



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIA DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Trabajo de Integración
Curricular previa la obtención
del Grado Académico de
Ingeniería Agroindustrial.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

**"OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO A TRAVÉS DE
ESCAMAS DE PESCADO Y SU POTENCIAL USO EN LA INDUSTRIA"**

Autor:

ELVIA ROSSIE PIN MENCIAS

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:

ING. JOSÉ VICENTE VILLARROEL BASTIDAS, MSc.

QUEVEDO - LOS RÍOS – ECUADOR.

2025



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Elvia Rossie Pin Mencias**, declaro que la investigación aquí descrita es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Elvia Rossie Pin Mencias

C.I: 1250581962



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc.**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante **Elvia Rossie Pin Mencias**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado "**Optimización de la extracción de colágeno a través de escamas de pescado y su potencial uso en la industria**", previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

El suscrito, **Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc.**, mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe de proyecto de Investigación titulado "**Optimización de la extracción de colágeno a través de escamas de pescado y su potencial uso en la industria**". Presentado por el estudiante **Elvia Rossie Pin Mencias**, egresado de la Carrera de Agroindustrial, que fue revisado bajo mi dirección según resolución del Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Integración Curricular de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de COMPILATIO el cual avala los niveles de originalidad en un 96 % y similitud 4 %, del trabajo investigativo. Valido este documento para que el estudiante siga con los trámites pertinentes, de acuerdo como lo establece el Reglamento.

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO A TRAVÉS DE ESCAMAS DE PESCADO Y SU POTENCIAL USO EN LA INDUSTRIA

4%
Textos sospechosos

4% Similitudes
1% similitudes entre comillas
< 1% entre las frases mencionadas
0% Idiomas no reconocidos

Nombre del documento: OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO A TRAVÉS DE ESCAMAS DE PESCADO Y SU POTENCIAL USO EN LA INDUSTRIA.docx
ID del documento: 332fdd8717b04fddff7abd2e7c3b5d51bbb4655e
Tamaño del documento original: 913,1 kB

Depositante: JOSE VICENTE VILLARROEL BASTIDAS
Fecha de depósito: 13/5/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 13/5/2025

Número de palabras: 13.021
Número de caracteres: 86.673


Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



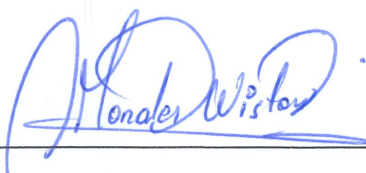
UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIAL
PROYECTO DE INVESTIGACION

Título:

**"OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN DE COLÁGENO A TRAVÉS DE ESCAMAS
DE PESCADO Y SU POTENCIAL USO EN LA INDUSTRIA"**

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniería Agroindustrial.

Aprobado por:


PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Wiston Javier Morales Rodríguez, MSc.


MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Dr. Luis Alberto Egas Astudillo, PhD.


MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Azucena Elizabeth Bernal Gutiérrez, MSc.

QUEVEDO – LOS RIOS – ECUADOR

2025

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a Dios por darme la fortaleza, sabiduría y oportunidades necesarias para alcanzar esta meta, así como por poner en mi camino personas extraordinarias que han sido fuente de apoyo, motivación e inspiración. Su amor incondicional y guía han sido mi refugio en los momentos más difíciles y han iluminado cada paso que he dado. A mis abuelos, por su ejemplo y amor infinito, y a mis padres, cuyo amor, dedicación y fe me han enseñado que, con esfuerzo y perseverancia, no hay sueño imposible.

Agradezco a mi hermana por su alegría contagiosa y sus palabras de aliento, que siempre me han dado fuerza para seguir adelante. También quiero reconocer a mis docentes, quienes con paciencia y dedicación me brindaron las herramientas para crecer académicamente y como persona, y a mis compañeros/as de clase, con quienes compartí aprendizajes, desafíos y momentos inolvidables.

Este logro es el fruto de un esfuerzo conjunto, en el que cada persona que me rodeó dejó una huella significativa en mi vida. Llevaré siempre en mi corazón a todos aquellos que me apoyaron en esta etapa tan especial, porque su presencia y respaldo fueron fundamentales para alcanzar este sueño.

ELVIA ROSSIE PIN MENCAS

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, quien ha sido mi fuerza, refugio y guía en cada paso de este camino lleno de retos y aprendizajes. A mi mamá Elvia Rocio Mencias Solis, cuyo amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido mi mayor fuente de inspiración. Sus valiosas enseñanzas, ejemplo de esfuerzo, integridad y mucho trabajo me guiaron a lo largo de este camino, enseñándome jamás rendirme por difícil que parezca. A mi papá Gregorio Bacilio Pin Quijije, por su dedicación y esfuerzo para sacarme adelante, palabras de aliento y cariño, que me acompañaron siempre y me recordaron el valor del esfuerzo y la fe. A mi hermana Dara Julid Pin Mencias, por su cariño sincero, su compañía inquebrantable y sus palabras de ánimo, que han sido una luz en los momentos más oscuros. Este logro es tan mío como suyo, porque cada uno de ustedes ha dejado una huella imborrable en mi vida, construyendo conmigo este sueño que hoy se hace realidad. Su amor y apoyo incondicional han sido el pilar de mi vida, por esto este trabajo no sería posible sin ustedes.

ELVIA ROSSIE PIN MENCIAS

RESUMEN

La investigación tiene como objetivo optimizar la extracción de colágeno a partir de escamas de pescado, evaluando la influencia de la temperatura y la concentración enzimática en la eficiencia del proceso. Se empleó un diseño experimental factorial con temperaturas de 60 °C y 90 °C, y concentraciones de enzimas del 5 %, 10 % y 15 %. Los resultados evidenciaron que la combinación de 60 °C y 5 % de enzima logró un rendimiento del 27.92 %, lo que demuestra la eficiencia del método propuesto. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos del colágeno obtenido, determinando parámetros como pH, viscosidad y contenido proteico, además de pruebas para detectar mohos, levaduras y *Escherichia coli*. Los datos confirmaron que supuestamente el colágeno extraído cumple con los estándares de calidad para aplicaciones industriales en sectores como el alimentario, cosmético y farmacéutico. Este estudio destaca la importancia del aprovechamiento de subproductos pesqueros, promoviendo un modelo de producción sostenible y alineada con la economía circular. La investigación no solo optimiza el proceso de extracción, sino que también aporta conocimientos para futuras aplicaciones del colágeno marino en la industria. Los hallazgos obtenidos pueden servir como base para mejorar metodologías y desarrollar productos innovadores a partir de esta biomolécula de alto valor comercial.

Palabras clave:

Colágeno, Escamas de pescado, Método, Industria.

ABSTRACT

The research aims to optimize collagen extraction from fish scales by evaluating the influence of temperature and enzyme concentration on process efficiency. A factorial experimental design was used with temperatures of 60 °C and 90 °C, and enzyme concentrations of 5 %, 10 %, and 15 %. The results showed that the combination of 60 °C and 5 % enzyme achieved a yield of 27.92 %, demonstrating the efficiency of the proposed method. Physicochemical and microbiological analyses of the obtained collagen were performed, determining parameters such as pH, viscosity, and protein content, in addition to tests to detect molds, yeasts, and *Escherichia coli*. The data confirmed that the extracted collagen supposedly meets quality standards for industrial applications in sectors such as food, cosmetics, and pharmaceuticals. This study highlights the importance of utilizing fishery byproducts, promoting a sustainable production model aligned with the circular economy. The research not only optimizes the extraction process but also provides insights for future industrial applications of marine collagen. The findings can serve as a basis for improving methodologies and developing innovative products from this high-value biomolecule.

Keywords:

Collagen, Fish scales, Method, Industry.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	iii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iv
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO	v
CERTIFICACION DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
ÍNDICE DE TABLAS	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS	xv
ÍNDICE DE ANEXOS	xvi
CÓDIGO DUBLIN	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. Problematización	4
1.1.1. Planteamiento del problema	4
1.1.2. Formulación del problema.....	5
1.1.3. Sistematización del problema	5
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General.....	6
1.2.2. Objetivo Especifico	6
1.3. Justificación	7
CAPITULO II	8

FUNDAMENTO TEÓRICO	8
2.1. Marco conceptual	9
2.1.1. Colágeno	9
2.1.2. Tipos de colágenos	10
2.1.3. Fuentes marino de colágeno	10
2.1.4. Métodos de extracción de colágeno.....	11
2.1.5. Importancia del colágeno en la industria	12
2.1.6. Renina.....	13
2.1.7. Proteína.....	14
2.1.8. Baño maría.....	18
2.2. Marco referencial.....	19
CAPITULO III	20
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	20
3.1. Localización.....	21
3.1.1. Materia prima	21
3.2. Tipo de investigación.....	21
3.2.1. Investigación experimental.....	21
3.2.2. Investigación bibliográfica	22
3.3. Métodos de investigación	22
3.3.1. Método deductivo-inductivo	22
3.3.2. Método analítico	22
3.4. Fuentes de recopilación de información.....	22
3.5. Diseño de la investigación.....	23
3.5.1. Factores de estudio	23
3.6. Instrumentos de investigación	24
3.6.1. Manejo del experimento	24
3.6.1.1. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de colágeno	24

