

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUIMICA



TESIS

**CUANTIFICACIÓN DE SUSTANCIAS ANTIOXIDANTES Y EVALUACIÓN
DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE TRUCHAS ARCOÍRIS
(ONCORHYNCHUS MYKIS) DEL RIO SALCCA Y PISCIGRANJA
LANGUI EN SUS DOS ESTADIOS FINALES DE LA PROVINCIA DE
CANCHIS-CUSCO-PERÚ**

PRESENTADA POR:

Br. LUZ LIZETH PARI MAMANI
Br. KAROL SALAZAR LLAVILLA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO FARMACÉUTICO**

ASESORA:
MGT. ANAHÍ KARINA CARDONA RIVERO

CO-ASESORA:
MGT. YANET CUENTAS ROMAÑA

CUSCO – PERÚ
2023

INFORME DE ORIGINALIDAD
(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: Quantificación de sustancias antioxidantes y evaluación de la capacidad antioxidante de Frutas Acedidas (concentrados mykls) del tipo Solero y Mielganga Longel en sus dos estudios finales de la provincia de Cuzco - Perú presentado por: Br. Luz Lizeth Ruiz Hamar con DNI Nro.: 72894176 presentado por: Br. Karol Salazar Llavilla con DNI Nro.: 73861743 para optar el título profesional/grado académico de Químico Farmacéutico

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 10 %.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de enero de 2024



Firma
Post firma Anahi Karina Cordova Rivero

Nro. de DNI 23999511

ORCID del Asesor 0000-0001-6397-9162

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid : 27259 : 306589266



Identificación de reporte de similitud: oid:27259:306589266

NOMBRE DEL TRABAJO

parafraseado final de final 19.docx

RECuento DE PALABRAS

19107 Words

RECuento DE CARACTERES

106048 Characters

RECuento DE PÁGINAS

107 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

21.1MB

FECHA DE ENTREGA

Jan 19, 2024 4:17 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 19, 2024 4:20 PM GMT-5

● **10% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base c

- 10% Base de datos de Internet
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossr
- 6% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)
- Bloques de texto excluidos manualmente

DEDICATORIA

Dedicado a mi madre querida Olga,
a mi abuela, a mis familiares y
amistades que me impulsaron a
seguir adelante para hacer realidad
los objetivos trazados.

Luz

Dedicado a mis adorados padres,
mis hermanos, mis abuelos, mis
tíos y primos que me apoyaron en
este camino largo para poder
cumplir mis objetivos trazados.

Karol

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro más sincero agradecimiento a nuestra Asesora de tesis Mgt. Anahí Karina Cardona Rivero por su enorme apoyo desinteresado, sus acertados consejos, correcciones y aportes para cumplir con los objetivos programados en la tesis, por su paciencia y dedicación para que este trabajo de tesis se haya realizado, a pesar de las dificultades que se ha ido encontrado en este amplio camino, nunca ha desistido, dedicándonos siempre con palabras alentadoras para continuar realizando este trabajo de tesis.

A nuestra Co-asesora, Mgt. Yanet Cuentas Romaña por su ayuda desinteresada, dedicación. Comprensión, paciencia, por sus consejos, sus enseñanzas y permanente apoyo en la elaboración en nuestro trabajo de investigación.

Al Químico Jorge Choquenaira Pari Analista de Laboratorio de Cromatografía y Espectrofotometría – UNSSAC por el apoyo a la investigación realizada por su paciencia y comprensión en el procesamiento de nuestra investigación.

A los miembros del jurado de tesis por su acertada contribución en la elaboración del presente trabajo de investigación.

A nuestros profesores, por toda su ayuda y dedicación, confianza y comprensión por estrecharnos su mano siempre que lo necesitábamos, por todos los consejos que nos dieron y sabemos que sin ellos no hubiese sido posible la realización de este trabajo por todo esto y mucho más estaré eternamente agradecido.

A todos, muchas gracias.

Luz y Karol.

ABREVIATURAS

ABREVIATURAS

ADP: Adenosin difosfato

AMP: Adenosin monofosfato

ATP: Adenosin trifosfato

CARO: Capacidad de Absorbancia de Radicales de Oxígeno

DPPH :2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo

HPLC: Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia

IMP: Iniosina monofosfato

ROS: Especies reactivas del oxígeno

RL: Radicales libres

ABBREVIATIONS

ADP: Adenosine diphosphate

AMP: Adenosine monophosphate

ATP: Adenosine triphosphate

CARO: Oxygen Radical Absorbance Capacity

DPPH :2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo

HPLC: High Performance Liquid Chromatography

IMP: Iniosin monophosphate

ROS: Reactive oxygen species

RL: Free radicals

INDICE

LISTA TABLAS	1
LISTA DE FIGURAS	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPITULO I.....	6
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	7
1.2.1 Problema general:	7
1.2.2 Problemas específicos:	7
1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO	8
1.3.1 Objetivo general	8
1.3.2 Objetivos específicos	8
1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	8
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	9
1.6 HIPÓTESIS	10
CAPITULO II.....	11
2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	11
2.1.1 Antecedentes Internacionales:.....	11
2.1.2 Antecedentes Nacionales:.....	13
2.1.3 Antecedentes Locales:	16
2.2 Estado de la cuestión	17
2.3 BASES TEÓRICOS CIENTÍFICOS	18
2.3.1 Trucha Arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>):	18
2.3.2 La Acuicultura	23

2.3.3	<i>Acuicultura en el Perú:</i>	24
2.3.4	<i>Deterioro de los productos pesqueros</i>	26
2.3.5	<i>Radicales libres</i>	28
2.3.6	<i>Generación endógena de radicales libres</i>	28
2.3.7	<i>Generación exógena de radicales libres</i>	28
2.3.8	<i>Carotenoides.</i>	28
2.3.9	<i>Antioxidantes.</i>	34
2.3.10	<i>Métodos para medir actividad antioxidante:</i>	36
2.4	Marco conceptual o definición de términos básico:	37
CAPITULO III.....		39
2.5	MATERIALES	39
2.5.1	<i>Materiales de Campo</i>	39
2.5.2	<i>Material Biológico</i>	39
2.5.3	<i>Materiales de Laboratorio</i>	39
2.5.4	<i>Equipos de Laboratorio</i>	40
2.5.5	<i>Reactivos</i>	40
2.6	DISEÑO METODOLOGICO	41
2.6.1	<i>Diseño de investigación</i>	41
2.6.2	<i>Tipo de la investigación</i>	41
2.6.3	<i>Nivel de investigación</i>	41
2.7	DISEÑO ESTADISTICO	41
2.8	ANALISIS ESTADISTICO:	42
2.9	AMBITO DE ESTUDIO	44
2.10	POBLACIÓN Y MUESTRA:	45
2.10.1	<i>Población</i>	45
2.10.2	<i>Muestra</i>	45

2.11	VARIABLES	45
2.11.1	<i>Definición Operacional de las Variables</i>	46
2.12	Criterios de selección	50
2.12.1	<i>Criterios de inclusión:</i>	50
2.12.2	<i>Criterios de exclusión:</i>	50
2.13	Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	50
2.13.1	<i>Técnica:</i>	50
2.13.2	<i>Instrumentos</i>	50
2.13.3	<i>Técnicas para procesamiento y análisis de la información:</i>	51
2.14	Metodología	54
2.14.1	<i>Procedimiento general</i>	54
2.14.2	<i>Obtención de la muestra:</i>	55
2.14.3	<i>Determinación de humedad</i>	57
2.14.4	<i>Determinación del pH</i>	58
2.14.5	<i>Determinación del valor de peróxido</i>	59
2.14.6	<i>Determinación de acidez</i>	59
2.14.7	<i>Cuantificación de carotenoides</i>	62
2.14.8	<i>Cuantificación de astaxantina</i>	63
2.14.9	<i>Capacidad antioxidante:</i>	67
CAPITULO IV		68
3.1	RESULTADOS Y DISCUSION	69
3.1.1	<i>Análisis fisicoquímico (pH, acidez, humedad, índice de peróxido)</i>	69
3.1.2	<i>Contenido total de carotenoides en trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i>	70
3.1.3	<i>Cuantificación de astaxantina en trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i>	72
3.1.4	<i>Capacidad antioxidante en trucha arcoíris (Oncorhynchus mykiss)</i>	73

CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
BIBLIOGRAFIA.....	77
ANEXOS	86

LISTA TABLAS

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>). ...	18
Tabla 2 Requerimiento de nutrientes por estadio de crecimiento de la trucha	19
Tabla 3 Composición Garantizada Completa	20
Tabla 4 Recomendación de uso de acuerdo a las truchas.....	21
Tabla 6 Composición química de la carne de trucha arco iris por 100g.	23
Tabla 7 Comparación de dos tratamientos con dos bloques y con tres variables de observación.	41
Tabla 8 Tabla de ANOVA para el DBCA.	42
Tabla 9 Reducción de tamaño de muestra en experimento con animales	44
Tabla 10 Población y Muestra	45
Tabla 11 Operacionalización de variables.....	52
Tabla 12 Humedad, PH, peróxido y acidez en truchas arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	69
Tabla 13 Contenido total de carotenoides en trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	70
Tabla 14 Astaxantina en trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>).....	72
Tabla 15 Capacidad Antioxidante de Astaxantina en trucha arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	73

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Trucha Arcoíris (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	18
Ilustración 2 Estadios de la trucha arcoíris (ova, larva, alevinos)	22
Ilustración 3 Zonas de mayor actividad acuícola en el Perú	24
Ilustración 4 Estructura química de algunos carotenoides importantes.....	29
Ilustración 5 Estructura química del carotenoide astaxantina	30
Ilustración 6 Procedimiento General	54
Ilustración 7 Obtención de la muestra	56
Ilustración 8 Determinación de la Humedad.....	57
Ilustración 9 Determinación de pH	58
Ilustración 10 Determinación de valor de peróxido y acidez	61
Ilustración 11 Cuantificación de carotenoides	63
Ilustración 12 Cuantificación de Astaxantina	66
Ilustración 13 Capacidad Antioxidante	68

RESUMEN

El propósito de la siguiente investigación es dar a conocer la concentración de sustancias antioxidantes y capacidad antioxidante en Truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú. Observando la necesidad de determinar si las truchas de piscigranja o de origen nativo presentan mayor concentración de sustancias antioxidantes y determinar cuál de las dos aporta más beneficios en la salud y en la nutrición, así como dar a conocer los beneficios económicos de una buena crianza de trucha ya que sería una buena fuente de ingreso para la población.

Metodología: El estudio es de tipo Cuasiexperimental, Transversal y Descriptivo. Se uso la prueba estadística DBCA. La Muestra es de 10 truchas del rio Salcca 5 de estadio juvenil y 5 de estadio comercial de la misma manera se tomaron 10 muestras de truchas de la piscigranja de Langui.

Resultados: Se determinaron las propiedades fisicoquímicas para truchas arcoíris de rio Salcca con un pH 7.38 en juvenil y 7.43 en comercial, Humedad 82% en juvenil y 81.69% en comercial, peróxido 0.50 en juvenil y 0.22 en comercial, y un valor de acidez para juvenil de 0.244 y en comercial 0.293. en las truchas arcoíris de piscigranja Langui se obtuvo un pH de 6.94 en juvenil y 6.91 en comercial, Humedad 79.66% en juvenil y 78.86% en comercial, peróxido 0.39 en juvenil y 0.34 en comercial, y un valor de acidez para juvenil de 0.362 y en comercial 0.412. La cuantificación de astaxantina en truchas arco iris de origen piscigranja Langui en sus dos estadios finales, presenta diferencias significativas ($p < 0.05$), siendo las de estadio comercial ligeramente mayor que las juveniles, mientras que las de rio Salcca no presentan contenido de astaxantina. La capacidad antioxidante del músculo de la trucha al final del ensayo, muestra que los de piscigranja Langui tienen mejor capacidad antioxidante que las truchas de rio Salcca, en cuanto a los estadios el comercial presenta ligeramente mayor capacidad antioxidante que las truchas juveniles.

Palabras clave: Sustancias Antioxidantes, Capacidad Antioxidante, Astaxantina, Estrés Oxidativo.

ABSTRACT

The purpose of the following investigation is to reveal the concentration of antioxidant substances and antioxidant capacity in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) of the Salcca River and Piscigranja Langui in their two final stages of the Province of Canchis-Cusco -Peru. Observing the need to determine whether farmed trout or trout of native origin have a higher concentration of antioxidant substances and determine which of the two provides more benefits in health and nutrition, as well as publicizing the economic benefits of good breeding of trout since it would be a good source of income for the population.

Methodology: The study is Quasi-experimental, Cross-sectional and Descriptive. The DBCA statistical test was used. The Sample is 10 trout from the Salcca River, 5 of juvenile stage and 5 of commercial stage. In the same way, 10 samples of trout were taken from the Langui fish farm.

Results: The physicochemical properties were determined for rainbow trout from the Salcca River with a pH of 7.38 in juvenile and 7.43 in commercial, Humidity 82% in juvenile and 81.69% in commercial, peroxide 0.50 in juvenile and 0.22 in commercial, and an acidity value for youth 0.244 and commercial 0.293. In the rainbow trout from Langui fish farm, a pH of 6.94 in juvenile and 6.91 in commercial, Humidity 79.66% in juvenile and 78.86% in commercial, peroxide 0.39 in juvenile and 0.34 in commercial, and an acidity value for juvenile of 0.362 and in commercial 0.412. The quantification of astaxanthin in rainbow trout from Langui fish farm origin in its two final stages presents significant differences ($p < 0.05$), with those from the commercial stage being slightly higher than the juveniles, while those from the Salcca River do not present astaxanthin content. The antioxidant capacity of the trout muscle at the end of the trial shows that those from the Langui fish farm have better antioxidant capacity than the Salcca river trout, as for the stages, the commercial one has slightly greater antioxidant capacity than the juvenile trout.

Keywords: Antioxidant Substances, Antioxidant Capacity, Astaxanthin, Oxidative Stress.

INTRODUCCIÓN

Desde años muy antiguos pescar fue muy indispensable para poder alimentar a la población en general, además de eso la pesca fue una oportunidad de oficio para las personas siendo un ingreso más para la economía de sus hogares. Pero a todo esto se suma los nuevos aportes y la metamorfosis que sufrió la pesca a lo largo del tiempo, estos nuevos conocimientos pudieron demostrar que si bien es cierto estos son renovables , estos no serán para siempre por lo que tenemos que utilizar de forma moderada y adecuada , ya que tienen propiedades nutricionales muy importantes para las personas, además de ser una fuente de ingreso económico para todas las personas del mundo que cada vez estamos en mayor. (1)

La producción acuícola en el 2020 total comprendió 87,5 millones de toneladas de animales acuáticos principalmente para su uso como alimentos destinados al consumo humano, 35,1 millones de toneladas de algas para usos tanto alimentarios como no alimentarios, la producción de los peces de aleta alcanzó los 57,5 millones de toneladas, los moluscos alcanzaron 17,7 millones de toneladas y 11,2 millones de toneladas de crustáceos. (2)

La cosecha acuícola en el Perú llegó a alcanzar las 150 819 toneladas de las cuales el 39,4% correspondieron a cultivos continentales y un 60,6% a cultivos marinos donde lo más importante en cuanto a volumen en el año 2021 fue la concha de abanico que representó un 36,4% seguidamente de la trucha arcoíris que representó el 34,2% del volumen total, seguido por el langostino con el 24,2% (22 039), tilapia con el 42,3% , el pez amazónico paco con el 1,8% y otras representados con un 1,1%. (3)

Existen otras fuentes marinas que también son de gran importancia pudiendo ser un punto importante para el incremento de la economía nacional, ya que el territorio peruano brinda todas las condiciones climáticas y el territorio marino necesario para la producción, es así que en el territorio amazónico del territorio peruano llega a consumir ochenta mil toneles de peces, lo que asegura la alimentación en toda la población, además de ofrecer empleo a las personas del lugar.

El departamento Cusco en el año 2021 cosecho 1383 toneladas de trucha y 649.5 toneladas de paco. (4)

La trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) se cultiva intensivamente en regiones de aguas frías desde la década de 1940. Por ello, la mayoría de los procesos nutricionales, higiénicos y de manejo preventivo que afectan a esta especie son bien conocidos. Sin embargo, hay aspectos que aún se desconocen y que han ido cambiando con el tiempo a medida que avanza la investigación científica. (5)

Podemos dar como un ejemplo, hay muchas comunidades, especialmente en la sierra andina, que utilizan técnicas artesanales y de acuicultura para criar truchas arco iris en su entorno natural. Este conocimiento experiencial es fundamental no sólo para la explotación de la trucha arco iris, sino también para la conservación y uso sustentable de peces nativos, muchos de los cuales son conocidos gracias a estas comunidades.

En este marco, el director general de Biodiversidad, José Álvarez Alonso, destacó los esfuerzos de las comunidades locales para mejorar la seguridad alimentaria y la calidad de vida a través de la gestión de los recursos naturales, la protección del medio ambiente y la cultura tradicional. “Por lo tanto, es importante proporcionar las herramientas adecuadas para gestionar estas y otras especies de manera eficiente y segura con técnicas y protocolos apropiados.” (6)

El objetivo de este estudio fue comparar la capacidad antioxidante y el contenido total de carotenoides de la trucha arco iris de río (*Oncorhynchus mykiss*) y la trucha criada en piscifactorías, y aclarar las diferencias en las proporciones de nutrientes y, sobre todo, en los componentes nutricionales. Los mecanismos de acción antioxidante afectan a los juveniles y adultos cuando estas semillas se venden y compran para consumo humano en las dos etapas finales.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La oxidación tiene un procesamiento bioquímico donde pierde de electrones, que siempre va acompañado de otro proceso de ganancia de electrones, al que llamamos reducción. Esta oxidación es necesaria para la vida, porque participa en los procesos de adquisición de energía celular. Sin embargo, cuando hay demasiada oxigenación se produce estrés oxidativo, una realidad compleja a todos los niveles biológicos que no puede medirse ni definirse mediante un único parámetro. Son muchas las enfermedades que se han relacionado con el estrés oxidativo y la formación de radicales libres. Por tanto, los tratamientos antioxidantes y las dietas ricas (como la dieta mediterránea) o los alimentos enriquecidos con antioxidantes parecen prevenir o al menos reducir el deterioro funcional de los órganos provocado por el estrés oxidativo excesivo (7)

Consumir diariamente alimentos que contengan antioxidantes puede proteger contra algunas enfermedades, según un estudio publicado en la Revista Nutrición de Chile, pero se necesitan más investigaciones para confirmar su efectividad.

Los carotenoides son nutrientes conocidos como poderosos antioxidantes que pueden proteger las células del ataque de ciertos radicales libres. Estos nutrientes se encuentran en Trucha (8) (9) (10).

El carotenoide astaxantina es un pigmento natural que se encuentra en altas concentraciones en microalgas como *Haematococcus pluvialis* y los animales que lo consumen, como salmón, trucha roja y crustáceos. (11).

Los pigmentos carotenoides, especialmente la astaxantina, son antioxidantes naturales que estimulan la respuesta inmune, reducen los efectos negativos del estrés y promueven el crecimiento de los organismos acuáticos durante la acuicultura. Debido a sus propiedades fisicoquímicas, los carotenoides son responsables de la mayor parte de los colores verde, naranja y rojo en algunos vegetales y algunos animales, como el salmón y la trucha. Sin embargo, a diferencia de la astaxantina sintética más común y más barata disponible, el aporte nutricional no aumenta. Por ello, los expertos recomiendan utilizar astaxantina natural en las

granjas acuícolas. (8) (9)

Debido a la reciente popularidad como suplemento nutricional, este estudio investigó los efectos antioxidantes de la trucha arco iris alimentada con un suplemento rico en antioxidantes en comparación con la trucha de río alimentada con una dieta basal y la trucha nativa. Hemos considerado la necesidad de determinar la competencia.

A pesar de los beneficios que este recurso puede ofrecer, al mismo tiempo su consumo y uso como fuente de ingresos económicos tiene poco significado para muchos residentes de la comunidad.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 Problema general:

¿Cuáles serán las concentraciones de sustancias antioxidantes y capacidad antioxidante en Truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mikis*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú?

1.2.2 Problemas específicos:

1. ¿Cuáles serán los resultados del análisis fisicoquímico (pH, acidez, humedad, índice de peróxido) de la pulpa de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú?
2. ¿Cuál será el contenido total de carotenoides en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú?
3. ¿Cuál será concentración de astaxantina en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú?
4. ¿Cuál será la capacidad antioxidante en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú?

1.3 OBJETIVOS DEL ESTUDIO

1.3.1 Objetivo general

- Cuantificar las sustancias antioxidantes y evaluar la capacidad antioxidante en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Realizar el análisis fisicoquímico (pH, acidez, humedad, índice de peróxido) de la pulpa de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú.
2. Cuantificar y comparar el contenido total de carotenoides en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú, por método Lee Lee.
3. Cuantificar y comparar el contenido de astaxantina en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú, por método HPLC.
4. Determinar y comparar la capacidad antioxidante en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus dos estadios finales de la Provincia de Canchis-Cusco -Perú por el método DPPH.

1.4 LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- El acceso al Rio Salcca para adquirir la muestra (trucha arcoíris) porque las comunidades evitan la sobreexplotación en la pesca de trucha arcoíris en la zona, donde se obtuvo una reunión con dirigentes de la comunidad campesina de Santa Barbara, se explicó el motivo de nuestra visita y logramos informar las ventajas que tiene nuestro trabajo de investigación para esta población que se encuentra en crecimiento.
- En la adquisición de la muestra se realizó con caña de pescar, pero no se obtuvo muestra alguna por lo que para la adquisición se logró contratar personal de la comunidad que nos ayudaron mediante otro método artesanal de pesca que se realizó con una atarraya (malla de pescar) y se adquirió las muestras en su totalidad.

- Para evitar la descomposición de las muestras se acondiciono la refrigeradora para el almacenamiento de estas y evitar una variación en los resultados.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

- **Justificación teórica**

La astaxantina es un pigmento natural, controlado y orgánico con enorme poder antioxidante, 65 veces más eficaz que la vitamina C, 54 veces más eficaz que el betacaroteno y 14 veces más eficaz que la vitamina E. (9) Los carotenoides, especialmente la astaxantina, mejoran el sistema inmunológico. respuesta. La astaxantina también es un potente antiinflamatorio, por lo que además de ser un agente antienvjecimiento, es muy beneficiosa para la mayoría de las afecciones inflamatorias crónicas, como la artritis, los dolores musculares, las enfermedades cardiovasculares y la enfermedad de Alzheimer (12).

- **Justificación aplicativa**

Existen estudios de especies acuáticas como trucha arcoíris que al poseer la astaxantina como antioxidante para la Coloración de su musculo y su aceptación del consumidor. Es importante usar los conocimientos sobre la sustancia antioxidante de origen animal, el presente proyecto de investigación servirá de base a otros proyectos de investigación a realizar investigaciones de esta naturaleza con el fin de aprovechar recursos de nuestro medio como las truchas arcoíris que deben de ser utilizadas en la búsqueda de más antioxidantes de origen animal y su posterior consumo con fines preventivos de enfermedades. La presente investigación será base para futuras investigaciones.

- **Justificación social**

En el presente estudio sobre la trucha arcoíris se realizó en la piscigranja Langui y rio Salcca, al obtener un resultado positivo nos indicara que tiene buena capacidad antioxidante, por lo cual es muy beneficiosa para para la población que se encuentra en vulnerabilidad de poder contraer enfermedades. Esta especie acuática se encuentra en nuestra región a nuestra disponibilidad y sería un beneficio dar a conocer a la sociedad sobre este efecto antioxidante y la

concentración de carotenoides que posee y así promover su mayor consumo para poder prevenir posibles enfermedades cardiovasculares, antiinflamatorias entre otras y sería beneficioso en el sector de acuicultura para aumentar su demanda, producción y generar empleo en la región.

