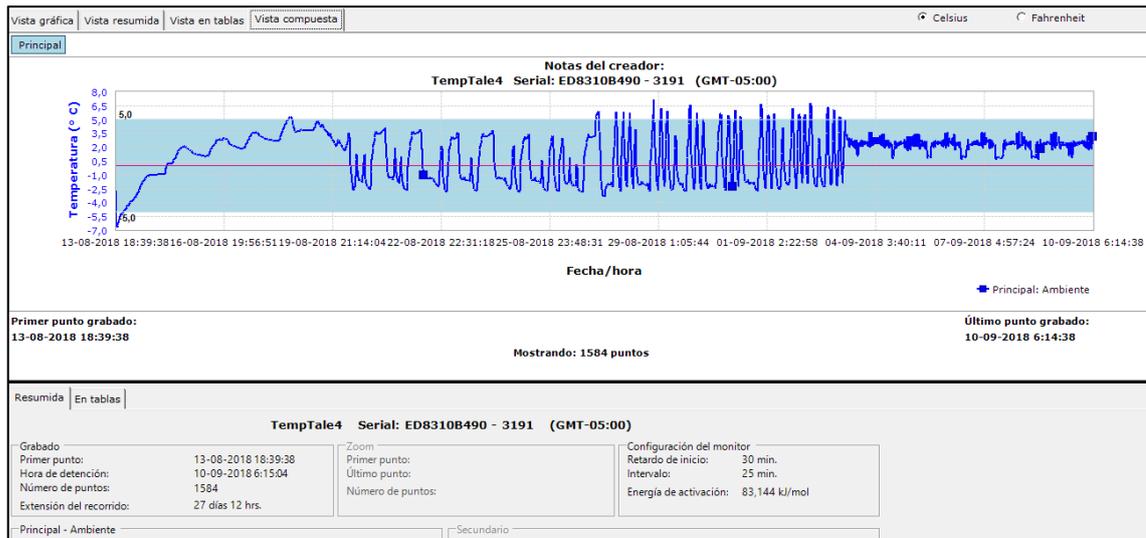
**Figura A.1:** Tipo de envasado; Filete envasado al vacío (VP). **FUENTE:** Piscifactoría de los Andes S.A.



**Figura A.2:** Tipo de envasado; Filete envasado normal con aire (IWP). **FUENTE:** Piscifactoría de los Andes S.A.



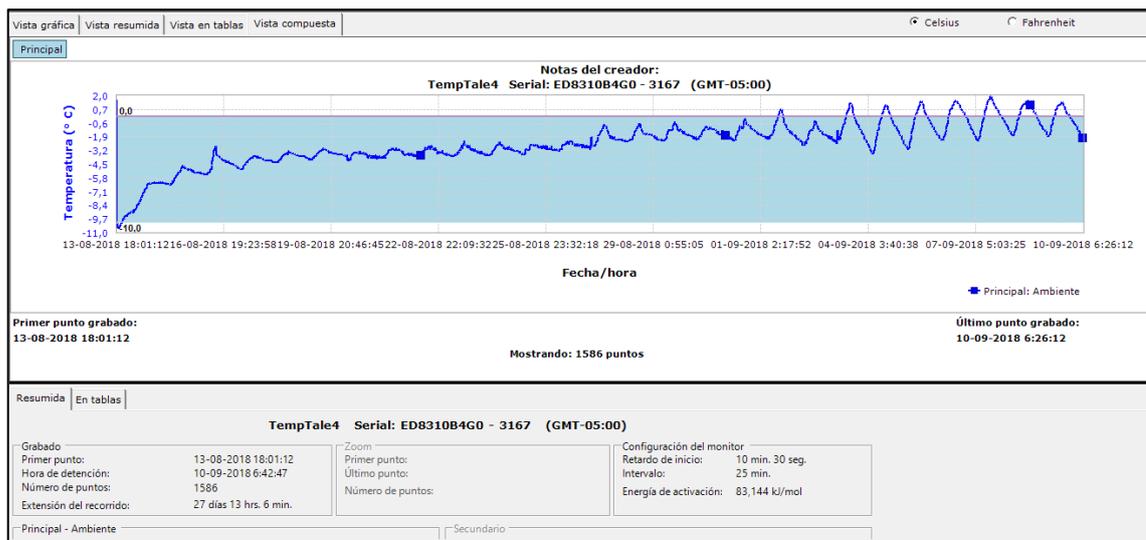
**Figura A.3:** Temperaturas de Almacenamiento; 1.1 °C, -2.5 °C, -9.0 °C y - 11.6°C.



**Figura A.4:** Registro de temperaturas de almacenamiento a 1.1 °C durante la investigación.

Temperatura de promedio de almacenamiento: 1.1 °C

Desviación estándar: ±2.4 °C



**Figura A.5:** Registro de temperaturas de almacenamiento a -2.5 °C durante la investigación.

Temperatura de promedio de almacenamiento: -2.5 °C

Desviación estándar: ±2.1 °C



**Figura A.6:** Registro de temperaturas de almacenamiento a  $-9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante la investigación.

Temperatura de promedio de almacenamiento:  $-9.0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Desviación estándar:  $\pm 1.2\text{ }^{\circ}\text{C}$



**Figura A.7:** Registro de temperaturas de almacenamiento a  $-11.6\text{ }^{\circ}\text{C}$  durante la investigación.

Temperatura de promedio de almacenamiento:  $-11.6\text{ }^{\circ}\text{C}$

Desviación estándar:  $\pm 1.1\text{ }^{\circ}\text{C}$

**Anexo B: Fichas técnicas de envases**



**POLIMEROS ANDINOS S.A.C.**  
Mangas, Bolsas de Polietileno, de alta y baja densidad  
Polipropileno e impresión a 6 colores  
Laminados

### FICHA TÉCNICA

#### IDENTIFICACIÓN

Fecha : 31/10/2018  
 Cliente : PISCIFACTORIAS DE LOS ANDES S.A  
 Producto : Bolsa cristal  
 Medida : 4" x 14"  
 Estructura : PEBD cristal de 1.5 ml/pul  
 Lote : PA05339

#### DIMENSIONES DE BOLSA

VARIABLES	UND	VALOR NOMINAL	USL	USL	PROM	MAX	MIN
Gramaje Total	g/m2	35.0	32.7	37.3	34.0	35.2	32.8
Espesor	micras	38.1	35.8	40.8	37.3	38.6	35.9
Ancho de Bolsa	mm	101.6	96.6	106.6	102.4	105.7	99.1
Largo de Bolsa	mm	355.6	350.6	360.6	356.3	359.3	353.3

#### CARACTERÍSTICAS DE BOLSA

ATRIBUTOS DE LA BOLSA	CONFORME
Contracción Bolsa	Conforme
COF Bolsa (Apilamiento)	Conforme
Apariencia Bolsa	Conforme
Resistencia Bolsa	Conforme

Jr. Río Ucayali 117 Urb. Las Moras San Luis  
 T/F 324-1506  
 ventas@poliandinos.com

**Anexo B.1:** Ficha técnica de bolsa de polietileno de baja densidad (LDPE), utilizado en tipo de envasado normal con aire (IWP).

