



UNAP



**FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN HUMANA**

TESIS

**CALIDAD NUTRITIVA Y MICROBIOLÓGICA DE COLÁGENO EXTRAÍDO
A PARTIR DE ESCAMAS DE PECES AMAZÓNICOS**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
LICENCIADO EN BROMATOLOGÍA Y NUTRICIÓN HUMANA**

PRESENTADO POR:

DIEGO JHONATAN PANDURO SARMIENTO

ASESORES:

Blga. JESSY PATRICIA VÁSQUEZ CHUMBE, Mgr.

Lic. ALEXANDER JAVIER IMAN TORRES, M.Sc.

Lic. MIRIAM ALVA ÁNGULO, Mgr.

IQUITOS, PERÚ

2023



UNAP

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Escuela Profesional de
Bromatología y Nutrición Humana

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 09-CGT-FIA-UNAP-2023

A los 07 días del mes de agosto de 2023, a horas 12:00, en las instalaciones de la Sala de Reuniones de Decanatura, de la Facultad de Industrias Alimentarias, en la Ciudad Universitaria Zungarococha dando inicio a la Sustentación Pública de la Tesis Titulada: "CALIDAD NUTRITIVA Y MICROBIOLÓGICA DE COLÁGENO EXTRAÍDO A PARTIR DE ESCAMAS DE PECES AMAZÓNICO", presentado por el Bachiller, DIEGO JHONATAN PANDURO SARMIENTO, para optar el Título Profesional de Licenciado (a) en Bromatología y Nutrición Humana, que otorga la Universidad de acuerdo a Ley y Estatuto.

El Jurado Calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal N° 0287-FIA-UNAP-2023 del 11 de julio de 2023, está integrado por:

- Ing. ALENGUER GERÓNIMO ALVA ARÉVALO, Dr.
- Ing. RAFAEL SEGUNDO VELA PAREDES, Mgr.
- Lic. JOE FERNANDO GERÓNIMO HUETE, Mgr.

Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: Satisfactoriamente

El Jurado después de las deliberaciones correspondientes, llevo a las siguientes conclusiones:

La sustentación pública y la tesis ha sido: Aprobado con la calificación Buena

Estando el(la) bachiller apto(a) para obtener el Título Profesional de Licenciado(a) en Bromatología y Nutrición Humana, Siendo las 1:15 pm se dio por terminado el acto de sustentación.

Presidente
Ing. ALENGUER GERÓNIMO ALVA ARÉVALO, Dr.
CIP: 45167

Miembro
Ing. RAFAEL SEGUNDO VELA PAREDES, Mgr.
CIP: 227829

Miembro
Lic. JOE FERNANDO GERÓNIMO HUETE, Mgr.
CNP: 4220

Asesor
Lic. MIRIAM RÚTH ALVA ANGULO, Mgr.
CNP: 130

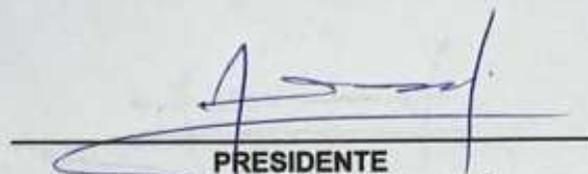
Asesor
Blga. JESSY PATRICIA VÁSQUEZ CHUMBE, Mtra.
CBP: 2584

Asesor
Lic. ALEXANDER JAVIER IMAN TORRES, Mgr.
CNP:6832



JURADO Y ASESORES

TESIS APROBADA EN SUSTENTACION PUBLICA, EN LA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA, EL DIA 7 DEL MES DE AGOSTO DEL AÑO 2023, POR EL JURADO CALIFICADOR CONFORMADO POR:



PRESIDENTE

Ing. ALENGUER GERÓNIMO ALVA ARÉVALO. Dr.
CIP: 45167



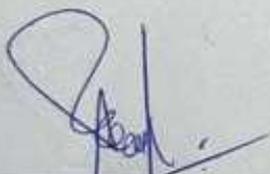
MIEMBRO

Ing. RAFAEL SEGUNDO VELA PAREDES, Mgr.
CIP: 227829



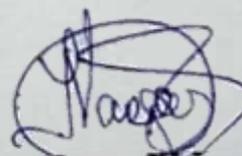
MIEMBRO

Lic. JOE FERNANDO GERÓNIMO HUETE, Mgr.
CNP: 4220



ASESORA

Lic. MIRIAM RUTH ALVA ANGULO, Mgr.
CNP: 130



ASESORA

Blga. JESSY PATRICIA VÁSQUEZ CHUMBE, Mtra.
CBP: 2584



ASESOR

Lic. ALEXANDER JAVIER IMAN TORRES, Mgr.
CNP: 6832

NOMBRE DEL TRABAJO

FIA_TESIS_PANDURO SARMIENTO.pdf

AUTOR

DIEGO JHONATAN PANDURO SARMIEN
TO

RECUENTO DE PALABRAS

8404 Words

RECUENTO DE CARACTERES

42660 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

34 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

747.5KB

FECHA DE ENTREGA

Jan 22, 2024 3:20 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Jan 22, 2024 3:21 PM GMT-5

● **26% de similitud general**

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

- 15% Base de datos de Internet
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- Base de datos de contenido publicado de Crossref
- 22% Base de datos de trabajos entregados

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

DEDICATORIA

Esta tesis de pregrado es dedicada a Dios, por darme salud y ser guía de mis proyectos de mi vida. A mis padres Jorge Panduro y Rosa Sarmiento que son mi soporte incondicional y motivación para ser un profesional, quienes lograron inculcarme en el camino del bien, con valores y consejos.

También es dedicado a las personas quienes en busca de información e interés por la investigación siga adelante en su vida, y que siempre podrán realizar cosas maravillosas al terminar un proyecto y ciclos en su vida.

DIEGO JHONATAN PANDURO SARMIENTO

AGRADECIMIENTOS

Agradecido con mi alma mater que es la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, por el financiamiento del proyecto “Calidad de colágeno obtenido a partir de escamas de pescado de agua dulce” a través del Vicerrectorado de Investigación, aprobado con “Resolución Rectoral N° 0283-2022-UNAP”.

A mis mentores y asesores Blga. Jessy P. Vásquez Chumbe, Lic. Alexander J. Iman Torres y Lic. Miriam Alva Angulo quienes me invitaron a formar parte de este estudio tan importante y en apoyarnos para terminar este maravilloso e interesante proyecto.

Agradezco al Dr. Gabriel Vargas Arana por permitirnos usar sus equipos de laboratorio para concluir el proyecto. A la Ing. Klaramelia Ramón Carpio, quien apoyó guiándonos por su experiencia y conocimiento en este estudio.

También a mis jefes y compañeros de laburo, que me dieron su apoyo en los horarios, sin estos permisos no sería posible finalizar este trabajo de tesis.

A mis amigos Mayra, Fiorella, Shina, Christian, quienes fueron de mucho apoyo en momentos que les necesitaba durante mi enfermedad y mis horarios de viaje de trabajo; Pamela, Jhon, Junior, Alejandro y Glensy, que me dieron su apoyo emocional y no rendirme. Y no puede faltar a mis padres y hermanos, quienes fueron mi mayor soporte emocional cuando quise desistir, gracias a ellos pude concluir esta investigación.

¡Gracias por todo!

INDICE

Portada	i
Acta de Sustentación	ii
Jurado y Asesores	iii
Resultado del Informe de similitud	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Indice de Contenido	vii
Indice de tablas	viii
Indice de Figuras	ix
Resumen	x
Abstract	xi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEORICO	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	5
1.3 Definición de términos básicos	11
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	13
2.1 Formulación de la hipótesis	13
2.2 Variables y su operacionalización	14
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	15
3.1 Tipo y diseño	15
3.2 Diseño muestral	15
3.3 Procedimiento de recolección de datos	16
3.4 Procesamiento y análisis de los datos	22
3.5 Aspectos éticos	22
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	23
CAPITULO V: DISCUSIÓN	27
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	31
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES	32
CAPITULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN	33
ANEXOS	39

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de colágeno	6
Tabla 2: Parámetros fisicoquímicos.	10
Tabla 3: Indicadores microbiológicos.	10
Tabla 4: contenido de humedad, ceniza, proteína, lípidos, fibra, carbohidratos y energía de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí	23
Tabla 5: contenido de vitaminas y minerales de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí	24
Tabla 6: Contenido de minerales de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí	24
Tabla 7: contenido de aminoácidos de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí	25
Tabla 8: Análisis microbiológico de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí	26

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1: Estructura molecular de colágeno tipo I

7

RESUMEN

La investigación determinó la calidad nutricional y microbiológica de colágeno extraído de las escamas de *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico) y *Semaprochilodus insignis* (yaraquí). El estudio tuvo enfoque cuantitativo de tipo no experimental, descriptivo con alcance explicativo. Se utilizó el análisis bromatológico nutricional y microbiológico como técnicas para la obtención de datos a partir de colágeno liofilizado. Los resultados reportan valores de proteína de $28.18 \pm 0.63\%$, $45.59 \pm 0.54\%$, $33.31 \pm 0.67\%$, lípidos de $0.75 \pm 0.03\%$, $0.43 \pm 0.03\%$ y $0.40 \pm 0.02\%$, y carbohidratos $7.44 \pm 0.20\%$, $45.08 \pm 0.28\%$, $45.05 \pm 0.049\%$, para lisa, boquichico y yaraquí respectivamente. Con respecto a las vitaminas y minerales se demostró la presencia de hierro, zinc, calcio, sodio, potasio y vitamina "A", el colágeno de lisa reportó un mayor porcentaje de vitamina "A" ($10.06 \pm 0.27 \mu\text{g } \beta\text{-caroteno/g}$). El perfil de aminoácidos demostró la presencia de glicina ($216.28 \pm 0.02 \text{ mg/g}$, $109.27 \pm 0.06 \text{ mg/g}$, y $113.97 \pm 0.02 \text{ mg/g}$) y prolina ($116.49 \pm 0.01 \text{ mg/g}$, $59.45 \pm 0.05 \text{ mg/g}$, $60.56 \pm 0.01 \text{ mg/g}$) en colágeno de escamas de lisa, boquichico, y yaraquí. La calidad microbiológica reportó el recuento de mesófilos, mohos y levaduras dentro del rango permisible, así como la ausencia del patógeno *Salmonella* sp. El estudio concluye que la calidad nutricional y microbiológica del colágeno estudiado se encuentra dentro de los valores de referencia, indicando la posibilidad de usarse en la formulación de alimentos funcionales.

Palabras clave: colágeno, aminoácidos, proteínas, calidad nutricional, calidad microbiológica.