- **Justificación económica:**

El salmón arcoíris se introdujo en el Perú en la década de 1920 y ahora forma parte de la dieta de las familias peruanas, especialmente en los altos Andes. Esta especie tiene una gran demanda debido a su alto contenido proteico, lo que contribuye significativamente a la seguridad alimentaria en comunidades donde la proteína animal es escasa. Su uso y cuidado se dio principalmente en forma de cría en piscifactorías, estanques y jaulas flotantes, aunque también se practica la pesca en estado salvaje. Los consumidores al conocer los beneficios de la trucha arcoíris harán que incremente la demanda de este recurso por lo cual se dinamizara la economía en nuestra región y del mismo modo incentivara aquellos productores se dediquen más a la producción de truchas para tener una economía más sostenible.

1.6 HIPÓTESIS

- Las Truchas Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de piscigranja Langui, en sus dos estadios finales (juveniles y adultos) presentan altas concentraciones de sustancias antioxidantes y mayor capacidad antioxidante en comparación de Truchas Arcoíris del Rio Salcca.

CAPITULO II

MARCO TEORICO CONCEPTUAL

2.1 ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

2.1.1 Antecedentes Internacionales:

Vélez Alavez Marcela Evaluación de los Indicadores de Estrés Oxidativo Relacionados con la Capacidad de Natación en elasmobranquios y teleósteos. Centro de investigaciones biológicas del norte. 2015. (12)

Objetivo: Analizar la producción de ERO (especies reactivas de oxígeno), Sistemas antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos. Metodología y resultados: Se determinó capacidad total de antioxidante mediante la técnica DPPH. Los resultados se expresaron como porcentaje de reducción a partir de la reacción entre el radical DPPH y los compuestos antioxidantes del tejido resultando en su forma reducida. Los elasmobranquios generalmente mostraron mayor actividad enzimática antioxidante y mayor contenido de vitamina C y E; Sin embargo, la capacidad antioxidante total fue mayor en los teleósteos. Estos resultados sugieren que la producción de ROS y la defensa antioxidante en el músculo del pescado está relacionada con la actividad física, la ingesta de nutrientes y el entorno en el que se desarrolla cada especie. (12)

Rodríguez Ramírez Adriana del Rosario. Efectos de los carotenoides y probióticos sobre los parámetros de rendimiento hematológicos, bioquímicos, carotenoides totales y estrés por calor de la trucha arco iris. (Oncorhynchus mykiss) Universidad Autónoma de Aguas calientes 2016. (13)

Objetivo: Se evaluó el efecto de los pigmentos carotenoides y los probióticos añadidos a la dieta principal sobre el rendimiento del crecimiento, los parámetros hematológicos, bioquímicos, de color y de contenido de carotenoides y la respuesta de las truchas a estas dietas alimentadas con desafíos de estrés térmico. El experimento se realizó en cuatro estanques, donde se depositaron 24 truchas. Se tomarán 5 truchas se utilizará el método estandarizado por Lee Lee. Metodología y resultados: Para determinar el contenido total de carotenoides se utilizó el método

estandarizado de Lee Lee. Los resultados del análisis de varianza para la estimación de caroteno en filete mostraron que hubo diferencias significativas entre tratamiento, días e interacción de variables ($P < 0.05$). Las dietas experimentales suplementadas con carotenoides mostraron una mejor apariencia en el color del filete, lo que se refleja tanto en la evaluación del color de la prueba CIELAB como en la cantidad total de carotenoides en el filete. La adición de probióticos y pigmentos carotenoides produjo una respuesta de crecimiento positiva, al igual que el uso de achiote, levadura de cerveza y oleorresina de chile no saponificada. En este estudio, una dieta experimental con pigmentos carotenoides apoyó la supervivencia en un 100%, seguida de una dieta suplementada con probióticos y carotenoides en un 90%. El contenido total de carotenoides del filete de trucha aumentó a 5,33 mg/kg AB +P +C + en comparación con 1,3 mg/kg AB en la dieta control, la diferencia observada significa un aumento de 310 y 292%. (13)

Mostafizur Rahman, Sanaz Khosravi, Kyung Hoon Chang, Sang-Min Lee: Efectos de la inclusión dietética de astaxantina sobre el crecimiento muscular Pigmentación y Capacidad Antioxidante del Arco Iris Juvenil Trucha (*Oncorhynchus mykiss*) Corea 2016. (14)

Objetivo: Este estudio fue diseñado para investigar la efectividad de la cantidad de astaxantina en la dieta sobre el rendimiento del crecimiento, la utilización del alimento, la pigmentación muscular y la capacidad antioxidante en truchas arcoíris juveniles. Metodología: Se formularon cuatro dietas experimentales para contener 0, 50, 75 y 100 mg/kg de astaxantina. Resultado: El rendimiento del crecimiento y la composición muscular de los peces no tuvieron afectación por los niveles de astaxantina en su alimentación. Los peces alimentados con la dieta AX50 tenían mayores contenidos de carotenoides musculares que los peces alimentados con la dieta AX0, pero no se observaron diferencias significativas entre estos peces y los alimentados con las dietas AX75 y AX100. El contenido de astaxantina muscular aumentó con el aumento de astaxantina en la dieta. La deposición de astaxantina en la pulpa dio como resultado una disminución de la luminosidad y un aumento del enrojecimiento y el amarilleo. Los filetes de trucha alimentada con la

dieta AX75 tenían una ligereza significativamente menor que la trucha alimentada con las dietas AX50 y AX100. Los peces alimentados con las dietas AX50 y AX75 mostraron una actividad de catalasa significativamente menor que los alimentados con la dieta de control. El estado antioxidante total aumentó significativamente en todos los grupos suplementados con astaxantina en comparación con el grupo de control. La actividad del superóxido dismutasa se redujo significativamente en los peces alimentados con la dieta AX50 en comparación con los alimentados con la dieta AX50.AX0. Estos hallazgos sugieren que, si bien la pigmentación de los filetes aumentó con el aumento de la concentración de astaxantina en la dieta, es posible que los índices de capacidad antioxidante del pescado no se vean afectados de manera dependiente de la dosis. (14)

2.1.2 Antecedentes Nacionales:

Br. Flores Encinas María Daney: Crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, muelle barco Lago Titicaca – Universidad Nacional del Altiplano-Puno 2013.
(15)

Objetivos: Estimar el crecimiento de la trucha arco iris producida con alimento fresco y alimentación balanceada, determinar el factor de conversión y el factor de aptitud, estimar el crecimiento real y el crecimiento esperado. Metodología: Se trabajó con 4 jaulas 2 x 2 x 1.5, cada una con 100 peces, en promedio 102.3 g, cada jaula recibió un tratamiento diferente, el tratamiento jaula 1 fue exclusivamente alimento balanceado, el tratamiento jaula 2 fue del 50% dieta balanceada y 50% dieta fresca, el tratamiento jaula 3 fue 75% dieta balanceada y 25% dieta fresca, el tratamiento jaula 4 fue exclusivamente dieta fresca; El cálculo de la ración diaria se obtuvo mediante la fórmula de la ración diaria: se triplicó la ración de pescado procesado con alimentos frescos. En el primer objetivo se utilizó un método biométrico, que consistió en el pesaje individual de las truchas y medición de la longitud total, en el segundo objetivo se utilizó una fórmula de factor de conversión, que consistió en dividir el alimento consumido entre la ganancia de peso. , también se aplicó la fórmula del factor fitness, que consistió en multiplicar el peso del pez por cien y

dividir el resultado por la longitud cúbica del pez, en relación al tercer objetivo se comparó el crecimiento real y el crecimiento esperado. (15).

Lázaro Castro, Roxana Iris: Pigmentación de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) en fase, de acabado, durante el almacenamiento en refrigeración y, ' proceso de cocción. EN EL CENTRO PISCICOLA EL INGENIO. Universidad Agraria de la Selva. 2014. (16)

Objetivo: Determinar el efecto pigmentario del músculo de la trucha arco iris en la etapa final agregando dos pigmentos, deltaxantina y carofila rosa, a un alimento balanceado durante el almacenamiento en frío y después de la cocción utilizando dos sistemas de medición; Para ello se utilizaron 600 kilogramos de trucha arcoíris, con un peso vivo de 165 ± 5 g y un tamaño de 22 cm. Las truchas fueron asignadas en un diseño completamente al azar con 2 tratamientos y 3 repeticiones. Los tratamientos fueron los siguientes: T1: dieta con 90 ppm de carofila rosa y T2: dieta con 100 ppm de deltaxantina. Las variables (CIELa*b*) resultados de tiempo, análisis de varianza, prueba de Tukey (p: 50.05) y corrección de regresión se realizaron por separado para cada una. Se realizó una prueba de Friedman para evaluación visual. De igual forma se realizó análisis de varianza mediante la prueba de Tukey en función del tiempo para los datos obtenidos durante el almacenamiento en frío y después de la cocción (p: 50,05). (16)

Mache Zúñiga Carmen Rocío: Incremento de biomasa de truchas juveniles arco iris *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con alimento comercial crecimiento 3 por 49, 76, 103 y 130 días en la piscigranja “la Cabaña”. Universidad nacional del centro del Perú. Huancayo 2015. (17)

Objetivo: Conocer el momento óptimo para el cambio de truchas jóvenes, crecimiento 3 antes del engorde en la pesquería “LA CABAÑA”, ampliando los días de alimentación. **Métodos y resultados:** Como material biológico se utilizaron 4160 crías de trucha arcoíris en etapa *Oncorhynchus mykiss* y se dividieron en los siguientes tratamientos: el T1 (1040 peces) fue el control, se inició con una biomasa promedio de $26,0 \text{ kg} \pm 0,9$ y una longitud de $11,9 \text{ cm.} \pm 0,9$; los mismos utilizando alimento comercial de crecimiento durante 3, 49 días como es habitual consumidos

en la pesquería mencionada y luego engordados hasta los 130 días, el T2 (1040 peces) inició con una biomasa promedio de 25.8 kg \pm 0.7 y una longitud promedio de 11.8 cm. \pm 0,8; Estos alevines fueron alimentados con pienso comercial 3 durante 76 días y luego engordados hasta los 130 días, el T3 (1040 peces) inició con una biomasa promedio de 26,3 kg \pm 0,4; y longitud media 12,1 cm. \pm 0,7; Estos alevines fueron alimentados con alimento comercial durante 3103 días, luego engordados hasta 130 días, y el T4 (1040 peces) comenzó con una biomasa promedio de 26,2 kg \pm 0,2 y una longitud promedio de 12,1 cm. \pm 0,8; Estas plántulas se cultivaron comercialmente durante 3130 días. (17)

Canchaya Mario Jesús Eguia: Influencia de dos marcas comerciales de alimento en el crecimiento y pigmentación muscular de la trucha (Oncorhynchus mykiss) en estanques., Universidad Nacional Agraria la Molina 2017. (18)

El experimento se llevó a cabo en las instalaciones de la fábrica acuícola de Piscifactoría Peña S.A.C. llevado a cabo. Ubicado en el distrito de Chiche, departamento de Cajamarca. Se utilizan tres estanques para cada tipo y marca de ingredientes. Objetivo: comparar los efectos de pigmentación de dos marcas de alimentos sobre el músculo de la trucha arcoíris. La composición incluye astaxantina sintética (calofila rosa). También se comparan las tasas de crecimiento en diferentes etapas del ciclo de producción. Animales jóvenes (40g-90g), animales de engorde (90g-120g), animales comerciales (120g-250g). Métodos y resultados: Para evaluar la pigmentación, esta medición se realiza utilizando una regla recta SalmoFanTM de los Laboratorios Roche. Esta regla incluye 14 variaciones de rojo, siendo el número 20 el más brillante. hasta el 34 más oscuro. La relación entre el número de pigmentación deseado y la cantidad de pigmento que debe recibir cada cuadrado se determina mediante la siguiente fórmula:

$Q(\text{mg}) = 11,567x - 218,4$. Donde: P: Cantidad de tinte (mg). \times : Número de pigmentación deseado.

Las marcas comerciales evaluadas fueron Nicovita (denominada Alimento A) con una concentración de astaxantina de 70 ppm y Naltech (denominada Alimento B)

con una concentración de astaxantina de 66 ppm. La tasa de crecimiento resultante para el alimento A, categoría de crecimiento II, fue de 0,5586. El alimento B, categoría de crecimiento II, tuvo una tasa de crecimiento de 0,5537. De manera similar, el nivel de pigmentación por 100 g fue mayor en el alimento A (24.815) que en el alimento B (24.665). El alimento de color de marca proporciona una mayor productividad y una coloración mejorada. Las truchas alimentadas con alimento Marca A desarrollan pigmento en su carne en un período de tiempo más corto que las truchas alimentadas con alimento Marca B. La tasa de crecimiento de las truchas alimentadas con el pienso A será ligeramente más rápida que la tasa de crecimiento de las truchas alimentadas con el pienso B. De hecho, la marca de alimentos A puede ejecutar 1,6 ciclos de producción por año si los resultados se mantienen durante todo el ciclo de producción. El alimento B, por el contrario, tiene 1,4 veces. Las truchas alimentadas con el alimento A consumen menos oxígeno disuelto en el corto plazo. Proceso de digestión en el que los granos ingeridos se descomponen en el estómago y se envían a los intestinos (18)

2.1.3 Antecedentes Locales:

Br. Delia Consa Apaza: DESARROLLO Y MADUREZ SEXUAL DE *Oncorhynchus mykiss* (TRUCHA ARCO IRIS) ESTABULADA EN REDES JAULAS, CASO LANGUI- LAYO". UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO 2014. (19)

Objetivo: Conocer sobre el desarrollo y desarrollo de la madurez sexual. Utilice la escala de madurez sexual Nair de Bachman. Resultados: La maduración de las gónadas en términos de tamaño, color y vascularización ocurre de acuerdo con observaciones observadas en la práctica durante procesos intensivos de producción. (19)

2.2 Estado de la cuestión

Los antioxidantes son moléculas que pueden retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas. (20)

Los antioxidantes se utilizaron ampliamente en las industrias química y alimentaria durante los siglos diecinueve y veinte. Las industrias químicas se han estudiado los antioxidantes, un grupo de compuestos caracterizados por su capacidad de oxidarse en lugar de otras sustancias presentes en el medio de reacción. (21)

Aunque los beneficios del oxígeno no fueron cuestionados en la década de 1950, en 1954 la bioquímica argentina Rebecca Gerschman planteó la hipótesis de una teoría de la toxicidad del oxígeno y sus efectos sobre los procesos patológicos y el envejecimiento, conocida como teoría de Gerschman. (22)

No fue hasta la década de 1960 que las publicaciones sobre los efectos de los flavonoides, el ácido ascórbico y el estrés oxidativo en el cáncer demostraron la importancia de los antioxidantes para la salud. En las décadas siguientes, se amplió la investigación sobre los antioxidantes. En la década de 1990, el uso de antioxidantes se había vuelto común en los Estados Unidos: la mitad de la población tomaba suplementos, un tercio tomaba multivitaminas y aproximadamente una octava parte de la población tomaba suplementos vitamínicos regularmente. La suplementación con antioxidantes E y C se basa en estudios epidemiológicos y clínicos que demuestran una estrecha relación entre los siguientes factores: dieta, estilo de vida, exposición a la radiación, metales, pesticidas, toxinas y algunas drogas. Se asocia con la aparición y progresión de enfermedades como el cáncer, la diabetes, la arteriosclerosis, las enfermedades neurodegenerativas y el envejecimiento. Con el tiempo, después de la Segunda Guerra Mundial, la producción de aves y cerdos aumentó rápidamente. Pues necesitas ciertos alimentos que te sacien rápidamente y en grandes cantidades. A mediados del siglo XX se hizo hincapié en la necesidad de adaptar y ampliar los mercados de exportación para aumentar la presencia internacional. (23)

Los avances recientes en técnicas y prácticas de producción animal, como los logrados en este proyecto, han demostrado el potencial de aumentar la concentración de dichos compuestos en el tejido animal y mejorar su valor

nutricional. (24) (25)

2.3 BASES TEÓRICOS CIENTÍFICOS

2.3.1 Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*):

Ilustración 1 Trucha Arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)



Fuente: Línea de base de la trucha arcoíris con fines de bioseguridad en el Perú 2021 (26)

Es un pez perteneciente al grupo de los salmónidos, que es originario de América del Norte. El nombre de este pez proviene de su propio color. (13) En la tabla N° 1 presenta la clasificación taxonómica de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Tabla 1 Clasificación taxonómica de la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

Reino	Animal
Phylum	Chordata
Subphylum	Vertebrata
Superclase	Pisces
Clase	Osteichthyes
Subclase	Actinopterygii
Orden	Salmoniformes
Familia	Salmonidae
Género	Oncorhynchus
Especie	Mykiss
Nombre científico	<i>Oncorhynchus mykiss</i>
Nombre común	Trucha arco iris

Fuente: FAO 2019 (27)

2.3.1.1 Biología de la trucha

Esta especie se caracteriza principalmente por un cuerpo cubierto de finas escamas y forma de huso (forma de huso). El color de las truchas suele variar según el hábitat, la edad, la madurez y otros factores, por ejemplo: efectos ambientales en los arroyos, es decir. en ambientes sombreados tienen un color plomo oscuro. Su piel también tiene una gran cantidad de manchas negras, en forma de lunares, por lo que en otros lugares también se le llama pecas. (28)

2.3.1.2 Alimentación de las truchas

Una trucha es un depredador que vive capturando y comiendo otros seres vivos. Su sistema digestivo está diseñado para utilizar proteínas animales y sólo pueden digerir y utilizar una cantidad muy limitada de productos vegetales. Muchas de las mezclas que se utilizaron originalmente para alimentar a las truchas criadas para el consumo se obtuvieron mediante sentido común y prueba y error. (4)

En el mercado existen principalmente dos tipos de alimentos: extrusionados y granulados. Los alimentos deben contener un alto contenido de proteínas, especialmente en la fase inicial. (29)

2.3.1.3 Componentes de piensos para trucha.

El Tabla N° 2 muestra el contenido de nutrientes que necesita cada trucha, de acuerdo al estadio en el cual se encuentra.

Tabla 2 Requerimiento de nutrientes por estadio de crecimiento de la trucha

Nutriente	Alevinos	Juveniles	Adultos (Comercial)	Reproductores
Proteína (min)	45,0	42,0	40,0	40,0
Carbohidratos(máx.)	22,0	24,0	25,0	25,0
Grasa (min)	10,0	10,0	10,0	10,0
Minerales (máx.)	10,0	10,0	10,0	10,0
Humedad (máx.)	10,0	10,0	10,0	10,0
Fibra (máx.)	2,0	3,0	3,0	3,0
Calcio (min)	1,5	1,5	1,5	1,5
Fosforo (min)	1,0	1,0	1,0	1,0

Fuente: Choquehuayta (30)

2.3.1.4 Alimento comercial.



TRUCHA CLÁSICA NICOVITTA: Alimento comprimido de hundimiento lento para trucha arcoíris *Oncorhynchus Mykiss*. Es un alimento altamente digerible con niveles energéticos óptimos de 2 gramos para cosechar. (32)

Ventajas: Asegura un crecimiento óptimo de los peces con resultados históricos comprobados en campo. Crea una composición ideal para el músculo de la trucha, asegura una buena presentación en el mercado, asegura una pigmentación suficiente y uniforme en el músculo y contiene un mínimo de partículas finas. (32)

Tabla 3 Composición Garantizada Completa

	Proteína (% Min)	Grasa (% Min)	Humedad (% Max)	Fibra (%Max)	Ceniza (% Max)
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 2	50	13	10	3.0	15
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 5	45	13	10	3.0	12
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 25	42	13	10	3.0	12
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 60	42	13	10	3.0	12
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 150	42	13	10	3.0	12
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS P150	40	13	10	3.0	12
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 500	40	13	10	3.0	12
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS P500	40	15	10	3.0	12
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 2000	40	13	10	3.0	12

Fuente: Nicovita. (32)

Fórmula premium (ingredientes) Harina de aceite, trigo y subproductos de trigo, harina de pescado y otras harinas marinas, harina de subproductos de ave, salvado de colza, aceite de pescado y/o vegetal, concentrado de proteína de maíz, lecitina de soja, premezcla de vitaminas y minerales. cloruro de sodio, carbonato de calcio, aminoácidos sintéticos (metionina, lisina), fosfato de sodio o potasio, conservante (ácido propiónico). Pigmento aprobado (astaxantina) en los productos Nicovita Classic Trout P150 y P500.

Tabla 4 Recomendación de uso de acuerdo a las truchas

	Peso pez(g)		Alimento (% peso cuerpo/día)
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 2	2	5	3.0 a 7.0
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 5	5	25	2.0 a 4.0
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 25	25	60	2.0 a 3.5
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 60	60	150	1.8 a 2.5
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 150	150	500	1.4 a 2.0
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS P150	150	500	1.4 a 2.0
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 500	500	Cosecha	1.3 a 1.6
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS P500	500	Cosecha	1.3 a 1.6
NICOVITA CLASSIC TRUCHAS 2000	2000	cosecha	Menor a 1.6

Fuente: Nicovita. (32)

2.3.1.5 Hábitat y comportamiento.

Su hábitat es en agua con temperaturas bajas y muy puras como de ríos y lagunas. En comparación con otras especies de salmón, se considera más fácil de plantar debido a su área de distribución. Algunas variedades pueden tolerar temperaturas más cálidas y menos agua en movimiento que la trucha normal. Toleran temperaturas entre 0-28-30°C, aunque el desove y el crecimiento se producen en un rango más estrecho de 9-14°C. **(31)** Muchas pesquerías tienen parámetros para el cultivo de truchas.**(32)**

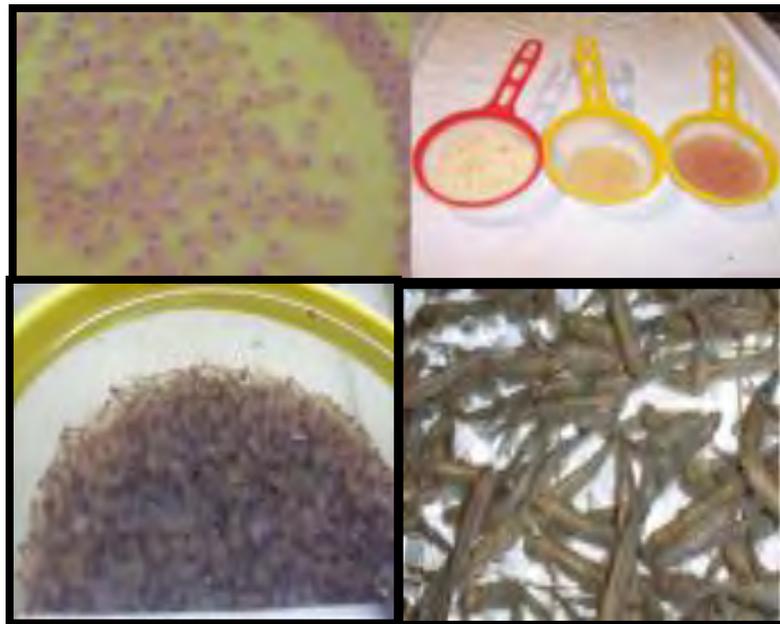
2.3.1.6 Etapas de desarrollo de las truchas

Existen 5 etapas en el desarrollo biológico de la trucha:

- a) Óvulos. - Son huevos fecundados que se convierten en larvas después de unos 30 días de incubación.
- b) oruga. - El pez, que aún no está completamente formado, desarrolla un saco amarillo que se desarrolla al cabo de aproximadamente un mes, cuando toma el estado de polluelo y come afuera.