3.6.1.3. Balance de materia.....	27
3.6.2. Análisis fisicoquímico del colágeno ya extraído	28
3.6.3. Análisis microbiológico del colágeno ya extraído	29
3.7. Tratamiento de los datos	29
3.7.1. Variable de estudio.....	30
3.8. Recursos humanos y materiales.....	31
3.8.1. Presupuesto	32
CAPÍTULO IV.....	33
RESULTADO Y DISCUSIÓN	33
4.1. Resultados de rendimiento	34
4.2. Resultados del análisis de varianza de los análisis fisicoquímicos	37
4.2.1. Variable del pH	38
4.2.2. Variable de viscosidad	42
4.2.3. Variable de proteína	45
4.3. Resultados del análisis de varianza de los análisis microbiológico.....	49
CAPÍTULO V	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	52
5.1. Conclusiones.....	53
5.1. Recomendaciones	54
CAPÍTULO VI.....	55
BIBLIOGRAFÍA	55
6.1. Bibliografía.....	56
CAPÍTULO VII	61
ANEXO.....	61
7.1. Anexo de la fase experimental.....	62

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores de investigación que participan en la obtención de colágeno a partir de escamas de pescado.	23
Tabla 2. Muestra las combinaciones de los tratamientos propuestos para la obtención de colágeno.....	23
Tabla 3. Esquema del análisis	30
Tabla 4. Equipos, Materiales y materia prima e insumos utilizados en la investigación....	31
Tabla 5. Presupuesto para la realización del proyecto de investigación	32
Tabla 6. Rendimientos	34
Tabla 7. Recopilación de datos	37
Tabla 8. Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III	38
Tabla 9. Análisis de Varianza para Viscosidad - Suma de Cuadrados Tipo III.....	42
Tabla 10. Análisis de Varianza para Proteína - Suma de Cuadrados Tipo III	45
Tabla 11. Análisis de Varianza para Levadura - Suma de Cuadrados Tipo III	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula estructural de la prolina y la hidroxiprolina.	16
Figura 2. Ubicación geográfica de la Universidad Técnica Estatal De Quevedo-Campus "La María"	21
Figura 3. Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de pH.	40
Figura 4. Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de viscosidad.	44
Figura 5. Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de proteína.	48
Figura 6. Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de microbiológico (Levadura).	51

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1.	Recepción	62
Anexo 2.	Pesado	62
Anexo 3.	Lavado	62
Anexo 4.	Toma de temperatura de 90 °C	62
Anexo 5.	Toma de temperatura de 60 °C	63
Anexo 6.	Extracción	63
Anexo 7.	Filtrado y envasado	63
Anexo 8.	Colágeno	64
Anexo 9.	Prueba de centrifugación	64
Anexo 10.	Dilución de muestra	64
Anexo 11.	Pruebas microbiológica	64
Anexo 12	Conteo de levadura	65
Anexo 13.	Análisis de colágeno	65
Anexo 14.	Análisis de viscosidad	65
Anexo 15.	Análisis de pH	65

CÓDIGO DUBLIN

Título:	Optimización de la extracción de colágeno a través de escamas de pescado y su potencial uso en la industria			
Autor:	Elvia Rossie Pin Mencias			
Palabras claves:	Colágeno	Escamas de pescado	Métodos	Industria.
Fecha de publicación:	Mayo, 2025			
Editorial:	Quevedo- UTEQ “La María”, 2025			
Resumen:	La investigación tiene como objetivo optimizar la extracción de colágeno a partir de escamas de pescado, evaluando la influencia de la temperatura y la concentración enzimática en la eficiencia del proceso. Se empleó un diseño experimental factorial con temperaturas de 60 °C y 90 °C, y concentraciones de enzimas del 5 %, 10 % y 15 %. Los resultados evidenciaron que la combinación de 60 °C y 5 % de enzima logró un rendimiento del 27.92 %, lo que demuestra la eficiencia del método propuesto. Se realizaron análisis fisicoquímicos y microbiológicos del colágeno obtenido, determinando parámetros como pH, viscosidad y contenido proteico, además de pruebas para detectar mohos, levaduras y Escherichia coli. Los datos confirmaron que supuestamente el colágeno extraído cumple con los estándares de calidad para aplicaciones industriales en sectores como el alimentario, cosmético y farmacéutico. Este estudio destaca la importancia del aprovechamiento de subproductos pesqueros, promoviendo un modelo de producción sostenible y alineada con la economía circular. La investigación no solo optimiza el proceso de extracción, sino que también aporta conocimientos para futuras aplicaciones del colágeno marino en la industria. Los hallazgos obtenidos pueden servir como base para mejorar metodologías y desarrollar productos innovadores a partir de esta biomolécula de alto valor comercial.			
Abstract:	The research aims to optimize collagen extraction from fish scales by evaluating the influence of temperature and enzyme concentration on process efficiency. A factorial experimental design was used with temperatures of 60 °C and 90 °C, and enzyme concentrations of 5 %, 10 %, and 15 %. The results showed that the combination of 60 °C and 5 % enzyme achieved a yield of 27.92 %, demonstrating the efficiency of the proposed method. Physicochemical and microbiological analyses of the obtained collagen were performed, determining parameters such as pH, viscosity, and protein content, in addition to tests to detect molds, yeasts, and Escherichia coli. The data confirmed that the extracted collagen supposedly meets quality standards for industrial applications in sectors such as food, cosmetics, and pharmaceuticals. This study highlights the importance of utilizing fishery byproducts, promoting a sustainable production model aligned with the circular economy. The research not only optimizes the extraction process but also provides insights for future industrial applications of marine collagen. The findings can serve as a basis for improving methodologies and developing innovative products from this high-value biomolecule.			
Descripción:	82 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD-ROM 6162			
URI:				

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el aprovechamiento de los subproductos de la industria pesquera ha adquirido gran relevancia debido a la creciente necesidad de desarrollar procesos sostenibles y de reducir el impacto ambiental. Uno de los subproductos más abundantes y subutilizados son las escamas de pescado, las cuales contienen una alta proporción de colágeno, una proteína con un amplio potencial en diversas industrias, incluyendo la alimentaria, farmacéutica y cosmética (Martínez, 2020). La optimización de la extracción de colágeno a través de escamas de pescado permite mejorar su eficiencia y calidad, garantizando una mayor viabilidad comercial y un menor desperdicio de recursos naturales.

El colágeno es una macromolécula fundamental estructural de los tejidos conectivos de los vertebrados. Su extracción de fuentes marinas, como las escamas de pescado, ofrece beneficios en comparación con las fuentes convencionales de colágeno bovino y porcino, debido a su mayor biodisponibilidad y menor probabilidad de padecer enfermedades zoonóticas (Alzamora Jorge et al., 2019). Además, la estructura del colágeno marino se asemeja a la del colágeno humano, lo que simplifica su asimilación y su empleo en usos médicos y estéticos (Gámez Beatriz, 2024). No obstante, los procedimientos tradicionales de extracción tienen restricciones en términos de rendimiento y calidad del producto adquirido, lo que requiere la aplicación de nuevas estrategias de optimización.

En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo optimizar el proceso de extracción de colágeno a partir de escamas de pescado, evaluando diferentes condiciones de temperatura y concentración enzimática para determinar las condiciones más eficientes. Para ello, se empleará un diseño experimental que permita comparar el rendimiento del colágeno obtenido, así como sus características fisicoquímicas y microbiológicas, asegurando su calidad y seguridad para su aplicación industrial.

Adicionalmente, esta investigación se alinea con las tendencias actuales de la bioeconomía circular, que promueve el aprovechamiento integral de los recursos naturales y la minimización de residuos. La valorización de las escamas de pescado se utiliza como insumo para la obtención de colágeno representa una oportunidad para la diversificación de productos y la reducción de la contaminación ambiental. Asimismo, se espera que los hallazgos de este estudio sirvan como base para futuras investigaciones en el campo de la biotecnología aplicada a la industria pesquera y alimentaria.

Además de los beneficios técnicos y económicos, la optimización de este proceso contribuye a la gestión sostenible de los residuos pesqueros, promoviendo una economía circular y reduciendo la contaminación ambiental. Al maximizar el aprovechamiento de estos subproductos, se genera valor agregado a la industria pesquera y se fomenta el desarrollo de productos innovadores con alto potencial comercial. En países con una fuerte actividad pesquera, como Ecuador, la implementación de procesos eficientes para la extracción de colágeno podría fortalecer el sector agroindustrial y abrir nuevas oportunidades en mercados internacionales (Piguave Dayanna, 2021).

Este estudio se estructura en diversos capítulos que abordan los aspectos fundamentales del problema de investigación. En el primer capítulo, se presenta la problematización, objetivos y justificación del estudio. Posteriormente, en el capítulo dos, se desarrolla el marco teórico, donde se incluyen conceptos claves relacionados con el colágeno, sus fuentes, métodos de extracción y aplicaciones industriales. En el capítulo tres, se describe la metodología empleada para la experimentación, incluyendo el diseño experimental, los procedimientos de extracción y los análisis realizados. Finalmente, los resultados obtenidos y su respectiva discusión se presentan en el capítulo cuatro, donde se analizan las implicaciones de los hallazgos y se plantean posibles mejoras en el proceso de extracción de colágeno.

A través de esta investigación, se espera generar información valiosa que contribuya al desarrollo de nuevas tecnologías para el aprovechamiento eficiente de los subproductos pesqueros, impulsando la sostenibilidad y la innovación en la industria agroindustrial. Se pretende que los resultados obtenidos no solo beneficien a la comunidad científica, sino que también sirvan como referencia para empresas del sector que buscan mejorar sus procesos de producción y reducir su impacto ambiental.

CAPITULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problematicación

1.1.1. Planteamiento del problema

La presente investigación abordó el problema de optimizar el proceso de extracción de colágeno a partir de escamas de pescado para su aplicación en el ámbito industrial. Si bien las escamas de pescado contenían una cantidad significativa de colágeno, los métodos actuales de extracción no siempre lograban maximizar la eficiencia ni la calidad del producto obtenido. Este reto técnico demandaba el desarrollo de procedimientos más efectivos y rentables que permitieran obtener colágeno con propiedades óptimas para diversas aplicaciones industriales.

Más allá de los aspectos técnicos, la extracción de colágeno a partir de las escamas de pescado planteaba preocupaciones ambientales relevantes. La industria pesquera generaba grandes volúmenes de residuos orgánicos, incluyendo las escamas, que a menudo se desechan sin un aprovechamiento eficiente. Estos residuos representaban una carga ambiental importante si no se gestionaban adecuadamente, contribuyendo a la contaminación y al desperdicio de valiosos recursos naturales (Piguave, 2021). La optimización del proceso de extracción de colágeno no solo busca maximizar el aprovechamiento de estos residuos, convirtiéndolos en recursos útiles, sino también reducir el impacto ambiental asociado a la industria pesquera en Ecuador al promover prácticas más sostenibles y circulares.

Diagnóstico

Actualmente, la industria pesquera enfrenta un desafío significativo con la gestión de residuos, específicamente las escamas. En este sentido, se realizó una investigación cuyo objetivo fue optimizar la extracción de colágeno a través de escamas de pescado, en una área aun no explorada. Con los resultados, se propuso proporcionar soluciones tanto medioambientales como industriales para aprovechar mejor este recurso.

Pronóstico

Si no se resuelve o estudia adecuadamente la optimización de la extracción de colágeno de las escamas de pescado, los residuos pesqueros seguirán acumulándose sin un aprovechamiento eficiente, generando un impacto ambiental negativo. Esto limitaría el potencial de la industria del colágeno, retrasaría el desarrollo de tecnologías sostenibles y

afectaría su rentabilidad, dificultando la adaptación a normativas medioambientales más estrictas.

1.1.2. Formulación del problema

¿Cómo se optimizó eficientemente la extracción de colágeno a partir de escamas de pescado para maximizar su aprovechamiento en la industria?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Cuáles fueron los métodos más eficientes para la extracción de colágeno de escamas de pescado?

¿Qué característica físico químico tuvo el colágeno obtenido de la escama de pescado?

¿Cuáles fueron los resultados esperados en un análisis microbiológico realizado al colágeno?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Optimizar el proceso de extracción de colágeno a partir de escamas de pescado para maximizar su rendimiento y calidad.

1.2.2. Objetivo Especifico

- Establecer la combinación de factores (Temperatura y enzimática) que permita obtener mayor rendimiento.
- Caracterizar las propiedades físicas y químicas (pH, Viscosidad, Proteína), presente en el colágeno.
- Evaluar el colágeno extraído de las escamas de pescado mediante análisis microbiológico.

1.3. Justificación

Esta investigación busca no solo resolver los retos técnicos asociados con la extracción de colágeno de escamas de pescado, sino también abordar las preocupaciones ambientales mediante la implementación de prácticas innovadoras y sostenibles. Al hacerlo, se espera generar conocimientos y soluciones que no solo beneficien a la industria, sino que también promuevan un uso más responsable de los recursos naturales y una gestión más eficiente de los residuos orgánicos en el sector pesquero (Solari & Córdova, 2024).

Para abordar estos desafíos, es crucial implementar soluciones que optimicen el proceso de extracción de colágeno desde una perspectiva técnica y ambiental. En términos técnicos, se deben investigar y desarrollar métodos de extracción que maximicen tanto el rendimiento como la calidad del colágeno obtenido, utilizando técnicas como el tratamiento enzimático o térmico adaptadas a las características específicas de las escamas de pescado. Esto garantizará que el colágeno extraído sea adecuado para su uso en aplicaciones industriales exigentes (Kimura et al., 2019).

Desde una perspectiva ambiental, es fundamental implementar prácticas de gestión de residuos que promuevan la economía circular. Esto implica revalorizar las escamas de pescado como recursos útiles en lugar de desperdicios, contribuyendo así a la reducción del impacto ambiental de la industria pesquera. Estrategias como el reciclaje de subproductos y la optimización de los procesos de extracción no solo beneficiarán a las empresas al mejorar la eficiencia y reducir costos, sino que también fortalecerán su compromiso con la sostenibilidad ambiental (Coppola et al., 2020).

CAPITULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Colágeno

El colágeno es una de las proteínas más presentes en la matriz extracelular, representa aproximadamente el 25 - 30% de todas las proteínas de los seres vivos animales (Alzamora et al., 2019). Este componente es esencial en todos los tejidos conectivos del cuerpo (músculos, dientes, huesos y piel), aunque se concentra principalmente en los tejidos vinculados a la piel, los huesos y también se halla en el tejido intersticial de casi todos los órganos (Alzamora et al., 2019).

El colágeno se compone de tres cadenas de aminoácidos vinculadas o triple hélice, otorgándole una elevada resistencia mecánica y habilidad para retener humedad (Solari & Córdova, 2021). El colágeno tiene la tarea primordial de preservar la estructura de los tejidos animales y potenciar la fuerza, resistencia y flexibilidad de estos tejidos (Herrera et al., 2019). El colágeno que se encuentra en la piel, huesos, cartílagos y escamas de vertebrados e invertebrados marinos, es más biodisponible en comparación con el colágeno bovino o porcino, posee una capacidad de absorción superior (hasta 1.5 veces más eficaz en el cuerpo), y una circulación más acelerada en la sangre gracias a su bajo peso molecular y al reducido tamaño de las partículas (Cobeña et al., 2022). Además, el colágeno marino posee propiedades antioxidantes, lo que ayuda a combatir el estrés oxidativo y el envejecimiento celular, favoreciendo la regeneración de los tejidos y mejorando la elasticidad de la piel (Cobeña et al., 2022).

Desde una perspectiva industrial, el colágeno marino se ha convertido en una alternativa sostenible al colágeno bovino y porcino debido a su obtención a partir de subproductos de la industria pesquera, reduciendo así el desperdicio de biomasa y fomentando el aprovechamiento de recursos naturales. Su uso en la industria cosmética, alimentaria y biomédica ha aumentado significativamente en los últimos años, ya que ha demostrado poseer propiedades beneficiosas en tratamientos antienvjecimiento, regeneración ósea y cicatrización de heridas (Vélez & Fernández, 2024).

La similitud del colágeno marino con el colágeno bovino y porcino en términos de composición de aminoácidos y biocompatibilidad lo hace una excelente opción para aplicaciones en salud y estética. Su extracción y purificación continúan siendo áreas de

investigación activa, con el fin de mejorar su rendimiento y eficiencia en diversas aplicaciones industriales y médicas (Vélez & Fernández, 2024).

2.1.2. Tipos de colágenos

Es conocido que existen 19 clases de colágeno, desde el tipo I hasta el XIX, aunque en otros textos se mencionan 26 tipos de colágeno genéticamente diferentes, que difieren significativamente en su complejidad y en la variedad de su estructura (Torrez, 2019). Cada uno de estos tipos de colágeno está localizado en un sitio distinto del organismo y posee propiedades particulares. El colágeno fibrilar, que representa aproximadamente el 90% del total, es la familia de colágeno más numerosa, que comprende el colágeno de los tipos I, II, III, V y XI (Alzamora et al., 2019).

El colágeno tipo I, que es el más común y más investigado, constituye más del 90% de la masa orgánica de los huesos, y es el predominante en la piel, los tendones, ligamentos, la córnea y numerosos tejidos conectivos (Cordero & Garcés, 2019). El colágeno tipo II es particularmente presente en el cartílago, el cuerpo vítreo y el núcleo pulpar; constituye el elemento principal del cartílago hialino y también define características biomecánicas similares al colágeno tipo I (Cordero & Garcés, 2019). El colágeno tipo III es un componente relevante de las fibras reticulares en los tejidos intersticiales de los pulmones, el hígado, la dermis y el bazo (Cordero & Garcés, 2019). Se considera al tipo V y XI como una subfamilia del colágeno fibrilar ya que se combinan con los tipos previamente mencionados y crean condiciones particulares, como la combinación del colágeno tipo V con el tipo I y III, aportando a la matriz orgánica de los huesos, el hígado, los pulmones, la placenta y la córnea (Anzueta, 2020).

2.1.3. Fuentes marino de colágeno

2.1.3.1. Escamas

Las escamas son: "laminas duras, con mayor o menor flexibilidad, que dibujan una amplia serie de líneas concéntricas y de estrías radicadas, que se entrelazan como las tejas de un tejido, como si fueran tejas de un tejido" formado el exoesqueleto de los peces (Rico, 2022). Las escamas son huesos de tejido conjuntivo fibrilar de origen dérmico que se encuentran en una bolsa epidérmica de tejido conjuntivo fibrilar. Son el resultado del exoesqueleto de los primitivos Ostracodermos y los Peces Placodermos (Cobeña et al., 2022).

Tanto el exterior como el interior se encuentran revestidos por una capa de osteoblastos, que se encuentran activos en los márgenes de la escama y causan su crecimiento constante (Rico, 2022). Las escamas de pescado representan un volumen significativo de desechos provenientes de las industrias que transforman el pescado. La investigación realizada por Elango y colaboradores, (2014), propone que el colágeno extraído de las escamas de los peces tiene características propias del colágeno de tipo I (Cobeña et al., 2022).