ABSTRACT

The research concludes the nutritional and microbiological quality of collagen extracted from the scales of *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico) and *Semaprochilodus insignis* (yaraquí). The study had a quantitative approach of a non-experimental, descriptive type with an explanatory scope. The nutritional and microbiological bromatological analysis was obtained as techniques for obtaining data from lyophilized collagen. The results report protein values of $28.18 \pm 0.63\%$, $45.59 \pm 0.54\%$, $33.31 \pm 0.67\%$, lipids of $0.75 \pm 0.03\%$, $0.43 \pm 0.03\%$ and $0.40 \pm 0.02\%$, and carbohydrates $7.44 \pm 0.20\%$, $45.08 \pm 0.28\%$, $45.05 \pm 0.0.49\%$, for lisa, boquichico and yaraquí respectively. With respect to vitamins and minerals, the presence of iron, zinc, calcium, sodium, potassium and vitamin "A" was found; lisa collagen reported a higher percentage of vitamin "A" ($10.06 \pm 0.27 \mu\text{g } \beta\text{-carotene/g}$). The amino acid profile emerged from the presence of glycine ($216.28 \pm 0.02 \text{ mg/g}$, $109.27 \pm 0.06 \text{ mg/g}$, and $113.97 \pm 0.02 \text{ mg/g}$) and proline ($116.49 \pm 0.01 \text{ mg/g}$, $59.45 \pm 0.05 \text{ mg/g}$, $60.56 \pm 0.01 \text{ mg/g}$) in collagen from lisa, boquichico, and yaraqui scales. The microbiological quality reported the count of mesophiles, molds and yeasts within the permissible range, as well as the absence of the pathogen *Salmonella* sp. The study concludes that the nutritional and microbiological quality of the studied collagen is within the reference values, indicating the possibility of using it in the formulation of functional foods.

Keywords: collagen, amino acids, proteins, nutritional quality, microbiological quality.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día los profesionales de la salud conocen fisiopatológicamente las características que tienen las enfermedades crónicas no transmisibles, y el efecto que tiene la dieta, estilos de vida saludable y el autocuidado; por otro lado, el consumo de medicamentos está asociada a la aparición de efectos secundarios de diversa gravedad, es por ello que la academia, la industria alimentaria y farmacológica buscan diferentes estrategias para dar a conocer los beneficios que tienen algunos productos nutracéuticos en la salud de quienes lo consumen; estudios revelan que el consumo progresivo de estos productos, mejoran la salud de las personas, y es por eso que se han generado preguntas sin resolver por parte del mundo científico sobre los efectos fisiológicos, y las propiedades nutritivas de estos (1).

El colágeno es un tipo de proteína caracterizada por una triple hélice de tres cadenas polipeptídicas y toda la familia de colágeno conjuntan estructuras supramolares en la matriz extracelular (2). La función, tamaño y distribución son diferentes debido al tipo del colágeno. Hasta ahora se han descrito 26 tipos de colágeno y posiblemente con el avance de la ciencia sea más (3). El colágeno se ha utilizado para dispositivos biomédicos, implantes dérmicos, nutricosméticos, alimentos y bebidas; capaz de formar texturas y espesores, teniendo capacidad protectora, y buen agente tensioactivo para penetrar en interfaces libres de lípidos (4).

Hay muchos estudios clínicos que avalan la suplementación del colágeno hidrolizado para reducir el dolor articular, lo utilizan como un producto nutracéutico terapéutico en el tratamiento de enfermedades degenerativas (5). Por otro lado, los subproductos del procesamiento de pescado que contienen una gran cantidad de colágeno, como piel, aletas, huesos y escamas de pescado, se están convirtiendo en fuentes alternativas potenciales para la producción de colágeno (6). En ese sentido nuestra investigación busco establecer la calidad nutricional y microbiológica de colágeno obtenido a partir de estas escamas. El estudio implementa un nuevo concepto de la suplementación alimenticia, analizando un producto innovador en la región y buscando sus propiedades con respecto a la cantidad de

proteínas, carbohidratos, lípidos, fibra, vitaminas y mineral que este pueda tener, asegurando que se encuentre microbiológicamente apto para el consumo humano y como ingrediente en la formulación de alimentos funcionales.

CAPITULO I: MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

Quispe y Gutiérrez (7), obtuvieron colágeno a partir de los residuos de trucha y determinaron el rendimiento y su aplicación como gelatina, investigación experimental que tuvo tres etapas, la primera, caracterización fisicoquímico proximal de los residuos de la trucha, la segunda etapa fue la extracción del colágeno y la tercera parte fue la caracterización del colágeno (peso molecular, aminoácidos, análisis fisicoquímico proximal y su aplicación como gelatina). Para la extracción del colágeno utilizaron 3 variables independientes, ácido cítrico, (0.2 – 0.7 M), temperatura (40-60 °C) y tiempo (60-180 min). Como resultado el colágeno extraído tuvo valores máximos de concentración de ácido acético 0.7%, temperatura 60 °C y tiempo 120 minutos, cuyo peso molecular fue de 97-98 kDa. Se evaluó las propiedades del colágeno mediante humedad (Método NTP 209.008), grasa (método NTP 209.093), proteínas (método 2.057 de la AOAC), ceniza (método 2.173 de la AOAC), carbohidratos (método 31.043 de la AOAC) y por último energía que se determinó por cálculo (la suma de la multiplicación por cada gramo de proteínas, carbohidratos y grasas). Los resultados en base húmeda fueron 2.79 % de proteínas, 0.14% de grasa, 0.19% de ceniza, 96.89% de humedad, 0.00% de fibra, 00% de carbohidratos y 12.42 kcal/100 g de energía. El rendimiento de colágeno fue de 16.97%. El análisis sensorial se realizó mediante una encuesta hedónica donde evaluó sabor, aroma, textura, aspecto una vez elaborado la gelatina. El estudio concluye que logró extraer colágeno con buena calidad nutritiva y aceptación sensorial.

Alzamora *et al* (8), extrajeron colágeno a partir de escamas de mero (*Acanthistius pictus*), con metodología de extracción sólido-liquido, y lo caracterizaron, investigación experimental sometió a las escamas a varios lavados con agua potable y al final con una solución sanitizante para eliminar impurezas, luego se mezclaron con agua en diferentes proporciones 1:2; 1:4; 1:6, a temperaturas de 35-40°C y 85°C. Posterior a ello se trituró con ayuda de una licuadora y se filtró. Asimismo, se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos. Los resultados fisicoquímicos y microbiológicos reportan resultados dentro de los límites aceptables, así como la evaluación sensorial

alcanzo un nivel bueno de aceptabilidad. Concluyeron que tanto la temperatura como las proporciones de escamas con agua no eran estadísticamente significativas, por lo que todas las muestras extraídas, reportaron ser colágeno tipo I

Cárdenas y Samaniego (9) llevaron a cabo un estudio para la obtención y caracterización fisicoquímica proximal y sensorial de colágeno a base de escamas de pescado y aguaymanto (*Physalis peruviana*), la investigación fue aplicativo y experimental siguiendo la metodología correlacional, descriptiva e inferencial, extrajeron el colágeno de escamas de pescado mediante un tratamiento básico y ácido en una temperatura de 80°C a baño maría. Al colágeno obtenido determinaron el potencial de hidrógeno, acidez titulable mediante y sólidos solubles mediante el método AOAC (1994); también se evaluó la composición químico proximal mediante la metodología de la AOAC (2000 y 2012). Los resultados reportan, que el mejor tratamiento (T3) tiene valores de pH 4.14; Brix 5.08° y acidez 0.62 mg ácido ascórbico/100 g, su composición químico proximal reporto valores de humedad 92.93%; proteína 2.21%; grasa 0.021%; fibra 0.12%; ceniza 1.18%; carbohidratos 4.01%, sensorialmente el T3 tuvo mayor aceptación. Concluyendo que la gelatina obtenida es aceptada sensorialmente, encontrándose óptima para el consumo humano.

Cisneros (10), utilizando la piel de Paiche (*Arapaima gigas*) obtuvo colágeno, estudio de tipo descriptivo y diseño experimental, que consistió en 3 etapas: macerado, neutralización y extracción. Como resultado, la mejor variable de temperatura fue a 70°C con tiempo de 3 horas teniendo en cuenta la fuerza de gel que fue 962 gr/cm². La calidad del colágeno se determinó en base húmeda, mediante método AOAC 934.01 (2012), cenizas mediante método AOAC 942.05 (2012), grasas por método Soxhlet con hexano AOAC 920.39 (2012) y proteínas por método Kjeldahl, AOAC 954.01 (2012). El análisis microbiológico se basó en DS 007.98 (Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de alimentos y bebidas) el análisis microbiológico para gelatina, Coliformes totales, ICMSF (1983) *Staphylococcus aureus*, ICMSF (1983) Mohos y levaduras, ICMSF (1983). Se reporto resultado de proteína en 90% y humedad de 10% y valores de los indicadores microbiológicos

dentro de los rangos permitidos. Concluyeron que el producto final tiene un alto porcentaje de proteína y se encuentra apto para el consumo humano.

Silvera (11), determinó parámetros óptimos para la extracción y caracterización del colágeno a partir de piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*). El estudio fue de tipo aplicativo y cuantitativo con diseño experimental. Se evaluó 3 tipos de condiciones para la extracción del colágeno y observar la funcionalidad del rendimiento de colágeno seco obtenido, para eso se realizaron 12 ensayos experimentales evaluando la temperatura de 50 °C y 70°C, con un tiempo de 3 y 5 horas cuya concentración de ácido cítrico fue de 0.3%, 0,5% y 0,7%. Se utilizó el análisis de varianza ANOVA y para la comparación se utilizó pruebas de rangos múltiples de TUKEY. Los resultados muestran que el mejor tratamiento reportó porcentajes de 54,14±0,90 % de proteína; 2,77±0,01% de cenizas totales; 68,18±1,96% de humedad y una densidad aparente de 0,82 g/ml. Concluyendo que a mayor tiempo de extracción se obtiene mejor rendimiento del colágeno, las concentraciones de ácido cítrico no hay diferencias significativas.

1.2 Bases Teóricas

1.2.1. Colágeno: características, estructura, principales funciones y aplicaciones.

Es la proteína más abundante de la matriz extracelular; también es la proteína de origen animal más abundante, ya que representa el 25-30% de todas las proteínas que se encuentran en los organismos animales. Es un constituyente importante de todos los tejidos conectivos del cuerpo, incluidos los músculos, la dentadura, los huesos y la epidermis (12).

Colágeno también se describe como parte de 27 proteínas isomorfas que se encuentran en el tejido conectivo del cuerpo(13). Formados por péptidos de aminoácidos, glicina, prolina, lisina, hidroxiprolina, hidroxiprolina y alanina, y están organizadas en paralelo en forma de eje, que forman fibras de colágeno cuyas estructuras son fuerte y elástica (14).

El colágeno se agrupa según estructura y organización supramolecular, estas pueden ser fibrillas asociados al colágeno (FACIT), red

de colágeno formadores de fibrillas de anclaje, trabajo, colágenos de membrana basal y otros con funciones únicas (3).