- c) Alevino. - Son peces pequeños con una longitud de 3 cm. por 10 cm. Peso que varía entre 1,5 gr. 20 gramos
- d) Joven. - Son peces de 10 cm de largo. por 15 cm. cuyo peso suele ser de 20 gr. 100 gramos
- e) Comerciales. - Existe una prueba especial donde los peces fueron sometidos a un proceso de engorde para su comercialización, sus medidas son 15 cm. A 22cm. Peso 100-200 gr. (10)

Ilustración 2 Estadios de la trucha arcoíris (ova, larva, alevinos)



Fuente: Mundo pecuario (33)

2.3.1.6.1 Propiedades, beneficios y valor nutricional

La trucha es un pescado muy sano y nutritivo, de sabor suave y bajo contenido en grasas (3%). "Es una buena fuente de ácidos grasos omega-3 y una importante fuente de proteínas de alto valor biológico". Pertenece al grupo del pescado azul, que es rico en grasas saludables necesarias para el buen funcionamiento del organismo. Trucha, pescado, que es rico en selenio, fósforo, potasio o magnesio y vitaminas del grupo B, necesarias para el normal desarrollo de las funciones de nuestro organismo y el

fortalecimiento de músculos y huesos. Es un alimento apto para embarazadas gracias a la vitamina B12 y para diabéticos. (34)

2.3.1.6.2 Composición química de la carne de trucha

Su carne es muy nutritiva y muy higiénica porque no puede vivir en aguas contaminadas y con falta de oxígeno(35). El contenido de grasa depende de la especie, edad, estado nutricional y desarrollo de las gónadas. Las propiedades tecnológicas de las especies de pescado se ven afectadas por el contenido de grasa, por lo que las especies se clasifican según el porcentaje de grasa: porcentaje bajo de grasa inferior al 2,5%, contenido medio de grasa del 2,5% al 9,5% y contenido de grasa superior al 9,5%. (36). En la tabla N° 6 se visualiza la composición química de la carne de la trucha arcoíris

Tabla 5 Composición química de la carne de trucha arco iris por 100g.

Composición química	Moreiras, 2006	Ortiz, 2015
Agua (g)	81.3	-
Energía (Kcal)	90	-
Proteínas (g)	15.7	-
Lípidos (g)	3	3
Sodio (mg)	-	40
Calcio (mg)	-	15
Hierro (mg)	-	1
Carbohidratos (g)	0	-
Almidón (g)	0	-
Azúcares (g)	0	-
Almidón (g)	0	-

Fuente: Química de alimentos (37)

2.3.2 La Acuicultura

La acuicultura se define como el conjunto de actividades encaminadas a la producción, cultivo o desarrollo y comercialización de organismos, animales o plantas acuáticos de agua dulce y/o salada. Piscicultura, actividad derivada de la

acuicultura basada en el aprovechamiento de peces cultivados en un entorno separado de su hábitat original. (28).

2.3.3 Acuicultura en el Perú:

La acuicultura en nuestro país tiene un bajo nivel de desarrollo en comparación con otros países de la región, y el cultivo de trucha, que se centra en el cultivo de unas pocas especies, se ha desarrollado en las tierras altas de los Andes y está dirigido al mercado local. y exportar. (38) En la última década la crianza de trucha en Perú ha aumentado un 678%, de 6.997 toneladas en 2007 a 54.424 toneladas en 2017. (39)

En 2017, Puno logró producir 44.845 toneladas (83% de la producción nacional), seguido de Huancavelica con 3.454 toneladas (6%) y Junín con 2.688 toneladas (5%), otras regiones que también cuentan con cultivo de trucha, pero en una proporción menor. son Cusco y Ayacucho. La Figura 3 muestra las regiones con mayor actividad acuícola a nivel nacional.

Ilustración 3 Zonas de mayor actividad acuícola en el Perú



Fuente: Ministerio de la producción. (38)

Laguna Langui-Layo: majestuosa y hermosa laguna ubicada a 168 km del Cusco y 3969 metros sobre el nivel del mar, abarca las zonas de las ciudades de Langui y Layo. Sus dimensiones son las siguientes: Largo máximo efectivo 16.040 m, ancho máximo 4.890 m, superficie de agua 58.137 km, profundidad máxima 232 m; Hay poca vegetación en la costa, en algunos lugares se pueden ver juncos y arbustos. La fauna ictiológica está compuesta por chiñichallhua, carachi y pesquerías de trucha y plata. (40)

Río Salcca: El Río Salcca es un arroyo en el Departamento de Cuzco del Perú con una altura de 3445 metros. El río Salcca se ubica alrededor de Pauchi Pampa y Ccanchaccata. (41) La Cuenca de Salcca está ubicada políticamente en el Departamento del Cusco, Provincia de Canchis, Combapata, San Pablo Santaca Pibaramar y Distritos de Pibaramar. (42)

➤ **Situación de la oferta pesquera artesanal en Cusco**

Uno de los mayores problemas que enfrentan los pequeños pescadores y acuicultores de la región es la falta de coordinación en la comercialización de sus productos. porque en su mayoría ofrecen sus productos de manera informal o individual, por lo que se ven obligados a venderlos a precios bajos fijados por los coleccionistas. (43)

2.3.3.1 Sistemas de Cultivo

El salmón arcoíris se cría en sistemas de monocultivo, normalmente en estanques de hormigón, lo que permite mayores densidades y una producción más eficiente. Un requisito importante para esta producción comercial es el acceso a agua de buena calidad durante todo el año. (31)

2.3.3.1.1 Las fases del ciclo de cultivo son las siguientes

- a) Reproducción. Las truchas no se reproducen naturalmente en las instalaciones acuícolas, por lo que se requiere el desove artificial.
- b) Fertilización. El método más utilizado es la fertilización en seco sin añadir agua. Los óvulos y el esperma se recolectan manualmente a partir de muestras anestesiadas y luego se mezclan. Generalmente se utiliza esperma de más de un macho para evitar la endogamia.

- c) Educación de los dedos. El período de incubación varía según la temperatura y es de 100 días a 3,9 °C y 21 días a 14,4 °C. Cuando los huevos eclosionan, las crías, llamadas "poseídas" porque tienen un suministro de alimento en la yema, caen al sustrato donde pueden permanecer hasta que comienza el comportamiento pelágico y permanecen en la columna de agua de 10 a 14 días.
- d) Grasa. Cuando los alevines alcanzan una longitud de 8-10 cm, se trasladan a zonas de engorde al aire libre, normalmente tanques o estanques con flujo de agua abierto, donde las truchas pueden obtener agua oxigenada y de alta calidad. (29)

2.3.4 Deterioro de los productos pesqueros

El pescado por ser una excelente fuente de proteína de alta valor nutritivo debido a su composición de aminoácidos es uno de los productos alimenticios más altamente perecederos. (44)

2.3.4.1 Autolisis

Cuando la trucha arco iris muere, las enzimas dividen su actividad en hidrolítica y oxidante. Después de la demanda, la estructura del pez se vuelve flexible, luego se contrae (rigor mortis), luego el músculo se flexiona nuevamente. (45)

Después del rigor mortis, el ablandamiento del tejido muscular y los cambios autolíticos en el músculo incluyen: descomposición de ATP en ADP, AMP, IMP (monofosfato de inosina) e hipoxantina; cambios autolíticos causados por enzimas proteolíticas asociadas con un amplio ablandamiento del tejido muscular en el refrigerador. (46)

2.3.4.2 Actividad de la acidez en el pescado

Post mortem, el pH inicial promedio de los peces es de 6,5 a 7 debido a la acumulación de ácido láctico; varía según la formación de compuestos básicos (amonio y aminos) producidos por la actividad de los microorganismos. (47)

La cantidad de carbohidratos en el pez es insignificante, por lo que la caída del pH es limitada, la misma cantidad interviene en la producción de ácido láctico durante el rigor mortis, y que también se consumen en la captura de peces. (48)

2.3.4.3 El pH en el pescado

Las enzimas del músculo del pescado están activas en la etapa inicial, también se producen cambios en la estructura del músculo en el frigorífico, que modifican los parámetros que determinan su conservación, como el pH, las proteínas, los lípidos y los compuestos amino. Cuando los animales mueren y se detiene el suministro de oxígeno a los músculos, la glucólisis anaeróbica del glucógeno almacenado es la única forma de producir energía cuando el corazón deja de latir, lo que lleva a una acumulación de ácido láctico.

El pH final es importante, si es bajo da resistencia al desarrollo microbiano. En ocasiones, el pH final elevado, que puede ser duradero, casi siempre se debe a un estrés prolongado, como las convulsiones, que agotan las reservas de glucógeno y limitan la glucólisis post mortem.(49). La caída post-mortem del pH del músculo del pescado afecta las propiedades físicas del músculo. A medida que baja el pH, la carga superficial neta de las proteínas musculares disminuye, lo que hace que se desnaturalicen parcialmente y debiliten su capacidad para retener agua. (50).

2.3.4.4 Oxidación lipídica

Las modificaciones de los lípidos pueden ser causadas por tres tipos de reacciones: hidrolítica, oxidativa y de reticulación. Los cambios oxidativos han recibido la mayor atención porque tienen un mayor impacto en la calidad del producto y el valor nutricional. (51)

La oxidación de lípidos reduce la calidad y conservación de los productos cárnicos y puede acelerarse por: temperatura, calor, luz y humedad relativa. La oxidación implica la participación de ácidos grasos insaturados y oxígeno, formando hidroperóxidos de ácidos grasos, que se descomponen y desintegran con el tiempo, formando aldehídos, cetonas, alcoholes, pequeños ácidos carboxílicos, que provocan olores. (37). Las grasas más insaturadas son los aceites de pescado, que tardan menos en absorber oxígeno y se oxidan más rápido. La oxidación de lípidos, ya sea enzimática o no enzimática, es uno de los mecanismos responsables de la degradación y modificación de los lípidos del músculo del pescado. (52)

2.3.5 Radicales libres

Los radicales libres, como los antioxidantes, se encuentran en el citosol, el núcleo, la cadena respiratoria mitocondrial, el sistema reticuloendotelial (RE), los lisosomas, los peroxisomas, las cadenas de transporte a nivel microsomal y los cloroplastos. Un radical libre es cualquier especie que contiene uno o más electrones desapareados y es capaz de mantener una existencia independiente (53)

2.3.6 Generación endógena de radicales libres

Los procesos fisiológicos del cuerpo producen cierta cantidad de estas sustancias oxigenadas:

- Respiración Mitocondrial
- Sistemas de defensa
- Retículo Endoplásmico

2.3.7 Generación exógena de radicales libres

- Radiaciones
- Contaminantes
- Actividad Física intensa
- Humo del tabaco
- Dietas (21)

2.3.8 Carotenoides.

Los carotenoides son compuestos especiales; Aunque suelen denominarse pigmentos, lo cierto es que son compuestos muy versátiles que en realidad no se inventaron para producir color. Es importante destacar que los carotenoides son uno de los primeros habitantes de la tierra, las algas Verdi azules (antes cianobacterias), que se consideraban el origen de los cloroplastos. Los carotenoides también se encuentran en plantas, algas, hongos, bacterias y animales. Son sintetizados por todos los organismos fotosintéticos, algunas bacterias no fotosintéticas y algunos hongos. (54)

2.3.8.1 Pigmentos carotenoides y ubicación.

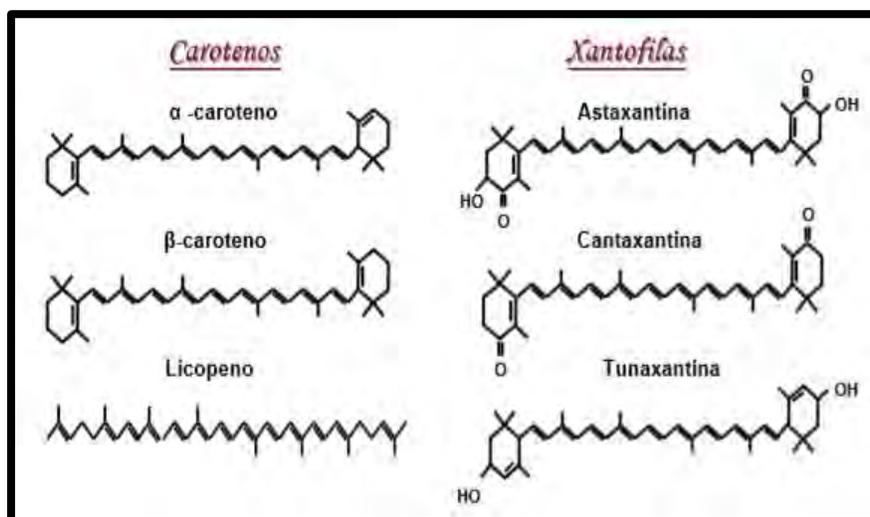
Los carotenoides son pigmentos orgánicos solubles en grasa que se encuentran

naturalmente en algas, plantas y algunos hongos y bacterias. Por sus propiedades fisicoquímicas, los carotenoides son los responsables del color verde, naranja o rojo de la mayoría de vegetales y también de animales. Se dividen en dos grandes grupos: carotenos y xantofilas. Los primeros contienen carbono e hidrógeno en sus moléculas. Por el contrario, las xantofilas se componen de carbono, hidrógeno y al menos un átomo de oxígeno adicional. (55)

2.3.8.2 Estructura química.

Normalmente, los carotenoides son tetraterpenoides, compuestos de 40 carbonos que constan de ocho unidades isoprenoides, aunque hay excepciones en las que modificaciones como la escisión, la hidrogenación, la deshidrogenación, la adición de grupos funcionales que contienen oxígeno o la adición de cadenas de hidrocarburos cíclicos dan a su vez el resto. carotenoides. La característica estructural más importante de los carotenoides es el sistema de dobles enlaces conjugados. (56) En los carotenoides dietéticos típicos, las xantofilas suelen contener oxígeno en forma de un grupo hidroxilo (luteína, zeaxantina), un epóxido (violaxantina, neoxantina, anteraxantina) o un grupo carbonilo (cantaxantina, astaxantina). (56) Se presenta la ilustración N° 4 algunas estructuras de carotenoides importantes.

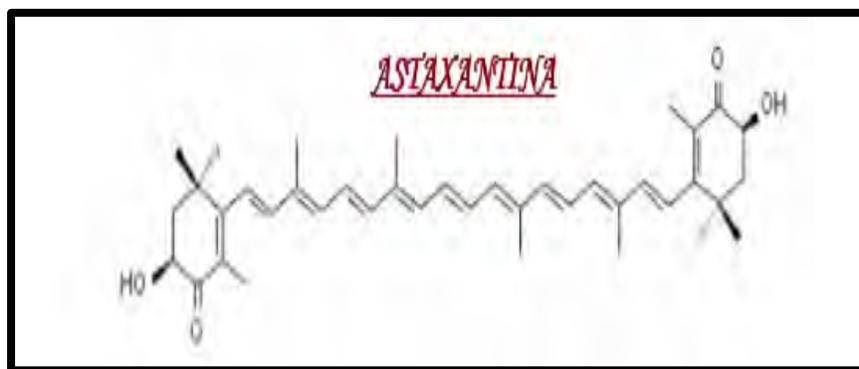
Ilustración 4 Estructura química de algunos carotenoides importantes



Fuente: Tejada Hernández.

Tanto cualitativa como cuantitativamente, los carotenos son generalmente más abundantes en las plantas que en los animales, y el β -caroteno es el más abundante. Por el contrario, las xantofilas están más extendidas en el reino animal y pueden ser cuantitativamente mucho más numerosas que los carotenos. Así, encontramos que la xantofila-astaxantina es el carotenoide más ampliamente distribuido en organismos marinos y es particularmente abundante en crustáceos y peces. La imagen número 5 muestra la estructura química de la astaxantina.

Ilustración 5 Estructura química del carotenoide astaxantina



Fuente Tejada Hernández.

La cantaxantina también se encuentra en los músculos, la piel y los ovarios del salmón y otros tejidos de peces marinos. La cantidad y tipo de carotenoide que se encuentra en los animales acuáticos es específica y resulta del alimento consumido, la capacidad de absorción, el transporte sanguíneo a los diferentes tejidos y las propiedades metabólicas de estos pigmentos. Los pigmentos de la piel del pescado se encuentran en determinadas células de las dermis llamadas cromatóforos. Estas células pueden ser oscuras porque contienen melanina, amarillas, rojas o naranjas o blancas. (57)

2.3.8.3 Procesos de extracción.

❖ Espectro UV

Los pigmentos pueden absorber la luz, especialmente en el espectro ultravioleta (UV) y visible, mientras transmiten o reflejan el resto. La estructura responsable de la absorción de luz es el grupo cromóforo, que en los carotenoides se caracteriza por tener dobles enlaces conjugados. Cada carotenoide tiene un espectro de absorción electrónico característico. Por tanto, la espectroscopia de absorción es un método importante para el análisis de carotenoides. Debido a la estructura química de la astaxantina y la presencia de enlaces conjugados, puede detectarse y cuantificarse mediante métodos espectrofotométricos. Este carotenoide absorbe entre 250 y 550 nm y da un pico máximo a 488 nm. (58)

❖ Propiedades

a) Solubilidad

La mayoría de los carotenoides son insolubles en agua y solubles en muchos otros disolventes orgánicos como acetona, metanol, hexano y éter dietílico. Por otro lado, los carotenoides ácidos pueden formar sales solubles en agua cuando se tratan con una base. La esterificación de las xantofilas cambia sus propiedades de modo que la unión a ácidos grasos aumenta su lipofilicidad. Por el contrario, cuando las xantofilas se combinan con azúcares, aumenta su hidrofiliidad. Asimismo, los carotenoides son solubles en agua y muy estables. Debido a su naturaleza hidrofóbica, los carotenoides suelen localizarse en ambientes lipófilos como las membranas.

b) Absorción de luz

Debido a la presencia de un cromóforo de doble enlace conjugado, los carotenoides (que tienen solo unas pocas longitudes de onda en las que se producen (λ_{max})) dependen del número de dobles enlaces conjugados y del disolvente utilizado para medir el espectro. Independientemente del disolvente utilizado, λ_{max} aumenta a medida que aumenta la longitud del cromóforo. (54)

c) Color

Los carotenoides suelen absorber luz azul y violeta (alrededor de 400-500 nm), por lo que tienen un color amarillento, anaranjado o rojizo. Se conoce la relación

entre la estructura química de los carotenoides alimentarios típicos y su color, medido objetivamente y expresado según los parámetros del espacio de color CIELAB. Es importante recordar que el color depende no sólo de la estructura química sino también de otros factores como la concentración, la agregación de moléculas o la interacción con otras moléculas. Análíticamente, el color de los carotenoides es de gran ayuda. Por tanto, un cambio de color durante el procesamiento de la muestra puede indicar que se han producido cambios. (54)

❖ **Funciones**

Tradicionalmente, la importancia atribuida a los carotenoides, al menos en el campo de la alimentación y la nutrición, es principalmente su papel como colorante natural y el hecho de que algunos de ellos pueden convertirse en vitamina A. (59)

2.3.8.4 Carotenoides en nutrición y salud.

Por último, cabe destacar el interés de los carotenoides en la nutrición y la salud, independientemente de su papel como precursores de la vitamina A. En este sentido, los carotenoides (o sus derivados) atraen un gran interés por su posible papel beneficioso en la reducción del riesgo de diversas enfermedades. enfermedades, tales como diversos cánceres, enfermedades oculares, enfermedades cardiovasculares, enfermedades de la piel o de los huesos.

Aunque los efectos biológicos de los carotenoides en humanos a menudo se atribuyen a su papel como antioxidantes, es cierto que demostrar su actividad antioxidante in vivo es muy difícil. En cualquier caso, hay que considerar que estos efectos también pueden deberse a su actividad prooxidante, modulación de vías de señalización intracelular, modulación de propiedades de membrana o incluso su posible papel en el sistema inmunológico. (54)

2.3.8.5 Carotenoides como antioxidantes.

➤ **Oxidantes y estrés oxidativo**

Una de las principales funciones que se les otorga a los carotenoides cabe destacar las relacionadas con su actividad antioxidante. Debemos considerar que los radicales libres o especies reactivas de oxígeno (ROS) se producen en el cuerpo

durante reacciones y procesos metabólicos rutinarios que pueden dañar componentes celulares como el ADN, proteínas y lípidos de membrana, y que factores fisiológicos y ambientales pueden causar daños en situaciones de estrés. Situaciones, incluida la exposición a la luz ultravioleta (UV), puede aumentar su producción (60). Entre las ROS destacan el radical anión superóxido ($O_2^{\bullet-}$), el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y el grupo hidroxilo (OH^{\bullet}), etapas intermedias de la reducción del oxígeno molecular a H_2O . supera la respuesta antioxidante de un organismo vivo, estamos frente al llamado estrés oxidativo, un proceso relacionado con enfermedades y dolencias graves que afectan al ser humano y a otros representantes del reino animal. (61)

➤ **Sistemas antioxidantes**

Afortunadamente, los organismos vivos tienen sistemas antioxidantes que bloquean la producción de radicales libres. Entre los mecanismos de defensa antioxidante de estas células destacan los sistemas enzimáticos, entre los que destacan el superóxido dismutasa (SOD), la catalasa y el glutatión peroxidasa (GSH-px) (62). Además de los sistemas antioxidantes enzimáticos endógenos, existe una gran cantidad de antioxidantes exógenos. Entre ellos se encuentran la vitamina C o ácido ascórbico, la vitamina E (alfa-tocoferol) y los carotenoides. (63)

Los carotenoides en general, y la astaxantina en particular, tienen las siguientes propiedades especiales: destruyen directamente los radicales libres (por eso se les llama captadores de radicales) y desactivan moléculas excitadas electrónicamente (una actividad llamada extinción). B. Este es el caso del oxígeno singlete. (64). De hecho, estos colorantes son especialmente eficaces a la hora de neutralizar los radicales peróxidos (ROO^{\bullet}), que intervienen directamente en los mecanismos de peroxidación lipídica, uno de los procesos oxidativos más relevantes a nivel tisular. La presencia de radicales libres (R) en sistemas biológicos que contienen lípidos insaturados (RH) y otras sustancias susceptibles de oxidación tiene el potencial de ser peligrosa. (ROO^{\bullet})

2.3.8.6 Los carotenoides y la acuicultura.

Actualmente se utilizan en la acuicultura una variedad de carotenoides sintéticos y naturales, y su uso está directamente relacionado con los intentos de lograr el color correcto de los productos de la acuicultura. Por ejemplo, la pigmentación rojiza característica de los músculos de los salmónidos es uno de los parámetros más importantes para la calidad del producto final e influye en su aceptación en el mercado. De hecho, los consumidores asocian la intensidad del color de los músculos del salmón con características como la frescura del producto, el buen sabor, la alta calidad y el alto precio de mercado. (65).

Actualmente, la fuente más conocida de astaxantina utilizada en acuicultura es la astaxantina, que es sintetizada por los Laboratorios Hoffman-La Roche (recientemente adquiridos por DSM) y vendida bajo el nombre de Carophyll® Pink. En este producto, la astaxantina (contenido mínimo 8%) está presente en forma libre o no esterificada (sin ácidos grasos unidos a su estructura). Los pigmentos se producen mediante síntesis química y se venden como una serie de moléculas incrustadas con antioxidantes en una matriz de carbohidratos y gelatina. Además, está protegido con un recubrimiento diseñado para mantener estable el producto después de la extrusión. (66) Aunque la astaxantina es el carotenoide más importante en la industria de la acuicultura, no es el único utilizado y existen diversas experiencias al tratar de encontrar alternativas con respecto al tipo de carotenoide y la fuente del carotenoide.(67).