ESPECIFICACIÓN TÉCNICA			impex	
BOLSA LAMINADA BOPA/PEBD - SIN IMPRESIÓN 4.5 pulg X 11.0 pulg X 100µ				
Documento Controlado	Código: IMP-E-002 Versión: 01	Fecha Emisión: 31/09/2018		
<b>DIRIGIDO A: PISCIFACTORIAS DE LOS ANDES S.A.</b>				
<b>1.- DESCRIPCIÓN DEL CUALITATIVAS DEL PRODUCTO</b>				
Las películas de BOPA / PEBD son complejos laminados de dos películas : El BOPA y el PEBD. Ha sido creada para el envasado de productos alimenticios, productos no alimenticios y productos industriales. Está fabricada de resinas importadas con aceptación en contacto directo con alimentos.				
<b>2.- ESTRUCTURA DEL PRODUCTO</b>				
PRODUCTO:	BOLSA LAMINADA BOPA/PEBD - SIN IMPRESIÓN			
MEJIDA:	4.5 pulg X 11.0 pulg X 100µ			
IMPRESIÓN:	No presenta			
<b>3.- DESCRIPCIÓN CUANTITATIVA DEL PRODUCTO</b>				
CARACTERÍSTICAS	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN	TOLERANCIA	
			Min.	Max.
ANCHO	pulg	4.5	4.3	4.8
LARGO	pulg	11.0	10.8	11.3
ESPESOR	micras (µ)	100.0	95.00	105.00
GRAMAJE TOTAL	g/m <sup>2</sup>	95.02	90.3	99.8
<b>COEFICIENTE DE FRICCIÓN</b>				
Cinético (C/C)	ADIM	0.20	0.15	0.25
Estático (C/C)				
<b>RESISTENCIA A LA TENSIÓN</b>				
DM	N	37.5	30.0	45.0
DT	mm <sup>2</sup>	37.5	30.0	45.0
<b>ELONGACIÓN A LA ROTURA</b>				
DM	%	105.0	90.0	120.0
DT		90.0	70.0	110.0
<b>FUERZA DE SELLADO</b>				
T=130°C P=50psi t=0.5s	N	>50	50.0	---
	mm			
<b>PERMEABILIDAD AL OXIGENO</b>				
T=23°C HR=50%	cm <sup>3</sup>	18.0	---	---
	m <sup>2</sup> .24h.bar			
<b>PERMEABILIDAD VAPOR DE AGUA</b>				
T=38°C HR=90%	g	28.0	---	---
	m <sup>2</sup> .24h			
<b>PRUEBA ORGANOLEPTICA</b>				
	---	LIBRE DE OLORES EXTRAÑOS	---	---
Nota: C= Cara Interna CE: Cara Externa DM: Dirección Maquina DT: Dirección Transversal				
<b>4.- FORMA DE ENTREGA</b>				
* El producto es entregado en el peso establecido el cliente.				
* El empaque primario de las bolsas es de polietileno.				
* El empaque secundario de las bolsas es de polietileno o una caja (depende del tamaño de la bolsa).				
<b>5.- ALMACENAMIENTO Y PROTECCIÓN</b>				
* Los paquetes de bolsas deben permanecer en su empaque original hasta ser utilizados.				
* Los paquetes de bolsas deben estar sobre parihuela (sin astillas).				
* El lugar de almacenamiento debe ser libre de sustancias peligrosas y libre de otros contaminantes.				
* La temperatura de almacenamiento debe ser de 15°C - 28°C				
* La Humedad relativa de almacenamiento debe ser 65% a 85%.				
<b>6.- GARANTÍA DEL PRODUCTO</b>				
* El tiempo de garantía es de 06 meses (a partir de la fecha de producción).				
* El tiempo de Vida útil es de 12 meses (a partir de la fecha de producción).				

**Anexo B.2:** Ficha técnica de bolsa laminada compuesto por Poliamida Biorientada (BOPA) y de polietileno de baja densidad (LDPE), utilizado en tipo de envasado al vacío (VP).

**Anexo C: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de niveles de nitrógeno básico volátil total (NBVT) en filete de trucha congelada durante el almacenamiento**

**Tabla C.1:** Niveles de nitrógeno básico volátil total (NBVT) (mg N/100 g) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Tipo de Envasado	Temperatura de Almacenamiento (°C)	Tiempo de Almacenamiento				
		Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
VP	1,1	0,50	1,24	6,86	6,98	9,32
VP	-2,5	0,50	1,60	5,81	6,21	8,13
VP	-9,0	0,50	2,16	5,76	6,64	7,88
VP	-11,6	0,50	1,33	6,39	7,40	7,91
IWP	1,1	0,50	3,33	9,28	9,38	13,93
IWP	-2,5	0,50	3,01	8,32	9,80	13,71
IWP	-9,0	0,50	3,16	9,66	10,50	15,63
IWP	-11,6	0,50	3,89	9,93	10,49	15,56

**Tabla C.2:** ANOVA de NBVT a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado al vacío (VP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	0,944	3	0,315	0,0365	0,99019	3,490
Dentro de los grupos	103,533	12	8,628			
Total	104,477	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla C.3:** ANOVA de NBVT a diferentes Temperaturas de almacenamiento en el envasado filetes de trucha congelado envasado normal con aire (IWP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	4,316	3	1,439	0,0657	0,97703	3,490
Dentro de los grupos	262,631	12	21,886			
Total	266,946	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla C.4:** ANOVA de valor del NBVT para el envasado en VP e IWP de los filetes de trucha congelado almacenado a diferentes temperaturas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tipo de envasado	104,915	1	104,915	8,474	0,00673	4,171
Dentro de los grupos	371,423	30	12,381			
Total	476,339	31				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla C.5:** Prueba de comparación de DMS del tipo de envasado respecto a los valores de NBVT.