Tabla 1: Tipos de colágeno

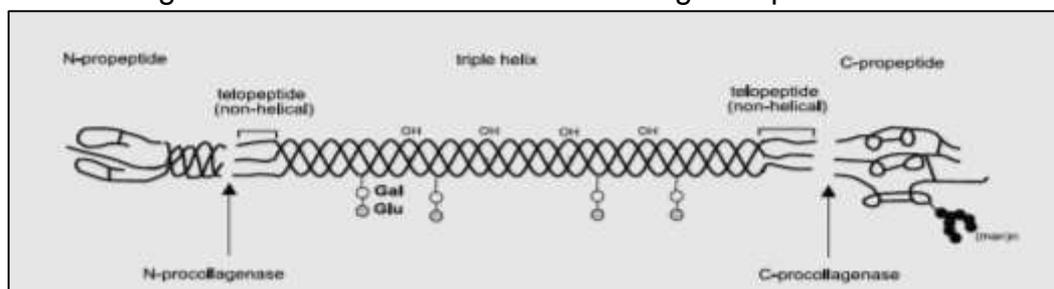
Tipo	Composición molecular	Genes (localización genómica)	Distribución tisular
Colágenos formadores de fibrillas			
I	$[\alpha 1(I)]_2\alpha 2(I)$	COL1A1 (17q21.31–q22) COL1A2 (7q22.1)	hueso, dermis, tendón, ligamentos, córnea
II	$[\alpha 1(II)]_3$	COL2A1 (12q13.11 – q13.2)	Cartílago, cuerpo vítreo, núcleo pulposo
III	$[\alpha 1(III)]_3$	COL3A1 (2q31)	Piel, pared vascular, fibras reticulares de la mayoría de los tejidos (pulmones, hígado, bazo, etc.)
V	$\alpha 1(V),\alpha 2(V),\alpha 3(V)$	COL5A1 (9q34.2– q34.3) COL5A2 (2q31) COL5A3 (19p13.2)	Pulmón, córnea, hueso, membranas fetales; junto con colágeno tipo I
XI	$\alpha 1(XI)\alpha 2(XI)\alpha 3(XI)$	COL11A1 (1p21) COL11A2 (6p21.3) COL11A3 = COL2A1	Cartílago, cuerpo vítreo.
Colágenos de la membrana basal			
IV	$[\alpha 1(IV)]_2\alpha 2(IV); \alpha 1-\alpha 6$	COL4A1 (13q34) COL4A2 (13q34) COL4A3 (2q36– q37) COL4A4 (2q36– q37) COL4A5 (Xq22.3) COL4A6 (Xp22.3)	Membranas basales
Colágeno microfibrilar			
VI	$\alpha 1(VI),\alpha 2(VI),\alpha 3(VI)$	COL6A1 (21q22.3) COL6A2 (21q22.3) COL6A3 (2q37) <i>Anclaje de fibrillas</i>	Generalizado: dermis, cartílago, placenta, pulmones, pared vascular, disco intervertebral.
VII	$[\alpha 1(VII)]_3$	COL7A1 (3p21.3)	Piel, uniones dérmico-epidérmica; mucosa oral, cuello uterino,
Colágenos formadores de redes hexagonales			
VIII	$[\alpha 1(VIII)]_2\alpha 2(VIII)$	COL8A1 (3q12– q13.1) COL8A2 (1p34.3– p32.3)	Células endoteliales, membrana de Descemet.
X	$[\alpha 3(X)]_3$	COL10A1 (6q21– q22.3)	Cartílago hipertrófico.
Colágenos FACIT			
IX	$\alpha 1(IX)\alpha 2(IX)\alpha 3(IX)$	COL9A1 (6q13) COL9A2 (1p33– p32.2)	Cartílago, humor vítreo, córnea.
XII	$[\alpha 1(XII)]_3$	COL12A1 (6q12– q13)	Pericondrio, ligamentos, tendón
XIV	$[\alpha 1(XIV)]_3$	COL9A1 (8q23)	dermis, tendón, pared vascular, placenta, pulmones, hígado
XIX	$[\alpha 1(XIX)]_3$	COL19A1 (6q12– q14)	Rbdomiosarcoma humano
XX	$[\alpha 1(XX)]_3$	COL20A1 (6p12.2– 11.1)	Epitelio corneal, piel embrionaria, cartílago esternal, tendón
XXI	$[\alpha 1(XXI)]_3$	COL21A1 (6p12.3– 11.2)	Pared del vaso sanguíneo

Colágenos transmembrana			
XIII	$[\alpha 1(\text{XIII})]_3$	COL13A1 (10q22)	Epidermis, folículo piloso, endomisio, intestino, condrocitos, pulmones, hígado
XVII	$[\alpha 1(\text{XVII})]_3$	COL17A1 (10q24.3)	Uniones dérmica-epidérmica
Multiplexinas			
XV	$[\alpha 1(\text{XV})]_3$	COL15A1 (9q21– q22)	Fibroblastos, células de músculo liso, riñón, páncreas
XVI	$[\alpha 1(\text{XVI})]_3$	COL16A1 (1p34)	Fibroblastos, amnios, queratinocitos
XVII I	$[\alpha 1(\text{XVIII})]_3$	COL18A1 (21q22.3)	Pulmones, hígado
XV	$[\alpha 1(\text{XV})]_3$	COL15A1 (9q21– q22)	Fibroblastos, células de músculo liso, riñón, páncreas

Fuente: Principios de bioquímica médica (15)

Todo el miembro de la familia de los colágenos tiene una triple hélice compuesta por tres cadenas α . La formación del triple hélice necesita un residuo de glicina, en cada posición de las cadenas polipéptidas (Gly-XY), que caracteriza al colágeno (3).

Figura 1: Estructura molecular de colágeno tipo I



Fuente: Principios de bioquímica médica (15)

Estas cadenas tienen un eje central, este residuo de glicina se colocan en todo el centro de la triple hélice. La posición X y Y está ocupada por la prolina e hidroxiprolina, según tipo de gen. El 4-hidroxiprolina es fundamental para la formación de enlaces de hidrogeno intramoleculares debido a que cumple una función de estabilidad de la triple hélice. Cabe resaltar que algunas hidroxilisinas son modificadas por glicosilación. La longitud de la triple hélice varía según tipo de colágeno, esto está relacionado con la repetición de formación de hélice (Gly-XY) que se encuentran en colágenos formadores de fibrillas (I, II, III) que miden entre 300 nm que corresponde 1000

aminoácidos, en otros casos son más cortos o no contienen triple hélices, una de ellas es el colágeno VI o X que contienen alrededor de 200 a 460 aminoácidos (3)

La triple hélice es importante debido a que representa la mayor parte de las fibrillas formadoras de colágeno; el propéptido C forma la triple hélice, mientras que el N-propéptido está involucrado en la regulación del diámetro de fibrillas (16).

Actualmente para la obtención del colágeno se utilizan la piel, huesos y cartílagos bovinos y porcinos. Para obtener colágeno a partir de estos animales, el costo es muy elevado, así también como la crianza de estos, por ello se ha recurrido a buscar otros recursos, como patas de aves, medusas, escamas de pescado, piel de sapo, entre otros (17) .

El colágeno tiene varios usos y aplicaciones como en el campo deportivo, reduciendo el riesgo de deterioro de las articulaciones (18).

También en la industria cosmética se ha utilizado el colágeno para grandes beneficios estéticos tras la cicatrización de accidentes y antienvjecimiento (19)(20).También se aplica en usos médicos (21).

Se dice que el colágeno interviene en la contextura de la piel, es decir, al formarse arrugas significa la disminución de la síntesis de colágeno y esto a su vez aumenta el nivel de la colagenasa. El colágeno de escamas de pescado tiene efecto protector en la inhibición de la deshidratación de la piel inducida por luz ultravioleta B (UV-B), evita la hiperplasia epidérmica y la disminución del colágeno tipo 1 soluble, prueba que fue realizada en ratones sin pelo (22).

Durante el consumo prolongado durante 6 semanas de péptidos de colágeno de pescado, estudio de Petersen et al (23) evidencio la mejora de la hidratación y brillo de la piel, no se reportaron efectos secundarios ni sistémicos.

Los péptidos de colágeno de pescado tienen efecto protector en cuento a injuria hepática alcohólica temprana al interponerse con exceso en

el colesterol total y triglicéridos. Además, tiene un efecto beneficioso en la recuperación de úlceras gástricas (24,25).

Los péptidos de colágeno de pescado también tienen efecto protector en células endoteliales vasculares de la arteria carótida debido a la reducción de nivel de glucosa en sangre (26,27) . Ayuda a mejorar los niveles de glucosa y lípidos, mejora la sensibilidad a la insulina, función renal, y controla la hipertensión arterial en pacientes con diabetes tipo 2 (28).

El colágeno también tiene participación en el sistema óseo, promoviendo la síntesis de matriz cartilaginosa y reduce el dolor en pacientes con osteoartritis (29), sin embargo, refieren otros estudios realizados administrados con 1200 mg/d a personas con dolores de miembros inferiores, superiores y la zona lumbar, la cual no desarrollaron alguna mejoría, que aún seguirá siendo tema de investigación (30).

La influencia del uso del colágeno en el deporte ha venido creciendo día a día, para lograr objetivos deportivos, existe mayor prevalencia de lesiones articulares y osteoartritis a largo plazo (29). Esto se podría reducir con la ingesta de vitamina C para aumentar la síntesis de colágeno, a través de la hidroxilación de lisina y prolina, que forman las hélices de colágeno y el entrecruzamiento intermolecular (31). Los dolores o molestias articulares reducen al ingerir dosis de colágeno hidrolizado 5 durante 12 semanas (32).

La composición corporal o la fuerza muscular ha visto una mejoría al consumir 15g de colágeno hidrolizado durante 3 meses aquellos individuos que realizan ejercicios de resistencia, a la vez ayuda en la fuerza muscular y ayuda a disminuir a lo largo del tiempo (32).

1.2.2. Caracterización del colágeno

El Perú no cuenta con alguna Norma Técnica que involucre la producción del colágeno a base de recursos hidrológicos para la caracterización de estos, sin embargo, existe una norma técnica de Colombia por lo que se usó como base teórica: Norma Técnica Colombiana- NTC 3750/ Productos para la industria cosmética. Colágeno Soluble.

1.2.2.1. Fisicoquímicos

Tabla 2: Parámetros fisicoquímicos.

REQUISITOS	VALOR
Ph	7-8
Contenido de solidos (%)	5 max.
Hidroxiprolina (%)	0.134 máx.
Colageno soluble (%)	1 min.
Cenizas (%)	1 máx.

Fuente: Norma Técnica Colombiana – NTC 3750/ Productos para la industria cosmética colágeno soluble (33).

1.2.2.2. Microbiológicos

Tabla 3: Indicadores microbiológicos.

REQUISITOS	VALOR
Recuento total de mesófilos	<100 UFC/ml
Microorganismos patógenos	Ausentes
Hongos y levaduras	<10 UFC/ml

Fuente: Norma Técnica Colombiana – NTC 3750/ Productos para la industria cosmética colágeno soluble (33).