2.3.9 Antioxidantes.

Los antioxidantes son moléculas que pueden capturar electrones desapareados de las órbitas externas de los radicales libres para inactivarlos, y actúan sobre el estrés oxidativo reduciendo el estrés oxidativo e inhibiendo el estrés oxidativo, y actúan sobre proteínas, lípidos, etc., previene la oxidación del ADN. La clasificación de los antioxidantes según su mecanismo de acción, realizada por de Guttridge y Mitchell, distingue:

- a) Primario, previene la formación de RL (radicales libres)
- a) Secundario, inactiva RL (radicales libres) ya formados

b) Terciario, principalmente daño oxidativo causado en la reparación del ADN.
(68)

Los antioxidantes de arbitrariedad impiden la columna de los radicales libres mediante la disección del ya la quelación de los metales (que participan de las prisiones redox por sus características oxido/reductoras). Algunos de estos antioxidantes tonada enzimas como las catalasas, glutatión peroxidasa, superóxido dismutasa, transferrina ya ceruloplasmina. Los eliminadores/secuestrantes de radicales libres (scavenger) inhiben la llegada de la ristra redox y rompen la su propagación. Entre estos podemos dar con las vitaminas A, C y E, la coenzima Q10, y los flavonoides y polifenoles. Y por pequeño los de rectificación ya “caducidad de novo” reparan os daños y la reconstrucción de la laminilla como es el evento de los enzimas de rectificación del ADN, proteasas y transferrinas (69).

Los antioxidantes más importantes son:

➤ **La Vitamina C**

Esta vitamina es el principal antioxidante del medio acuático del organismo y está considerada una vitamina estrella. Según algunos autores, es el compuesto más sorprendente de la naturaleza, capaz de intervenir de forma muy eficaz en más de 300 procesos de nuestro organismo. Es una molécula muy pequeña, se absorbe muy fácilmente y está lista para oxidarse muy rápidamente, ya que su potencial redox se lo permite, evitando así que otros compuestos se oxiden cuando estén presentes. De ahí su gran valor como agente antioxidante. Desafortunadamente, al igual que otras vitaminas solubles en agua, no se acumula en ningún órgano ni ambiente corporal y se elimina rápidamente. Esto significa que debe tomarse con mucha frecuencia, ya que no se puede almacenar. (53)

➤ **Beta-carotenos y otros Carotenoides.**

Existen en el reino vegetal para proteger a las plantas del exceso de radicales libres y procesos de oxidación excesivos. Es muy eficaz para prevenir el cáncer y las enfermedades cardiovasculares y debe tomarse a intervalos regulares. Está comprobado que es mucho mejor consumir estos nutrientes tres veces al día que consumirlos todos de una vez. Cuando se distribuye adecuadamente a lo largo del

día, los niveles en sangre pueden triplicarse. Se daña fácilmente con el calor, pero tenga cuidado de no sobrecalentarlo. Requerimiento diario: 5000 UI.

➤ **Vitamina E**

Es un excelente antioxidante entre los medios lipídicos del cuerpo. Su acción se produce principalmente a nivel de las membranas celulares, que, como se sabe, están compuestas esencialmente de compuestos grasos. Se encuentra en los aceites vegetales como antioxidante natural que previene procesos de oxidación no deseados dentro de las semillas. Se recomienda consumir 100-200 mg al día para cubrir las necesidades nutricionales y prevenir el estrés oxidativo. Sólo se necesitan 10-20 mg de nutrientes. (70)

2.3.10 Métodos para medir actividad antioxidante:

Por definición, la actividad antioxidante es la capacidad de una sustancia para inhibir la degradación oxidativa (como la peroxidación lipídica).

Un método consistente para medir la capacidad antioxidante debe estar estandarizado y cumplir con los siguientes requisitos:

- Usar radicales biológicamente relevantes
- Ser un método simple
- Usar puntos finales definidos y mecanismos conocidos
- Usar equipos fácilmente disponibles
- Buenos resultados reproducibles,
- Adaptable a la determinación de antioxidantes lipófilos/hidrófilos y varios radicales
- Adaptable a Formatos de detección de alto volumen para el control de calidad de

Métodos indirectos

Se ha estudiado la capacidad de los antioxidantes para estabilizar algunos radicales libres. De hecho, el uso de algunos radicales libres coloreados metaestables con fuerte absorción en el espectro visible se ha vuelto popular como herramienta para determinar la actividad estabilizadora de los radicales libres (por ejemplo, DPPH), ABTS). Sin embargo, varios estudios han cuestionado este enfoque, ya que estos métodos sólo pueden medir la capacidad de donación de hidrógeno y, a menudo, no se correlacionan con la capacidad antioxidante. Los métodos directos se basan en el estudio del efecto de los antioxidantes sobre la degradación oxidativa de los

sistemas, los sistemas más utilizados incluyen proteínas, ácidos nucleicos, plasma, grasas, lipoproteínas y membranas biológicas.

2.4 Marco conceptual o definición de términos básico:

- a) Antioxidantes: se definen como sustancias que inhiben la tasa de oxidación de los radicales libres, debilitan el sistema inmunológico, causan daño celular y promueven enfermedades degenerativas y el envejecimiento.
- b) Astaxantina: La astaxantina, 3,3'-dihidroxi- β , β -caroteno-4,4'-diona, es un caroteno de la familia de las xantofilas. La astaxantina tiene tres estereoisómeros: (3R, 3'R), (3R, 3'S) y (3S, 3'S). Los humanos no pueden sintetizar astaxantina, por lo que deben obtenerla de los alimentos. Una vez ingerida, no se puede convertir en vitamina A y, por lo tanto, no causa hipervitaminosis A. (20)
- c) Capacidad antioxidante: Actividad biológica que inhibe la oxidación de biomoléculas y favorece los efectos preventivos de determinadas enfermedades. (21)
- d) Carotenoides: Antioxidantes naturales que estimulan la respuesta inmune, reducen los efectos negativos del estrés y promueven el crecimiento de los organismos acuáticos durante la acuicultura. Además, se han documentado los efectos beneficiosos de los carotenoides sobre la salud humana, particularmente sobre algunas enfermedades degenerativas. (55)
- e) Cromatografía líquida (HPLC) Técnica para separar los componentes de una mezcla. Consta de una fase estacionaria no polar (columna) y una fase móvil que actúa como portadora de la muestra. (71)
- f) DPPH: 2,2-difenil-picril-hidrazilo, polvo cristalino oscuro, formado por moléculas estables de radicales libres. Este compuesto se utiliza para análisis colorimétricos porque se decolora y cambia de color cuando reacciona con radicales oxidantes. (72)
- g) Estrés oxidativo: se puede definir como un desequilibrio entre prooxidantes y antioxidantes, inclinándose a favor de los primeros. Como resultado, este cambio provoca un cambio en el estado de la biomolécula y, de hecho, un

cambio funcional en el lugar donde existe en un momento determinado. Por tanto, el estrés oxidativo es esencialmente un efecto deletéreo que se produce en la sangre y los tejidos de un organismo cuando aumenta la degradación de biomoléculas por los radicales libres de oxígeno. (73)

- h) Espectrofotometría de Absorción Atómica: Es un método para detectar y medir elementos químicos, especialmente elementos metálicos. Para estudiar un compuesto, necesitamos descomponerlo en sus átomos constituyentes. (74)
- i) Radicales libres: Los radicales libres (RL), o más modernamente llamados especies reactivas de oxígeno (ROS), contienen uno o más electrones desapareados en sus orbitales más externos y son altamente reactivos. Un átomo o molécula que da lugar a En esta estructura. De hecho, esto permite que estos RL intervengan de manera muy eficiente y rápida en muchos procesos bioquímicos a nivel celular. Su reactividad superior provoca en última instancia toxicidad. (73)

CAPITULO III

METODOLOGIA

2.5 MATERIALES

2.5.1 Materiales de Campo

- Cuaderno de apuntes
- Papel aluminio
- Acumulador de frio flexible
- Contenedor isotérmico
- Cámara fotográfica
- Cinta métrica
- Etiquetas
- Equipo de pesca (caña de pescar, anzuelo y carnaza)
- Atarraya

2.5.2 Material Biológico

- Trucha Arcoíris de Rio Salcca.
- Trucha Arcoíris de Piscigranja de Langui.

2.5.3 Materiales de Laboratorio

- Vaso precipitado de 100ml
- Vaso precipitado de 50 ml
- Pipetas de 1ml, 2ml, 5ml y 10ml
- Matraz Erlenmeyer de 200ml y 250 ml
- Tubos de ensayo
- Matraz de 25ml
- Fiola de 100ml
- Pera de decantación
- Jeringa de cristal
- Filtros
- Baguetas

2.5.4 Equipos de Laboratorio

- Balanza analítica
- Estufa
- Licuadora
- PH metro con electrodo
- Agitador magnético
- Espectofotometro UV
- Centrifuga
- Equipo HPLC-DAD

2.5.5 Reactivos

- Estándar Astaxantina (98%)
- Ácido acético
- Cloroformo
- Almidón 1%
- Tiosulfato de Sodio al 0.1N
- Fenolftaleína
- hidróxido de sodio (NaOH al 0.1N)
- Etanol 70°
- Estándar Trolox
- Acetona
- Metanol
- Agua destilada
- Estándar DPPH
- Éter de petróleo
- Hexano
- Acetonitrilo

2.6 DISEÑO METODOLOGICO

2.6.1 Diseño de investigación

El presente estudio es de tipo Cuasiexperimental, consiste en un tipo de investigación entre la investigación experimental y la investigación observacional

2.6.2 Tipo de la investigación

El estudio es Transversal porque se ejecutó en un momento único, realizando un corte en el tiempo.

2.6.3 Nivel de investigación

Descriptivo ya que se busca investigar los resultados de las variables propuestas a través de su medición y posterior descripción.

2.7 DISEÑO ESTADISTICO.

Diseño de Bloques completamente al azar (DBCA)

Comparación de dos tratamientos con dos bloques y 3 con variables de observación.

Tabla 6 Comparación de dos tratamientos con dos bloques y con tres variables de observación.

Estadios	Origen Nativo			Piscigranja		
	Capacidad Antioxidante	Cuantificación de carotenoides	Concentración de Astaxantina	Capacidad Antioxidante	Cuantificación de carotenoides	Concentración de Astaxantina
JUVENIL	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₅₁	Y ₁₂	Y ₁₃
	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₁₁	Y ₃₂	Y ₂₂	Y ₁₁
	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₂₁	Y ₄₂	Y ₁₃	Y ₂₁
	Y ₂₂	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₅₂	Y ₁₁	Y ₁₂
	Y ₁₃	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₃₃	Y ₂₁	Y ₂₂
COMERCIAL	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₅₁	Y ₁₂	Y ₁₃
	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₁₁	Y ₃₂	Y ₂₂	Y ₁₁
	Y ₁₂	Y ₁₃	Y ₂₁	Y ₄₂	Y ₁₃	Y ₂₁
	Y ₂₂	Y ₁₁	Y ₁₂	Y ₅₂	Y ₁₁	Y ₁₂
	Y ₁₃	Y ₂₁	Y ₂₂	Y ₃₃	Y ₂₁	Y ₂₂

Fuente: Diseño de Bloques completamente al azar (DBCA)

Se utilizará un DBCA con 2 tratamientos 2 bloques y 5 repeticiones.

Modelo del diseño:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \gamma_i + \varepsilon_{ij},$$

para $i = 1, 2, \dots, k$
 $j = 1, 2, \dots, b$

Donde:

Y_{ij} : es la medición que corresponde al tratamiento i y al bloque j

μ : es el parámetro de escala común a todos los tratamientos, llamado media global

τ_i : es un parámetro que mide el efecto del tratamiento i

γ_j : es un parámetro que mide el efecto del bloque j

ε_{ij} : es el error atribuible a la medición Y_{ij}

2.8 ANALISIS ESTADISTICO:

Análisis de varianza

Tabla 7 Tabla de ANOVA para el DBCA.

FV	SC	GL	CM	Fo	Valor - p
Tratamiento	SC_{TRAT}	K - 1	CM_{TRAT}	$F_0 = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	P (F>Fo)
Bloque	SC_B	b - 1	CM_B		
Error	SC_E	(k-1)(b-1)	CM_E	$F_0 = \frac{CM_B}{CM_E}$	P (F>Fo)
Total	SC_T	N-1			

Fuente: Gutiérrez H.& De la Vara R.

Comparaciones o prueba de rangos múltiples

En caso de aceptar la hipótesis alterna se procede a realizar comparaciones entre tratamientos con el método de Tukey.

Método de Tukey

Es un método conservador para comparar pares de medias de tratamientos, el cual se fundamenta en comparar las diferencias entre medias muestrales con el valor crítico dado por:

$$T_\alpha = q_\alpha(k, N - k) \sqrt{CM_E In_i}$$

Donde:

CM_E : es el cuadrado medio del error

In : es el número de observaciones por tratamiento

k : es el número de tratamientos

$N - k$: es igual a los grados de libertad para el error

α : es el nivel de significancia prefijado

$q_\alpha(k, N - k)$: son puntos porcentuales de la distribución del rango estudentizado

Se declaran significativamente diferentes los pares de medias cuya diferencia muestral en valor absoluto sea mayor que T_α . A diferencia de los métodos LSD y Duncan, el método de Tukey trabaja con un error α muy cercano al declarado por el experimentador. (Gutiérrez H.& De la Vara R., 2008).

Los resultados serán procesados con la ayuda del paquete estadístico SPSS V.22

Cálculo para el tamaño de muestra.

La fórmula es:

$$n_c = n_e = \frac{2 * S^2}{D^2} * (Z_{\alpha/2} * Z_\beta)^2$$

Donde:

n_c es el tamaño de muestra para el grupo de referencia

n_e es el del grupo con una intervención alternativa

$D=(M_c-M_e)$, M_c es la media del primer grupo y M_e es la media del segundo

S^2 es la varianza de ambas distribuciones, que se suponen iguales

$Z_{\alpha/2}$ es el valor del eje de las abscisas de la función normal estándar en donde se acumula la probabilidad de $(1-\alpha)$

Z_β es el valor del eje de las abscisas de la función normal estándar en donde se acumula la probabilidad de $(1-\beta)$.

Esta fórmula para estimar $n_c = n_e$ se emplea cuando se trata de un contraste de hipótesis bilateral.

Para una diferencia de medias de 0.098, y para una desviación estándar de 0.015, tenemos tamaños de muestra según Tabla 8.

Tabla 8 Reducción de tamaño de muestra en experimento con animales

	Tamaño de muestra necesitado en cada grupo			
Alpha level (valor "p")	Potencia			
	95 %	90 %	80 %	50 %
0.10	7	6	4	2
0.05	9	7	5	3
0.02	11	9	7	4
0.01	12	10	8	4

Fuente: William Russell y Rex Burch

Por lo consiguiente, se concluye que el tamaño muestral es de 5 muestras por tratamiento para un p-valor de 0.05 y una beta de 0.08.

2.9 AMBITO DE ESTUDIO

Localización Geográfica:

- ❖ **Rio Salcca:** El río Salcca es una cuenca perteneciente al río Urubamba con una unidad Hidrográfica de 4994, donde políticamente pertenece a los distritos de Marangani, Sicuani, San Pablo, Combapata, Pitumarca y Checacupe de la provincia de Canchis, departamento de Cusco; donde este río tiene un área de 2331.70 Km² y un perímetro de 321.80 Km. (75). En la Inter cuenca Salcca Yanatille, se tiene 133 lagunas. (76).
- ❖ **Piscigranja Langui:** En la región Cusco se cuenta con diversos recursos hidrobiológicos como la laguna de Langui-Layo, ubicada a una distancia de 168 kilómetros (km), con un área de espejo de agua de 58 137 km, esta laguna es una de las más grandes de la región y tiene condiciones hidrológicas beneficiosas para la acuicultura. En esta laguna localizan un gran número de piscigranjas informales y formales dedicadas a la venta de Truchas Arcoíris, dentro de estas se encuentra la piscigranja "San Andrés E.I.R.L." donde se realiza la crianza de Truchas Arcoíris en jaulas flotantes dentro de la laguna Langui iniciando la crianza desde la etapa alevín(juvenil) hasta comercial(cosecha), también comercializan a nivel local, nacional e internacional. Las aguas de la laguna Langui desembocan en río Vilcanota por lo que este podría darnos falsos resultados al encontrar truchas que

escaparon de las jaulas flotantes de las piscigranjas de esta laguna por lo que se realiza la selección de la muestra del río Salcca porque es un río naciente de Nevados y de lagunillas donde se evidencia que las truchas arcoíris se alimentan de algas y otras especies silvestres de dicho Río y en este río la población no interviene en la alimentación de la muestra porque son truchas arcoíris salvajes.

2.10 POBLACIÓN Y MUESTRA:

2.10.1 Población

Truchas arcoíris de río Salcca, así como truchas criadas en piscigranjas Langui todas en sus dos estadios finales (juvenil y comercial).

Tabla 9 Población y Muestra

Tipo de muestra	N° de lugares	N° de muestras			
		juvenil	Total	Comercial	Total
Truchas de piscigranja Langui	1	5	5	5	10
Truchas de río Salcca	1	5	5	5	10
Total		20			

Fuente: Elaboración propia

2.10.2 Muestra

Se procederá a adquirir las Truchas arcoíris de dos lugares diferentes con mayor adquisición y consumo de dicha especie tanto de las piscigranjas Langui como los de río Salcca.

2.11 VARIABLES

a) Variables implicadas

- Variables dependientes:
 - Capacidad antioxidante.
 - Cuantificación de carotenoides
- Variables independientes:
 - Estadio de Trucha arcoíris

b) Variables no implicadas

- Peso, Estado, longitud y procedencia.

c) Variables intervinientes

- Propiedades fisicoquímicas: pH, Acidez, humedad índice de peróxido

2.11.1 Definición Operacional de las Variables

2.11.1.1 Variables dependientes.

a) Capacidad antioxidante:

Definición conceptual

Se define como la actividad biológica encargado de inhibir la oxidación de biomoléculas, favoreciendo un efecto preventivo sobre determinadas enfermedades. (21)

Definición operacional: Se puede medir por el método DPPH, se reduce por acción del antioxidante y este se mide por espectrofotometría.

✚ Naturaleza:	Cuantitativa
✚ Forma de medición:	Directo
✚ Escala de medición:	Razón
✚ Instrumento:	Espectrofotómetro UV –VIS
✚ Expresión final de la variable:	µmol trolox/100g de muestra

b) Cuantificación de carotenoides

Definición conceptual El contenido total de colorantes polienicos rojos y amarillos cuya molécula posee un grupo cromóforo de dobles enlaces conjugados en una molécula alifática ramificada conformado por ocho restos de isopreno. Estos antioxidantes naturales que estimulan la respuesta inmunológica, disminuyen los efectos adversos del estrés y favorecen el crecimiento de los organismos acuáticos durante su cultivo. (77)

Definición operacional

✚ Naturaleza:	Cuantitativa
✚ Forma de medición:	Directo
✚ Escala de medición:	Razón

- + Instrumento: Espectrofotómetro UV-VIS
- + Expresión final de la variable: mg/Kg de muestra

c) Cuantificación de astaxantina

Definición conceptual Se expresa numéricamente la cantidad del pigmento carotenoide que se encuentra en el salmón, la trucha, macroalgas o camarones, y que presenta beneficios para la salud. (78)

Definición operacional

- + Naturaleza: Cuantitativa
- + Forma de medición: Directo
- + Escala de medición: Razón
- + Instrumento: HPLC-DAD
- + Expresión final de la variable: mg/Kg de muestra

2.11.1.2 Variables independientes:

a) Trucha Arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*)

Definición conceptual La trucha arcoíris es un pez muy atractivo, con colores que cambian según su hábitat, edad y reproducción, presenta forma de torpedo y tiene un color azul verdoso o amarillo verdoso con una línea rosa en cada lado, vientre blanco y puntos negros en la parte dorsal y en las aletas. (79)

Definición operacional

- + Naturaleza: Cualitativa
- + Forma de medición: Directo
- + Escala de medición: Nominal
- + Instrumento: ficha de recolección de datos.
- + Expresión final de la variable: Aceptable/ No aceptable

- + Indicadores:

Truchas de estado juvenil

Definición conceptual Son truchas de 10 a 18 cm. En esta etapa se va

complementando la formación de los órganos sexuales. La dieta de alimentación para estas truchas es de crecimiento. (80)

Definición operacional

✚ Naturaleza:	Cuantitativa
✚ Forma de medición:	Directo
✚ Escala de medición:	Razón
✚ Instrumento:	Balanza y metro
✚ Expresión final de la variable:	Kg/m

Truchas de estado comercial

Definición conceptual

Son truchas mayores de 18 cm., donde alcanzan el peso comercial mínimo de 250gr y en esta etapa finaliza la formación de sus órganos sexuales y su alimento es de tipo acabado. (80)

Definición operacional

✚ Naturaleza:	Cuantitativa
✚ Forma de medición:	Directo
✚ Escala de medición:	Razón
✚ Instrumento:	Balanza y metro
✚ Expresión final de la variable:	Kg/m

2.11.1.3 VARIABLES INTERVINENTES

➤ Propiedades Físico-Químicas:

✚ pH

Definición conceptual

El pH es un parámetro que se emplea para medir el grado de acidez de una sustancia y se logra determinar la concentración de hidrogeniones (ion positivo de Hidrógeno) en una disolución. (81)

Definición operacional

➤ Naturaleza:	Cuantitativa
➤ Forma de medición:	Directo

- Escala de medición: Razón
- Instrumento: pH metro
- Expresión final de la variable: ácido/básico

✚ Acidez

Definición conceptual

Es la cantidad de ácido presente en una sustancia, producido por exceso de iones de hidrógeno en una solución acuosa, en relación a los existentes en el agua pura. (81)

Definición operacional

- Naturaleza: Cuantitativa
- Forma de medición: Directo
- Escala de medición: Razón
- Instrumento: Equipo de Titulación
- Expresión final de la variable: % de ácido láctico

✚ Humedad

Definición conceptual

Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que se encuentra en la superficie o interior de un cuerpo o en el aire. (82)

Definición operacional

- Naturaleza: Cuantitativa
- Forma de medición: Directo
- Escala de medición: Razón
- Instrumento: estufa
- Expresión final de la variable: % de humedad

✚ Índice de peróxido

Definición conceptual

Es la cantidad de peróxidos (meq de oxígeno /kg de grasa) en la muestra que produce la oxidación del yoduro potásico en las condiciones de trabajo

expuesto. (83)

Definición operacional

- | | |
|-----------------------------------|----------------------|
| ➤ Naturaleza: | Cuantitativa |
| ➤ Forma de medición: | Directo |
| ➤ Escala de medición: | Razón |
| ➤ Instrumento: | Equipo de Titulación |
| ➤ Expresión final de la variable: | meq/Kg |

2.12 Criterios de selección

2.12.1 Criterios de inclusión:

Trucha arcoíris de origen nativo del río Salcca y las de piscigranja de Langui las cuales se determinarán por sus respectivos pesos y longitud.

- Juveniles: con un peso de 20gr a 100gr y longitud 10 cm a 15 cm.
- Comercial: con un peso de 100gr a 200gr y longitud 15 cm a 22 cm.

2.12.2 Criterios de exclusión:

- Trucha arcoíris que no estén en sus dos estadios finales (juveniles y comerciales).
- Truchas con enfermedades en aletas, en piel.
- Truchas que no se encuentren dentro del ámbito de estudio Río Salcca y piscigranja Langui.