Tipo de envasado	Promedio	Nivel de significancia $\alpha = 0,05$
VP	5,726160427	a
IWP	9,347540279	b

**Anexo D: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de valores de Índice de peróxidos en filete de trucha congelada durante el almacenamiento**

**Tabla D.1:** Valores del índice de peróxidos (meq/kg) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Tipo de Envasado	Temperatura de Almacenamiento (°C)	Tiempo de Almacenamiento				
		Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
VP	1,1	0,19	0,42	0,75	0,91	1,59
VP	-2,5	0,19	0,42	0,72	0,89	1,48
VP	-9,0	0,19	0,29	0,68	0,88	1,47
VP	-11,6	0,19	0,26	0,48	0,85	1,43
IWP	1,1	0,19	1,50	4,03	4,31	6,51
IWP	-2,5	0,19	1,42	3,90	4,26	5,92
IWP	-9,0	0,19	1,37	3,75	4,17	5,79
IWP	-11,6	0,19	1,14	3,67	4,04	5,64

**Tabla D.2:** ANOVA de IP a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado al vacío (VP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	0,058	3	0,019	0,0822	0,96844	3,490
Dentro de los grupos	2,835	12	0,236			
Total	2,893	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla D.3:** ANOVA de IP a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado normal con aire (IWP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	0,463	3	0,154	0,0426	0,98772	3,490
Dentro de los grupos	43,466	12	3,622			
Total	43,928	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla D.4:** ANOVA de valor del IP para el envasado en VP e IWP de los filetes de trucha congelado almacenado a diferentes temperaturas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tipo de envasado	71,661	1	71,661	45,9155	0,000000163	4,171
Dentro de los grupos	46,822	30	1,561			
Total	118,483	31				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla D.5:** Prueba de comparación de DMS del tipo de envasado respecto a los valores de IP.

Tipo de envasado	Promedio	Nivel de significancia $\alpha = 0,05$
VP	0,845244775	a
IWP	3,838175452	b

**Anexo E: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de Conteos de aerobios mesófilos totales (AMT) en filete de trucha congelada durante el almacenamiento.**

**Tabla E.1:** Valores de conteos aerobios mesófilos totales (AMT) (Ufc/g) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Tipo de Envasado	Temperatura de Almacenamiento (°C)	Tiempo de Almacenamiento				
		Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
VP	1,1	$1,3 \times 10^5$	$6,0 \times 10^5$	$9,2 \times 10^5$	$1,9 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$
VP	-2,5	$1,3 \times 10^5$	$4,1 \times 10^5$	$7,9 \times 10^5$	$1,4 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$
VP	-9,0	$1,3 \times 10^5$	$1,7 \times 10^5$	$1,6 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$3,9 \times 10^5$
VP	-11,6	$1,3 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$	$2,8 \times 10^5$	$2,9 \times 10^5$
IWP	1,1	$1,3 \times 10^5$	$7,2 \times 10^5$	$1,1 \times 10^6$	$1,5 \times 10^6$	$3,1 \times 10^6$
IWP	-2,5	$1,3 \times 10^5$	$6,0 \times 10^5$	$9,2 \times 10^5$	$1,3 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$
IWP	-9,0	$1,3 \times 10^5$	$1,8 \times 10^5$	$3,0 \times 10^5$	$3,2 \times 10^5$	$4,7 \times 10^5$
IWP	-11,6	$1,3 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$2,0 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$	$3,4 \times 10^5$

**Tabla E.2:** ANOVA de AMT a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado al vacío (VP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	4,421 E+12	3	1,474 E+12	5,6631	0,01184	3,490
Dentro de los grupos	3,122 E+12	12	2,602 E+11			
Total	7,543 E+12	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla E.3:** Prueba de comparación de DMS para diferentes Temperaturas de almacenamiento respecto a los valores de AMT en los filetes de trucha congelado envasado en VP.

Temperatura de almacenamiento	Promedio	Nivel de significancia $\alpha = 0,05$
1,1 °C	1472500	a
-2,5 °C	1036500	a
-9,0 °C	260833,33	b
-11,6 °C	238333,33	b

**Tabla E.4:** ANOVA de AMT a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado normal con aire (IWP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	5,471 E+12	3	1,824 E+12	4,5896	0,02316	3,490
Dentro de los grupos	4,768 E+12	12	3,973 E+11			
Total	1,024 E+13	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$ **Tabla E.5:** Prueba de comparación de DMS para diferentes Temperaturas de almacenamiento respecto a los valores de AMT en los filetes de trucha congelado envasado en IWP.

Temperatura de almacenamiento	Promedio	Nivel de significancia $\alpha = 0,05$
1,1 °C	1628333,33	a
-2,5 °C	1237500	a
-9,0 °C	314000	b
-11,6 °C	279583,33	b

**Tabla E.6:** ANOVA de valor de AMT para el envasado en VP e IWP de los filetes de trucha congelado almacenado a diferentes temperaturas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tipo de envasado	1,018 E+11	1	1,018 E+11	0,1718	0,68149	4,171
Dentro de los grupos	1,778 E+13	30	5,927 E+11			
Total	1,788 E+13	31				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Anexo F: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de pH en filete de trucha congelada durante el almacenamiento**

**Tabla F.1:** Valores de pH de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Tipo de Envasado	Temperatura de Almacenamiento (°C)	Tiempo de Almacenamiento				
		Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
VP	1,1	6,75	6,34	6,20	6,36	6,62
VP	-2,5	6,75	6,33	6,21	6,33	6,58
VP	-9,0	6,75	6,30	6,24	6,33	6,60
VP	-11,6	6,75	6,31	6,22	6,36	6,52
IWP	1,1	6,75	6,30	6,20	6,31	6,66
IWP	-2,5	6,75	6,32	6,18	6,34	6,61
IWP	-9,0	6,75	6,33	6,20	6,33	6,47
IWP	-11,6	6,75	6,29	6,15	6,36	6,66

**Tabla F.2:** ANOVA de pH a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado al vacío (VP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	0,0016	3	0,0005	0,021832	0,99540	3,490
Dentro de los grupos	0,2856	12	0,0238			
Total	0,2871	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla F.3:** ANOVA de pH a diferentes Temperaturas de almacenamiento en el envasado filetes de trucha congelado envasado normal con aire (IWP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	0,0037	3	0,001	0,0367	0,99012	3,490
Dentro de los grupos	0,3985	12	0,033			
Total	0,402115972	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla F.4:** ANOVA de valor del IP para el envasado en VP e IWP de los filetes de trucha congelado almacenado a diferentes temperaturas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tipo de envasado	0,0008	1	0,0008	0,0327	0,85776	4,171
Dentro de los grupos	0,6892	30	0,0230			
Total	0,6900	31				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Anexo G: Efecto de la temperatura de almacenamiento y tipo de envasado en los cambios de Conductividad eléctrica (CE) en filete de trucha congelada durante el almacenamiento**

**Tabla G.1:** Valores de conductividad eléctrica (CE) ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) de los filetes de trucha congelada en dos presentaciones de envasado y almacenado a diferentes temperaturas.