Las escamas de pescado representan una fuente sostenible y económica de colágeno, ya que son un subproducto abundante de la industria pesquera. Su aprovechamiento no solo reduce el desperdicio, sino que también contribuye a la economía circular. Además, el colágeno marino tiene ventajas sobre el bovino o porcino, como una mayor aceptación cultural y menor riesgo de transmisión de enfermedades (Rico, 2022).

2.1.3.2. Pargo

Los pargos son peces demersales de gran relevancia socioeconómica en las actividades pesqueras artesanales de las provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas, debido a la oferta y demanda en el mercado local y global. El pargo es un pez de costumbres bentónicas, clasificado dentro del grupo de predadores de tamaño medio, por lo que habita en terrenos rocosos y coralinos (Delfín, 2024).

Su cuerpo y aletas son de tonalidad roja intensa; el vientre es de tonalidad rosada o blanca (Delfín, 2024). Pargo Rojo, tal vez el más famoso de todos, es famoso por su resplandeciente color rojo y su carne sólida. Es una especie frecuente en Ecuador y es altamente apreciada tanto en el ámbito deportivo como comercial (Delfín, 2024).

2.1.4. Métodos de extracción de colágeno

Existen varios métodos para extraer colágeno a partir de escamas de pescado. Aquí te menciono algunos de los más comunes:

- **Método de extracción ácido:** Este método implica el uso de ácidos diluidos, como ácido acético o ácido clorhídrico, para disolver las escamas de pescado y liberar el colágeno. Luego, el colágeno se separa de la solución mediante técnicas de filtración y precipitación (Giraldo, 2019).

- **Método de extracción alcalino:** En este método, se utilizan soluciones alcalinas, como hidróxido de sodio o hidróxido de calcio, para desmineralizar y solubilizar las escamas de pescado. Posteriormente, el colágeno se separa de la solución alcalina y se purifica mediante técnicas de precipitación y lavado (Gaikwad & Kim, 2024).
- **Método de extracción enzimático:** En este método, se utilizan enzimas proteolíticas, como la pepsina o la tripsina, para descomponer las proteínas no colágenas presentes en las escamas de pescado y liberar el colágeno. Una vez liberado, el colágeno se separa y purifica mediante técnicas de centrifugación y filtración (Gaikwad & Kim, 2024).
- **Método de extracción en medio de alta presión:** Este método implica el uso de altas presiones para desnaturalizar las proteínas no colágenas presentes en las escamas de pescado y liberar el colágeno. El colágeno luego se separa y purifica mediante técnicas de centrifugación y filtración (Gaikwad & Kim, 2024).

2.1.5. Importancia del colágeno en la industria

- **Industria alimentaria**

El colágeno obtenido de las escamas de pescado posee un enorme potencial que facilita su uso en industrias de la alimentación (Anzueta, 2020). De acuerdo con sus características fisicoquímicas y tecnológicas, puede utilizarse como aditivo alimentario natural, para la creación de recipientes biodegradables, como revestimiento comestible y como material para encapsular (Anzueta, 2020). En la industria alimentaria, actúa como espesante y mejora la textura y calidad de los productos. Es un ingrediente clave en jaleas, gelatinas, así como en embutidos y carnes curadas, donde mejora la textura y el contenido de humedad de los productos (Rajabimashadi et al., 2023). Además, su capacidad para formar redes de gel y mejorar la estabilidad de emulsiones lo hace un componente valioso en productos lácteos, postres y alimentos procesados. Asimismo, se investiga su uso en la producción de suplementos proteicos y nutraceuticos, donde su alto contenido en aminoácidos esenciales contribuye a la regeneración del tejido muscular y articular en el organismo (Rajabimashadi et al., 2023).

- **Industria cosmética**

El colágeno es ampliamente utilizado en productos antienvjecimiento debido a su capacidad para mejorar la elasticidad de la piel y reducir las arrugas. Su alta biocompatibilidad lo

convierte en un ingrediente ideal para cremas, mascarillas y otros productos tópicos. Además, su capacidad de retención de agua ayuda a mantener la hidratación de la piel, previniendo la resequedad y la formación de líneas de expresión. En la formulación de productos capilares, el colágeno contribuye a la reparación de la fibra capilar, mejorando la resistencia y el brillo del cabello. Su incorporación en sérums y tratamientos faciales permite la regeneración celular y la protección contra agentes externos como la contaminación y los rayos UV (Sionkowska et al., 2020).

- **Industria farmacéutica**

En la industria farmacéutica, el colágeno es un componente esencial en la fabricación de biomateriales, debido a su compatibilidad con los tejidos humanos y su capacidad de favorecer la cicatrización de heridas y regeneración celular. Se utiliza en la producción de apósitos para quemaduras, implantes médicos y en la ingeniería de tejidos para la regeneración ósea y cartilaginosa (Xu et al., 2021). Su aplicación en fármacos y suplementos nutricionales permite el tratamiento de enfermedades articulares como la osteoartritis, promoviendo la regeneración del cartílago y reduciendo la inflamación. También se investiga su uso en la encapsulación de medicamentos, ya que su estructura proteica permite una liberación controlada de compuestos activos, mejorando la biodisponibilidad y eficacia terapéutica de los fármacos (Zhu et al., 2022).

2.1.6. Renina

La quimosina es una enzima proteasa de tipo aspártica presente en el cuajo, producida naturalmente por las vacas en el abomaso, que corresponde a la cuarta cámara de su estómago. Sin embargo, también puede obtenerse por métodos biotecnológicos mediante ADN recombinante en organismos como *Escherichia coli*, *Aspergillus niger* var. *awamori* y *Kluyveromyces lactis* (Ecuared, 2020). Las enzimas producidas de esta manera se conocen como quimosinas obtenidas por fermentación (FPC, por sus siglas en inglés). Según la Unión Internacional de Bioquímica y Biología Molecular (IUBMB), esta enzima industrial pertenece al grupo de las aspartil endopeptidasas y se clasifica con el número EC 3.4.23.4 (Calvo, 2020).

2.1.6.1. Características de la renina

La quimosina se sintetiza inicialmente como pre-pro-quimosina, una forma precursora que incluye 58 aminoácidos adicionales respecto a la enzima activa y que carece de actividad

proteolítica. En el estómago, esta molécula se libera como pro-quimosina, una forma aún inactiva, que se activa tras la eliminación de un fragmento de 42 aminoácidos, luego de haberse separado previamente 16 aminoácidos. Este proceso da lugar a la quimosina activa, con un peso molecular aproximado de 30.700 (Calvo, 2020). Al igual que otras enzimas, la quimosina puede auto digerirse si se encuentra en condiciones que favorecen su actividad. Sin embargo, su actividad puede inhibirse de forma reversible mediante altas concentraciones de cloruro de sodio, lo que permite conservarla en estado inactivo. Al disminuir la concentración de sal durante su uso, la enzima recupera su funcionalidad (Ecuare, 2020).

2.1.7. Proteína

Todas las proteínas son polímeros formados por la unión de monómeros conocidos como α -aminoácidos. La prolina, un aminoácido de estructura cíclica, presenta propiedades similares a las de aminoácidos alifáticos como la alanina y la glicina. Una característica particular de la prolina es su capacidad para modificarse químicamente una vez incorporada a las proteínas, convirtiéndose en 4-hidroxiprolina (Luque, 2019).

Las proteínas presentan cuatro niveles de organización estructural: primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria. La estructura primaria corresponde a la secuencia lineal de aminoácidos determinada por la información genética contenida en el ADN. Esta secuencia es fundamental, ya que condiciona el plegamiento tridimensional de la proteína y, por tanto, su función biológica. Alteraciones en la secuencia de aminoácidos pueden ocasionar cambios en la conformación estructural, lo que podría afectar negativamente su actividad funcional (Luque, 2019).

En los niveles superiores de organización, se forman interacciones como los enlaces de hidrógeno entre el grupo amino de un residuo y el grupo carboxilo de otro, contribuyendo así a la estabilidad de las estructuras secundaria y terciaria. La cadena polipeptídica se alarga mediante enlaces específicos que permiten la adopción de dos posibles conformaciones espaciales, conocidas como estructura secundaria de una proteína. Estas conformaciones son la α -hélice y la β -hoja plegada (Luque, 2019).

La α -hélice se caracteriza por formar una estructura geométrica en espiral, altamente uniforme, en la que cada vuelta completa incluye aproximadamente 3,6 aminoácidos. Esta configuración se estabiliza mediante puentes de hidrógeno que se establecen entre el

hidrógeno del grupo amino de un enlace peptídico y el oxígeno del grupo carboxilo del cuarto aminoácido sucesivo en la cadena. Dentro de las proteínas estructurales que presentan este tipo de conformación se encuentran, entre otras, el colágeno, la queratina y la elastina (Luque, 2019).

2.1.7.1. Propiedades de las proteínas

Las proteínas son biomoléculas altamente complejas y fundamentales en el ámbito celular, ya que están presentes en todas las células vivas en gran cantidad. Están formadas principalmente por hidrógeno, carbono, oxígeno y nitrógeno; algunas también contienen azufre y, dependiendo de su estructura, pueden incluir elementos como fósforo, calcio, hierro, zinc o molibdeno. En cuanto a su solubilidad, la mayoría son solubles en agua o en soluciones salinas, mientras que solo una minoría puede disolverse en solventes orgánicos (Luque, 2019).

- **Capacidad amortiguadora**

Las proteínas poseen carácter anfótero, lo que significa que pueden actuar como ácidos o bases según las condiciones del entorno. Esta propiedad les permite ceder o captar protones (H^+) del medio, lo cual contribuye a mantener el equilibrio del pH (Luque, 2019).