2.13 Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

2.13.1 Técnica:

Observación laboratorial: para la evaluación de la capacidad antioxidante por el método DPPH, cuantificar las sustancias antioxidantes y cuantificación de Astaxantina en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*).

2.13.2 Instrumentos

- Ficha de recolección de datos: donde se recolectará los resultados de la cuantificación de sustancias antioxidantes la capacidad antioxidante.
- Espectrofotómetro VIS: para el análisis de cuantificación de sustancias antioxidantes y evaluar la capacidad antioxidante de la Trucha Arcoíris

(Oncorhynchus mykiss).

2.13.3 Técnicas para procesamiento y análisis de la información:

- ANOVA: se utilizó para determinar los cálculos en pruebas de rango múltiples y el resumen estadístico.
- Microsoft office Excel

Tabla 10 Operacionalización de variables

Operacionalización de variables							
	VARIABLES IMPLICADAS	INDICADORES	DEFINICION CONCEPTUAL	NATURALEZA /ESCALA DE MEDICION	PROCESO DE MEDICION	INSTRUMENTO	EXPRESION FINAL DE LA VARIABLE
DEPENDIENTE	capacidad antioxidante	Cambio de coloración de morado o violeta a amarillo	Se define como la actividad biológica encargado de inhibir la oxidación de biomoléculas, favoreciendo un efecto preventivo sobre determinadas enfermedades	Cuantitativa/ directa/ Razón	Método norul L. y Alexandre	Espectrofotómetro (UV-VIS)	µmol trolox/100gr de muestra
	Cuantificación de carotenoides	Concentración de carotenoides	El contenido total de colorantes polienicos rojos y amarillos cuya molécula tiene un grupo cromóforo de dobles enlaces conjugados en una molécula alifática ramificada conformado por ocho restos de isopreno.	Cuantitativa/ directa/ Razón	Método estandarizado de Lee Lee	Espectrofotómetro (UV-VIS)	mg/Kg de muestra
	Cuantificación de astaxantina	Concentración de astaxantina	Se expresa numéricamente la cantidad del pigmento carotenoide que se encuentra en el salmón, la trucha, macroalgas o camarones, y que presenta beneficios para la salud.	Cuantitativa/ directa /Razón		HPLC-DAD	mg /Kg de muestra

FUENTE: Elaboración propia

Operacionalización de variables							
	VARIABLES IMPLICADAS	INDICADORES	DEFINICION CONCEPTUAL	NATURALEZA /ESCALA DE MEDICION	PRPOCESO DE MEDICION	INSTRUM NETO	EXPRESION FINAL DE LA VARIABLE
INDEP	Estadio de trucha arcoíris	Truchas Juvenil	Son truchas de 10 a 18 cm. En esta etapa se va complementando la formación de los órganos sexuales. La dieta de alimentación para estas truchas es de crecimiento.	Cuantitativa/ directa/Nominal	Se realizaron muestras al azar en diferentes piscigranjas (laguna) y ríos del Cusco. Los	balanza y metro	Aceptable/ no aceptable

	Truchas comerciales	Son truchas mayores de 18 cm., donde alcanzan el peso comercial mínimo de 250gr y en esta etapa finaliza la formación de sus órganos sexuales y su alimento es de tipo acabado	Cuantitativa/directa/Nominal	especímenes serán separados por estadios, medidos (longitud total) y pesados	balanza y metro	Aceptable/no aceptable
--	---------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------	------------------------------------------------------------------------------	-----------------	------------------------

FUENTE: Elaboración propia

Operacionalización de variables							
VARIABLES NO IMPLICADAS	INDICADORES	DEFINICION CONCEPTUAL	NATURALEZA /ESCALA DE MEDICION	PROCESO DE MEDICION	INSTRUMENTO	EXPRESION FINAL DE LA VARIABLE	
INTERVINIENTES	Propiedades fisicoquímicas	pH	El pH es un parámetro que se emplea para medir el grado de acidez de una sustancia y se logra determinar la concentración de hidrogeniones (ion positivo de Hidrógeno) en una disolución	Cuantitativa/directa/ Razón	Técnica de Jouki Mortazavi Yazdi Koocheki y Khazaei	pH- metro	Acido/base
		Acidez	Es la cantidad de ácido presente en una sustancia, producido por exceso de iones de hidrógeno en una solución acuosa, en relación a los existentes en el agua pura.	Cuantitativa/directa/ Razón	Técnica de Suzanne	Equipo de titulación	% ácido láctico
		Humedad	Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido que se encuentra en la superficie o interior de un cuerpo o en el aire	Cuantitativa/directa /Razón	Técnica de	Estufa	% de humedad
		Índice de Peróxido	Es la cantidad de peróxidos (meq de oxígeno /kg de grasa) en la muestra que produce la oxidación del yoduro potásico en las condiciones de trabajo expuesto.	Cuantitativa/ directa /Razón	Técnica de guerrero	Equipo de titulación	meq/ Kg

FUENTE: Elaboración propia

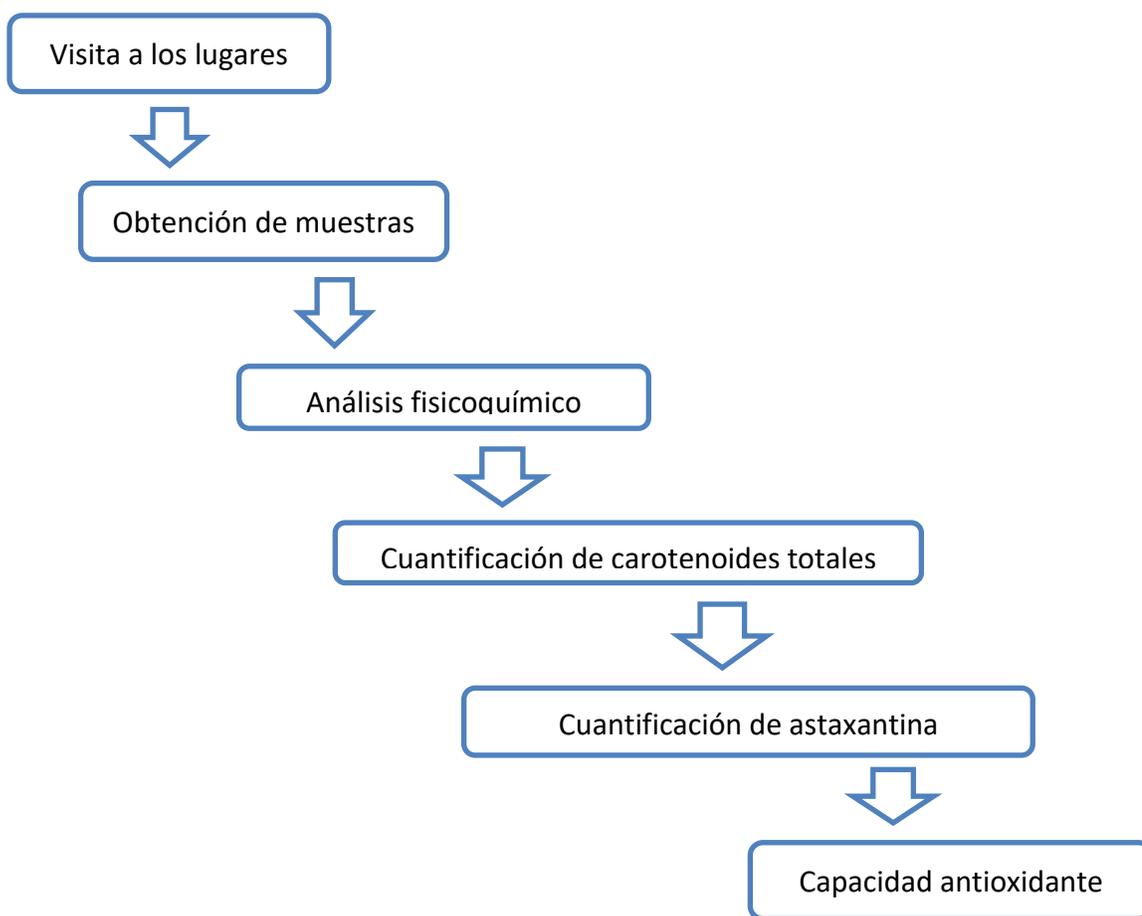
2.14 Metodología.

2.14.1 Procedimiento general.

Se inicia este procedimiento con la visita a los lugares de estudio para realizar los siguientes procedimientos:

Primero se realizó la obtención de la muestra para luego continuar en análisis de las propiedades fisicoquímicas (humedad, pH, valor de peróxido y acidez) seguidamente se dio la cuantificación de carotenoides totales seguidamente se realizó la cuantificación de astaxantina y para finalizar se evaluó la capacidad antioxidante de la muestra.

Ilustración 6 Procedimiento General



Fuente: Elaboración propia

2.14.2 Obtención de la muestra:

Para la obtención de las muestras de truchas se siguió la metodología adaptada de Shamloofar *et al.* (2015) con los siguientes procedimientos:

- Recepción

Para esta primera etapa es crucial realizar los controles de heridas y cortes para evitar el ingreso de bacterias, que pueden alterar los resultados de los ensayos a realizar.

- Lavado

Se preparó una mezcla en dos litros de agua de 2ppm de hipoclorito de sodio al 5%, seguidamente se lavó los materiales y equipos a utilizar, así como la trucha, esto con el fin de eliminar mucus y cuerpos extraños adheridos tanto a la truchas, materiales y equipos.

- Enfriamiento

En este paso las truchas fueron sumergidas durante una hora en una mezcla de materia prima y hielo en kg y agua en litros en la proporción 2:2:2 adicionando 2ppm de hipocloritode sodio.

- Eviscerado

En esta etapa se extrajo las vísceras de la trucha realizando un corte longitudinal en la zona ventral, evitando laceraciones internas con el fin de evitar la contaminación microbiana.

- Desangrado y lavado

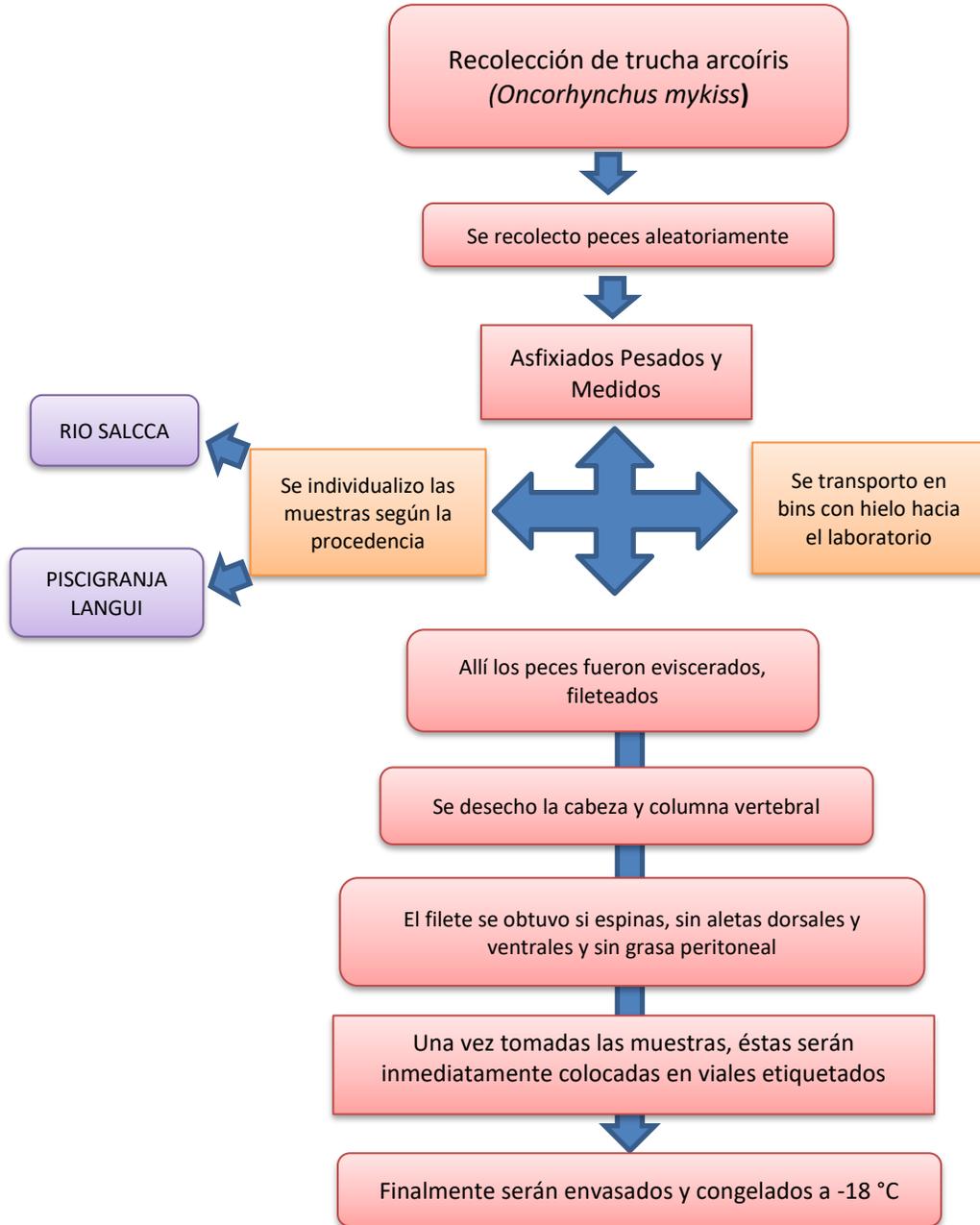
Dentro de un recipiente con contenido de agua potable a 1°C se sumerge las truchas, extrayendo los riñones y retirando toda la sangre de las venas ubicadas a lo largo de la columna vertebral, para dejar limpia y continuar con el siguiente paso.

- Fileteado

Para realizar este paso el personal responsable se desinfecto con hipoclorito de sodio, utilizando un cuchillo se procedió al fileteado sobre la tabla de polietileno en la meza de acero inoxidable y con la ayuda de una pinza se

retiró los restos óseos y la piel. Finalmente, se realizaron las medidas biométricas a cada uno de los filetes teniendo como promedio 5 cm de ancho, 16cm de largo y 60 g de peso.

Ilustración 7 Obtención de la muestra

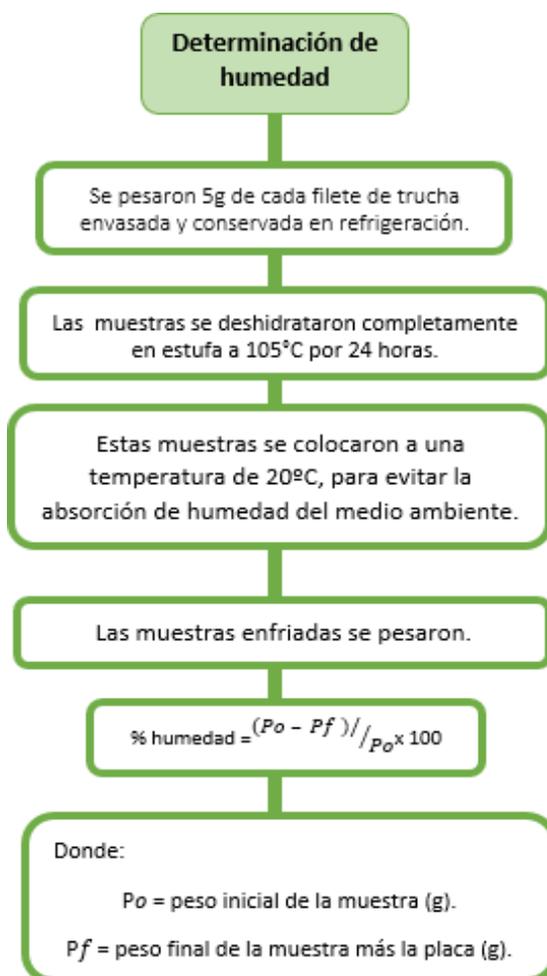


Fuente: Elaboración propia

2.14.3 Determinación de humedad

Se realizó el pesado de las muestras usando una balanza analítica de alta precisión. Seguidamente durante un día estas muestras se deshidratan a 105°C en una estufa. Después, las muestras se colocaron en un desecador conteniendo 5 g de cada muestra, hasta que las muestras se colocaron a una temperatura de 20°C, para evitar la absorción de humedad del medio ambiente. Finalmente se pesan las muestras enfriadas y se realiza el cálculo con la siguiente relación:

Ilustración 8 Determinación de la Humedad

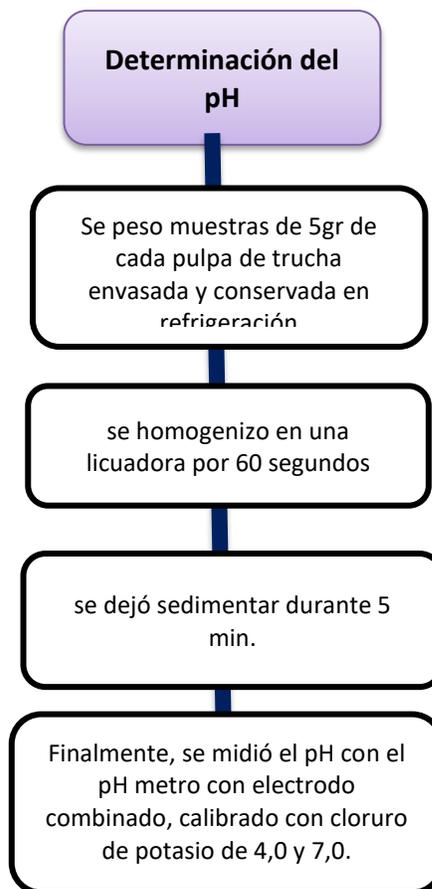


Fuente. Elaboración propia

2.14.4 Determinación del pH

Para medir el valor de PH de las truchas de 2 tratamientos con 2 bloques y cinco repeticiones se utilizó la técnica utilizada por Jouki, Mortazavi, Yazdi, Koocheki, y Khazaei. Para ello se pesó muestras de 5gr de pulpa de trucha conservada en refrigeración donde se adicióno 50ml de agua destilada. Esta mezcla se homogenizo utilizando una licuadora por un minuto para continuar con la sedimentación por cinco minutos si inicia la lectura de pH utilizando el Ph-metro con electrodo combinado, debidamente calibrado con cloruro de potasio de 4,0 y 7,0.

Ilustración 9 Determinación de pH



Fuente. Elaboración propia

2.14.5 Determinación del valor de peróxido

Se utilizaron la técnica de Guerrero *et al.* (2011).

- 1) Se extrajeron 0.5g de grasa de filete de trucha por muestra.
- 2) Luego se adiciono 10 ml de cloroformo, 15ml de ácido acético Y 1ml de KI (Ioduro de Potasio).
- 3) Por un periodo de cinco minutos se dejarán reposando las muestras, para adicionar 100m de agua destilada agitando progresivamente hasta completar.
- 4) Seguidamente se adiciono 1ml de solución de almidón al 1%, como indicador, para cada unade las muestras.
- 5) Para finalizar las muestras se titularon con Tiosulfito de Sodio al 0.1N, hasta que se observe un color blanco

Se utilizó la siguiente relación para determinar el valor de peróxido.

$$VP \left(\frac{meq}{Kg} \right) = (VXV)PX100$$

Donde:

VP: índice de peróxido (meq/Kg).

V: Volumen gastado en la titulación (mL).

N: Normalidad del tiosulfito de sodio (meq/L).

P: Peso de la muestra en (Kg).

2.14.6 Determinación de acidez

Se utilizó la técnica de Suzanne, (2003).

- 1) Utilizando un mortero se molió 4g de muestra.
- 2) Se diluyeron en 40ml de agua destilada, usando un vaso de 250ml.
- 3) Se realizo una centrifugación por 10 minutos a 5000 rpm.
- 4) Se extrajo 25ml de líquido sobrenadante de cada muestra y se colocó cada muestra en un vaso de precipitado de 100ml.

- 5) A cada vaso de precipitado se adiciono 2 ó 3 gotas del indicador fenolftaleína.
- 6) Fueron tituladas con hidróxido de sodio (NaOH al 0.1N) pausadamente hasta observar un color ~~rojo~~

$$\% \text{ de Acido Lactico } (m/m) = \frac{N \times V \times \text{peso Eq}}{W} \times 1000$$

Donde:

N: Normalidad del agente valorante NaOH, (en mEq/mL).

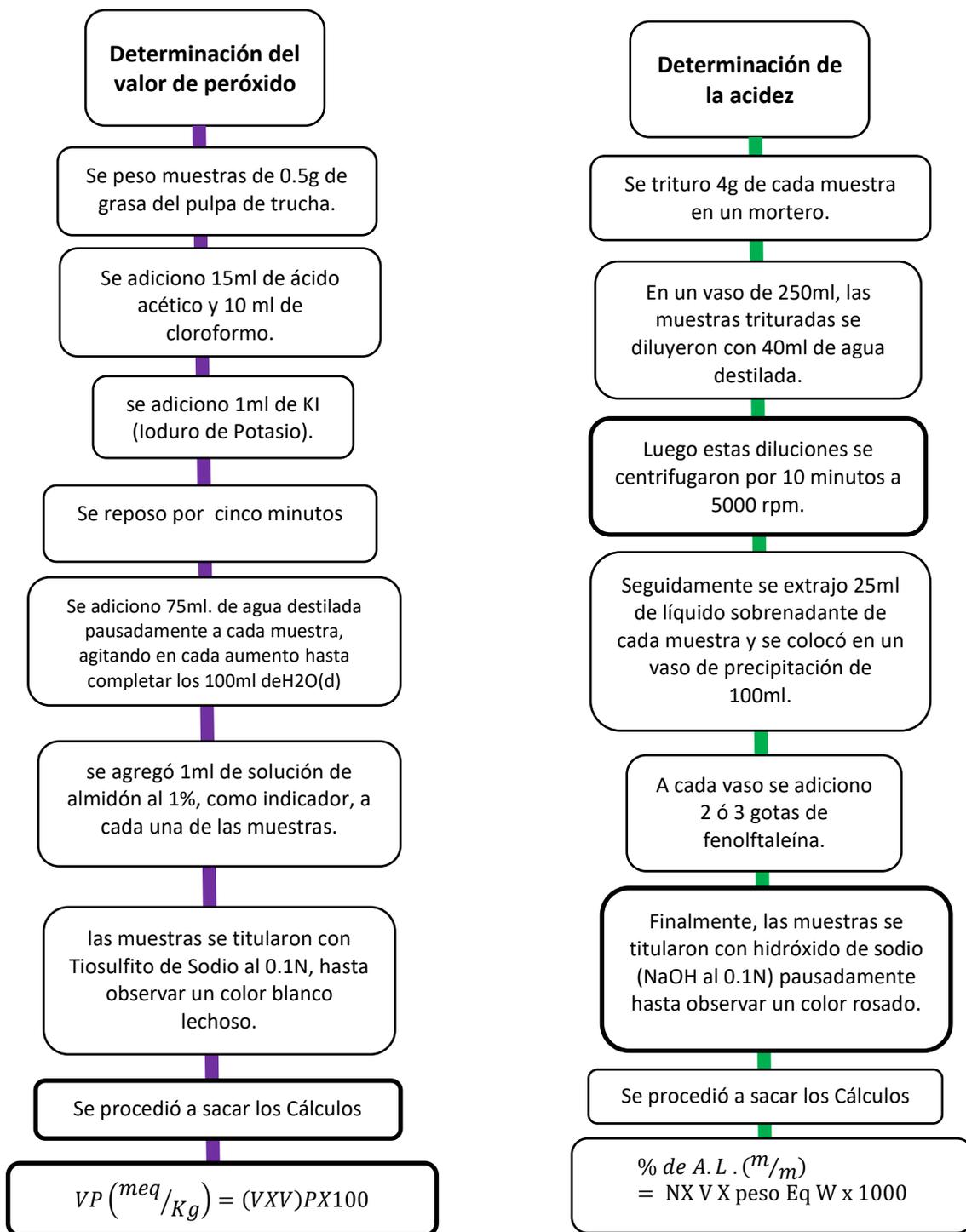
V: Volumen consumido del agente valorante en mL.