Tipo de Envasado	Temperatura de Almacenamiento ( $^{\circ}\text{C}$ )	Tiempo de Almacenamiento				
		Día 0	Día 7	Día 14	Día 21	Día 28
VP	1,1	1372	1376	1387	1387	1396
VP	-2,5	1372	1375	1381	1384	1387
VP	-9,0	1372	1373	1375	1376	1376
VP	-11,6	1372	1373	1375	1375	1374
IWP	1,1	1372	1379	1383	1387	1401
IWP	-2,5	1372	1379	1381	1384	1394
IWP	-9,0	1372	1374	1375	1375	1376
IWP	-11.6	1372	1374	1375	1375	1376

**Tabla G.2:** ANOVA de CE a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado al vacío (VP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	401,743	3	133,914	5,7092	0,01152	3,490
Dentro de los grupos	281,472	12	23,456			
Total	683,215	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Tabla G.3:** Prueba de comparación de DMS para diferentes Temperaturas de almacenamiento respecto a los valores de CE en los filetes de trucha congelado envasado en VP.

Temperatura de almacenamiento	Promedio	Nivel de significancia $\alpha = 0,05$
1,1 $^{\circ}\text{C}$	1386,42	a
-2,5 $^{\circ}\text{C}$	1381,75	a
-9,0 $^{\circ}\text{C}$	1374,83	b
-11,6 $^{\circ}\text{C}$	1374,42	b

**Tabla G.4:** ANOVA de CE a diferentes Temperaturas de almacenamiento de filetes de trucha congelado envasado normal con aire (IWP).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Temperatura de almacenamiento	502,056	3	167,352	4,8242	0,01987	3,490
Dentro de los grupos	416,278	12	34,690			
Total	918,334	15				

F crítico:  $\alpha = 0,05$ **Tabla G.5:** Prueba de comparación de DMS para diferentes Temperaturas de almacenamiento respecto a los valores de CE en los filetes de trucha congelado envasado en IWP.

Temperatura de almacenamiento	Promedio	Nivel de significancia $\alpha = 0,05$
1,1 °C	1387,58	a
-2,5 °C	1384,58	a
-9,0 °C	1375,00	b
-11,6 °C	1375,17	b

F crítico:  $\alpha = 0,05$ **Tabla G.6:** ANOVA de valor del IP para el envasado en VP e IWP de los filetes de trucha congelado almacenado a diferentes temperaturas.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Tipo de envasado	12,087	1	12,087	0,2264	0,63765	4,171
Dentro de los grupos	1601,549	30	53,385			
Total	1613,636	31				

F crítico:  $\alpha = 0,05$

## Anexo H: Evaluación mediante análisis de varianza de los modelos de Arrhenius para los indicadores de calidad

**Anexo H.1:** Análisis de varianza de los modelos de Arrhenius encontrados para los niveles de nitrógeno básico volátil total (NBVT).

### - Envasado al vacío (VP)

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.1 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de NBVT sobre los filetes de trucha arco iris envasado al vacío (VP) no es significativa debido a que  $F_o < F_c$ . Por lo tanto, no existe regresión y no se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.1:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de NBVT envasado en VP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo Calculada	F crítico F(0.05,1,2)
Regresión	0.0074	1	0.0074	1.0113	18.51
Error	0.0146	2	0.0073		
Total	0.0220	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

### - Envasado normal con aire (IWP)

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.2 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de NBVT sobre los filetes de trucha arco iris envasado normal con aire (IWP) no es significativa debido a que  $F_o < F_c$ . Por lo tanto, no existe regresión y no se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.2:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de NBVT envasado en IWP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo Calculada	F crítico F(0.05,1,2)
Regresión	0.0121	1	0.0121	12.2955	18.51
Error	0.0020	2	0.0010		
Total	0.0141	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Anexo H.2.** Análisis de varianza de los modelos de Arrhenius encontrados para los Índice de peróxidos (IP)

**- Envasado al vacío (VP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.3 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de IP sobre los filetes de trucha arco iris envasado al vacío (VP) no es significativa debido a que  $F_o < F_c$ . Por lo tanto, no existe regresión y no se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.3:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de IP envasado en VP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo	F crítico
				Calculada	F(0.05,1,2)
Regresión	0.0021	1	0.0021	3.1489	18.51
Error	0.0013	2	0.0007		
Total	0.0034	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**- Envasado normal con aire (IWP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.4 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de IP sobre los filetes de trucha arco iris envasado en aire (IWP) no es significativa debido a que  $F_o < F_c$ . Por lo tanto, no existe regresión y no se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.4:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de IP envasado en IWP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo	F crítico
				Calculada	F(0.05,1,2)
Regresión	0.0062	1	0.0062	9.3034	18.51
Error	0.0013	2	0.0007		
Total	0.0076	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Anexo H.3.** Análisis de varianza de los modelos de Arrhenius encontrados para el conteo de aeróbicos mesófilos totales (AMT)

**- Envasado al vacío (VP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.5 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de AMT sobre los filetes de trucha arco iris envasado al vacío (VP) es significativa debido a que  $F_o > F_c$ . Por lo tanto, existe regresión y se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.5:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de AMT envasado en VP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo Calculada	F crítico F(0.05,1,2)
Regresión	4.8829	1	4.8829	156.1391	18.51
Error	0.0625	2	0.0313		
Total	4.9454	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**- Envasado normal con aire (IWP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.6 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de AMT sobre los filetes de trucha arco iris envasado en aire (IWP) es significativa debido a que  $F_o > F_c$ . Por lo tanto, existe regresión y se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.6:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de AMT envasado en IWP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo Calculada	F crítico F(0.05,1,2)
Regresión	4.7749	1	4.7749	102.4086	18.51
Error	0.0933	2	0.0466		
Total	4.8681	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Anexo H.4.** Análisis de varianza de los modelos de Arrhenius encontrados para el pH**- Envasado al vacío (VP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.7 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de pH sobre los filetes de trucha arco iris envasado al vacío (VP) no es significativa debido a que  $F_o < F_c$ . Por lo tanto, no existe regresión y no se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.7:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de pH envasado en VP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo Calculada	F crítico F(0.05,1,2)
Regresión	0.0753	1	0.0753	1.4829	18.51
Error	0.1015	2	0.0508		
Total	0.1768	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$ **- Envasado normal con aire (IWP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.8 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de pH sobre los filetes de trucha arco iris envasado en aire (IWP) no es significativa debido a que  $F_o < F_c$ . Por lo tanto, no existe regresión y no se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.8:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de pH envasado en IWP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo Calculada	F crítico F(0.05,1,2)
Regresión	0.00001	1	0.0000059	0.0000078	18.51
Error	1.51027	2	0.7551362		
Total	1.51028	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Anexo H.5.** Análisis de varianza de los modelos de Arrhenius encontrados para la Conductividad eléctrica (CE)