- **Solubilidad**

Cuando las proteínas adoptan una estructura globular y compacta, tienden a disolverse en agua. Esto se debe a la presencia de grupos radicales (-R) libres en los aminoácidos que las componen, los cuales interactúan formando enlaces débiles con las moléculas de agua, facilitando así su solubilidad (Luque, 2019).

- **Desnaturalización**

Cuando las proteínas se exponen a factores externos como variaciones de pH, temperaturas elevadas o cambios en la salinidad, sus estructuras secundaria, terciaria y cuaternaria pueden desestabilizarse y romperse. Como resultado, solo permanece intacta la estructura primaria, que corresponde a la secuencia lineal de aminoácidos que componen la proteína. Esta secuencia es única para cada proteína y es lo que le confiere sus propiedades específicas (Luque, 2019).

- **Especificidad**

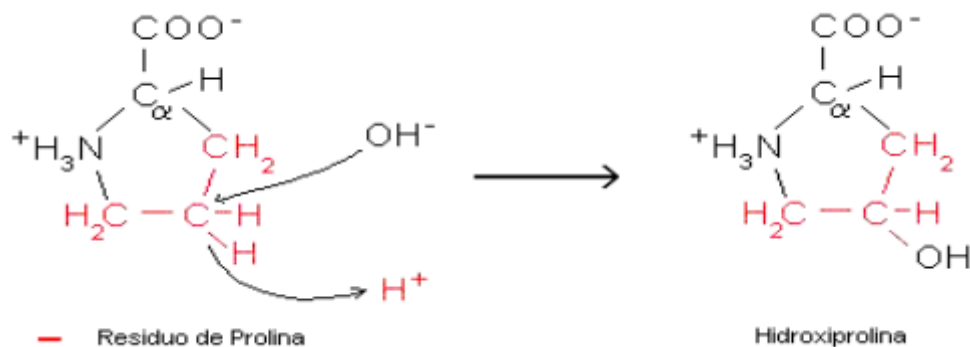
La especificidad es una de las características más distintivas de las proteínas. Cada organismo tiene la capacidad de sintetizar proteínas únicas, lo que significa que incluso entre individuos de la misma especie pueden existir diferencias proteicas. Esta diversidad no se observa en los lípidos, que tienden a ser estructuralmente iguales entre especies. La especificidad proteica se debe a las múltiples combinaciones posibles entre los aminoácidos, las cuales están determinadas por el ADN de cada ser vivo (Luque, 2019).

- **Estructura**

Las proteínas están formadas por cadenas de α -aminoácidos, que actúan como unidades monoméricas en estos polímeros biológicos. Uno de estos aminoácidos, la prolina, presenta una estructura cíclica y comparte propiedades con aminoácidos alifáticos como la alanina y la glicina (Luque, 2019). Una característica notable de la prolina es su capacidad de sufrir modificaciones químicas después de su incorporación a una proteína, transformándose en 4-hidroxiprolina, como se muestra en el gráfico correspondiente (Luque, 2019).

Figura 1.

Fórmula estructural de la prolina y la hidroxiprolina.



Fuente: (Luque, 2019).

Las moléculas proteicas presentan cuatro niveles de estructuración: primaria (secuencia), secundaria (plegado local), terciaria (plegado global) y cuaternaria (asociación de múltiples cadenas). En el primer nivel de estructuración, la secuencia de aminoácidos se determina por el ADN del gen correspondiente a cada proteína. La estructura primaria es esencial, ya que define el diseño tridimensional que adoptará la proteína. Cualquier alteración en el orden de

los aminoácidos puede modificar la estructura tridimensional y en consecuencia, afectar su función biológica (Luque, 2019). Una vez ensamblada la cadena de aminoácidos, se inician interacciones entre los diferentes aminoácidos, lo que permite la formación de enlaces de hidrógeno entre el átomo de hidrógeno de un aminoácido y el oxígeno carboxilo de otro (Luque, 2019).

Estas uniones causan que la cadena polipeptídica se alargue y adopte dos posibles estructuras espaciales, las cuales conforman lo que se conoce como la estructura secundaria de una proteína. Estos dos ajustes estructurales son la α -hélice y la β -hoja plegada. La α -hélice se caracteriza por su forma geométrica en espiral, bastante regular, donde cada vuelta de la hélice está compuesta por 3,6 aminoácidos. Esta estructura se mantiene unida mediante enlaces de hidrógeno entre el hidrógeno del grupo amino del enlace peptídico de un aminoácido y el oxígeno del grupo carboxilo del cuarto residuo que se encuentra más allá en la secuencia. Ejemplos de proteínas que adoptan esta estructura incluyen al colágeno, la queratina y la elastina (Luque, 2019).

2.1.7.2. Clasificación de las proteínas

a. Proteínas simples

Las proteínas simples son aquellas que están compuestas únicamente por aminoácidos o sus derivados. Entre ellas se incluyen:

- Albúminas
- Glutelinas
- Prolaminas
- Histonas
- Protaminas (Luque, 2019).

b. Proteínas compuestas

Las proteínas son compuestos que, además de aminoácidos, incluyen elementos orgánicos o inorgánicos denominados grupos prostéticos en su estructura. La clasificación de las proteínas conjugadas se realiza en función de los grupos prostéticos que las componen (Luque, 2019).

- Nucleoproteínas
- Glucoproteínas

- Fosfoproteínas
- Cromoproteínas
- Lipoproteínas
- Metaloproteínas
- Hemoproteínas
- Flavoproteínas

c. Proteínas fibrosas

Se indica que las proteínas fibrosas están formadas por cadenas paralelas de polipéptidos que se enrollan alrededor de un mismo eje, lo que da lugar a una estructura denominada "microfibrila". Estas proteínas desempeñan un papel fundamental en la constitución del tejido conectivo en los organismos vivos (Luque, 2019).

- Colágeno
- Elastina
- Queratinas

d. Globulares

Se indica que estas son cadenas polipeptídicas que se entrelazan entre sí, formando esferas o glóbulos compactos (Luque, 2019). Dentro de estas estructuras, se encuentran los siguientes 15 componentes:

- Enzimas
- Anticuerpos

2.1.8. Baño maría

El baño de María es un dispositivo utilizado en laboratorios para realizar diversos procedimientos, como exámenes serológicos, incubaciones, aglutinaciones, inactivaciones, así como procesos en los campos biomédico, farmacéutico e incluso industrial. Generalmente se emplea agua como medio de transferencia de calor, aunque también puede utilizarse aceite, dependiendo del tipo de aplicación (Quino, 2021).

2.1.8.1. Usos

Este procedimiento comenzó a utilizarse en operaciones relacionadas con la alquimia, la química y la industria farmacéutica, entre otras, donde era necesario calentar de forma

gradual y controlada recipientes como vasos de precipitados, probetas o matraces Erlenmeyer que contenían líquidos sensibles al calor (Loren, 2021). Con el tiempo, esta técnica se ha ampliado a nuevos usos, incluso en el tratamiento de residuos, y actualmente se aplica en diversos ámbitos, como:

- El sector alimentario, por ejemplo, para la elaboración de dulce de leche a partir de leche condensada (véase también: cocción al vapor).
- El ámbito estético, permitiendo calentar cera depilatoria sin necesidad de fuentes de calor intensas (Loren, 2021).

2.2. Marco referencial

El colágeno derivado de fuentes marinas se distingue por sus excepcionales propiedades bioactivas, superando al colágeno de origen terrestre. Estudios recientes han revelado que el colágeno obtenido de escamas de pescado presenta una mayor biodisponibilidad y es más compatible con la piel humana, características que lo convierten en un recurso especialmente valioso para las industrias alimenticia, cosmética y farmacéutica (Barzkar et al., 2023).

Además, su utilización contribuye a la reducción de residuos en la industria pesquera, promoviendo una economía más circular y sostenible (Rajabimashadi et al., 2023). Investigaciones llevadas a cabo han evidenciado que hay entre 27- 29 clases de colágeno, siendo el tipo I el más utilizado debido a su mayor disponibilidad. Se encuentra en tejidos, piel, huesos, dermis, tendones, ligamentos y córnea. Su estructura se compone de una triple hélice representada en tres cadenas α ($\alpha 1$ - $\alpha 1$ - $\alpha 2$) de cerca de 1000 residuos de aminoácidos (Anzueta, 2020). Hay escasas investigaciones en las que se haya empleado la proteína de las escamas de pescado para propósitos alimenticios, farmacéuticos o cosméticos, debido a la limitada innovación en los métodos de extracción de este. Entre las alternativas de mejora se encuentran el uso de enzimas, como la renina, también conocida como quimosina, con el objetivo de expandir nuevas invenciones y su mejora (López & Almeida, 2019). La temperatura tiene un impacto significativo en la eficiencia de extracción de colágeno. Temperaturas más bajas (11-25 °C) parecen ser más efectivas para la hidrólisis ácida, mientras que temperaturas moderadas (50 °C) son óptimas para la extracción asistida por ultrasonido (Quintero & Zapata, 2019).