1.2.3. Composición nutricional

La composición nutricional proximal del colágeno de un estudio realizado en Perú, extraído de residuos (espinazos, espinas, escamas) y colágeno de los residuos, solubilizaron con una solución de sodio y con varios lavados, cuyos resultados se muestran en la Tabla 4 (34).

Tabla 4: composición nutricional

MUESTRA	COMPOSICIÓN NUTRICIONAL (%)				
	HUMEDAD	GRASA	CENIZA	PROTEINA	HIDROXIPROLINA
Residuos (espinazos, espinas, escamas)	62,8±4,9	7,3±1,6	15,3±2,1	10,8±2,1	6,5±1,6
Colágeno de los residuos	8,0±2,8	0,3±0,08	0,7±0,02	87,6±3,9	52,9±2,9

1.3 Definición De Términos Básicos

- **Análisis microbiológico:** es aquella prueba realizaba para determinar microorganismos específicos para sustancias que se quieren comprobar (35).
- **Análisis nutricional:** es aquella prueba realizada para determinar valores nutricionales de un alimento, valores como carbohidratos, grasa, proteínas, cenizas y minerales (36).
- **Colágeno:** se define colágeno a la proteína insoluble de tejido conjuntivo presente en los animales, como los huesos, la piel, tendones y cartílagos (37).
- **Escamas de Pescado:** estructuras que consisten en láminas rígidas más o menos flexibles que trazan un gran número de líneas concéntricas y canales radiculares (38).
- **Megaleporinus trifasciatus:** es un pez que habita en las aguas dulces del Amazonas de Perú y Brasil. Viven en aguas templadas – calientes (39).

- ***Prochilodus nigricans***: es la especie hidrobiológica más explotada por la pesca comercial en la Amazonia; como recurso, es vital para el abastecimiento alimentario y la situación socioeconómica de la región. (40).
- **Proteína**: macromoléculas esenciales para la estructura y función de una célula, constituyen más del cincuenta por ciento del peso seco de una célula. Las proteínas pueden representar más de la mitad del peso seco de una célula. (41).
- ***Semaprochilodus insignis***: es especie de pez de la familia *Prochilodontidae* conocida popularmente en el Perú como yaraquí, que alcanza un tamaño máximo de 30 cm (42).

CAPITULO II: HIPOTESIS Y VARIABLES

2.1 Hipótesis

A partir de escamas de los peces *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico), y *Semaprochilodus insignis* (yaraquí) provenientes de río, se obtuvo colágeno de buena calidad nutricional, y microbiológica.

2.2. Variables y su operacionalización

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	TIPO POR SU NATURALEZA	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORÍA	VALORES DE CATEGORÍA	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Independiente							
Colágeno	Es la proteína más prevalente en la matriz extracelular, es también la proteína más abundante de origen animal y representa aproximadamente el 25-30% de todas las proteínas que se encuentran en las criaturas animales.	Cuantitativa	Porciones Según Análisis	Razón	Peso	Gramos	Balanza Analítica
Variable dependiente							
Calidad nutricional	La calidad nutritiva es aquel examen de laboratorio con métodos tecnológicos para obtener los macronutrientes y micronutrientes que contiene el colágeno extraídos de las escamas de los peces, que beneficiaran al consumidor.	Cuantitativo	-Cenizas. -Carbohidratos -Fibra -Lípidos. -Proteínas. -Energía -Vitaminas -Minerales -Aminoácidos	Continua	-	-	Reporte de análisis
Calidad microbiológica	La calidad microbiológica es aquel producto que ha sido analizado y ha sido puesto en prueba a través de exámenes de laboratorio con estándares y protocolos para garantizar que el producto sea apto para el consumo humano y no ocasione daño al consumidor.	Coliformes Mohos Staphylococcus aureus	Análisis microbiológico	Continua	Mesófilos Mohos Levaduras Salmonella	<100 UFC/ml <10 UFC/ml <10 UFC/ml Ausentes	Reporte de análisis

CAPITULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y Diseño

El estudio tuvo un enfoque cuantitativo, no experimental, de tipo descriptivo. No experimental, porque no se manipularon variables, descriptivo porque evaluó las características físico, químicas, y microbiológicas.

3.2. Diseño muestral

La unidad de análisis y muestreo fue el colágeno de escamas de *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico) y *Semaprochilodus insignis* (yaraquí) de río, que fue proporcionada por el trabajo previo de Aibar (43), estudio financiado por la Universidad nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) con resolución rectoral N°1151-2020-UNAP donde se extrajo el colágeno de las escamas de las especies en mención, facilitándonos los colágenos óptimos obtenidos en su investigación.

3.2.1. Población y muestra

3.2.1.1. Población

Se usó el colágeno obtenido de escamas de las especies hidrobiológicas *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico) y *Semaprochilodus insignis* (yaraquí).

3.2.1.2. Muestra

Como muestra se utilizó 100 gramos de colágeno liofilizado de *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico) y *Semaprochilodus insignis* (yaraquí).

3.2.2. Criterios de inclusión y exclusión

3.2.2.1. Criterios de inclusión

Se utilizó colágeno que fue caracterizado previamente para identificar el tipo de colágeno, bajo criterios de optimización del mejor tratamiento en condiciones según tipo de ácido y temperatura.

3.2.2.2. Criterios de exclusión

Se excluyeron a las muestras de colágeno que no fueron caracterizados según tipo de colágeno, bajo criterios de optimización del mejor tratamiento en condiciones según tipos de ácido y temperatura.

3.3. Procedimiento de recolección de datos

3.3.1. Técnica

La técnica que se empleó en el estudio fue el análisis bromatológico.

3.3.2. Instrumentos

Como instrumentos de recolección de datos se utilizaron fichas y/o reportes de resultados de análisis de laboratorio tanto fisicoquímico como microbiológico.

También se utilizaron reactivos, materiales y equipos de laboratorio, como se detalla el cual se detalla:

- ✓ **Reactivos:** ácido sulfúrico, hexano, sulfato de cobre, rojo de metilo (SPECTRUM CHEMICAL MFG CORP), así como Alcohol puro de 96° (HERSIL), Hidróxido de sodio, β -caroteno, acetona, éter, 2,6-dinitrofenolindofenol, ácido oxálico, ácido clorhídrico, 2-L-ácido amino butírico, 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato (AQC)caldo lactosa, caldo rappaport, caldo lauril sulfato, agua peptonada, agar Plate Count, agar Baird-Parker y caldo BHI infusión cerebro corazón, plasma de conejo (MERCK, Alemania).
- ✓ **Materiales:** vaso de precipitado, fiolas de 10, 25, y 50 mL, probetas graduadas, pipetas graduadas, pinzas, matraz de Erlenmeyer de 100, y 250 mL, balón de vidrio de 250 mL, crisoles, placas Petri, pipetas graduadas, asa bacteriológica, tips para micropipetas, jeringa de PTFE de 0,45 μ m, bata de laboratorio, guantes, y cofias.
- ✓ **Equipos:** mufla (FURNANCE 1400 THERMOLYNE, España), estufa (P SELECTA, España), equipo soxhlet (FISATOM, Colombia), equipo completo Kjeldahl (BEHR, Alemania), cocina eléctrica (FINEZZA, Perú), contador de colonias (P-SELECTA – COLONY COUNTER- España), refrigeradora (Indurama, Ecuador),

cromatógrafo de gases (Hitachi, Japón), incubadora (MMM GROUP INCUCCELL 111, Alemania), Espectrómetro de emisión atómica (ICP-OES, ELMER Optima 5300DV, Pekín), Cromatógrafo líquida de alta performance-HAPLC (PERKINELMER, España)

3.3.3. Procedimientos analíticos

3.3.3.1. Calidad bromatológica y nutricional

3.3.3.1.1. Análisis de humedad

Se realizó siguiendo el procedimiento de la AOAC (2012) 31.103 (44). Se pesaron aproximadamente 2 - 5 g de muestra en una placa Petri y se depositaron en una estufa graduada a 105 °C durante aproximadamente 4 - 5 horas, o hasta que el peso se mantuviera constante. Antes de obtener el peso final, se sacó la placa de Petri del horno y se colocó en el desecador para enfriarla. El cálculo del porcentaje de humedad será realizado con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ humedad} = \frac{P. \text{placa} + \text{muestra} - P. \text{placa} + \text{materia seca}}{P. \text{muestra.}} \times 100$$

3.3.3.1.2. Análisis de cenizas

La determinación de cenizas se realizó siguiendo la metodología de la AOAC (2012) 7.009 (44). Se pesaron 5 gramos de muestra y se depositaron en crisoles de porcelana previamente pesados para su posterior incineración en mufla a 550°C durante cinco horas. Transcurrido este tiempo, los crisoles fueron trasladados al desecador para su enfriamiento antes de ser pesados para el cálculo correspondiente. El resultado se expresó mediante la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso crisol con residuo (g)} - \text{peso crisol vacío (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

3.3.3.1.3. Análisis de proteínas

La proteína fue determinada mediante cromatografía líquida de alta performance- HPLC, utilizando el método AccQ•Tag de derivatización precolumna (45). Se pesaron 25 mg de muestra y se hidrolizó con 2 mL de HCl 6 N a una temperatura de 100 °C durante 24h. Luego, se transfirió 50 µL del hidrolizado a un tubo de ensayo y se añadió 100µL de estándar interno 2-L-Ácido aminobutírico 2,5 mM y 4850 µL de agua ultrapura. La solución fue filtrada en filtros de jeringa de PTFE de 0,45 µm. Luego, 10 µL de la solución filtrada fue derivatizada utilizando el reactivo 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato (AQC) de acuerdo con las instrucciones del kit de reactivos AccQ-Fluor (Waters Corporation, Milford, MA, USA). Se inyectaron 5 µL de la muestra derivatizada en el HPLC (Hitachi, Japón) con detector de fluorescencia. Las condiciones del equipo fueron: Columna Hypersil GOLD C18 de 5 µm x 4,6 mm x 150 mm, temperatura de la columna 37 °C, flujo de fase móvil 1 mL/min, longitud de onda de excitación de 250 nm, longitud de onda de emisión de 395 nm, fase móvil A: agua, fase móvil B: acetato de sodio con pH de 5,1 y fase móvil C: acetonitrilo, la gradiente de la fase móvil fue: 0 min (0,100,0), 1 min (0,100,0), 25 min (0,83,17), 33 min (50,0,50), 36 min (0,100,0) y 40 min (0,100,0). La cuantificación de proteínas se realizó con una curva de calibración de 5 a 50 µM y por duplicado.