**- Envasado al vacío (VP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.9 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de CE sobre los filetes de trucha arco iris envasado al vacío (VP) es significativa debido a que  $F_o > F_c$ . Por lo tanto, existe regresión y se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.9:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de CE envasado en VP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo	F crítico
				Calculada	F(0.05,1,2)
Regresión	3.6994	1	3.6994	182.6499	18.51
Error	0.0405	2	0.0203		
Total	3.7399	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**- Envasado normal con aire (IWP)**

Del análisis de varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius presentada en la Tabla H.10 se obtiene como resultado que la regresión planteada para la predicción mediante el indicador de calidad de AMT sobre los filetes de trucha arco iris envasado en aire (IWP) es significativa debido a que  $F_o > F_c$ . Por lo tanto, existe regresión y se puede utilizar para hacer predicciones válidas.

**Tabla H.10:** Análisis de Varianza de la regresión lineal del modelo de Arrhenius para los valores de CE envasado en IWP y almacenado a diferentes temperaturas.

Fuente de Variación	Suma de cuadrados	Grados de Libertad	Cuadrado medio	Fo	F crítico
				Calculada	F(0.05,1,2)
Regresión	3.4199	1	3.4199	37.4772	18.51
Error	0.1825	2	0.0913		
Total	3.6024	3			

F crítico:  $\alpha = 0,05$

**Anexo I: Informe de resultados de análisis de laboratorio**

**Anexo I.1.** Resultados de análisis de niveles de Nitrógeno básico volátil total (NBVT), índice de peróxidos (IP), aerobios mesófilos totales (AMT), pH y conductividad eléctrica (CE).

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTIN DE AREQUIPA  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA PESQUERA  
LABORATORIO DE TECNOLOGÍA Y CURADOS

**CERTIFICADO DE CONFORMIDAD**

NÚMERO : 015-18  
MUESTRA : FILETE DE TRUCHA ENVASADOS  
SOLICITANTE : LENIN YAPU YAPU  
FECHA DE RECEPCIÓN : 13-08-2018

1. ANÁLISIS QUÍMICO

Código de la Muestra	Características de la Muestra	pH	Conductividad (us/cm)	TBVN (mg N/100 g)	Peróxidos (meq/kg)
M1	MUESTRA FRESCA	6.73	1371	0.500	0.060
M2	MUESTRA FRESCA	6.74	1374	0.221	0.059
M3	MUESTRA FRESCA	6.78	1372	0.777	0.449
M4	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.37	1375	1.325	0.547
M5	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.31	1378	1.047	0.453
M6	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.34	1375	1.336	0.255
M7	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.37	1376	1.881	0.353
M8	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.29	1377	1.613	0.457
M9	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.34	1372	1.316	0.457
M10	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.32	1373	1.869	0.359
M11	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.31	1372	2.179	0.156
M12	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.28	1375	2.443	0.353
M13	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.32	1374	1.606	0.159
M14	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.30	1375	1.051	0.260
M15	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.31	1371	1.332	0.360
M16	BOLSA SELLADO NORMAL	6.27	1376	3.254	1.541
M17	BOLSA SELLADO NORMAL	6.32	1381	3.785	1.330
M18	BOLSA SELLADO NORMAL	6.31	1381	2.966	1.621
M19	BOLSA SELLADO NORMAL	6.29	1383	2.739	1.545

Página 1 de 4

Código de la Muestra	Características de la Muestra	pH	Conductividad (us/cm)	TBVN (mg N/100 g)	Peróxidos (meq/kg)
M21	BOLSA SELLADO NORMAL	6.33	1375	2.981	1.257
M22	BOLSA SELLADO NORMAL	6.35	1374	3.498	1.338
M23	BOLSA SELLADO NORMAL	6.29	1375	3.243	1.435
M24	BOLSA SELLADO NORMAL	6.34	1372	2.727	1.335
M25	BOLSA SELLADO NORMAL	6.32	1373	3.816	1.146
M26	BOLSA SELLADO NORMAL	6.25	1375	4.058	1.327
M27	BOLSA SELLADO NORMAL	6.29	1375	3.785	0.934
M28	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.20	1388	6.569	0.759
M29	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.23	1387	7.162	0.758
M30	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.18	1387	6.835	0.742
M31	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.19	1382	6.292	0.849
M32	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.20	1381	5.963	0.744
M33	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.24	1380	5.164	0.554
M34	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.23	1375	6.102	0.647
M35	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.27	1375	5.474	0.748
M36	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.22	1374	5.700	0.649
M37	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.20	1375	6.557	0.548
M38	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.24	1375	6.295	0.451
M39	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.23	1375	6.323	0.453
M40	BOLSA SELLADO NORMAL	6.24	1380	9.692	4.147
M41	BOLSA SELLADO NORMAL	6.18	1385	9.347	3.957
M42	BOLSA SELLADO NORMAL	6.17	1384	8.792	3.996
M43	BOLSA SELLADO NORMAL	6.14	1384	8.221	3.805
M44	BOLSA SELLADO NORMAL	6.19	1384	7.964	4.009
M45	BOLSA SELLADO NORMAL	6.21	1375	8.780	3.877
M46	BOLSA SELLADO NORMAL	6.20	1375	9.318	3.713
M47	BOLSA SELLADO NORMAL	6.21	1375	9.659	3.583
M48	BOLSA SELLADO NORMAL	6.18	1376	10.000	3.947
M49	BOLSA SELLADO NORMAL	6.17	1375	10.277	3.843
M50	BOLSA SELLADO NORMAL	6.15	1375	9.881	3.526
M51	BOLSA SELLADO NORMAL	6.14	1375	9.626	3.630
M52	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.34	1386	7.167	0.744
M53	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.37	1384	6.944	1.118
M54	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.42	1390	6.828	0.857
M55	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.29	1376	6.611	0.949
M56	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.34	1386	5.820	0.887