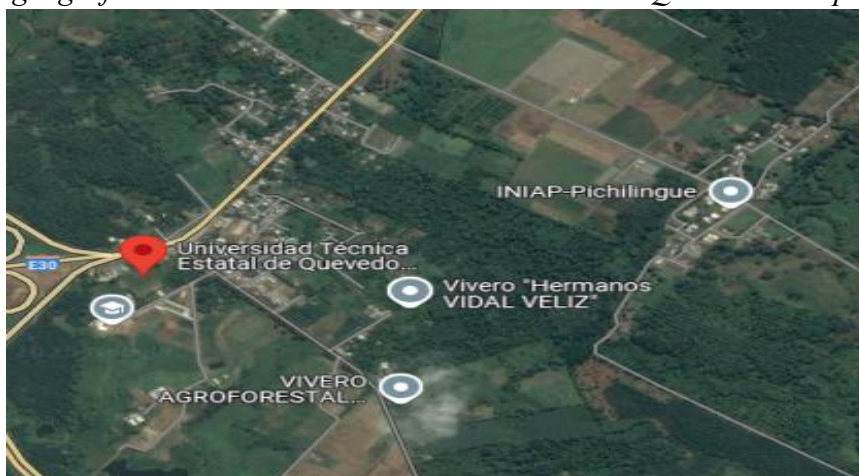
CAPITULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

En este trabajo investigativo se realizó la parte experimental en el laboratorio agroalimentario y se llevaron a cabo los análisis fisicoquímicos y microbiológicos en el laboratorio de Bromatología, ubicado en el “Campus La María de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo”, en el km 7 1/2 de la vía Quevedo-Mocache, provincia de Los Ríos, Ecuador.

Figura 2.

Ubicación geográfica de la Universidad Técnica Estatal De Quevedo-Campus "La María"



Nota: Tomando de Google Maps.

3.1.1. Materia prima

La materia prima principal fue la escama de pescado, que se obtuvo en el mercado de mariscos “La Iguana” ubicada en el centro de la ciudad de Quevedo.

3.2. Tipo de investigación

Esta investigación se llevó a cabo de manera experimental, donde se analizaron dos elementos de estudio, el factor A (Alta temperatura) y el factor B (Enzimática).

3.2.1. Investigación experimental

En este estudio se utilizaron técnicas o métodos experimentales para optimizar la extracción de colágeno a partir de escamas de pescado. Se modificaron variables concretas, tales como la concentración de enzimas, la temperatura y el tiempo de reacción, con el objetivo de examinar sus impactos en la eficiencia y calidad del colágeno adquirido. Los experimentos se llevaron a cabo en un laboratorio bajo condiciones reguladas, lo que facilitó la

identificación de las condiciones ideales para optimizar la eficacia del procedimiento y asegurar un producto de excelente calidad.

3.2.2. Investigación bibliográfica

Se recopiló información de fuentes científicas, como publicaciones, libros y tesis vinculadas con la obtención de colágeno y la utilización de desechos pesqueros. Este tipo de estudio brindó un sólido marco teórico acerca de las características del colágeno, los métodos de extracción empleados en investigaciones anteriores y su uso en el sector industrial. La revisión bibliográfica facilitó la comparación de los descubrimientos experimentales con la bibliografía existente, respaldando los resultados logrados en el estudio.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método deductivo-inductivo

A través de este procedimiento, se contrastaron los resultados de las variables fisicoquímicas con la caracterización del colágeno obtenido de las escamas de pescado. Se empleó un diseño factorial AxB para evaluar los factores y tratamientos considerados en la investigación. Mediante los enfoques deductivo e inductivo, se lograron establecer los resultados y formular conclusiones y recomendaciones alineadas con los objetivos del estudio.

3.3.2. Método analítico

Mediante el método analítico, se determinaron las condiciones ideales para optimizar el desempeño y la calidad del colágeno obtenido. Esto se logró a través de un análisis exhaustivo de las propiedades fisicoquímicas y de desempeño del colágeno, teniendo en cuenta los diferentes métodos de extracción empleados (enzimático, térmico y combinado), lo que facilitó el análisis sistemático y exhaustivo de cada variable.

3.4. Fuentes de recopilación de información

Los datos recopilados para esta investigación se obtuvieron de diversas fuentes, incluyendo artículos científicos, libros, tesis y reglamentos. Esto evidencia que el estudio se desarrolló sobre una sólida base científica y normativa, lo que garantizó la validez y el rigor del trabajo realizado.

3.5. Diseño de la investigación

Se planteó un diseño factorial de AxB, conformado por dos factores: Temperatura (Factor A) con dos niveles: 90 °C y 60 °C, y la concentración de la enzima renina (Factor B) con tres niveles: 5 %, 10 % y 15 %. Se establecieron 6 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, lo que dio un total de 18 unidades experimentales.

3.5.1. Factores de estudio

La siguiente tabla presenta los factores de estudio que influyen en la extracción de colágeno a partir de escamas de pescado, los cuales son: Factor A (Temperatura) y Factor B (Enzima). El Factor A consta de dos niveles, a1 (90 °C) y a2 (60 °C), mientras que el Factor B presenta tres niveles, b1 (5 %), b2 (10 %) y b3 (15 %). En total, esta investigación considera cinco niveles experimentales, los cuales permitirán analizar la influencia de la temperatura y la concentración enzimática en la eficiencia de extracción de colágeno.

Tabla 1.

Factores de investigación que participan en la obtención de colágeno a partir de escamas de pescado.

Factores	Simbología	Niveles
Factor A (Temperaturas)	a1	90 °C
	a2	60 °C
Factor B (Enzima)	b1	5 %
	b2	10 %
	b3	15 %

Elaborado por: Autora.

Tabla 2.

Muestra las combinaciones de los tratamientos propuestos para la obtención de colágeno.

Tratamiento	Descripción
a1b1	90 °C con 5 % de enzima.
a1b2	90 °C 10 % de enzima.
a1b3	90 °C 15 % de enzima.
a2b1	60 °C 5 % de enzima.
a2b2	60 °C 10 % de enzima.
a2b3	60 °C 15 % de enzima.

Elaborado por: Autora.

Modelo Matemático

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + (AB)_{ij} + R_l + E_{ijk}$$

Donde:

μ = Efecto global

A_i = Efecto del *i*-ésimo nivel del factor A (Temperatura); $i = 1, \dots, A$

B_j = Efecto del *j*-ésimo nivel del factor B (Enzima); $j = 1, \dots, B$

$(AB)_{ij}$ = Efecto de la interacción entre los factores A, B.

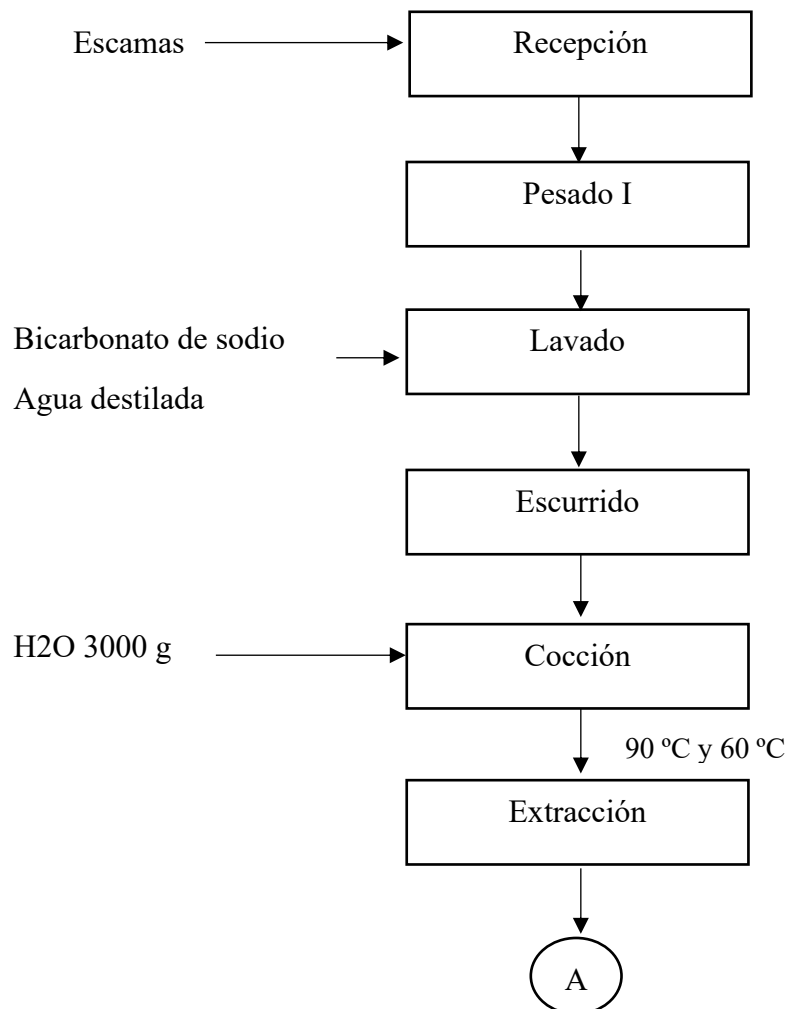
R_l = Efecto de la replicación del experimento; $l = 1, \dots, r$