Peso Eq: peso equivalente del ácido láctico 90.08 mg/mEq.

W: Masa de la muestra en g.

1000: factor de conversión de los mg a gramos (mg/g).

Ilustración 10 Determinación de valor de peróxido y acidez



Fuente: Elaboración propia

2.14.7 Cuantificación de carotenoides

Para cuantificar carotenoides se siguió el método estándar propuesto por Lee Lee

- Se peso muestras de 10gr de pulpa de trucha arcoíris, se colocó en mezcla previa de 10 ml de metanol y 10 ml de acetona en una proporción de 1:1(v/v), se agito continuamente por 30 minutos hasta aclarar el filete.
- Para permitir la separación de las dos capas, se adiciono agua destilada y la capa superior se colocó en un balón y se dejó evaporar a temperatura ambiente.
- El residuo se colecto en 5ml de éter de petróleo y se dio lectura de la muestra a 450 nm en espectrofotómetro.

$$\text{mg/kg} = \frac{A \times \text{Volumen final(ml)} \times 10^4}{(A_{1\text{cm}} - 1) \times \text{peso de la muestra(g)}}$$

Donde:

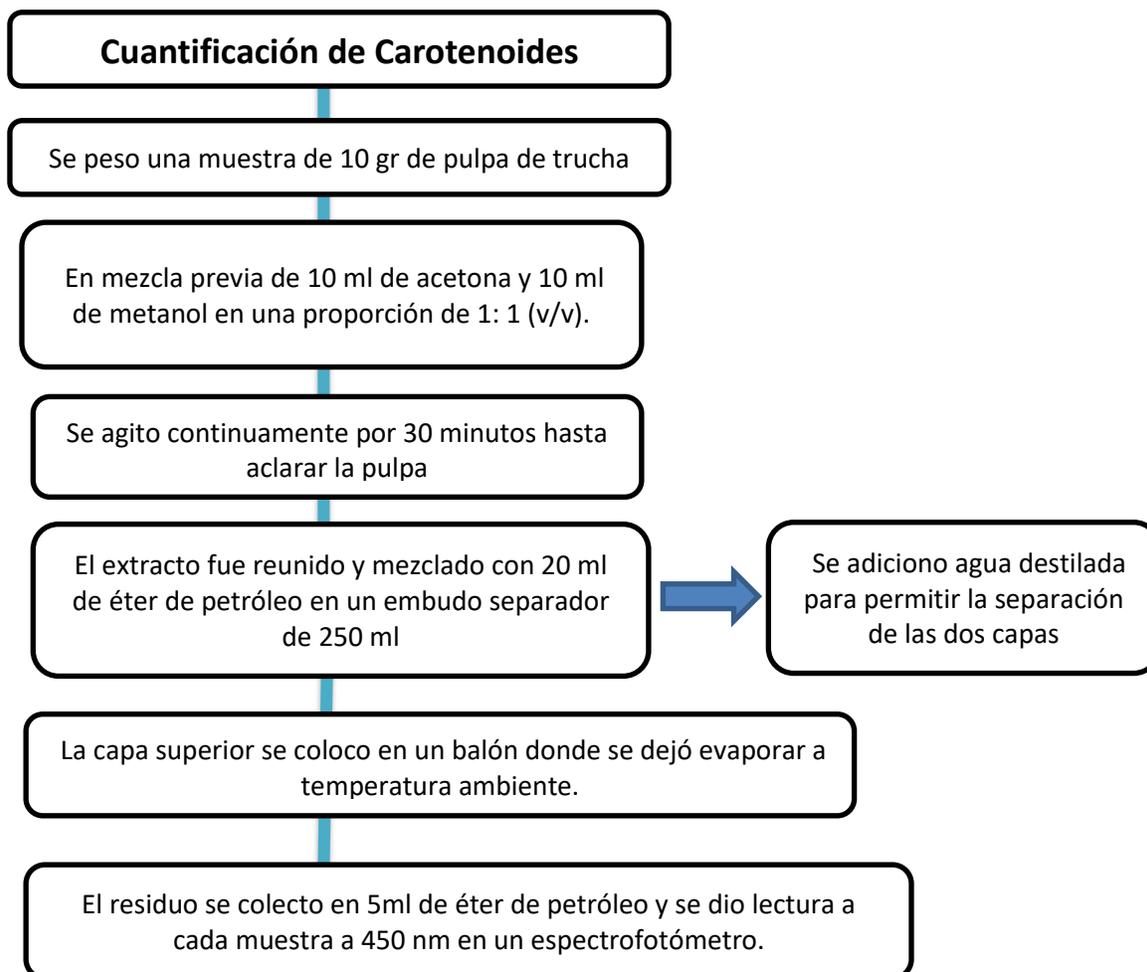
A= Absorbancia a 450 nm

Volumen final = volumen en mililitros de la solución antes de la lectura

$A_{1\text{cm}}^{-1}$ =coeficiente de absorción de b caroteno en éter de petróleo

=2.592

Ilustración 11 Cuantificación de carotenoides



Fuente: Elaboración propia

2.14.8 Cuantificación de astaxantina

Fundamentos:

Se utiliza dos fases, una móvil y una estacionaria para separar componentes de una mezcla, que en este tipo de cromatografía tiene lugar dentro de una columna empacada, el material de empaque está constituido por la fase estacionaria que es de gel de sílice al que se une químicamente del cloruro de octadecildimetilsilicio y forma una fase estacionaria estable y no polar, a la cual se denomina de fase reversa (RP-18). Para el eluyente que es impulsada por una bomba se emplea una fase móvil líquida. Se produce el fenómeno de partición debido a la solubilidad

relativa de los componentes analizados en las dos fases, a medida que la fase móvil que contiene el soluto pasa a través de las partículas de la fase estacionaria,

2.14.8.1 Desarrollo de los patrones cromatográficos

- **Preparación de la fase móvil**

Los solventes acetonitrilo, metanol, diclorometano y agua se prueban a diferentes proporciones y combinaciones a diferentes flujos.

En la fase móvil son desgasificados y filtrados al vacío a través de un filtro de membrana de fibra de vidrio de 0.45 μm de tamaño de poro y de 47 mm de diámetro, los solventes que la conforman; con la finalidad de asegurar un adecuado funcionamiento del equipo, debido a que las partículas presentes en la fase móvil pueden bloquear las fritas y canales del instrumento. Se transferirá a sus respectivos recipientes de vidrio evitando formar burbujas.

- **Preparación de los estándares**

Se preparo una solución madre y otra solución stock del estándar de Astaxantina; donde se pesó 500 μg del estándar de referencia, se procedió a transferir a una fiola de aforo de 10 mL y se enrasó acetonitrilo grado HPLC, llegando a obtener una solución madre de concentración 50 ppm, se tomó una alícuota de 2 mL y se diluyó en una fiola de 5mL y se enrasó con acetonitrilo grado HPLC, obteniendo una concentración de 20 ppm de solución stock. De donde se tomaron alícuotas de 125, 250, 500, 1000, 1500 μL ; las cuales se llevó a un volumen final de 5 mL utilizando el acetonitrilo como solvente, obteniéndose concentraciones de 0.5, 1, 2, 4 y 6 ppm.

Se filtran a través de filtros Anotop® las soluciones estándar preparadas, donde estos se colocaron en los tubos eppendorf debidamente rotulados. En la columna de HPLC con fase móvil a un flujo de 1.5 mL se procedió a inyectar un volumen de 20 μL de las soluciones anteriormente preparadas. La detección de los analitos se realizó a 275 nm de longitud de onda. Se

obtuvo la curva de calibración correspondiente, la cual fue sometida a un análisis de regresión lineal, con los valores de las áreas obtenidas.

2.14.8.2 Extracción de astaxantina

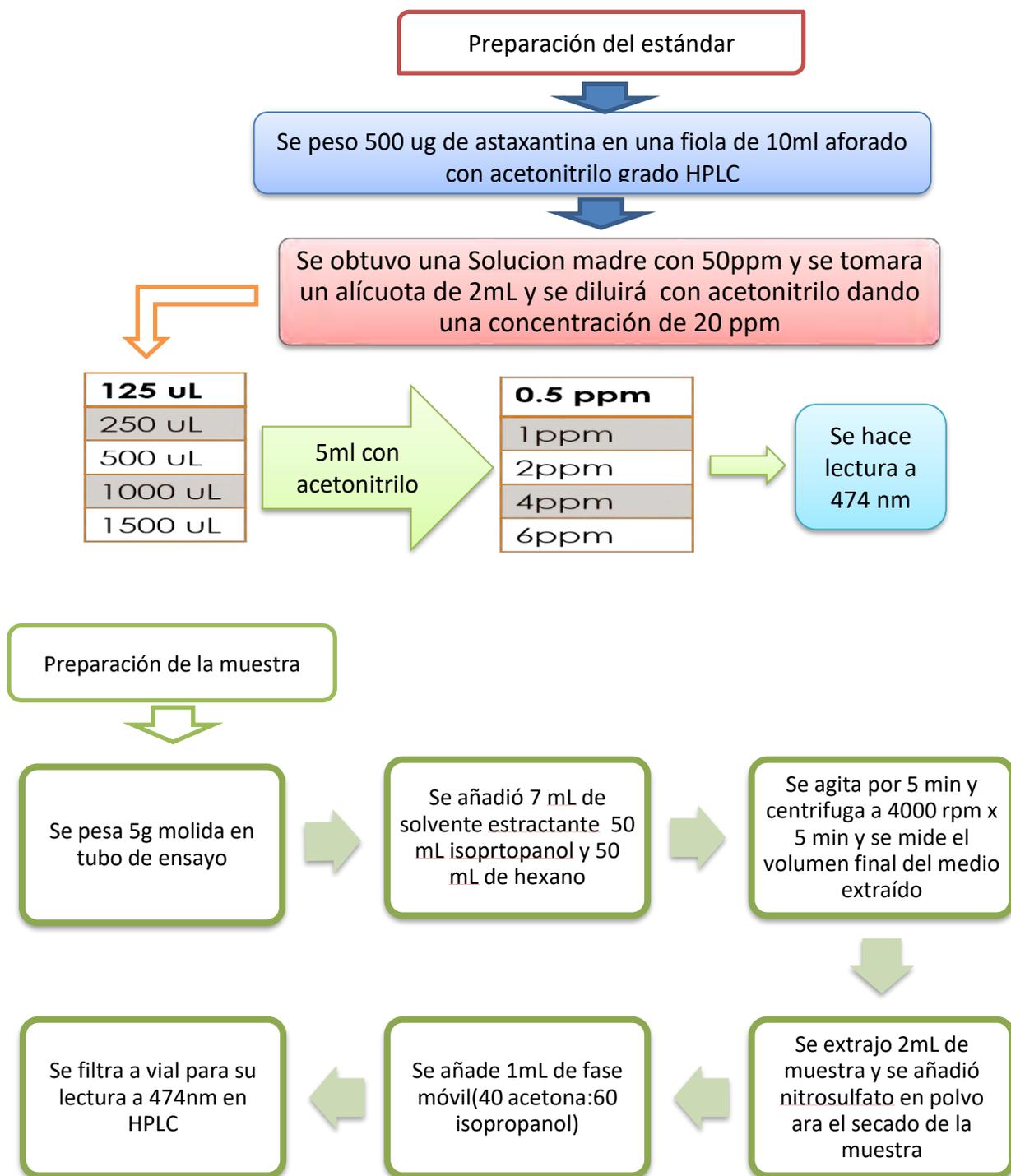
Fundamento:

Aprovechando la acción de la gravedad, esta extracción se da por la separación de dos líquidos no miscibles, que consiste en separar una o varias sustancias presentes en un disolvente mediante su transferencia a otro disolvente insoluble, o parcialmente insoluble, en el primero. La transferencia de componentes activos se consigue mediante el contacto directo entre las dos fases líquidas. Posteriormente dicho extracto se puede concentrar eliminando mayor o menor cantidad de disolvente.

Procedimiento

Se realiza un tratamiento a las muestras previo a la cuantificación de la astaxantina por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Se pesa 2 g de la muestra en un tubo centrifuga al cual se añadirá 5 mL de hexano, se sonica durante 5 minutos. Posteriormente añadir 10 mL de solución etanol: agua (2:1), agitar en vortex por 20 minutos y centrifugar a 1350 rpm por 2 minutos, inmediatamente pipetear el sobrenadante y recogerlo en un matraz de 25 mL, añadir nuevamente 5 mL de hexano al tubo se centrifugará y agitará por vortex durante 15 minutos más, se centrifugará a 1350 rpm durante 2 minutos. Seguidamente se extrajo el sobrenadante y recolecto en el matraz de 25 mL (realizar 2 extracciones más con hexano). Posteriormente se evaporó el hexano a sequedad. Una vez que el hexano se haya evaporado en su totalidad, los residuos obtenidos serán disueltos con 1 mL de acetonitrilo grado HPLC y sometidos a ultrasonido por 1 minuto. Finalmente, estas soluciones obtenidas se procederán a filtrarlas a través de filtros de 0.22 µm de diámetro, para posteriormente ser inyectados en el sistema cromatográfico.

Ilustración 12 Cuantificación de Astaxantina



Fuente: Elaboración propia

2.14.9 Capacidad antioxidante:

Se realizo por el método DPPH, esta medición puede realizarse espectrofotométricamente siguiendo el decaimiento de la absorbancia a 517 nm.

✚ Preparación de la solución DPPH

- Se pesaron 4mg de DPPH y se colocara en una fiola de 100ml
- Homogenizar la muestra en baño de ultrasonido por 5 min

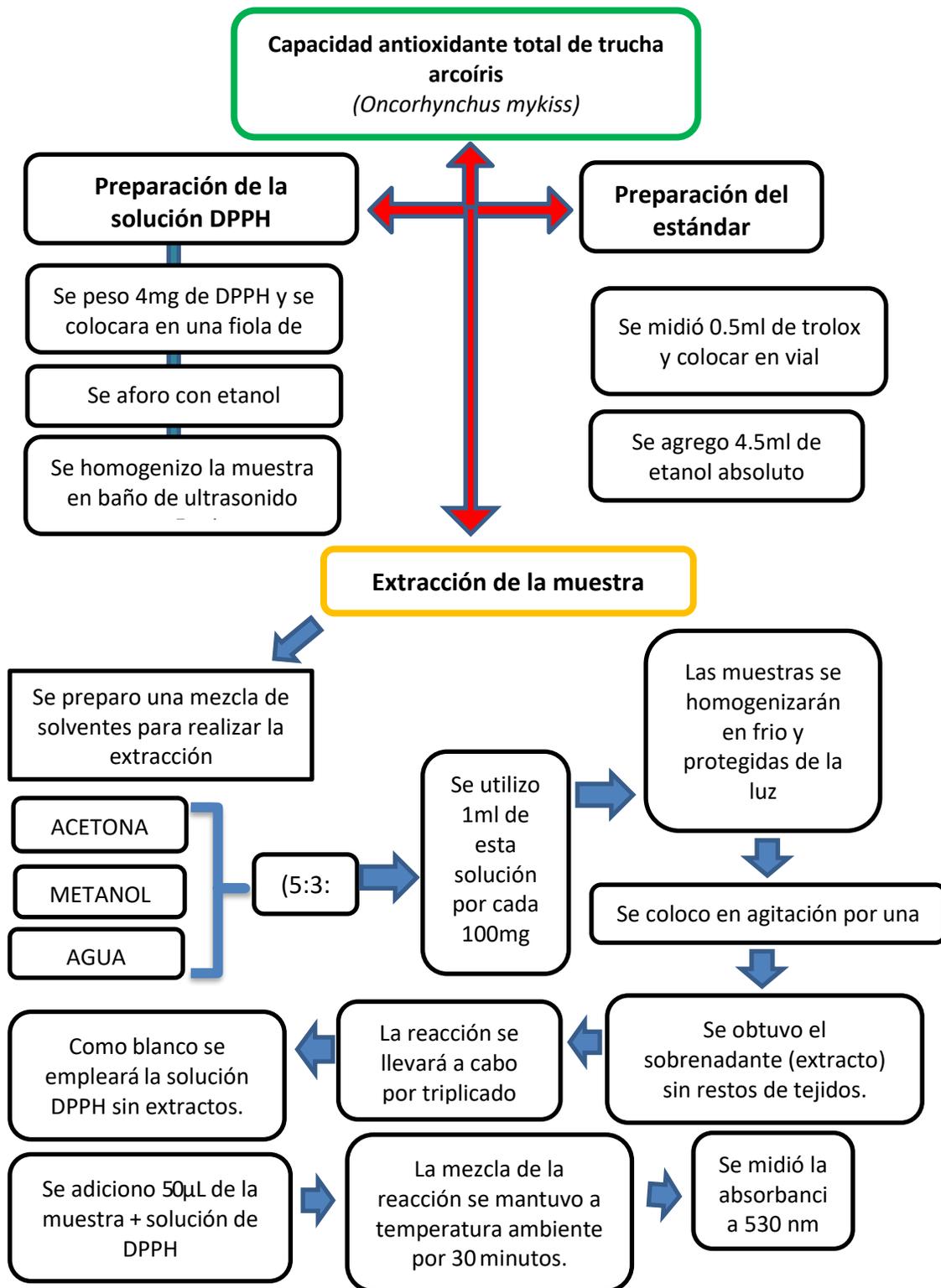
✚ Preparación del estándar

- Medir 0.5ml de trolox y colocar en vial
- Agregar 4.5ml de etanol absoluto

✚ Extracción de la muestra

- Se preparó una mezcla de solventes para realizar la extracción que consiste en: acetona, metanol y agua (5:3:2) se usará 1ml de esta solución por cada 100mg de tejido, esta muestra se homogenizará en frio y protegidas de la luz.
- Esta se colocó en agitación por una hora, se obtendrá el sobrenadante (extracto) sin restos de tejidos la reacción se llevó a cabo por triplicado.
- Como blanco se empleó la solución DPPH sin extractos. Se adiciono 50 μ L de la muestra + solución de DPPH.
- La mezcla de la reacción se mantuvo a temperatura ambiente durante 30 minutos, finalmente se midió la absorbancia a 530 nm.

Ilustración 13 Capacidad Antioxidante



3.1 RESULTADOS Y DISCUSION

3.1.1 Análisis fisicoquímico (pH, acidez, humedad, índice de peróxido)

Tabla 11 Humedad, PH, peróxido y acidez en truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Propiedades fisicoquímico	Rio Salcca				Piscigranja Langui			
	Juveniles		Comercial		Juveniles		Comercial	
	Media	SD	Media	SD	Media	SD	Media	SD
Humedad	82.00%	0.38%	81.69%	0.95%	79.66%	1.66%	78.86%	1.13%
PH	7.38	0.040	7.43	0.100	6.94	0.190	6.91	0.100
Peróxido	0.50	0.281	0.22	0.083	0.39	0.138	0.34	0.085
Acidez	0.244	0.039	0.293	0.074	0.362	0.167	0.412	0.048

Fuente: Elaboración Propia a partir de resultados

En la tabla 12 no se encuentra diferencias significativas $P < 0.05$ en los análisis de las propiedades fisicoquímicas realizadas en las truchas de Rio Salcca y piscigranja Langui en sus diferentes estadios. Siendo las medias de 80.55% para la humedad, 7.17 de PH, 1.11 de peróxido y 0.21 de acidez.

Al 95% de confiabilidad no existe diferencias significativas ($p > 0.05$) para el pH respecto a los factores de Rio Salcca y piscigranja Langui. La interacción del estadio juvenil y comercial con los factores de origen no presento diferencias significativas ($P > 0.05$). Por el contrario, Mittani 2016 (84) identifica diferencias significativas con respecto al tiempo de almacenamiento, por lo que el tiempo es el único determinante del coeficiente de variabilidad (C.V.) calculado siendo este el 0.99%, esto manifiesta que la variabilidad es mínima entre las unidades experimentales frente al PH.

Los pH obtenidos son similares a los encontrados por Volpe et al. (2014) con un pH inicial de 6.50 en filetes de trucha arco iris. De la misma manera Alparaslán et al. (2014) obtuvieron un pH de 6.30 y Mittani, 2017 (84) , obtuvo 6.44; sin embargo, en la presente investigación se obtuvo 7.17 la misma que es superior a los reportados por los anteriores autores.

Las muestras de truchas de Rio Salcca en su estadio comercial presentaron un valor de peróxidos de 0.22 meq O₂ Kg⁻¹ lípido, siendo este el menor valor de peróxidos en comparación a las muestras de la piscigranja Langui en su estadio comercial cuyo registro del valor de peróxido fue de 0.34 meq O₂ Kg⁻¹ lípido aproximadamente similar a los registros con las muestra en su estadio juvenil 0.39 meq O₂/Kg lípido, no se presentó diferencia significativa entre todos ellos, la variación posiblemente sea por el efecto inmediato que tiene el oxígeno sobre un alimento con elevadas cantidades de ácidos grasos poliinsaturados como el filete de trucha (Baldwin et al. 2012).

Los porcentajes de humedad fueron: para juveniles de Rio Salcca cuyo registro del porcentaje de humedad fue de 82.00%, de la piscigranja Langui registró 79.66% y para las muestras de estadio comercial de Rio Salcca y piscigranja Langui fueron de 81.69% y 78.76% respectivamente, no hubo diferencia significativa (p>0.05) entre todos ellos, posiblemente la variación de los porcentajes de humedad inicial sea por el cambio de temperaturas que se produce durante el enfriamiento de la pulpa de trucha, al igual que ocurre con las canales de otros animales, el diferencial de presiones parciales disminuye, iniciándose la deshidratación superficial del 0.2% los primeros días y 0.3% durante el almacenamiento en refrigeración (Guzmán et al., 2006).

3.1.2 Contenido total de carotenoides en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Tabla 12 Contenido total de carotenoides en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Origen	Cuantificación de Carotenoides (mg/Kg)	
	Juvenil	Comercial
Rio	1.17±0.01 ^a (5)	1.23±0.02 ^c (5)
Piscigranja	2.34±0.01 ^b (5)	2.44±0.02 ^d (5)

Fuente: Elaboración Propia a partir de resultados

Los valores de la tabla 13 corresponden a las medias y D.S; el número muestra está indicado entre paréntesis. Para las comparaciones

múltiples entre especies, los valores indicados con distintas letras son significativamente diferentes con $p < 0.05$.

En la tabla 13 se muestra la cuantificación de carotenoides en truchas arco iris, siendo las de estadio comercial ligeramente mayor que las juveniles ($p < 0.05$), mientras que se observó que en la truchas arcoíris de la piscigranja Langui contienen casi el doble de carotenoides que siendo la diferencia significativa ($p < 0.05$).

Se demuestra los resultados del contenido de carotenoides del músculo de trucha al final del ensayo, con 15,4 ($\mu\text{g/Kg}$), Imbaquingo M. (2017) (85), valores que son muy inferiores a los reportados en la presente investigación.