3.3.3.1.4. Análisis de grasas

Se determinó según la metodología descrita por la AOAC (2012) 12.1.07 (44). Se pesaron 5 gramos de muestra antes de transferirlos a papel de filtro e introducirlos en el aparato Soxhlet. La grasa extraída se colocó en un globo que contenía 120 mL de hexano y se calentó durante cinco horas. Transcurrido este tiempo, se retiró el globo, se recuperó el hexano y se depositó el globo en un horno a 105°C durante tres horas. La fórmula para expresar los resultados es la siguiente:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{\text{Peso balón con grasa (g)} - \text{peso balón vacío (g)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

3.3.3.1.5. Análisis de fibra

Se determinó según AOAC 920.39, el proceso estuvo dividido en tres procesos, 1. Primera digestión, se pesaron 1 gramos de muestra desengrasada en un vaso de 600 ml, y se hizo hervir durante 30 minutos con 200 ml de ácido sulfúrico al 1.25%. Posteriormente se filtró y lavo con agua destilada, hasta neutralizar la acidez. 2. Segunda digestión, se añadió 200 ml de NaOH al 1.25% y se llevó a hervir por espacio de 30 minutos más (cuidando los 30 minutos). Finalmente se filtró, lavando con agua destilada, para el sobrante llevar a estufa por 2 horas, pensándolo previamente (P1), luego se lleva a mufla para eliminar cualquier residuo orgánico por 6 horas, finalmente se realiza el pesado (P2). El cálculo se realizó, siguiendo la siguiente formula:

$$F. Bruta = \frac{P1-P2}{W} \times 100$$

3.3.3.1.6. Análisis de carbohidratos

Los carbohidratos se determinaron mediante diferencia, aplicando el siguiente calculo:

$$\% CHO = 100 - \%Ceniza - \% Grasa - \% Humedad - \% Proteína - \%Fibra$$

3.3.3.1.7. Análisis de energía

La energía fue determinada realizando el siguiente cálculo:

$$\% Energía = (\%Proteina \times 4) + (\%Carbohidrato \times 4) + (\%Lipidos \times 9)$$

3.3.3.2. Análisis de vitaminas y minerales

3.3.3.2.1. Vitaminas

Los valores de carotenos totales en las muestras se obtuvieron de la evaluación mediante análisis espectrofotométrico a 450 nm. La extracción de carotenos se realizó utilizando acetona y éter. Los resultados se expresan en microgramo de β -caroteno por gramo de muestra ($\mu\text{g } \beta\text{-caroteno g}^{-1}$). La vitamina C se evaluó por el método espectrofotométrico a 515 nm por decoloración del colorante 2,6-dinitrofenolindofenol. La extracción se realizó con una solución 0.4% de ácido oxálico.

3.3.3.2.2. Minerales

Los minerales presentes en el colágeno de escamas de lisa, boquichico y yaraquí, fueron determinados mediante espectrometría de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-OES, PERKIN ELMER Optima 5300DV). El equipo fue configurado para realizar tres réplicas de cada muestra, para calcular la media, valor final con el que se trabajara. El equipo debe ser puesto en marcha un tiempo antes de iniciar con el análisis de muestra para que logre llegar a condiciones óptimas de operación. Se utilizaron muestras concentradas y muestras diluidas en acetona. Para la curva de calibración, se utilizaron muestras patrones a concentración de ($50 \mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$). Se ha utilizado un blanco 2 para asegurar que tanto el sensor como el equipo estén limpios de residuos, minimizando la posibilidad de obtener resultados erróneos una vez finaliza el proceso de la calibración. Una vez obtenido los valores de intensidad de los tres tipos de muestras de colágeno (A, B y C) se calculó la concentración de cada metal expresada en mg Kg^{-1} .

3.3.3.3. Perfil de aminoácidos

El contenido de aminoácidos se realizó por cromatografía líquida de alta performance-HAPLC, utilizando el método AccQ•Tag de derivatización precolumna (45). Se pesó 25 mg de la muestra y se hidrolizó con 2 mL de HCl 6 N a una temperatura de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 24h. Luego, se transfirió $50\ \mu\text{L}$ del hidrolizado a un tubo de ensayo y se añadió $100\ \mu\text{L}$ de estándar interno 2-L-Ácido aminobutírico 2,5 mM y $4850\ \mu\text{L}$ de agua ultrapura. La solución fue filtrada en filtros de jeringa de PTFE de $0,45\ \mu\text{m}$. Luego, $10\ \mu\text{L}$ de la solución filtrada fue derivatizado utilizando el reactivo 6-aminoquinolil-N-hidroxisuccinimidil carbamato (AQC) de acuerdo con las instrucciones del kit de reactivos AccQ-Fluor (Waters Corporation, Milford, MA, USA). Se inyectaron $5\ \mu\text{L}$ de la muestra derivatizada en el HPLC (Hitachi, Japón) con detector de fluorescencia. Las condiciones del equipo fueron: Columna Hypersil GOLD C18 de $5\ \mu\text{m} \times 4,6\ \text{mm} \times 150\ \text{mm}$, temperatura de la columna $37\text{ }^{\circ}\text{C}$, flujo de fase móvil $1\ \text{mL}^{-1}$, longitud de onda de excitación de 250 nm, longitud de onda de emisión de 395 nm, fase móvil A: agua, fase móvil B: acetato de sodio con pH de 5,1 y fase móvil C: acetonitrilo, la gradiente de la fase móvil fue: 0 min (0,100,0), 1 min (0,100,0), 25 min (0,83,17), 33 min

(50,0,50), 36 min (0,100,0) y 40 min (0,100,0). La cuantificación de los aminoácidos se realizó con una curva de calibración de 5 a 50 μM y por duplicado.

3.3.3.4. Calidad microbiológica

La calidad microbiológica se determinó tomando referencia a la Norma Técnica Colombiana NTC N°3750 (33), norma que exige el análisis de mesófilos, microorganismos patógenos, mohos y levaduras.

3.3.3.4.1. Aerobios mesófilos, mohos y levaduras.

Para realizar el análisis de *aerobios mesófilos, mohos y levaduras* se utilizaron placas de agar MC-Media Pad para el recuento rápido de *Aerobios mesófilos, mohos y levaduras*. En primer momento se realizó la homogenización y dilución de la muestra, fueron pesados 10 gramos de muestra, en un frasco con 90 mL de agua peptonada (dilución 10^{-1}), a partir de esta dilución se pipeteó 1 mililitro a un tubo de ensayo conteniendo 9mL de Agua peptonada, hasta llegar a la dilución deseada. Una vez realizada las diluciones estas fueron inoculadas en las placas MC-Media Pad, y fueron incubadas a 35°C por 24 horas. Finalmente se realizó el recuento de las colonias de microorganismo utilizando un contador de colonias.

3.3.3.4.2. Salmonella sp.

La determinación de *Salmonella sp.* Se realizó utilizando la prueba rápida singlepath salmonella de la marca MERCK, donde se realizaron tres procedimientos, el primero que fue el pre-enriquecimiento, donde se añadieron 25 gramos de la muestra en 225mL de caldo lactosa, y se incubo a 37°C por 18 horas. Pasado el tiempo de incubación se realizó el segundo enriquecimiento, se inoculo 10mL de caldo RV con 0.1mL de cultivo tomado del pre-enriquecimiento, se incubo a 41.5°C por 24 horas. Finalmente se realizó la prueba, que consistió en añadir 2mL de la solución del segundo enriquecimiento en un tubo de ensayo, dejando hervir en un baño de agua por 20 minutos, luego fueron tomados 100ul y adicionados al singlepath, se esperó 1 minuto y se hizo la lectura del resultado, donde la presencia de dos líneas marcó positivo, y una línea negativa.

3.4. Procesamiento y análisis de datos

Toda la información recolectada en la investigación fue tabulada en el programa Excel para posteriormente ser procesada en el paquete estadístico SAS V6. Se utilizó estadística descriptiva obteniendo tablas, gráficos de barras. Asimismo, para determinar si existe diferencias significativas entre las medias de los resultados de los diferentes análisis del colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí, se utilizó el análisis de la varianza (ANOVA), también se utilizó la prueba de Tukey, para determinar donde se encuentran las diferencias estadísticamente significativas.

3.5. Aspectos éticos

El estudio no atenta ni altera contra la biodiversidad de la naturaleza plétora, ya que se usó colágeno extraído de las escamas de pescado de *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico) y *Semaprochilodus insignis* (yaraquí) como material de estudio. Se utilizaron los equipos de protección personal en todo momento, tanto en el laboratorio de ingeniería de alimentos como en el de microbiología de los alimentos de la Planta Piloto perteneciente a la facultad de Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Calidad nutricional

4.1.1 Humedad, ceniza, proteína, lípido, fibra, carbohidrato y Energía.

La Tabla 4 muestra los resultados del contenido de humedad del colágeno liofilizado, presentando el colágeno de Yaraquí el mayor porcentaje $5.86 \pm 0.38\%$, los resultados para ceniza muestran que el colágeno de boquichico presento el mayor porcentaje ($0.65 \pm 0.02\%$), los resultados del contenido de proteína de colágeno liofilizado, presentando el colágeno de boquichico el mayor porcentaje con $45.59 \pm 0.54\%$, para lípido muestran que el colágeno de boquichico presento el mayor porcentaje ($0.75 \pm 0.02\%$) para fibra muestran que el colágeno de lisa presento el mayor porcentaje ($0.58 \pm 0.02\%$), los resultados del contenido de carbohidrato de colágeno liofilizado, presentando el colágeno de lisa la mayor cantidad de energía ($378.24 \pm 0.56\text{Kcal}$).

Tabla 4: contenido de humedad de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí.

Parámetros	Colágeno		
	Lisa	Boquichico	Yaraquí
Humedad	5.37 ± 0.20^b	5.23 ± 0.07^c	5.86 ± 0.038^a
Ceniza	0.43 ± 0.03^b	0.65 ± 0.02^a	0.62 ± 0.03^a
Proteína	92.14 ± 0.63^a	48.22 ± 0.22^b	47.82 ± 0.08^b
Lípido	0.75 ± 0.03^a	0.43 ± 0.03^b	0.40 ± 0.02^c
Fibra	0.58 ± 0.02^a	0.38 ± 0.02^b	0.25 ± 0.01^c
Carbohidrato	0.71 ± 0.21^a	45.08 ± 0.28^b	45.05 ± 0.049^b
Energía (Kcal)	378.24 ± 0.56 a	377.11 ± 0.50 b	$375.06 \pm 0.1.69$ c

Promedio \pm desvío estadístico (n=3). Letras diferentes, indica diferencia significativa (Test Tukey).

4.1.2 Vitaminas y minerales

4.1.2.1 Vitaminas

La Tabla 5 muestra los resultados del contenido de vitaminas de colágeno liofilizado, donde no se evidencio presencia de vitamina C, sin embargo, se reportaron concentraciones de 10.06 ± 0.27 , 7.56 ± 0.39 , 7.14 ± 0.12

µg β-caroteno/g de β-caroteno/g, en colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí, respectivamente.

Tabla 5: contenido de vitaminas de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí.

Parámetros	Colágeno		
	Lisa	Boquichico	Yaraquí
Vitamina A**	10.06±0.27 ^a	7.56±0.39 ^b	7.14±0.12 ^c
Vitamina C*	ND	ND	ND

Promedio ± desvío estadístico (n=3); ND: no se detectó; *:mg/100g; **: µg β-caroteno/g. Nota: letras diferentes representan diferencia significativa (p <0.05) entre las medias obtenidas mediante la prueba de Tukey.