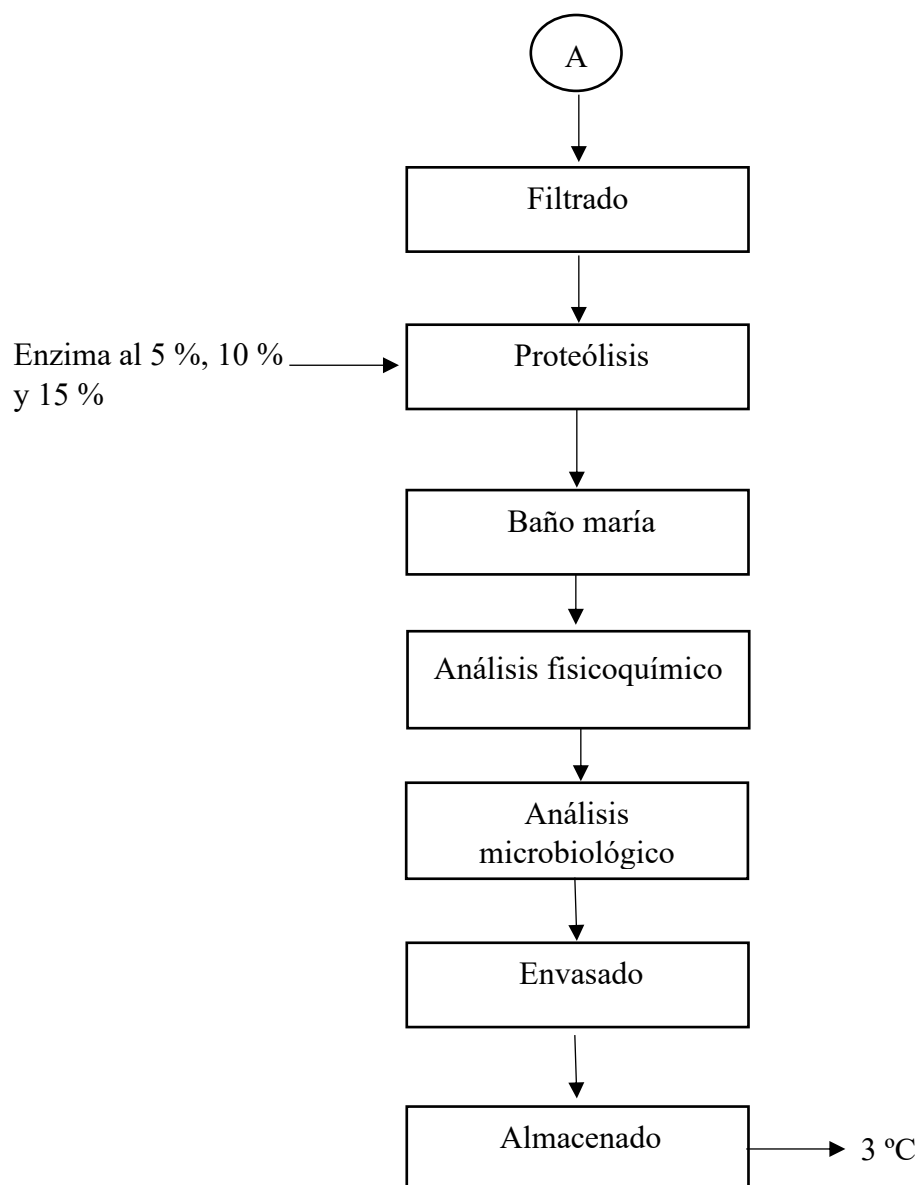
E_{ijk} = Error experimental asociado a la *k*-ésimo réplica del tratamiento con el *i*-ésimo nivel de la temperatura y el *j*-ésimo nivel de la enzima.

3.6. Instrumentos de investigación

3.6.1. Manejo del experimento

3.6.1.1. Diagrama de flujo de proceso de elaboración de colágeno





Elaborado: Autora

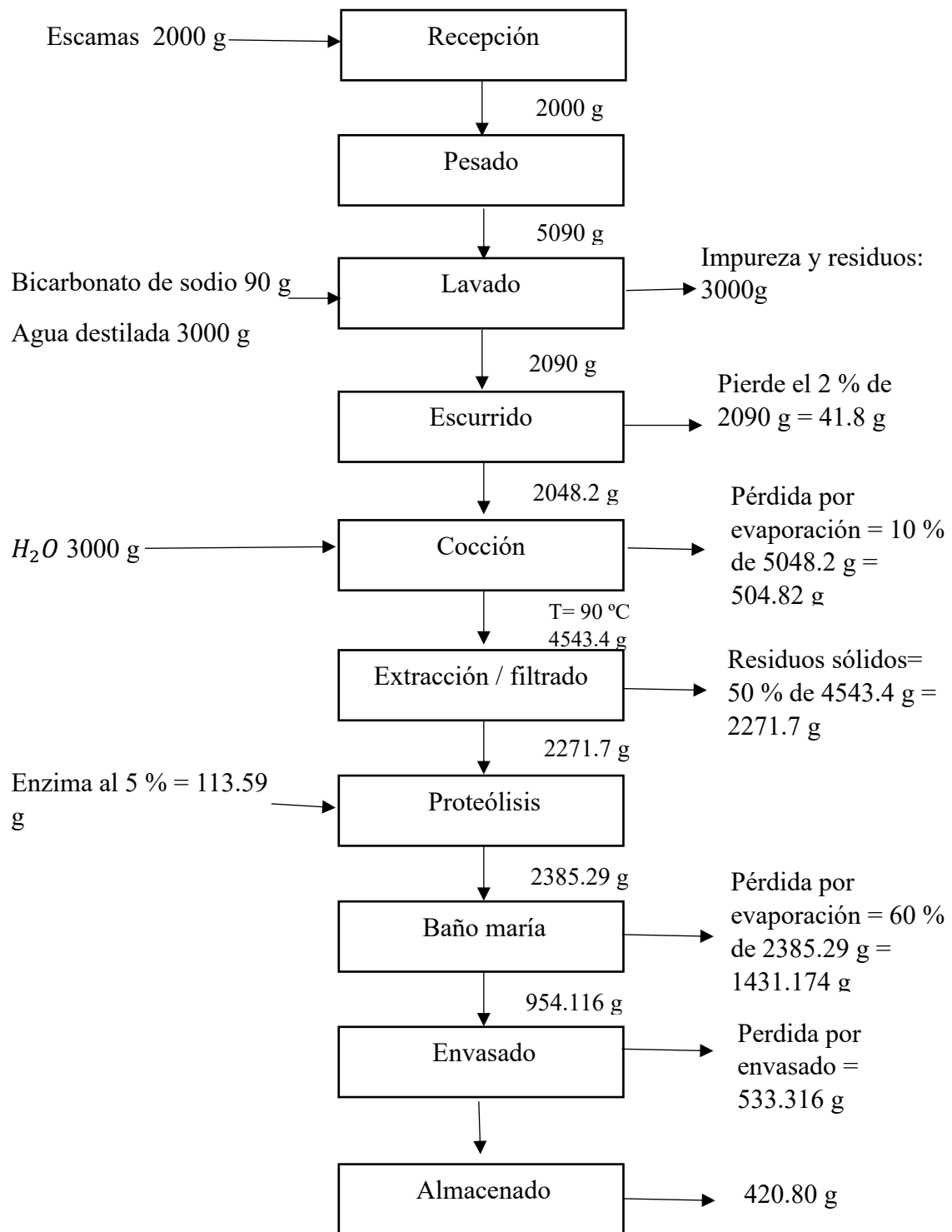
3.6.1.2. Descripción del proceso de extracción de colágeno

- **Recepción:** En esta etapa, se obtuvo la materia prima (escamas de pescado), las cuales fueron categorizadas y guardadas en un lugar apropiado para prevenir su deterioro.
- **Pesado I:** Se pesaron las escamas de pescado para determinar la cantidad necesaria que se emplearía en el procedimiento de extracción. Este procedimiento fue crucial para establecer la eficacia de la extracción y los resultados de colágeno logrados.
- **Lavado:** Las escamas de pescado fueron inicialmente sometidas a un proceso de limpieza utilizando agua potable apta para el consumo. Posteriormente, se desinfectaron con una solución de bicarbonato de sodio a una concentración variable de 5 a 10 g/L, ajustada en función del número de escamas presentes. Este proceso de

desinfección se realizó durante un periodo de 30 min. Una vez transcurrido este tiempo, las escamas fueron nuevamente lavadas con agua destilada con el fin de eliminar cualquier residuo de bicarbonato de sodio, así como otras impurezas presentes.

- Ecurrido: Después del lavado, se realizó un escurrido de las escamas ya limpias.
- Cocción: Las escamas, ya lavadas, se sometieron a un proceso de cocción a una temperatura de 90 °C durante 1 hrs y luego a 60 °C durante 2 hrs. La cocción tuvo como objetivo ablandar las escamas y liberar el colágeno contenido en ellas.
- Extracción: En esta etapa, se llevó a cabo la extracción propiamente dicha del colágeno. Se empleó un método de licuado para la extracción del colágeno.
- Filtrado: Una vez extraído el colágeno, se realizó un filtrado para separar los sólidos (como residuos de escamas) de la solución líquida que contenía el colágeno disuelto. El filtrado aseguró la eliminación de impurezas y partículas no deseadas, obteniendo una solución más clara y pura del colágeno.
- Proteólisis: El colágeno extraído se mezcló con la primera concentración de enzima, que fue del 5 %. Después de la adición de la enzima, la mezcla se agitó de manera constante durante 30 min a una temperatura de 45 °C para asegurar que la enzima se distribuyera uniformemente en la solución. Durante este tiempo, la velocidad de agitación fue moderada para evitar el sobrecalentamiento o la degradación del colágeno. Posteriormente, se continuó el procedimiento utilizando las concentraciones de enzima al 10 % y 15 %, siguiendo el mismo protocolo empleado para la concentración inicial del 5 %.
- Baño maría: Durante la etapa de baño maría, se controló la temperatura del colágeno para no exceder los 70 °C, evitando su desnaturalización. El colágeno permaneció en el baño maría entre 30 minutos y 1 hora, lo que permitió su disolución y homogenización.
- Envasado: El colágeno ya homogenizado se envasó en envases apropiados, asegurando que estuviera en condiciones óptimas para su almacenamiento.
- Almacenado: Finalmente, el colágeno envasado se almacenó en condiciones adecuadas de temperatura y humedad, generalmente en un ambiente refrigerado o congelado, para preservar sus propiedades y evitar su descomposición o deterioro.