Los resultados reportados por Rodríguez (2016) (86), en sus estudios realizados en 24 truchas cultivadas en su estadio juvenil alimentados con basal de engorde, se tiene 1.3 mg/Kg, también Arredondo (2016) reporta valores de 1.3 a 1.7 en filetes de truchas arcoiris de piscigranjas, las cuales son inferiores a los reportados en la presente investigación con 2.4 mg/Kg, esta diferencia podría resultar del tipo de alimentación, resultados que se localizan por debajo de los niveles mínimos requeridos para una coloración indicada de la pulpa en los salmónidos que son de 4 mg/kg. Torrison y col. (1989).

La concentración de carotenoides en la trucha arcoíris que pesa entre 0,1 y 0,5 kg puede alcanzar los 6-7 mg/kg en la carne, mientras que las truchas más grandes pueden contener hasta 25 mg/kg, Storebakken & No (1992) (87); valores que superan a los reportados en la presente investigación llegando a obtener el mayor valor de 2.44 mg/Kg en truchas de la piscigranja de Langui en su estadio comercial.

El más bajo carotenoide concentración se determinó en el arcoíris cultivado ecológico trucha (origen nativo) a diferencia del cultivo tradicional (origen piscigranja), 56–57, y 291– 391 Eg/100 g respectivamente, Tolasa et al (2005) (88); valores que superan a los encontrados.

En el músculo de juveniles de trucha arcoíris alimentados con las dietas experimentales durante 10 semanas, se encontraron 2.1 ± 0.61 mg/Kg

de carotenoides, Schiedt K et al (1986); valores similares a lo hallado en la investigación con 2.3 ± 0.61 mg/Kg.

En las truchas de Rio Salcca se encontraron valores de 1.48 ± 1.18 mg/Kg en el experimento realizado en 4 truchas, Schiedt K et al (1986); valor que supera a los resultados encontrados con 1.17 ± 0.01 y 1.23 ± 0.02 en truchas de la piscigranja Langui en sus estadios juvenil y comercial respectivamente.

3.1.3 Cuantificación de astaxantina en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Tabla 13 Astaxantina en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Origen	Cuantificación de Astaxantina (mg/Kg)	
	Juvenil	Comercial
Rio	0	0
Piscigranja	1.87 ± 0.02 (4)	1.95 ± 0.01 (4)

Fuente: Elaboración Propia a partir de resultados

Los resultados de la tabla 14 corresponden a las medias y D.S; el número de muestras está indicado entre paréntesis. Para las comparaciones múltiples entre estadios, los valores indicados con distintas letras son significativamente diferentes con $p < 0.05$.

En la tabla 14 se muestra la cuantificación de astaxantina en truchas arco iris, siendo las de estadio comercial ligeramente mayor que las juveniles ($p < 0.05$), mientras que las de origen piscigranja de Langui contienen mayor contenido de carotenoides astaxantina siendo la diferencia significativa ($p < 0.05$).

En el músculo de juveniles de trucha arcoíris de origen piscigranja autores como Choubert G. y Storebakken T (1989) y Rahman et al (2016) (89), reportan valores de 0.48 mg/kg y 0.1 mg/kg, respectivamente, las mismas que son inferiores a los reportados en la investigación con valores que oscilan entre 1.87 mg/kg y 1.95 mg/kg en sus estadios juvenil y comercial respectivamente.

En los estudios realizados por Maquera S. (2015) (90), en

truchas del Lago Titicaca el grupo que consumió una dieta balanceada (Truchas engorde Naltech®) que no incluía pigmento alguno pero que sin embargo luego de realizar el análisis de cuantificación de Astaxantina por HPLC mostró una concentración de media o promedio de 0.2 mg.kg-1, con una desviación de 0.2. Estos valores resultan bajos por efecto de la dieta recibida. Las mismas que son inferiores a los reportados en la investigación con valores que oscilan entre 1.87 mg/kg y 1.95 mg/kg en sus estadios juvenil y comercial respectivamente. Sin embargo, la concentración de Astaxantina promedio del grupo control fue de 1.5 mg.kg-1, con una desviación de 0.4, estos valores resultan un tanto superiores al blanco debido a la inclusión del pigmento comercial usado por la industria acuícola Aquatech®. Este valor se aproxima a lo reportado en truchas arco iris criado en jaulas flotantes del lago Langui, con valores de 1.87 mg/kg y 1.95 mg/kg en sus estadios juvenil y comercial respectivamente, esto se debe a que reciben una dieta que incluye el pigmento comercial.

En las truchas arco iris de origen de Rio no se encontraron cantidades de astaxantina, así lo señala Ansaldo (2001) (91), en las muestras de músculo de especies de la Antártida dicha variable no mostró valores detectables; sin embargo, presentaron valores desde 42.3 hasta 498 μ moles de TROLOX en el hígado y corazón de esta especie.

3.1.4 Capacidad antioxidante en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Tabla 14 Capacidad Antioxidante de Astaxantina en trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*)

Origen	Capacidad Antioxidante (μ mol de trolox) /100gr	
	Juvenil	Comercial
Rio	1.25 \pm 0.02 ^a (5)	1.87 \pm 0.02 ^a (5)
Piscigranja	3.56 \pm 0.12 ^b (5)	5.87 \pm 0.41 ^b (5)

Fuente: : Elaboración Propia a partir de resultados

En los valores de la tabla 15 se presenta las medias y D.S; el número de muestras está indicado entre paréntesis. Para las comparaciones múltiples

entre especies, los valores indicados con distintas letras son significativamente diferentes con $p < 0.05$.

En la tabla 15 se muestra la capacidad antioxidante en truchas arco iris, siendo las de estadio comercial ligeramente mayor que las juveniles, mientras que las de origen piscigranja presenta casi el triple de capacidad antioxidante. Se exhibe los resultados de la capacidad antioxidante del músculo de la trucha al final del ensayo, mostrando que los de origen piscigranja de Langui tienen mejor capacidad antioxidante que las truchas de Rio Salcca ($p < 0.05$), en cuanto a los estadios el comercial presenta ligeramente mayor capacidad antioxidante que las truchas juveniles ($p < 0.05$).

Se encontraron valores de TAC (Capacidad Antioxidante Total) en plasma seminal de truchas macho N y hembra SR se determinaron como $0,015 \pm 0,004$ y $0,116 \pm 0.033$ mM de Trolox equivalentes, respectivamente, en plena época de desove, Inanan B.(2016) (92) así también Slowinska M. et al (2013) encontró valores de TAC que son bastante variables entre las 13 especies estudiadas, desde $0,008$ mM de Trolox para la trucha arcoíris hasta $1,909$ mM de Trolox para la perca euroasiática y Chacón A. et al encontró valores de $0,3892 \pm 0,17$ mM de Trolox en semen fresco de la especie cachama blanca, estos valores son muy inferiores a los reportados en la presente investigación entre 1.25 ± 0.02 y 5.87 ± 0.41 mM de Trolox en truchas de origen piscigranja y nativo respectivamente.

CONCLUSIONES

1. Se cuantifico las sustancias antioxidantes y evaluó la capacidad antioxidante de la pulpa de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) del Rio Salcca y Piscigranja Langui en sus estadios juvenil y comercial de la Provincia de Canchis-Cusco - Perú, obteniéndose que las truchas arcoíris de piscigranja de Langui en su estadio comercial contienen mayor contenido de carotenoides que la trucha arcoíris de rio Salcca; y que la trucha arcoíris de piscigranja Langui contiene astaxantina en sus dos estadios y las truchas arcoíris de rio Salcca no contiene astaxantina en ninguno de sus estadios; asimismo la trucha arcoíris de piscigranja Langui en ambos estadios posee mayor capacidad antioxidante en comparación con las truchas arcoíris del rio Salcca.
2. Se realizo el análisis fisicoquímico de la pulpa de Trucha arcoíris de piscigranja Langui y de rio Salcca obteniéndose un valor de 80.55% para la humedad, 7.17 de PH, 1.11 de peróxido y 0.21 de acidez lo cual nos dio a conocer que las muestras se encuentran en buen estado, optimas y son aptas para el consumo humano.
3. Se cuantifico los carotenoides en truchas arco iris de Rio Salcca en su estadio juvenil y comercial con 1.17mg/Kg y 1.23mg/Kg respectivamente; se obtuvo para las truchas de piscigranja Langui en el estadio juvenil 2.34 mg/Kg y comercial 2.44 mg/Kg. Siendo las truchas arcoíris de piscigranja Langui en ambos estadios de mayor contenido de carotenoides que las truchas arcoíris de rio Salcca.
4. Se cuantifico astaxantina en truchas arcoíris obteniéndose 1.87 mg/Kg, 1.95 mg/Kg para los estadios juvenil y comercial de piscigranja Langui y para las truchas de rio Salcca en ambos estadios no presentaron concentración de astaxantina.
5. Se evaluó la capacidad antioxidante del músculo de trucha arcoíris obteniéndose valores de concentración inhibitoria media de 1.25 μmol de trolox en truchas juveniles y 1.87 μmol de trolox para truchas comerciales, ambos de rio Salcca, asimismo se obtuvo de 3.56 μmol de trolox y 5.87 μmol de trolox para los estadios juvenil y comercial de piscigranja Langui respectivamente, siendo esta de mayor capacidad antioxidante que las truchas de rio Salcca.

RECOMENDACIONES

- I. A las autoridades y a las comunidades locales recomendar la necesidad de una adecuada aplicación de la tecnología, sobre todo en la infraestructura de crianza de la trucha, con acciones recomendadas, esto con el fin de evitar escapes o liberaciones no intencionadas que impacten negativamente en la conservación de las poblaciones de especies nativas, que presentan una alta diversidad genética.
- II. Se recomienda a los Estudiantes de Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica:
 - Realizar estudios de cuantificaciones de carotenoides y capacidades antioxidantes en el hígado, corazón y musculo de las truchas arco iris en sus estadios finales, de origen natural y piscigranja.
 - Realizar estudios de capacidad antioxidante en truchas arco iris cocinados y en su estado de acidez como ceviche y realizar las comparaciones en su estado crudo.
 - Realizar la actividad antioxidante y cuantificación de carotenoides como el caroteno en truchas arcoíris en su origen nativo.
 - Realizar nuevos ensayos en truchas arcoíris de origen nativo y piscigranja para determinar la coloración número 25 de la escala Roche con el abanico Salmofan, que es la exigida por los compradores tales como supermercados y restaurantes. Los mismos que podrían ser realizados a temperaturas mayores, ya que se sabe que la trucha asimila mejor el pigmento a temperaturas mayores a 10°C.
 - Realizar estudios en truchas de piscigranja (lagunas – jaulas flotantes) la capacidad antioxidante y cuantificación de astaxantina a diferentes niveles de pigmentación en su dieta.

BIBLIOGRAFIA

1. Hernández NT. Influencia del aporte de carotenoides en la dieta, sobre la pigmentación, composición lipídica corporal y desarrollo de alevines de bocinegro o pargo (*Pagrus pagrus*). 2006. CienCias y teCnologías/31.
2. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura. [Online].; 2022 [cited 2023 mayo 29. Available from: <https://www.fao.org/3/cc0461es/online/sofia/2022/aquaculture-production.html>.
3. Producción Mdl. ANUARIO ESTADÍSTICO Pesquero y Acuicola. In ; 2021; Lima. p. 189.
4. Acuicultura OdINUpIA. FAO-DEPARTAMENTO DE PESCA Y ACUICULTURA. [Online].; 2005 [cited 2020 01 10. Available from: http://www.fao.org/fishery/countrysector/naso_peru/es.
5. RAMÍREZ ADRR. EFECTO DE LOS CAROTENOIDES Y LOS PROBIÓTICOS SOBRE LOS PARÁMETROS DE DESEMPEÑO, HEMATOLOGICO, BIOQUÍMICOS, COLOR DE FILETE, CAROTENOIDES TOTALES Y ESTRÉS TER,ICO EN TRUCHA ARCOIRIS (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis doctoral. México: Universidad Autónoma de Aguas Calientes, Jesús María- Aguas Calientes; 2016.
6. Ministro del Ambiente. CIISB. [Online].; 2021 [cited 2023 Mayo 26. Available from: https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones_notas/trucha-arcoiris-90-anos/.
7. Guerra JIE. Estrés oxidativo, enfermedades y tratamientos antioxidantes. Anales de Medicina Interna. 2001 Junio; 18(6).
8. Quintana López Anhely HOMA, CHyPME. Carotenoides. ¿Que son y para que se usan? Ciencia. 2018 Diciembre; 69(4).
9. Martínez C. Algamanía. [Online].; 2020 [cited 2020 11 8. Available from: <https://algamania.com/astaxantina-la-magia-antioxidante/#comments>.
10. Chávez Canazas NR. Evolución gonadal de las hembras de ,TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) de la piscigranja PUMAHUANCA- URUBAMBA. tesis. Cusco: UNSAAC, Cusco; 2015.
11. Sánchez Sendra ÁP. EFECTOS DEL CAROTENOIDE ASTAXANTINA EN LA SALUD HUMANA, SEGÚN LA CIENCIA. NPUNTO. 2019 Noviembre; 2(20).
12. Joanna Fiedor KB. Papel potencial de los carotenoides como antioxidantes en la salud y las enfermedades humanas. National Library of Medicine PubMed. 2014 enero; 11(6).

13. Alavez MV. Evaluacion de los indicadores de estres oxidativo asociados a las características de nado en elasmobranchios y teleosteos. tesis de Doctorado. California Sur: Centro de investigaciones biologicas del Noroeste, la Paz; 2015.
14. Ramirez AdRR. Efecto de los carotenoides y los probioticos sobre los parametros de desempeño, hematologico y bioquimicos color del filete, carotenoides totales y estres termico en la trucha arco iris. Tesis para maestria. Mexico : Universidad autonoma de aguas calientes , Aguascalientes ; 2016.
15. Sanaz Khosravi-Kyung Hoon Chang-Sang-Min Lee. Pubmed central. [Online].; 2016 [cited 2023 Mayo 16. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5063214/>.
16. Encinas MDF. Crecimiento de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) producidas con alimento fresco y balanceado en jaulas flotantes, muelle barco Lago Titicaca. tesis para licenciatura. Altiplano: Universidad Nacional del Altiplano , Puno; 2013.
17. Lazaro Castro RI. PIGMENTACION DE TRUCHA ARCO IRIS (*Oncorhynchus mykiss*) EN FASE DE ACABADO, DURANTE EL ALMACENAMIENTO EN REFRIGERACION Y PROCESO DE COCCION. EN EL CENTRO PISCICOLA EL INGENIO. Tesis. Tingo Maria : Universidad Nacional Agraria de la Selva , Huanuco ; 2014.
18. Mache Zuñiga RC. Incremento de biomasa de truchas juveniles arco iris *Oncorhynchus mykiss* alimentadas con alimento comercial crecimiento 3 por 49, 76, 103 y 130 días en la piscigranja “la Cabaña”. tesis de grado. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru, Huancayo; 2015.
19. Canchaya MjE. Influencia de dos marcas comerciales de alimento en el crecimiento y pigmentacion muscular de la trucha (*oncorhynchus mykiss*). trabajo monografico. Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima; 2017.
20. Apaza DC. Desarrollo y madurez sexual de *Oncorhynchus Mykiss*, establecida en redes jaulas, caso Langui Layo. tesis. Cusco : Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco , Cusco ; 2014.
21. López Roldán Patricia NM. Efecto del consumo de astaxantina en la salud. Nutr. Comunitaria. 2012 Septiembre; 18(3).
22. Londoño JL. Antioxidantes: importancia biológica y métodos para medir su actividad. 2009..
23. Larrea BR. Siembra, siembra. [Online].; 2018 [cited 2020 febrero 07. Available from: <https://www.sebbm.es/web/es/divulgacion/rincon-profesor-ciencias/articulos-divulgacion-cientifica/2599-breve-historia-de-los-radicales-libres>.

24. Perez R. The Medium APP. [Online].; 2018 [cited 2020 Febrero 8. Available from: <https://medium.com/rp7529632/historia-de-los-antioxidantes-en-alimentacion-4d3aecd6278f>.
25. David ML. Un salmon favorece en el bienestar humano y en la competitividad de la acuicultura. Research EU. 2016 Mayo ;(52).
26. Luciano M. Mas vitaminas y antioxidantes en la carne de pescado. El digital. 2018 Agosto;(59831).
27. César Palomino Ayquipa. Línea de base de la trucha arcoíris con fines de bioseguridad en el Peru. Lima: Ministerio del Ambiente, Lima ; 2021.
28. Food and Agriculture Organisation. Pesca y acuicultura. [Online].; 2019 [cited 2023 Octubre 22. Available from: https://www.fao.org/fishery/es/culturedspecies/oncorhynchus_mykiss_es/es.
29. Maiz Padrón Asuncion Rafael VLLBPD. Elementos practicos para la cria de trucha en Venezuela. Mundo Pecuario. 2010 Febrero; 6(2).
30. Manual práctico para el cultivo de la trucha arcoíris. 2014. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación).
31. Choquehuayta Huaynacho A. Manual de crianza de truchas en estanques. [Online].; 2008 [cited 2020 Enero 25. Available from: <http://es.scribd.com/doc/63931862/16/Requerimientos-nutricionales-de-la-trucha>.
32. NICOVITA. [Online].; 2011 [cited 2023 setiembre 5. Available from: <https://nicovita.com/>.
33. Junta nacional asesora de cultivos marinos. Trucha arcoiris (ONCORHYNCHUS MYKISS). 2017. Ministerion de agricultura pesca y alimentaria.
34. Municipalidad de Ragash. Manual de truchas. Antamina.. 2009..
35. Maiz Padrón Asunción Rafael, Valero Lacruz Leida y Briceño PiñeroDaniela. Elementos practicos para la cria de trucha en Venezuela. Mundo pecuario. 2010 Febrero; 6(2).
36. MONREAL À. La Vanguardia. [Online].; 2019 [cited 2023 Octubre 23. Available from: <https://www.lavanguardia.com/comer/20180903/451538989559/trucha-valor-nutricional-beneficios-propiedades.html>.
37. Gutiérrez S,SDySB. Guía de Trucha arco iris (Oncorhynchus. 2005. Lima, Perú.
38. Ortiz, J., Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Puente-Diaz, L., Zura-Bravo, L. y Aubourg, S.. Influencia de la temperatura de secado al aire en el secado

- cinética, color, firmeza y características bioquímicas del salmón del Atlántico (*Salmo salar* L.) filetes. Revista de química alimentaria. 2013; 1(139).
39. Badui SD(. Química de los Alimentos Mexico : Alhambra Mexicana S. A; 2013.
 40. Produccion Mdl. Situacion actual de la acuicultura en el Peru. 2011..
 41. Segura JL. GESTION produccion nacional de trucha crecio 678%en 10 años. [Online].; 2018 [cited 2020 Enero 28. Available from: <https://gestion.pe/economia/produccion-nacional-trucha-crecio-678-10años-234898-noticia/?outputType=amp>.
 42. MINCETUR. Recursos turisticos. [Online].; 2018 [cited 2023 Octubre 21. Available from: <https://consultasenlinea.mincetur.gob.pe/fichaInventario/index.aspx?cod Ficha=12>.
 43. MARCAPAA.COM. [Online].; 2015 [cited 2023 Octubre 27. Available from: <https://mapcarta.com/es/20205686>.
 44. MAPA HIDROGRAFICO E INVENTARIO DE FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES EN EL ÁMBITO DEL ATDR SICUANI. [Online].; 2005 [cited 2023 Octubre 23. Available from: https://www.ana.gob.pe/sites/default/files/publication/files/fuentes_agua_superfici_al_sicvani_0_0.pdf.
 45. Produccion Mda. Programa nacional "a comer pescado". 2014..
 46. Shamloofar, M., Hoseini, E., Kamali, A., Mtalebi, M. y Poorgholm, R.. Actividades antibacterianas de la nisina encapsulada en zeína y atmósfera modificada envasado en filete de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*) durante el almacenamiento refrigerado. Revista Iraní de Ciencias Pesqueras. 2015; 14(2).
 47. Ortíz, J., Palma, O., Natalia, G., y Aubourg, S. (2008). Daño de lipidos en trucha arcoiris (*Oncorhynchus mykiss*) formado despues del sacrificio y almacenamiento refrigerado. 2008. ciencia y tecnologia de los lipidos.
 48. Aubourg SP. Efecto de las alteraciones lipídicas sobre la calidad del pescado. 1999. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC). Vigo, España.
 49. Ortíz, J., Vivanco, J. P., y Aubourg, S. Calidad lipidica y y sensorial de las conservas del salmon del atlantico (*Salmo salar*.) Efecto del uso de diferentes extractos de algas como cubriendo liquidos. 2014. Tecnología de la ciencia de los lípidos.
 50. Ortiz, J., Lemus-Mondaca, R., Vega-Gálvez, A., Ah-Hen, K., Puente-Diaz, L., Zura-Bravo, L. y Aubourg, S.. Influencia de la temperatura de secado al aire en el secado

- cinética, color, firmeza y características bioquímicas del salmón del Atlántico (*Salmo salar* L.) filetes. *Revista de química alimentaria*. 2013; 1(139).
51. Valls, J., Paredes, A., González, D., y González, A. Evaluación física, química, microbiológica y sensorial de filetes de sardina (*Sardinella aurita* V.) empacados al vacío y congelados a -18°C . *Revista científica*. 2004; 14(2).
 52. Jay JM. *Microbiología Moderna de los Alimentos*. Cuarta ed. Zaragoza, editor. España: Acribia, S. A.; 2002.
 53. Harris, P. y Tall, J. Especificidad de sustrato de la lipopoligenasa de pulpa de caballa. *Ciencia de alimentos*. 1994; 3(59).
 54. Rodríguez, A., Cruz, J. M., Paseiro, L., Aubourg, S. Efecto de un polifenol envasado al vacío sobre el deterioro de los lípidos durante 18 meses de almacenamiento congelado de salmón coho (*Oncorhynchus kisutch*). 2011..
 55. La Calle A. *Antioxidantes en la alimentación: diferentes formas de expresar su actividad antioxidante, tipos de unidades y métodos de análisis*. 2007. Neiker tecnalia.
 56. Meléndez-Martínez AJ. *Carotenoides en agroalimentación y salud*. primera ed. Tapia P, editor. Mexico: Editorial Terracota, SA de CV; 2017.
 57. Quintana López Anyely, Hurtado Oliva Miguel Angel, Crisantema Hernández y Palacios Mechetnov Elena. *Carotenoides. ¿Qué son y para qué se usan?* *Ciencia*. 2018 Octubre- Diciembre; 69(4).
 58. J. MMA. *Carotenoides: estructura, propiedades y funciones*. In Tapia P, editor. *Carotenoides en agroalimentación y salud*. Mexico: Terracota, S.A. de CV/ Mexico; 2017. p. 12 - 28.
 59. arcoiris pdsidaycelddpet. Elseiver. [Online].; 1989 [cited 2023 Mayo 30. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/004484868990478X>.
 60. Córdoba-Castro Nancy M., Acero-Reyes Nadine L., Duque-Buitrago Luisa F, Jiménez-Aguilar Juliana & Serna-Jiménez Johanna. *Obtención y caracterización de astaxantina de la microalga Haematococcus*. *UG Ciencia*. 2015 Dec; 1(21).
 61. Reyes SP. *Papel del carotenoide Astaxantina en la nutrición de especies acuáticas*. 2001. Professor Emeritus, Department of Food Science/ Oceanography & Coastal Sciences Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803.
 62. Santocono, M., Zurria, M., Berrettini, M., Fedeli, D., Falcioni, G. *Influencia de astaxantina, zeaxantina y luteína sobre el daño y la reparación del ADN en células irradiadas con UVA*. *Revista de fotoquímica y fotobiología B*. 2006; 1(85).