4.1.2.2 Minerales

Del análisis del contenido de minerales, observamos que existe un contenido bastante elevado de sodio en el colágeno de las tres especies, así mismo el contenido de Calcio en el colágeno de yaraquí, representa 1575.47±0.08 mg/100g de muestra. Se observa presencia de L, Zn, Fe. En relación con mercurio, no se presentó en las muestras analizadas.

Tabla 6: contenido de minerales de colágeno de lisa, boquichico, y yaraquí.

Parámetros	Colágeno		
	Lisa	Boquichico	Yaraquí
Zn*	2.34±0.01 ^a	1.02±0.02 ^c	1.61±0.01 ^b
Fe*	9.22±0.01 ^c	26.25±0.02 ^b	54.27±0.21 ^a
Hg*	ND	ND	ND
Ca*	108.55±0.14 ^c	43.07±0.06 ^b	1575.47±0.08 ^a
K*	40.44±0.03 ^b	28.30±0.06 ^c	78.37±0.12 ^a

Promedio ± desvío estadístico (n=3); ND: no se detectó; *:mg/100g. Nota: letras diferentes representan diferencia significativa (p <0.05) entre las medias obtenidas mediante la prueba de Tukey.

4.1.3 Aminoácidos

La tabla 7, muestra la composición de aminoácidos de colágeno de las escamas de lisa, boquichico y yaraquí, se observa la presencia de glicina en concentraciones de 216.28 ± 0.02 mg/g para lisa, 109.27 ± 0.06 mg/g boquichico, y 113.97 ± 0.02 mg/g yaraquí y prolina a concentraciones de 116.49 ± 0.01 mg/g para lisa, 59.45 ± 0.06 boquichico y 60.56 ± 0.01 mg/g yaraquí. Cabe mencionar que glicina y prolina, son aminoácidos característicos y que se encuentran presente en colágeno tipo I.

Tabla 7: composición de aminoácidos de Colágeno de escama de lisa, boquichico y yaraquí.

Aminoácidos	Colágeno		
	Lisa	Boquichico	Yaraquí
Glicina	216.28 ± 0.02^a	109.27 ± 0.06^c	113.97 ± 0.02^b
Prolina	116.49 ± 0.01^a	59.45 ± 0.06^c	60.56 ± 0.01^b
Glutamina	96.8 ± 0.1^a	46.03 ± 0.06^b	46.82 ± 0.01^b
Serina	38.31 ± 0.01^a	18.46 ± 0.01^c	19.20 ± 0.01^b
Histidina*	14.39 ± 0.02^a	4.16 ± 0.01^b	3.68 ± 0.02^c
Arginina	80.27 ± 0.06^a	43.31 ± 0.01^c	44.72 ± 0.01^a
Treonina*	27.14 ± 0.02^a	11.89 ± 0.01^c	12.49 ± 0.01^b
Alanina	92.21 ± 0.02^a	47.74 ± 0.04^c	48.27 ± 0.02^b
Tirosina	2.24 ± 0.01	ND	ND
Valina*	25.64 ± 0.04^a	9.77 ± 0.02^c	10.23 ± 0.01^b
Lisina*	32.43 ± 0.05^a	16.16 ± 0.01^b	16.63 ± 0.01^b
Isoleucina*	18.43 ± 0.03^a	5.90 ± 0.01^c	6.17 ± 0.01^b
Leucina*	29.12 ± 0.03^a	12.44 ± 0.01^c	12.55 ± 0.02^b
Fenilalanina*	17.81 ± 0.01^a	8.26 ± 0.01^b	8.12 ± 0.02^c
Ácido aspártico	50.42 ± 0.03^a	25.87 ± 0.03^c	26.23 ± 0.03^b

Promedio \pm desvío estadístico (n=3); estándar (n=3); ND: no se detectó; *: aminoácidos esenciales.

4.2 Calidad microbiológica.

Los resultados se muestran en la Tabla 8, según la NTC N° 3750, el colágeno extraído de las escamas de lisa, boquichico y yaraquí, se encuentra dentro de los rangos exigidos.

Tabla 8: Análisis microbiológico de colágeno de lisa, boquichico y yaraquí.

Indicadores	Colágeno		
	CL	CB	CY
Mesofilos UFC/gr	<100	<100	<100
<i>Mohos</i> UFC/gr	<10	<10	<10
<i>Levadura</i> UFC/gr	<10	<10	<10
<i>Salmonella</i>	Ausencia	Ausencia	Ausencia

Promedio \pm desvío estadístico (n=3); CL= colágeno de lisa; CB= colágeno de boquichico; CY= colágeno de yaraquí.

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Los resultados de esta investigación muestran similitudes y diferencias con otros autores, debido a los tipos de metodología, cantidad y tipo de muestra, especies de peces, etc. Los resultados de fibra fueron menores de 1% para las 3 especies estudiadas, Lisa ($0.58\pm 0.02\%$), Boquichico ($0.38\pm 0.02\%$), Yaraquí ($0.25\pm 0.01\%$), que coincide con los análisis de Quispe y Gutiérrez (7), Alzamora *et al* (8) y Cárdenas y Samaniego (9). El contenido de humedad del colágeno de Lisa ($5.37\pm 0.20\%$), Boquichico ($5.23\pm 0.07\%$), Yaraquí ($5.86\pm 0.038\%$) difieren a los resultados de Cisneros (10) con un 10%, y por debajo de estos valores se encuentra Pino (46) con 6% para colágeno de la especie bonito, Cordero y Garcés (47) de 1.56% - 1.6% muestra que fue atomizada, sin embargo, el estudio de Silvera (11) obtuvo en sus resultados 68.8% a pesar que la muestra fue en base seca, esta diferencia se puede explicar por el menor tiempo utilizado en la determinación de humedad. En los resultados de ceniza para las 3 especies Lisa, Boquichico y Yaraquí, ($0.43\pm 0.03\%$; $0.65\pm 0.02\%$; $0.62\pm 0.03\%$) son valores menores de 1%, que coincide con los resultados de Quispe y Gutiérrez (7), y Cárdenas y Samaniego (9) en peces de agua salada, y Cisneros (10) en de peces de agua dulce; por otro lado, Silvera (11) obtiene como resultado 2.7%, y Pino (46) obtiene 29.40% para pez Bonito Sierra y 66.73% para trucha, ambos usaron muestras secas y especies de agua salada, a pesar que Silvera (11) realizó 12 horas para su análisis, él mismo asegura que podría ser al contenido de sal que tiene la especie y recomienda optimizar más los parámetros de extracción de colágeno para realizar los análisis correspondiente al producto final, estas diferencias podrían corresponder a que no solo se usaron escamas, también pieles de los peces mencionados.

Los resultados de análisis de grasa de los peces estudiados son menores de 1%, Lisa ($0.75\pm 0.03\%$); Boquichico ($0.43\pm 0.03\%$); Yaraquí ($0.40\pm 0.02\%$); y como efecto coincide con los autores Quispe y Gutiérrez (7), Cisneros (10), Cárdenas y Samaniego (9).

Los resultados de proteínas de Lisa, Boquichico y Yaraquí ($85.43\pm 0.63\%$, $48.22\pm 0.22\%$, $47.82\pm 0.08\%$), difiere de los autores como Cisneros (10) que usó como materia prima escamas y piel de *Arapaima gigas*

(paiche), cuyo resultado obtuvo 90% de proteína en colágeno extraído, cifra que concuerda con colágeno de lisa, cifra muy elevada en comparación con esta investigación. Los resultados de Silvera (11) (54.14%) se aproxima a las proteínas que tiene el colágeno de escamas de Boquichico, Quispe y Gutiérrez (7) con 2.79% y Cárdenas y Samaniego (9) con 1.80% resultados muy bajos, esto se podría explicar porque ambas muestras fueron estudiados en base húmeda y que el alto contenido de humedad de sus muestras hayan interferido en la cuantificación de las proteínas; por otro lado, Pino (46) obtiene resultados de 24.70% de proteínas del colágeno de pez Bonito Sierra, y con 30.94% del colágeno de trucha que se aproxima a los resultados obtenidos de las proteínas del colágeno de Yaraquí, quienes usaron muestras atomizadas. Quispe y Gutiérrez (7) usando solo escamas obtuvo un resultado bajo, que fue la misma especie que Pino (46) usó escama y piel de *Oncorhynchus mykiss*, difiere en los métodos de análisis de proteínas y la base seca/húmeda para ser analizada.

Los resultados para carbohidratos es 0% en las investigaciones de Quispe y Gutiérrez (7), Cárdenas y Samaniego (9) en comparación de los resultados de lisa ($0.71 \pm 0.20\%$), boquichico ($45.08 \pm 0.28\%$), yaraquí ($45.05 \pm 0.0.49\%$), ambos estudios analizados en base húmeda y peces de agua salada.

El contenido de kcal/100g es mayor en los tres tipos de peces amazónicos lisa, boquichico y yaraquí (378.24 ± 0.56 kcal, 377.11 ± 0.50 kcal, $375.06 \pm 0.1.69$ kcal) a diferencia de 12.42 kcal de colágeno en el estudio de Quispe y Gutiérrez (7). No se puede hacer muchas comparaciones con respecto a la cantidad de carbohidratos y kilocalorías, debido a la escasa información en análisis de macronutrientes.

Los resultados de minerales convertidos en porcentajes, en cuanto a Zinc, Lisa presento un 0.2%, Boquichico y yaraquí 0.1%, estos resultados se asemejan al de Alzamora *et al* (8) con 0.5% confirmando su presencia del mineral, pero Chirinos (48) obtiene resultado de 3.27 ppm, la cual es mínimo. Para evitar estas grandes cantidades se optimizaría mejor la purificación del colágeno. Por otro lado, se resalta más el contenido de hierro del colágeno de

yaraquí (54.27 ± 0.21) que podría usarse en la industria alimentaria para combatir la anemia. Así mismo las altas cantidades de calcio de lisa (108.55 ± 0.14) boquichico (43.07 ± 0.06) yaraquí (1575.47 ± 0.08) y sodio de Lisa (1043.02 ± 0.55) boquichico (1146.38 ± 0.01) y yaraquí (3062.70 ± 0.02), estos resultados pudiera ser consecuencia de la interacción que tiene el colágeno y el calcio según Cordero (47). Por otro lado, Alzamora *et al* (8) obtiene 0.9% de hierro que es igual los resultados de lisa (0.92%), pero tanto como boquichico (2.62%) y yaraquí (5.42%) poseen más cantidad que los mencionados anteriormente. Así mismo Alzamora *et al* (8) obtuvo 0.8% de calcio, cantidad bajo a comparación de lisa (10%), boquichico (41%) y yaraquí (157%), y potasio con 12.2% en comparación de lisa (4%), boquichico (2%) y yaraquí (7%) está por debajo. Así mismo para análisis de mercurio, Chirinos (48) obtuvo menos de 0.03 ppm que es muy bajo, cuyo resultado de lisa, boquichico y yaraquí no se detectaron estos metales pesados.