Código de la Muestra	Características de la Muestra	pH	Conductividad (us/cm)	TBVN (mg N/100 g)	Peróxidos (meq/kg)
M57	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.35	1389	6.194	0.837
M58	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.31	1376	7.053	0.894
M59	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.30	1375	6.966	0.935
M60	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.37	1376	5.903	0.822
M61	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.34	1375	7.154	0.798
M62	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.35	1375	7.945	0.715
M63	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.40	1375	7.096	1.034
M64	BOLSA SELLADO NORMAL	6.32	1376	8.293	4.444
M65	BOLSA SELLADO NORMAL	6.31	1388	9.666	4.148
M66	BOLSA SELLADO NORMAL	6.29	1397	10.187	4.325
M67	BOLSA SELLADO NORMAL	6.34	1385	10.851	4.064
M68	BOLSA SELLADO NORMAL	6.32	1384	9.814	4.371
M69	BOLSA SELLADO NORMAL	6.37	1384	8.725	4.355
M70	BOLSA SELLADO NORMAL	6.30	1376	10.462	4.152
M71	BOLSA SELLADO NORMAL	6.32	1374	10.756	4.381
M72	BOLSA SELLADO NORMAL	6.37	1376	10.268	3.966
M73	BOLSA SELLADO NORMAL	6.32	1376	10.654	4.114
M74	BOLSA SELLADO NORMAL	6.34	1375	11.059	3.953
M75	BOLSA SELLADO NORMAL	6.41	1375	9.764	4.048
M76	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.70	1395	9.288	1.670
M77	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.60	1398	9.609	1.681
M78	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.57	1394	9.066	1.414
M79	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.40	1385	7.579	1.518
M80	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.70	1394	8.615	1.397
M81	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.63	1383	8.205	1.537
M82	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.48	1375	7.032	1.524
M83	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.48	1377	8.578	1.466
M84	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.84	1375	8.023	1.426
M85	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.66	1374	8.497	1.234
M86	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.55	1374	8.125	1.421
M87	BOLSA SELLADA AL VACIO	6.34	1375	7.124	1.623
M88	BOLSA SELLADO NORMAL	6.66	1394	13.234	6.549
M89	BOLSA SELLADO NORMAL	6.64	1398	14.856	6.422
M90	BOLSA SELLADO NORMAL	6.69	1411	13.690	6.569
M91	BOLSA SELLADO NORMAL	6.55	1395	14.040	5.513
M92	BOLSA SELLADO NORMAL	6.69	1393	14.014	6.008
M93	BOLSA SELLADO NORMAL	6.59	1395	13.065	6.248
M94	BOLSA SELLADO NORMAL	6.37	1376	15.288	5.664

Página 3 de 4

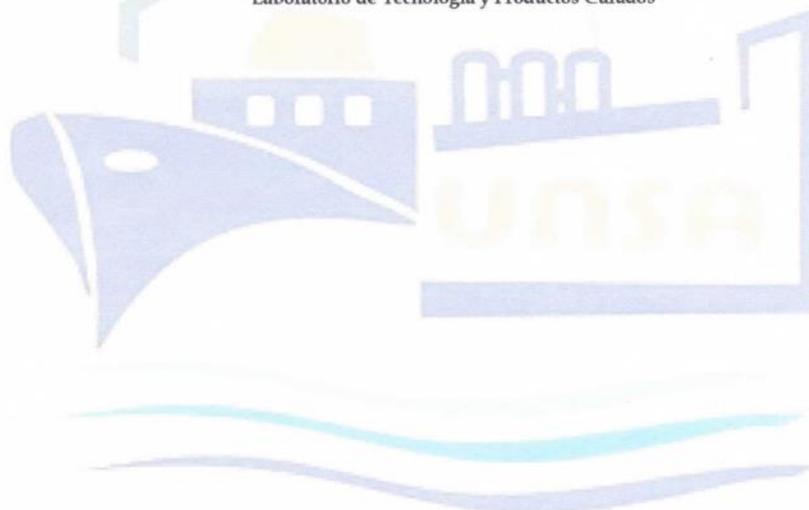


Código de la Muestra	Características de la Muestra	pH	Conductividad (us/cm)	TBVN (mg N/100 g)	Peróxidos (meq/kg)
M95	BOLSA SELLADO NORMAL	6.57	1376	15.147	5.695
M96	BOLSA SELLADO NORMAL	6.46	1375	16.464	6.012
M97	BOLSA SELLADO NORMAL	6.79	1378	15.562	5.766
M98	BOLSA SELLADO NORMAL	6.60	1375	15.318	5.615
M99	BOLSA SELLADO NORMAL	6.60	1375	15.805	5.549

Arequipa, 25 de Octubre del 2018

  
GUSTAVO E. BENAVENTE VELÁSQUEZ  
INGENIERO PESQUERO  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 77703

**Docente responsable**  
Laboratorio de Tecnología y Productos Curados



**Anexo I.2. Resultados de análisis de análisis microbiológico aerobios mesófilos totales (AMT)**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Laboratorio de Microbiología

**INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 07-001/18**

- I. **Datos de solicitante**  
 Nombres y Apellidos : Lenin Yapu Yapu
- II. **Datos del servicio**  
 Nº de Solicitud del Servicio : 07-001/LYY  
 Fecha de ingreso : 13 de agosto de 2018  
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. **Nombre del producto** : Filetes de Trucha
- IV. **Datos de la muestra**  
 Presentación : 03 unidades de envase de 150 g.  
 Tipo de sistema : N/P  
 Fecha de producción : N/P  
 Fecha de vencimiento : N/P  
 Tamaño de lote : N/P
- V. **Aspectos técnicos del muestreo**  
 Muestreado por : El solicitante  
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio  
 Detalle de la muestra : Filetes de Trucha  
 Nº de unidades de la muestra : Tres (03)  
 Código de la muestra : M1-M3  
 Para ensayo en Laboratorio : 07-001/18  
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. **Fecha de ensayo** : 13 de agosto de 2018
- VII. **Resultados**  
 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

CÓDIGO	PRODUCTO	VALOR OBTENIDO
		<i>Bacterias aerobias mesófilas viables (ufc/g)</i>
M-1	Filetes de Trucha	1.2 x 10 <sup>5</sup>
M-2	Filetes de Trucha	1.4 x 10 <sup>5</sup>
M-3	Filetes de Trucha	1.3 x 10 <sup>5</sup>



*[Handwritten Signature]*  
 Dr. Alejandro Coloma Paxi  
 Jefe de Laboratorio de Microbiología

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Laboratorio de Microbiología

**INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 07-002/18**

- I. **Datos de solicitante**  
 Nombres y Apellidos : Lenin Yapu Yapu
- II. **Datos del servicio**  
 Nº de Solicitud del Servicio : 07-002/LYY  
 Fecha de ingreso : 20 de agosto de 2018  
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. **Nombre del producto** : Filetes de Trucha
- IV. **Datos de la muestra**  
 Presentación : 24 unidades de envase de 150 g.  
 Tipo de sistema : N/P  
 Fecha de producción : N/P  
 Fecha de vencimiento : N/P  
 Tamaño de lote : N/P
- V. **Aspectos técnicos del muestreo**  
 Muestreado por : El solicitante  
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio  
 Detalle de la muestra : Filetes de Trucha  
 Nº de unidades de la muestra : Veinte y cuatro (24)  
 Código de la muestra : M4-M27  
 Para ensayo en Laboratorio : 07-002/18  
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. **Fecha de ensayo** : 20 de agosto de 2018
- VII. **Resultados**  
 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

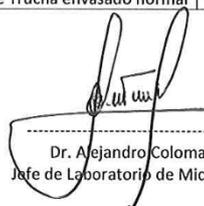


CÓDIGO	PRODUCTO	VALOR OBTENIDO
		<i>Bacterias aerobias mesófilas viables (ufc/g)</i>
M-4	Filetes de Trucha envasado al vacío	4.3 x 10 <sup>5</sup>
M-5	Filetes de Trucha envasado al vacío	8.0 x 10 <sup>5</sup>
M-6	Filetes de Trucha envasado al vacío	5.7 x 10 <sup>5</sup>
M-7	Filetes de Trucha envasado al vacío	4.4 x 10 <sup>5</sup>
M-8	Filetes de Trucha envasado al vacío	7.1 x 10 <sup>5</sup>
M-9	Filetes de Trucha envasado al vacío	7.8 x 10 <sup>4</sup>
M-10	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.4 x 10 <sup>5</sup>
M-11	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.2 x 10 <sup>5</sup>
M-12	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.4 x 10 <sup>5</sup>
M-13	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.6 x 10 <sup>5</sup>
M-14	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.8 x 10 <sup>5</sup>
M-15	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.0 x 10 <sup>5</sup>
M-16	Filetes de Trucha envasado normal	3.7 x 10 <sup>5</sup>
M-17	Filetes de Trucha envasado normal	9.0 x 10 <sup>5</sup>
M-18	Filetes de Trucha envasado normal	9.0 x 10 <sup>5</sup>
M-19	Filetes de Trucha envasado normal	1.0 x 10 <sup>6</sup>
M-20	Filetes de Trucha envasado normal	5.2 x 10 <sup>5</sup>
M-21	Filetes de Trucha envasado normal	2.8 x 10 <sup>5</sup>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
Laboratorio de Microbiología

M-22	Filetes de Trucha envasado normal	$1.5 \times 10^5$
M-23	Filetes de Trucha envasado normal	$3.0 \times 10^5$
M-24	Filetes de Trucha envasado normal	$7.8 \times 10^4$
M-25	Filetes de Trucha envasado normal	$9.5 \times 10^4$
M-26	Filetes de Trucha envasado normal	$3.5 \times 10^5$
M-27	Filetes de Trucha envasado normal	$2.7 \times 10^5$



  
Dr. Alejandro Coloma Paxi  
Jefe de Laboratorio de Microbiología

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Laboratorio de Microbiología

**INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 07-003/18**

- I. **Datos de solicitante**  
 Nombres y Apellidos : Lenin Yapu Yapu
- II. **Datos del servicio**  
 Nº de Solicitud del Servicio : 07-003/LYY  
 Fecha de ingreso : 27 de agosto de 2018  
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. **Nombre del producto** : Filetes de Trucha
- IV. **Datos de la muestra**  
 Presentación : 24 unidades de envase de 150 g.  
 Tipo de sistema : N/P  
 Fecha de producción : N/P  
 Fecha de vencimiento : N/P  
 Tamaño de lote : N/P
- V. **Aspectos técnicos del muestreo**  
 Muestreado por : El solicitante  
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio  
 Detalle de la muestra : Filetes de Trucha  
 Nº de unidades de la muestra : Veinte y cuatro (24)  
 Código de la muestra : M28 – M51  
 Para ensayo en Laboratorio : 07-003/18  
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. **Fecha de ensayo** : 27 de agosto de 2018
- VII. **Resultados**  
 ANALISIS MICROBIOLÓGICO



CÓDIGO	PRODUCTO	VALOR OBTENIDO
		<i>Bacterias aerobias mesófilas viables (ufc/g)</i>
M-28	Filetes de Trucha envasado al vacío	9.2 x 10 <sup>5</sup>
M-29	Filetes de Trucha envasado al vacío	9.1 x 10 <sup>5</sup>
M-30	Filetes de Trucha envasado al vacío	9.4 x 10 <sup>5</sup>
M-31	Filetes de Trucha envasado al vacío	9.5 x 10 <sup>5</sup>
M-32	Filetes de Trucha envasado al vacío	8.1 x 10 <sup>5</sup>
M-33	Filetes de Trucha envasado al vacío	6.2 x 10 <sup>5</sup>
M-34	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.9 x 10 <sup>5</sup>
M-35	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.7 x 10 <sup>5</sup>
M-36	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.3 x 10 <sup>5</sup>
M-37	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.0 x 10 <sup>5</sup>
M-38	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.0 x 10 <sup>5</sup>
M-39	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.9 x 10 <sup>5</sup>
M-40	Filetes de Trucha envasado normal	7.1 x 10 <sup>5</sup>
M-41	Filetes de Trucha envasado normal	1.6 x 10 <sup>6</sup>
M-42	Filetes de Trucha envasado normal	1.1 x 10 <sup>6</sup>
M-43	Filetes de Trucha envasado normal	1.1 x 10 <sup>6</sup>
M-44	Filetes de Trucha envasado normal	1.1 x 10 <sup>6</sup>
M-45	Filetes de Trucha envasado normal	5.5 x 10 <sup>5</sup>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Laboratorio de Microbiología

M-46	Filetes de Trucha envasado normal	$2.8 \times 10^5$
M-47	Filetes de Trucha envasado normal	$2.9 \times 10^5$
M-48	Filetes de Trucha envasado normal	$3.2 \times 10^5$
M-49	Filetes de Trucha envasado normal	$2.0 \times 10^5$
M-50	Filetes de Trucha envasado normal	$2.2 \times 10^5$
M-51	Filetes de Trucha envasado normal	$1.9 \times 10^5$



*[Handwritten signature]*  
 -----  
 Dr. Alejandro Coloma Paxi  
 Jefe de Laboratorio de Microbiología

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Laboratorio de Microbiología

**INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 07-004/18**

- I. **Datos de solicitante**  
 Nombres y Apellidos : Lenin Yapu Yapu
- II. **Datos del servicio**  
 Nº de Solicitud del Servicio : 07-004/LYY  
 Fecha de ingreso : 03 de setiembre de 2018  
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. **Nombre del producto** : Filetes de Trucha
- IV. **Datos de la muestra**  
 Presentación : 24 unidades de envase de 150 g.  
 Tipo de sistema : N/P  
 Fecha de producción : N/P  
 Fecha de vencimiento : N/P  
 Tamaño de lote : N/P
- V. **Aspectos técnicos del muestreo**  
 Muestreado por : El solicitante  
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio  
 Detalle de la muestra : Filetes de Trucha  
 Nº de unidades de la muestra : Veinte y cuatro (24)  
 Código de la muestra : M52 – M75  
 Para ensayo en Laboratorio : 07-004/18  
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. **Fecha de ensayo** : 03 de setiembre de 2018
- VII. **Resultados**  
 ANALISIS MICROBIOLÓGICO



CÓDIGO	PRODUCTO	VALOR OBTENIDO
		<i>Bacterias aerobias mesófilas viables (ufc/g)</i>
M-52	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.7 x 10 <sup>6</sup>
M-53	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.2 x 10 <sup>6</sup>
M-54	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.8 x 10 <sup>6</sup>
M-55	Filetes de Trucha envasado al vacío	3.3 x 10 <sup>5</sup>
M-56	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.5 x 10 <sup>6</sup>
M-57	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.4 x 10 <sup>6</sup>
M-58	Filetes de Trucha envasado al vacío	3.2 x 10 <sup>5</sup>
M-59	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.9 x 10 <sup>5</sup>
M-60	Filetes de Trucha envasado al vacío	3.5 x 10 <sup>5</sup>
M-61	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.8 x 10 <sup>5</sup>
M-62	Filetes de Trucha envasado al vacío	3.0 x 10 <sup>5</sup>
M-63	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.7 x 10 <sup>5</sup>
M-64	Filetes de Trucha envasado normal	3.6 x 10 <sup>5</sup>
M-65	Filetes de Trucha envasado normal	1.2 x 10 <sup>6</sup>
M-66	Filetes de Trucha envasado normal	3.0 x 10 <sup>6</sup>
M-67	Filetes de Trucha envasado normal	1.4 x 10 <sup>6</sup>
M-68	Filetes de Trucha envasado normal	1.2 x 10 <sup>6</sup>
M-69	Filetes de Trucha envasado normal	1.2 x 10 <sup>6</sup>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Laboratorio de Microbiología

M-70	Filetes de Trucha envasado normal	$3.5 \times 10^5$
M-71	Filetes de Trucha envasado normal	$2.5 \times 10^5$
M-72	Filetes de Trucha envasado normal	$3.5 \times 10^5$
M-73	Filetes de Trucha envasado normal	$3.8 \times 10^5$
M-74	Filetes de Trucha envasado normal	$3.1 \times 10^5$
M-75	Filetes de Trucha envasado normal	$3.2 \times 10^5$



*[Handwritten Signature]*  
 -----  
 Dr. Alejandro Coloma Paxi  
 Jefe de Laboratorio de Microbiología

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
 Laboratorio de Microbiología

**INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 07-005/18**

- I. **Datos de solicitante**  
 Nombres y Apellidos : Lenin Yapu Yapu
- II. **Datos del servicio**  
 Nº de Solicitud del Servicio : 07-005/LYY  
 Fecha de ingreso : 10 de setiembre de 2018  
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. **Nombre del producto** : Filetes de Trucha
- IV. **Datos de la muestra**  
 Presentación : 24 unidades de envase de 150 g.  
 Tipo de sistema : N/P  
 Fecha de producción : N/P  
 Fecha de vencimiento : N/P  
 Tamaño de lote : N/P
- V. **Aspectos técnicos del muestreo**  
 Muestreado por : El solicitante  
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio  
 Detalle de la muestra : Filetes de Trucha  
 Nº de unidades de la muestra : Veinte y cuatro (24)  
 Código de la muestra : M76 – M99  
 Para ensayo en Laboratorio : 07-005/18  
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. **Fecha de ensayo** : 10 de setiembre de 2018
- VII. **Resultados**  
 ANALISIS MICROBIOLÓGICO

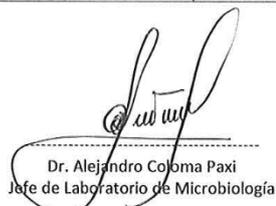


CÓDIGO	PRODUCTO	VALOR OBTENIDO
		<i>Bacterias aerobias mesófilas viables (ufc/g)</i>
M-76	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.3 x 10 <sup>6</sup>
M-77	Filetes de Trucha envasado al vacío	3.0 x 10 <sup>6</sup>
M-78	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.1 x 10 <sup>6</sup>
M-79	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.3 x 10 <sup>6</sup>
M-80	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.3 x 10 <sup>6</sup>
M-81	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.0 x 10 <sup>6</sup>
M-82	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.6 x 10 <sup>5</sup>
M-83	Filetes de Trucha envasado al vacío	7.4 x 10 <sup>5</sup>
M-84	Filetes de Trucha envasado al vacío	1.8 x 10 <sup>5</sup>
M-85	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.8 x 10 <sup>5</sup>
M-86	Filetes de Trucha envasado al vacío	2.8 x 10 <sup>5</sup>
M-87	Filetes de Trucha envasado al vacío	3.2 x 10 <sup>5</sup>
M-88	Filetes de Trucha envasado normal	2.3 x 10 <sup>6</sup>
M-89	Filetes de Trucha envasado normal	3.2 x 10 <sup>6</sup>
M-90	Filetes de Trucha envasado normal	3.9 x 10 <sup>6</sup>
M-91	Filetes de Trucha envasado normal	2.3 x 10 <sup>6</sup>
M-92	Filetes de Trucha envasado normal	1.9 x 10 <sup>6</sup>
M-93	Filetes de Trucha envasado normal	2.3 x 10 <sup>6</sup>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial  
Laboratorio de Microbiología

M-94	Filetes de Trucha envasado normal	$4.3 \times 10^5$
M-95	Filetes de Trucha envasado normal	$5.9 \times 10^5$
M-96	Filetes de Trucha envasado normal	$3.8 \times 10^5$
M-97	Filetes de Trucha envasado normal	$3.4 \times 10^5$
M-98	Filetes de Trucha envasado normal	$3.1 \times 10^5$
M-99	Filetes de Trucha envasado normal	$3.7 \times 10^5$



  
Dr. Alejandro Cojoma Paxi  
Jefe de Laboratorio de Microbiología