63. Elejalde Guerra JI. Oxidación, entre la vida y la enfermedad. Med. Interna. 2001. Madrid.
64. Bragadóttir M. Antioxidantes endógenos en pescado.. 2001. Tesis de Maestría en Ciencias, Universidad.
65. Elejalde Guerra JI. Oxidación, entre la vida y la enfermedad. 2001. Med. Interna.
66. Woodall, A. A., Britton, G., Jackson, M. J. Carotenoides y protección de fosfolípidos en solución o en liposomas contra la oxidación por radicales peróxido: relación entre estructura carotenoides y capacidad protectora. 1997. Biochimica et Biophysica.
67. Anderson S. Salmon color y el consumidor. 2000. Hoffmann-La Roche.
68. Meyers SP. Papel del Carotenoides Astaxantina en la Nutrición de Especies Acuáticas. 2000 Noviembre. Avances en Nutrición Acuicola.
69. Bjerkeng B. Pigmentación de carotenoides en salmonoides. Avances en nutrición acuicola. 2000 Noviembre; 1.
70. Moragon AC. Termalismo y actividad física. Centro de Investigaciones. 2007..
71. Polo De Santos M. Estudio de la actividad antioxidante de las aguas mineromedicinales. Tesis Doctoral. Madrid: Universidad Complutense de Madrid; 2016.
72. Hernández. LBL. ESTRÉS OXIDATIVO Y ANTIOXIDANTES: Actualidades sobre los antioxidantes en los alimentos.. 2003. Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional..
73. Miranda Avelina, Martín Olga. Química unam. [Online].; 2013 [cited 2020 11 12]. Available from: <https://www.google.com/url//www.ucm.es/data/cont/docs/650-2013-12-02gases%>.
74. BACH. CONTRERAS ORELLANA DE. Determinación de Capacidad Antioxidante y Fenoles Totales en Semillas de Vitis vinifera L. "Vid", del Valle de Cañete. título profesional. Lima: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrion , Lima; 2019.
75. Hernández. LBL. Estrés oxidativo y antioxidantes, actualidades sobre los antioxidantes en alimentos. 2002. Centro Nacional de Medicina Natural y Tradicional..
76. Walton Harold F. , Reyes Jorge. Análisis químico e instrumental moderno. 2nd ed. Madrid: Reverte; 2005.

77. Zela Galiano IF. Determinación de caudales máximos, aplicando metodologías probabilísticas e hidrometeorológicas, en el río Salcca, Canchis. tesis. Lima : Universidad Cesar Vallejo , Lima ; 2021.
78. Unidad agraria departamental Cusco administracion tecnica distrito de region sicuani. Mapa hidrografico e inventario de fuentes de aguas superficiales en el ambito de ATDR Sicuani. 2005..
79. Yufera EP. Quimica organica basica y aplicada. II ed. Barcelona : Reverte ; 2007.
80. cookies. superalimentos. [Online].; 2013 [cited 2020 Julio 13. Available from: <https://www.superalimentos.es/astaxantina/>.
81. National Geographic. [Online].; 2010 [cited 2010 Julio 13. Available from: <https://www.nationalgeographic.es/video/tv/tiburones-101-0>.
82. Deyvis OPL. EVALUACIÓN DE TRES TASAS DE ALIMENTACIÓN EN LOS ESTADIOS DE ALEVINO, JUVENIL Y ENGORDE DE TRUCHAS ARCO IRIS EN EL CENTRO PISCICOLA EL INGENIO". tesis. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Peru Huancayo, Junin; 2013.
83. Osteicoechea A. Concepto definicion. [Online].; 2023 [cited 2023 setiembre 5. Available from: <https://conceptodefinicion.de/ph/>.
84. lenguajes O. diccionario. [Online].; 2017 [cited 2023 setiembre 28. Available from: <https://lenguajes.oup.com/google-dictionary-es/>.
85. Francisco EL. determinacion de l indice de peroxidos. [Online].; 2018 [cited 2023 setiembre 27. Available from: <http://www.ujaen.es/huesped/aceite/articulos/analisis.htm#:~:text=El%20C3%A Dndice%20de%20per%20C3%B3xidos%20es,las%20condiciones%20de%20trabajo%20descritas>.
86. JESSENIA MSM. Repositorio Institucional UNAP. [Online].; 2016 [cited 2022 diciembre 28. Available from: <http://tesis.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/3445>.
87. Imbaquingo Abalco MA. REPOSITORIO UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE. [Online].; 2017 [cited 2023 ENERO 13. Available from: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6480/1/03%20AGP%20209%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>.
88. Rodríguez R, Rosario Ad. REPOSITORIO BIBLIOGRAFICO. UNIVERSIDAD AUTONOMA DE AGUAS CALIENTES. [Online].; 2016 [cited 2022 DICIEMBRE 5. Available from: <http://bdigital.dgse.uaa.mx:8080/xmlui/handle/11317/486>.
89. No S&. Pigmentación de la trucha arcoíris. Contenido de carotenoides. 1992 febrero; II(14).

90. Ostermeyer. ST·SC·U. PETERKESZAKI. HU. [Online].; 2005 [cited 2022 NOVIEMBRE 28. Available from: <https://peterkeszaki.hu/document/681d643/determination-of-astaxanthin-and-canthaxanthin-in-salmonid>.
91. Rahman Mostafizur KS,KHC,MLS. NIH. National Libray of Medicine. [Online].; 2016 [cited 2023 enero 19. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5063214/>.
92. Leidy MBS. REPOSITORIO UNIVERSIDAD CATOLICA DE SANTA MARIA. [Online].; 2015 [cited 2022 NOVIEMBRE 15. Available from: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/3438/65.1519.FB.pdf?sequence=1>.
93. Ansaldo M. Niveles de antioxidantes en peces Antárticos pertenecientes a las familias nototheniidae y channichthyidae. Grado de doctorado. Buenos Aires: Universidad de Buenos Aires, Buenos aires ; 2001.
94. Inanan B.E. ÖF,İT,FY. Cambios en la capacidad antioxidante total, la actividad catalasa y la peroxidación lipídica en el plasma seminal de truchas arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) de sexo inverso (hembras y machos) durante la temporada de desove. ELSEIVER. 2016; 86(8).
95. FAO. fao.org. [Online].; 2018 [cited 2020 01 10. Available from: <http://www.fao.org/3/i9540es/i9540es.pdf>.
96. Tejera Hernández N. Influencia del aporte de carotenoides en la dieta, sobre la pigmentación, composición lipídica corporal y desarrollo de alevines de bocinegro o pargo (*Pagrus pagrus*). 2006. CienCias y teCnologías/31.
97. Wei Zhao, Yu-Cai Guo , Ming-Yan Huai , Lily Li , Wolf Pelletier, Han-Lin Wei , Rong Yao, Jin Niu. Pubmed. [Online].; 2022 [cited 2023 Mayo 16. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36552680/>.
98. Orna Rivas E. Manual de alimento balanceado para truchas. 2010. Embajada de España en Peru.
99. Ministerio del Ambiente. CIISB. [Online].; 2021 [cited 2023 Mayo 26. Available from: https://bioseguridad.minam.gob.pe/publicaciones_notas/trucha-arcoiris-90-anos/.
100. Lila Yan Romero Montejo SGA. Incidencia en el desarrollo socioeconomico por lac actividad gastroeconomica en los productores de trucha del distrito de Lucre. tesis. 137: Universidad andina del Cusco, Cusco; 2019.
101. Proyecto Piloto de Libros Abiertos del Departamento de Educación IOdRdIUdCD. LibreTexts. propiedades Fisicas y Quimicas. [Online].; 2014 [cited 2023 Agosto 8. Available from:

[https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Introductoria%2C_Conceptual_y_GOB/Mapa%3A_Qu%C3%ADmica_Introductoria_\(Corwin\)/04%3A_Materia_y_Energ%C3%ADa/4.08%3A_Propiedades_F%C3%ADsicas_y_Qu%C3%ADmicas](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Qu%C3%ADmica_Introductoria%2C_Conceptual_y_GOB/Mapa%3A_Qu%C3%ADmica_Introductoria_(Corwin)/04%3A_Materia_y_Energ%C3%ADa/4.08%3A_Propiedades_F%C3%ADsicas_y_Qu%C3%ADmicas).

102. Moreiras O, Carbajal A, Cabrera L, Cuadrado C. Tablas de Composición de Alimentos. 16th ed.: Piramide; 2013.

ANEXOS

ANEXO N° 1: FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE LAS MUESTRAS

SELECCIÓN DE MUESTRA

REALIZADO POR:

MUESTRA:

PROCEDENCIA DE LA MUESTRA:

CANTIDAD:

FECHA:

Numero	Estadio	Lugar de procedencia	Peso	Longitud	Apto	No apto
1						
2						
3						
4						
5						

Observación:

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE pH

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS

Medición de pH

MUESTRA:.....

FECHA:.....

PROPIEDADES FISICOQUIMICAS - pH				
Origen	Estadio	Muestra	PH	OBSERVACIONES
RIO	JUVENIL	RJ1		
		RJ2		
		RJ3		
		RJ4		
		RJ5		
	COMERCIAL	RC1		
		RC2		
		RC3		
		RC4		
		RC5		
PISCIGRANJA	JUVENIL	PJ1		
		PJ2		
		PJ3		
		PJ4		
		PJ5		
	COMERCIAL	PC1		
		PC2		
		PC3		
		PC4		
		PC5		

ANEXO N° 3

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE HUMEDAD – RIO SALLCA

FECHA:.....

Cuadro: Determinación de Humedad							
Origen	Estadio	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso placa + muestra	Peso Placa	Peso Final (gr)	PORCENTAJE DE HUMEDAD
RIO	JUVENIL	RJ1					
		RJ2					
		RJ3					
		RJ4					
	RJ5						
	COMERCIAL	RC1					
		RC2					
RC3							
RC4							
RC5							

ANEXO N° 4

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE HUMEDAD – PISCIGRANJA LANGUI

FECHA:.....

Cuadro: Determinación de Humedad								
Origen	Estadio	Muestra	Peso Inicial (gr)	Peso placa + muestra	Peso Placa	Peso Final (gr)	PORCENTAJE DE HUMEDAD	
PISCIGRANJA	JUVENIL	PJ1						
		PJ2						
		PJ3						
		PJ4						
	PJ5							
	COMERCIAL	PC1						
		PC2						
PC3								
PC4								
PC5								

ANEXO N° 5

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS DE INDICE DE PEROXIDO

Cuadro: ÍNDICE DE PEROXIDO								
Origen	Estadio	Muestra	peso	volumen inicial(ml)	volumen final(ml)	volumen gastado	Índice r de peróxido	
NATIVO	JUVENIL	N1						
		N2						
		N3						
		N4						
		N5						
	COMERCIAL	N1						
		N2						
		N3						
		N4						
		N5						
PISCIGRANJA	JUVENIL	P1						
		P2						
		P3						
		P4						
		P5						
	COMERCIAL	P1						
		P2						
		P3						
		P4						
		P5						

Anexo N° 6

FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE ACIDEZ

Cuadro: DETERMINACION DE ACIDEZ								
Origen	Estadio	Muestra	peso	volumen inicial(ml)	volumen final(ml)	volumen gastado	% Acido Lactico	
NATIVO	JUVENIL	N1						
		N2						
		N3						
		N4						
		N5						
	COMERCIAL	N6						
		N7						
		N8						
		N9						
		N10						
PISCIGRANJA	JUVENIL	P1						
		P2						
		P3						
		P4						
		P5						
	COMERCIAL	P6						
		P7						
		P8						
		P9						
		P10						

ANEXO N° 8

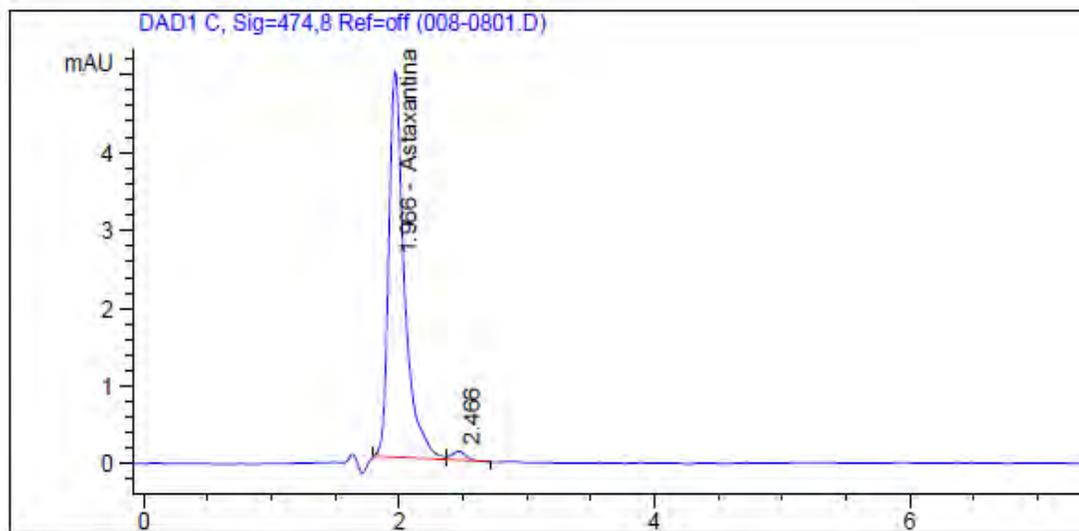
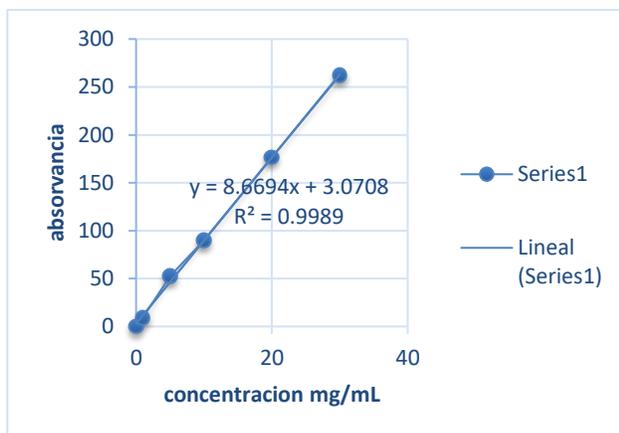
FICHA DE RECOLECCION DE DATOS DE CAROTENOIDES TOTALES

Cuadro: Cuantificación de carotenoide							
Origen	Estadio	Muestra	peso	volumen antes de leer en espectro	A (absorbancia)	carotenoides totales	
NATIVO	JUVENIL	N1					
		N2					
		N3					
		N4					
		N5					
	COMERCIAL	N6					
		N7					
		N8					
		N9					
		N10					
PISCIGRANJA	JUVENIL	P1					
		P2					
		P3					
		P4					
		P5					
	COMERCIAL	P6					
		P7					
		P8					
		P9					
		P10					

ANEXO N° 10 CURVA DE CALIBRACION DE ESTANDAR ASTAXANTINA - HPLC

CURVA DE CALIBRACION DE
ASTXANTINA

concentración de mg/ml	Absorbancia
0	0
1	9.109
5	52.869
10	90.096
20	176.51
30	262.02

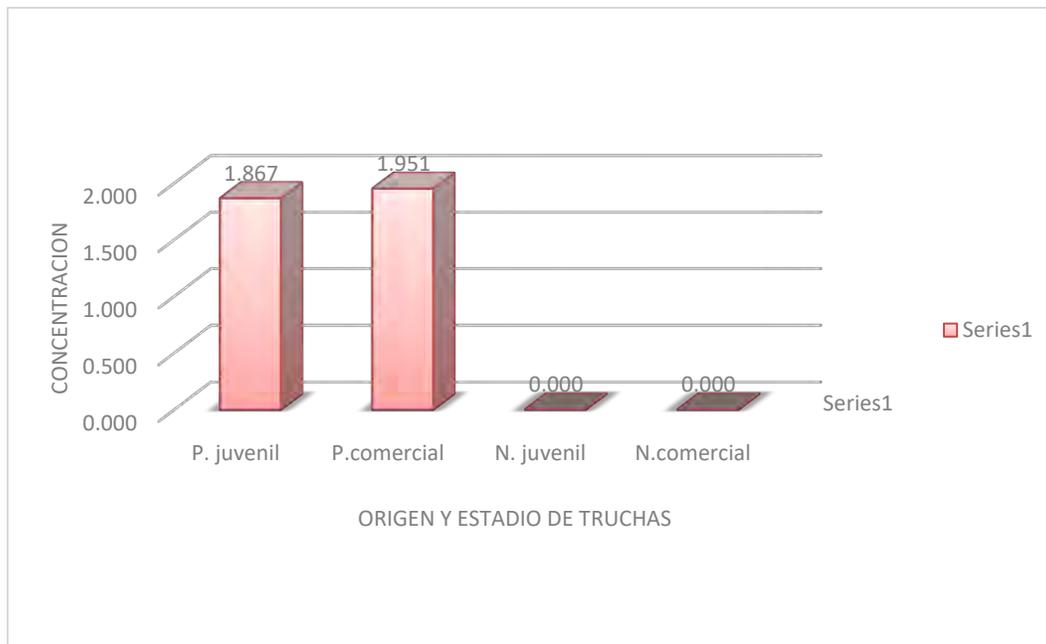


DATOS DE EXTRACCION DE ASTAXANTINA EN HPLC DAD								
PISCIGRANJA JUVENIL								
	PESO DE MUESTRA	VE HPLC ug/mL	Vol. Seco en mL	Vol fracc total mL	ug/Aforo	Astxantina mg/1g de muestra	Astxantina ug/100g de muestra	PROMEDIO Astaxantina ug/100g de muestra
PC 1	5.0215	4.34176	2	4.5	9.7690	1.945	194.543	195.13
PC 2	5.0139	4.366	2	4.5	9.8235	1.959	195.925	
PC 3	5.0330	4.36027	2	4.5	9.8106	1.949	194.926	
PISCIGRANJA COMERCIAL								
	PESO DE MUESTRA	VE HPLC ug/mL	Vol. Seco en mL	Vol fracc total MI	ug/Aforo	Astxantina mg/1g de muestra	Astxantina ug/100g de muestra	PROMEDIO Astaxantina ug/100g de muestra
PJ1	5.0341	4.14174	2	4.5	9.3189	1.851	185.116	186.68
PJ2	5.0250	4.23245	2	4.5	9.5230	1.895	189.513	
PJ3	5.0410	4.1538	2	4.5	9.3461	1.854	185.401	

DATOS DE EXTRACCION DE ASTAXANTINA EN HPLC DAD								
RIO JUVENIL								
	PESO DE MUESTRA	VE HPLC ug/mL	Vol. Seco en mL	Vol fracc total MI	ug/Aforo	Astxantina mg/1g de muestra	Astxantina ug/100g de muestra	PROMEDIO Astaxantina ug/100g de muestra
RJ 1	5.2213	0	2	4.5	0.0000	0.000	0.000	0
RJ 2	5.0596	0	2	4.5	0.0000	0.000	0.000	
RJ 3	5.2890	0	2	4	0.0000	0.000	0.000	
RIO COMERCIAL								
	PESO DE MUESTRA	VE HPLC ug/mL	Vol. Seco en mL	Vol fracc total mL	ug/Aforo	Astxantina mg/1g de muestra	Astxantina ug/100g de muestra	PROMEDIO Astaxantina ug/100g de muestra
RC 1	5.0261	0	2	4.5	0.0000	0.000	0.000	0

RC 2	5.0510	0	2	4	0.0000	0.000	0.000
RC 3	5.0636	0	2	4.5	0.0000	0.000	0.000

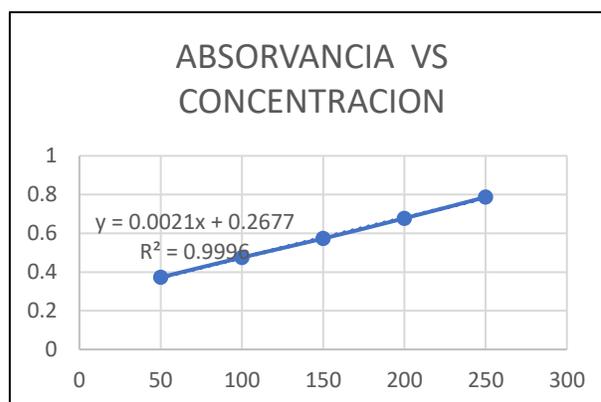
TRUCHA ARCOIRIS		astaxantina (ug /100 gramos)			promedio ug /100 gramos)	promedio mg /100 gramos)
Origen	Estadio	prueba 1	prueba 2	prueba 3		
piscigranja	P. juvenil	185.116	189.513	185.401	186.676	1.867
	P.comercial	194.543	195.925	194.926	195.131	1.951
rio	R. juvenil	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	R.comercial	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



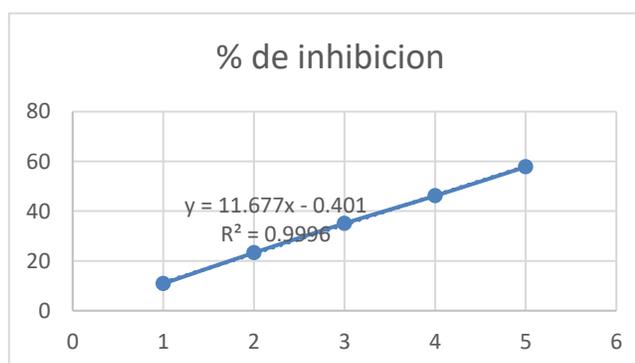
ANEXO N° 11

CURVA DE CALIBRACION DE PATRON TROLOX- DPPH

CONCENTRACION ug/mL	ABSORVANCIAS nm
0	0.750
50	0.3724
100	0.4752
150	0.5729
200	0.6773
250	0.7867



CONCENTRACION ug/mL	% INHIBICION
1	10.86
2	23.26
3	35.08
4	46.15
5	57.8



Muestras	Concentración de muestra que inhibe al 50% del radical DPPH las muestras					Promedio equivalente trolox IC50 umol/ 100gr de muestra
	m 1	m 2	m 3	m 4	m 5	
Pisc juvenil	1.847	1.8966	1.8716	1.8965	1.853	1.87
Pisc comercial	1.235	1.2555	1.2605	1.2503	1.272	1.25
Rio juvenil	5.6151	5.5074	6.2065	5.9785	6.032	5.87
Rio comercial	3.4623	3.5548	3.7261	3.592	3.4798	3.56

los resultados obtenidos en la determinación de actividad antioxidantes expresan el coeficiente de inhibición al 50% en 100% de muestra los valores bajos poseen mayor actividad antioxidante

ANEXO N° 12

PANEL FOTOGRAFICO

Recolección de trucha arcoíris
(ONCORHYNCHUS MYKIS)

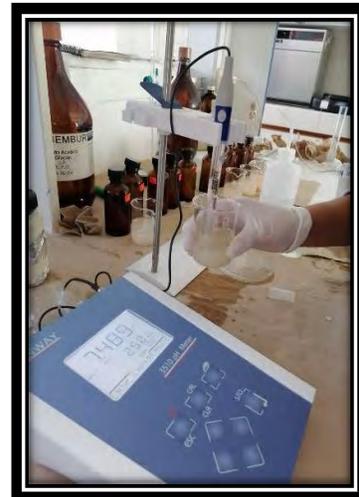


Análisis fisicoquímico de la muestra

Determinación de humedad



Determinación del pH



Determinación de la acidez



Determinación del valor de peróxido



Determinar la capacidad antioxidante total



Cuantificación de carotenoides



CUANTIFICACIÓN DE ASTAXANTINA

PREPARACION DEL ESTANDAR ASTAXANTINA

EXTRACCION DE LA ASTAXANTINA