Los resultados de aminoácidos (glicina) del colágeno que conforman su estructura son lisa (216.28 ± 0.02), boquichico (109.27 ± 0.06), yaraquí (60.56 ± 0.01); Shaid Mahbooh (49) estudió en colágeno a base de escamas y aletas de la especie de pez *catla catla*, y obtuvo resultados (185g-189mg) y *Crrhinus mrigala* (179-186 mg) por encima de boquichico y por debajo de lisa, pero los resultados de Nagai et al.(50) sobrepasa a los estudios mencionados, y de especies de agua salada como *Sardionops melanostictus* (340 mg). *Pagrus majorn* (340 mg) y *Lateolabrax japonicus* (341 mg). Para los resultados de prolina, Shaid Mahbooh (5) sobreestima los resultados obtenidos en esta investigación oscilando de 80-83 mg para *catla catla* y *Crrhinus mrigala* de 82-86 mg, a comparación de Boquichico (59.45 ± 0.05), para lisa (116.49 ± 0.01) y yaraquí (113.97 ± 0.02) se aproximan a los resultados Nagai et al (50) que obtuvieron entre 108mg a 111mg. El valor más elevado a comparación de nuestro estudio fue de Shaid Mahbooh (5) con el aminoácido Alanina, quien obtuvo entre sus dos especies independientes de agua dulce valores de 171 mg a 195 mg, mientras lisa, boquichico y yaraquí obtuvo (92.21 ± 0.02 , 47.74 ± 0.04 , 48.27 ± 0.02). El aminoácido en menor concentración fue tirosina, se obtuvo de lisa (2.24 ± 0.01), boquichico y yaraquí no se detectó presencia, sin embargo, se compara como los resultados de Shaid Mahbooh (5) de 1 a 3

mg, Nagai et al. (50) de 2mg a 3 mg. y por encima de todos estos autores tenemos a Chinh (51) de 0.7 mg a 16 mg estudiado en colágeno de escamas de *Cyprinus*, pez de agua dulce.

En este estudio la mayor cantidad de glicina lo presenta lisa (216.28 ± 0.02 mg/100g) a comparación de boquichico (109.27 ± 0.06 mg/100g) y yaraquí (60.56 ± 0.01 mg/100g), prolina en lisa (116.49 ± 0.01 mg/100g) y yaraquí (113.97 ± 0.02 mg/100g) se aproximan al resultado, sin embargo, boquichico (59.45 ± 0.05 mg/100g) tiene un 50% menos de los anteriores. En lisina, lisa tiene un valor de (32.43 ± 0.05 mg/100g) por debajo de la cantidad de boquichico (16.16 ± 0.01 mg/100g) y yaraquí (16.63 ± 0.01 mg/100g). la menor cantidad de todos los aminoácidos analizados es tirosina, con valor para lisa (2.24 ± 0.01 mg/100g) y boquichico y yaraquí, no se detectó presencia de este aminoácido.

La mayoría de los autores analizaron para las pruebas microbiológicas mesófilos de lisa, boquichico y yaraquí (<100 UFC/gr), requisitos que cumple Alzamora *et al* (8), Cárdenas y Samaniego (9) y Huanca (52), pero no cumple Chirinos (48) (580 UFC/g) debido a su conteo general de aerobios mesófilos. Para Mohos (<10 UFC/gr) y levadura (<10 UFC/gr) cuyo resultado son para las tres especies coinciden con Cisneros (10), y los autores mencionados en esta parte microbiológica. Para cumplir los requisitos de la NTC-3750 se debe tener en cuenta analizar microorganismo patógeno, cuyo resultado debe ser cero, en este estudio se consideró *Salmonella*, Chirinos (48) cumple los requisitos. Otros autores analizaron *coliformes* totales como resultaron tuvieron Alzamora *et al* (8), y Huanca (52) ausencia de coliformes totales, Cisneros (10) <10 NMP/g, y Cárdenas y Samaniego (9) <10 UFC/g. Para *E. Coli* analizó Chirinos (48) "no detectó patógeno", mientras Cárdenas y Samaniego (9) reportó <10 UFC/g. Y únicamente Chirinos (48) analizó *Staphylococcus aureus* cuyo resultado fue (<102 estimado) según DS 007.98 (Reglamento sobre Vigilancia y Control Sanitario de Alimentos y Bebidas) análisis microbiológico para gelatina.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- ❖ El colágeno de escamas de *Megaleporinus trifasciatus* (lisa), *Prochilodus nigricans* (boquichico) y *Semaprochilodus insignis* (yaraquí) demostró buena calidad nutricional con respecto al contenido de macronutrientes. Con respecto al contenido de micronutrientes, evidencio la presencia de zinc, hierro, calcio, sodio, potasio y vitamina "A". Se demostró la presencia de aminoácidos característicos de colágeno tipo I, como glicina, a cantidades de 216.28 ± 0.02 mg/g para lisa, 109.27 ± 0.06 mg/g boquichico, y 113.97 ± 0.02 mg/g yaraquí y prolina a concentraciones de 116.49 ± 0.01 mg/g para lisa, 59.45 ± 0.06 boquichico y 60.56 ± 0.01 mg/g yaraquí.
- ❖ La calidad microbiológica de colágeno tomando la referencia de la Norma Técnica Colombiana NTC N°3750, reporto el recuento de mesófilos, mohos y levaduras dentro del rango permitido, así como la ausencia del microorganismo patógeno salmonella sp, encontrándose apto para el consumo humano.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- ❖ Estandarizar parámetros de liofilización, ya que alguna muestra no cumplía con características físicas propias de un liofilizado.
- ❖ Realizar estudios de estandarización para establecer normas técnicas peruanas de insumos de colágeno, ya que son productos de uso alimentario que requieren requisitos para determinar la calidad del colágeno.
- ❖ Se recomienda realizar más investigación sobre colágeno de residuos de otras especies de peces amazónicos, ya que la mayor parte de la investigación se basa en peces de agua salada.
- ❖ La mayoría de los estudios relacionados a colágeno extraídos a base de especies acuáticas están estudiadas in vivo en animales cuadrúpedos, sería muy relevante que se estudie más en humanos siguiendo protocolos de seguridad y así concluir estudios de gran impacto en la salud pública.
- ❖ Para las pruebas bromatológicas es necesario que las muestras de colágeno estén correctamente dializadas y liofilizadas, para evitar resultados no conformes en la investigación.
- ❖ Para futuras investigaciones se recomienda realizar diferentes tipos de análisis de calidad como la hidroxiprolina, solubilidad y sólidos totales siguiendo otros protocolos o parámetros similares a la investigación para realizar comparaciones más asertivas y puntuales.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACION

1. Rojas Jiménez S. Consumo de nutraceuticos, una alternativa en la prevencion de las enfermedades cronicas no transmisibles. *Biosalud*. 2015;14(2):91–103.
2. Silva TF da, Penna ALB. Colágeno: Características químicas e propiedades funcionais. *Rev Inst Adolfo Lutz*. 2012;71(3):530–9.
3. Gelse K, Pöschl E, Aigner T. Collagens - Structure, function, and biosynthesis. *Adv Drug Deliv Rev*. 2003;55(12):1531–46.
4. Hashim P, Mohd Ridzwan MS, Bakar J, Mat Hashim D. Collagen in food and beverage industries. *Int Food Res J*. 2015;22(1):1–8.
5. Juher TF, Pérez EB. Revisión de los efectos beneficiosos de la ingesta de colágeno hidrolizado sobre la salud osteoarticular y el envejecimiento dérmico. *Nutr Hosp*. 2015;32:62–6.
6. Abdollahi M, Undeland I. Physicochemical and gel-forming properties of protein isolated from salmon, cod and herring by-products using the pH-shift method. *Lwt*. 2019;101(November 2018):678–84.
7. QUISPE S, GUTIERREZ LD. “Extracción Del Colágeno a Partir De Los Residuos De La Trucha Y Determinación Del Rendimiento Y Su Aplicación Como Gelatina.” *J Chem Inf Model*. 2019;53(9):1689–99.
8. Alzamora Mendoza JR, Pamela RPS, Silva Gonzalez DC. obtencion y caracterizacion de colageno a base de escamas de mero (*Acanthistius pictus*). Universidad Nacional de Piura; 2019.
9. Cardenas Curisinche LE, Samaniego Rafaele FE. Obtención y caracterización fisicoquímica , químico proximal y sensorial de gelatina a base de escamas de pescado y aguaymanto (*Physalis peruviana*). Universidad Nacional del Centro del Perú; 2019.
10. Barrenechea Cisneros EJ. “Aprovechamiento de la piel de paiche (*Arapaima gigas*) para la obtención de colágeno.” Universidad Nacional Agraria La Molina. 2019;

11. Silvera M. Determinación de los parámetros óptimos para la extracción y caracterización del colágeno a partir de piel de tilapia (*Oreochromis niloticus*) [Internet]. Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac; 2018. Available from: file:///E:/INVESTIGACION 2/articulos/concytec.pdf
12. Muyonga JH, Cole CGB, Duodu KG. Characterisation of acid soluble collagen from skins of young and adult Nile perch (*Lates niloticus*). *Food Chem.* 2004;85(1):81–9.
13. Nelson DL, Cox MM. *Lehninger Principios de bioquímica.*
14. Fennema O, Tannenbaum S. *Introducción a la química de los alimentos.* University of Wisconsin. 2006. 1249 p.
15. Meisenberg G, Simmons W. *Principios de bioquímica médica.* Vol. 4. 2019. 1–356 p.
16. Samuel CS, Mookerjee I. Matrix Remodeling in Health and. *Matrix.* 2007;7.
17. Lu Q, Ganesan K, Simionescu DT, Vyavahare NR. Novel porous aortic elastin and collagen scaffolds for tissue engineering. *Biomaterials.* 2004;25(22):5227–37.
18. Clark KL, Sebastianelli W, Flechsenhar KR, Aukermann DF, Meza F, Millard RL, et al. 24-Week study on the use of collagen hydrolysate as a dietary supplement in athletes with activity-related joint pain. *Curr Med Res Opin.* 2008;24(5):1485–96.
19. Lima EV de A. Indução percutânea de colágeno com agulhas em cicatrizes após acidentes automobilísticos: Correção cosmética e funcional. *Surgical and Cosmetic Dermatology.* 2017;9(2):127–9.
20. Castaño Amores C, Hernández Benavides PJ. Activos antioxidantes en la formulación de productos cosméticos antienvjecimiento. *Ars Pharmaceutica (Internet).* 2018;59(2):77–84.
21. Huang LLH, Chen YHA, Zhuo ZY, Hsieh YT, Yang CL, Chen WT, et al. Medical Applications of Collagen and Hyaluronan in Regenerative Medicine. *Adv Exp Med Biol.* 2018;1077:285–306.

22. Tanaka M, Koyama YI, Nomura Y. Effects of collagen peptide ingestion on UV-B-induced skin damage. *Biosci Biotechnol Biochem.* 2009;73(4):930–2.
23. Petersen Vitello Kalil CL, Campos V, Cignachi S, Favaro Izidoro J, Prieto Herman Reinehr C, Chaves C. Evaluation of cutaneous rejuvenation associated with the use of ortho-silicic acid stabilized by hydrolyzed marine collagen. *J Cosmet Dermatol.* 2018 Oct 1;17(5):814–20.
24. Niu H, Wang Z, Hou H, Zhang Z, Li B. Protective Effect of Cod (*Gadus macrocephalus*) Skin Collagen Peptides on Acetic Acid-Induced Gastric Ulcer in Rats. *J Food Sci.* 2016 Jul 1;81(7):H1807–15.
25. Lin B, Zhang F, Yu Y, Jiang Q, Zhang Z, Wang J, et al. Marine collagen peptides protect against early alcoholic liver injury in rats. *Br J Nutr.* 2012;107(8):1160–6.
26. Zhu C, Zhang W, Liu J, Mu B, Zhang F, Lai N, et al. Marine collagen peptides reduce endothelial cell injury in diabetic rats by inhibiting apoptosis and the expression of coupling factor 6 and microparticles. *Mol Med Rep.* 2017 Oct 1;16(4):3947–57.
27. Zhu CF, Zhang W, Mu B, Zhang F, Lai NN, Zhou JX, et al. Effects of marine collagen peptides on glucose metabolism and insulin resistance in type 2 diabetic rats. *J Food Sci Technol.* 2017 Jul 1;54(8):2260–9.
28. Zhu CF, Li GZ, Peng H Bin, Zhang F, Chen Y, Li Y. Therapeutic effects of marine collagen peptides on Chinese patients with type 2 diabetes mellitus and primary hypertension. *American Journal of the Medical Sciences.* 2010;340(5):360–6.
29. Clark KL, Sebastianelli W, Flechsenhar KR, Aukermann DF, Meza F, Millard RL, et al. 24-Week study on the use of collagen hydrolysate as a dietary supplement in athletes with activity-related joint pain. *Curr Med Res Opin.* 2008 May;24(5):1485–96.
30. Bruyère O, Zegels B, Leonori L, Rabenda V, Janssen A, Bourges C, et al. Effect of collagen hydrolysate in articular pain: A 6-month

- randomized, double-blind, placebo controlled study. *Complement Ther Med.* 2012 Jun;20(3):124–30.
31. Bennell K, Hunter DJ, Vicenzino B. Long-term effects of sport: Preventing and managing OA in the athlete. Vol. 8, *Nature Reviews Rheumatology.* 2012. p. 747–52.
 32. Zdzieblik D, Oesser S, Gollhofer A, König D. Improvement of activity-related knee joint discomfort following supplementation of specific collagen peptides. *Applied Physiology, Nutrition and Metabolism.* 2017;42(6):588–95.
 33. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. Norma Técnica Colombiana, NTC N° 3750 “Productos para la industria cosmética. Colágeno soluble.” 1995.
 34. Solari A, Córdova JS. EXTRACCIÓN DE COLÁGENO PROVENIENTE DE RESIDUOS DEL PROCESAMIENTO DE *Engraulis ringens* “ANCHOVETA” Extraction of collagen from wastes processing *Engraulis ringens* “anchovy.” *Cienc Invest.* 2015;18(2):65–8.
 35. Métodos microbiológicos - Editorial Acribia, S.A. [Internet]. [cited 2021 Mar 30]. Available from: https://www.editorialacribia.com/libro/metodos-microbiologicos_54091/
 36. Mondragón Tarrillo IG. Estudio farmacognóstico y bromatológico de los residuos industriales de la extracción del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi). Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2009.
 37. Simpson K. B. *Food Biotechnology & Food Processing.* Nollet L, Toldrá F, Paliyath G, Hui YH, editors. Wiley John y Sons. USA; 2007. 71–100 p.
 38. Miranda R. *Escamas de Peces.* 2002;3.
 39. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación-FAO. *Mugil cephalus* (Linnaeus, 1758) [Mugilidae]. 2009.
 40. Flores-Gómez S. *BIOLOGÍA DE BOQUICHICO Prochilodus nigricans DEL RÍO UCAYALI (PUCALLPA - PERÚ).* 2014;(September):1–2.

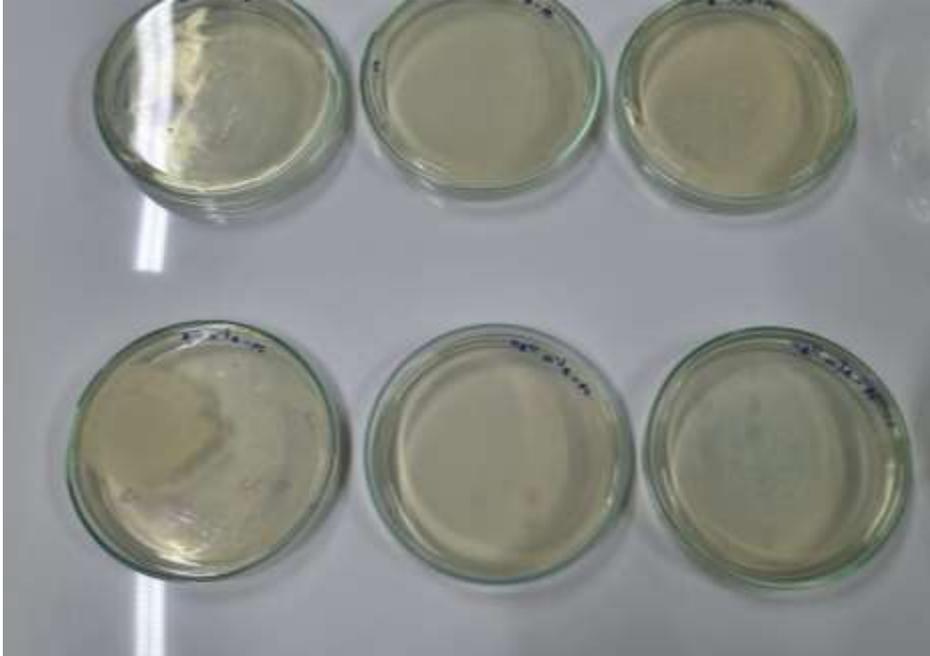
41. Hernández Rodríguez M, Sastre Gallego A. Tratado de nutrición - Manuel Hernández Rodríguez, Ana Sastre Gallego - Google Libros. 1999. p. 1496.
42. Froese R, Pauly D. FishBase 2000: concepts designs and data sources. Vol. 1594. WorldFish; 2000.
43. Aibar Inchaustegui MA. Extracción de colágeno a partir de escamas de peces de río por hidrólisis mixta. [Iquitos, Perú]: Universidad Nacional de la Amazonía; 2023.
44. Official methods of analysis of AOAC International (Libro, 2012) [WorldCat.org] [Internet]. [cited 2020 Oct 7]. Available from: <https://www.worldcat.org/title/official-methods-of-analysis-of-aoac-international/oclc/817542290>
45. Waters. Analyzing Feed Hydrolysate Samples Using the AccQ-Tag Method [Internet]. 1996. Available from: <http://www.waters.com/>
46. Flores Pino CM. “Extracción de colágeno de las escamas de pescado utilizando diferentes niveles de rennina.” Vol. 4. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; 2017.
47. Cordero Zambrano KC, Garcés Barcia GH. Obtención de colágeno a partir de escamas de tilapia mediante hidrólisis enzimática. [Guayaquil, Ecuador]: Escuela Superior Politécnica del Litoral; 2018.
48. Ana Lucia CS. Evaluación del efecto de la administración oral de péptidos de colágeno de anchoveta sobre el metabolismo óseo en ratas ovariectomizadas. [Lima, Perú]: Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2018.
49. Mahboob S. Isolation and characterization of collagen from fish waste material- skin, scales and fins of *Catla catla* and *Cirrhinus mrigala*. *J Food Sci Technol*. 2015 Jul 1;52(7):4296–305.
50. Nagai T, Izumi M, Ishii M. Fish scale collagen. Preparation and partial characterization. *Int J Food Sci Technol*. 2004 Mar;39(3):239–44.
51. Chinh NT, Manh VQ, Trung VQ, Lam TD, Huynh MD, Tung NQ, et al. Characterization of collagen derived from tropical freshwater carp fish

scale wastes and its amino acid sequence. Nat Prod Commun. 2019;14(7).

52. Huanca MT. Recuperación de colágeno de desechos de sabalo, especie de pescado consumido en la ciudad de la paz, con fines cosmetológicos. [La Paz, Bolivia]: Universidad Mayor de San Andres; 2014.

ANEXOS

Anexo 1: Placas de agar para determinación de mesófilos – Prueba microbiológica



Anexo 2: Tubos de ensayos con caldo RV para determinación de salmonella.



Anexo 3: Determinación de grasas de colágeno de escama de yaraquí, boquichico y lisa por el método Soxhlet



Anexo 4: Determinación de fibra de colágeno de escama de yaraquí, boquichico y lisa

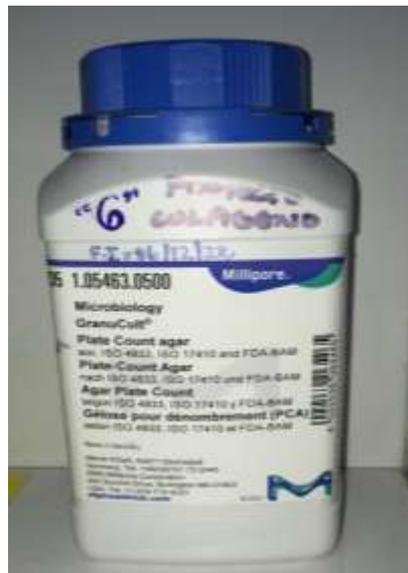
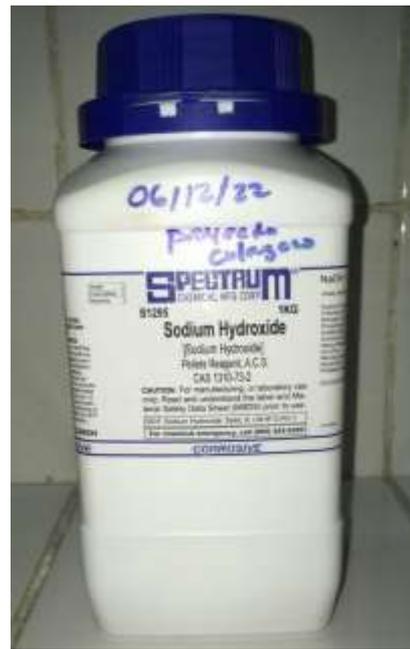


Anexo 5: Determinación de ceniza en la mufla, luego de cinco horas- Prueba bromatológica.



Anexo 6: Reactivos usados durante los análisis bromatológicos





Anexo 7: Colágeno extraído de las escamas de yaraquí, boquichico, y lisa.