3.6.1.3. Balance de materia



Elaborado: Autora

3.6.2. Análisis fisicoquímico del colágeno ya extraído

a) Determinación de pH

El pH del colágeno obtenido se estableció de acuerdo con el método definido en el CE 853, 2016, que regula los procedimientos para valorar la calidad y seguridad de los productos alimenticios derivados de animales. Para ello, se preparó una muestra de colágeno disuelto en agua destilada, y posteriormente, se evaluó el pH utilizando un instrumento calibrado.

b) Establecimiento de la viscosidad

La viscosidad del colágeno obtenido fue evaluada conforme a las directrices establecidas en la ASTM D2196-20, que especifica los procedimientos para la medición de la viscosidad de fluidos utilizando un viscosímetro de rotación. Para determinar la resistencia al flujo de la solución, se empleó un viscosímetro Brookfield con una aguja número S62, operando a una velocidad de 0.3 RPM. Los resultados obtenidos se expresaron en centipoise (cP), que es la unidad estándar para medir la viscosidad.

c) Determinación de proteína

Se estableció la cantidad de proteína presente en el colágeno mediante el método Kjeldahl, de acuerdo con la NTE INEN 1334-2, 2011. Este procedimiento se fundamentó en calcular el nitrógeno total existente en la muestra. El proceso inició con la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, lo que permite descomponer la proteína y liberar el nitrógeno en forma de amoníaco. Posteriormente, el amoníaco liberado fue destilado y titulado con una solución estándar de ácido clorhídrico (HCl) de concentración conocida.

La cantidad de proteína en la muestra se determinó utilizando la siguiente fórmula:

$$Proteína = \frac{(V_{HCl} - V_b) * 1.401 * NHCL * F}{G.muestra}$$

Siendo:

1.401= Peso atómico del nitrógeno.

NHCL= Normalidad de ácido clorhídrico 0.1 N

F = Factor de conversión (6.25)

VHCI = Volumen del ácido clorhídrico consumido en la titulación

Vb = Volumen del blanco (0.1)

3.6.3. Análisis microbiológico del colágeno ya extraído

a) Determinación de moho y levadura

Para identificar la existencia de hongos y levaduras en el colágeno, se aplicó el método establecido en la NTE INEN 1529-8, 2016, que define los métodos microbiológicos para la determinación de estos microorganismos en alimentos. La muestra se cultivó en un medio apropiado (usualmente, agar nutritivo) y se incubó a 25 °C durante un periodo de 24 - 48 hrs. La cuenta de las colonias se realizó mediante la fórmula:

$$\text{Concentración de hongos y levaduras} = \frac{\text{Numero de colonias contadas}}{\text{Volumen de muestra inoculada}}$$

b) Determinación de E. Coli

Para identificar Escherichia coli, se aplicó el procedimiento definido en la INEN ISO 16654, 2014. Se utilizó el medio de cultivo apropiado (como el agar MacConkey) y la muestra se incubó a 37°C durante 24 horas. Si se observaba un crecimiento distintivo, se confirmaba mediante exámenes bioquímicos. La cantidad de *E. coli* se determinaba mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Concentración de E. coli (UFC/100 mL o UFC/g)} = \frac{\text{Numero de colonias} * fd}{\text{Volumen}}$$

Donde N es el número de colonias de E. coli observadas y V es el volumen de muestra usado en el cultivo o peso de la muestra inoculada.

3.7. Tratamiento de los datos

A través de este procedimiento se evaluó el grado de calidad del colágeno obtenido. En caso de que se presente una variación significativa entre las interacciones de los factores empleados, se aplicó un análisis estadístico utilizando el ANOVA (Análisis de varianza) y la prueba de significancia de Tukey, con el fin de determinar el tratamiento más adecuado,

considerando un nivel de significancia del 5 %. Estos análisis se realizaron en el software estadístico STATGRAPHICS Centurión XVIII versión 19.3.03.

Tabla 3.

Esquema del análisis

Fuente de Variación	Suma de Cuadrados (SS)	Grados de Libertad	Cuadrados Medios (CM)	Razón de Varianza (F)
FA	SS (A)	A-1 2 - 1 = 1	CM (A) = SS (A) / (A)	CM (A) / CM (Error).
FB	SS (B)	B-1 3 - 1 = 2	CM (B) = SS (B) / (B)	CM (B) / CM (Error).
Interacción A*B	SS (A*B)	(a-1) (b-1) (2-1) (3-1) = 2	CM(AB) = SS (AB) / (A*B)	CM (AB) / CM (Error).
Réplicas	SC (R)	r - 1 2 - 1 = 1	CM (R)	
Error	SS (Error)	Ab (n - 1) 6 (3 - 1) = 12	CM (Error) = SS (Error) / (Error)	
Total	SS (Total)	abn - 1 18 - 1 = 17		

Nota: Factor A: Alta temperatura; Factor B: Enzima

Elaborado por: Autora.

3.7.1. Variable de estudio

Variables independientes (factores controlados o manipulados):

- Temperatura
- Enzimático (renina)

Variables dependientes (resultado o efecto observado):

a. Análisis Físico – Químico

- pH (CE 853, 2016).

- Viscosidad (D2196 – 20, 2020)
 - Proteína por el método kjelhal (NTE INEN 1334-2, 2011).
- b. Análisis microbiológico
- Control de Moho y Levadura (NTE INEN 1529-8, 2016).
 - Escherichia coli O157 (UNE-EN ISO 16654, 2023).

3.8. Recursos humanos y materiales

Tabla 4.

Equipos, Materiales y materia prima e insumos utilizados en la investigación

Recursos humanos	
Tesisista: Elvia Rossie Pin Mencias	
Tutor: Ing. José Vicente Villarroel Bastidas	
Materia prima	Insumos
Escamas de pescado	• Agua destilada • Bicarbonato de sodio • Enzima renina
Equipos	Materiales
• Autoclave • Estufa • Incubadora • Licuadora • pH metro • Olla de acero inoxidable • Termómetro • Agitador	• Tubos de ensayo • Mascarilla • Espátulas • Cofia • Tamiz • Placas petrifilm • Filtros de papel • Vasos de precipitados • Bandejas • Guantes • Mandil

Elaborado por: Autora.

3.8.1. Presupuesto

Tabla 5.

Presupuesto para la realización del proyecto de investigación

RECURSOS	Unidad	Cantidad	Valor (USD)	Total (USD)
RECURSOS HUMANOS				
Trabajo del estudiante	horas	240	2.5	\$600
Trabajo del tutor	horas	160	4.5	\$720
			Subtotal 1:	\$1.320
RECURSOS FISICOS				
Materiales e insumos				
Escamas de pescado	kg	4	1	\$6
Agua destilada	litro	1	1	\$1.25
Bicarbonato de sodio	kg	0.03	0.5	\$2.00
Enzima renina	kg	1	21	\$41.00
Aparatos o equipos				
Estufa	horas de uso	6	40	\$240.00
Olla de acero inoxidable	horas de uso	2	2	\$8.00
Termómetro	horas de uso	1	1	\$10.00
Autoclave	horas de uso	1	40	\$240.00
Licuada	horas de uso	1	30	\$30.00
pH metro	horas de uso	1	70	\$70.00
Incubadora	horas de uso	1	30	\$30.00
Agitador	horas de uso	1	350	\$300.00
Espátulas	horas de uso	1	2	\$3.00
Tamiz	horas de uso	2	2	\$5.00
Placas petrifilm	horas de uso	40	80	\$80.00
Filtros de papel	horas de uso	20	30	\$25.00
Vasos de precipitados	horas de uso	30	60	\$50.00
Bandejas de acero inoxidable	horas de uso	2	2	\$4.00
Servicios				
Análisis Microbiológicos	muestras	18	60	\$360.00
Análisis fisicoquímico	muestras	18	60	\$400.00
Materiales de oficina				
Computadora	1	1	900	\$900.00
Impresiones	ante proyecto	1	45	\$45.00
			Subtotal 2:	\$2.850,3
			Imprevistos 10 %:	\$285,03
			Total:	\$4.170,3
	Aporte del estudiante			\$700.00
FINANCIAMIENTO	Aporte de la UTEQ			\$3.470,25

Elaborado por: Autora.

CAPÍTULO IV
RESULTADO Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de rendimiento

- **Determinar el rendimiento de colágeno extraído a 90 °C y 60 °C**

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{\text{Masa de colágeno extraído}}{\text{Masa de escamas de pescado}} \times 100$$

Ecuación 1. Fórmula para determinar el rendimiento

Tabla 6.

Rendimientos

Nº	Temperatura (°C)	Concentración de Enzimas (%)	Masa de Escamas de Pescado (g)	Masa de Colágeno Extraído (g)	Rendimiento (%)
T1	90	5	2000	420.80	21.04
T2	90	10	2000	435.72	21.79
T3	90	15	2000	441.80	22.09
T4	60	5	1589	443.68	27.92
T5	60	10	1589	439.72	27.67
T6	60	15	1589	432.87	27.24

Elaborado por: Autora.

Interpretación de resultado

En la Tabla 6 se presentan los rendimientos obtenidos durante el proceso de extracción de colágeno de escamas de pescado, en función de dos variables clave: la temperatura (°C) y la concentración de enzimas (%). El rendimiento de colágeno, calculado como el porcentaje de la masa de colágeno extraído respecto a la masa inicial de escamas de pescado, muestra una variabilidad significativa según las condiciones experimentales.

A una temperatura de 90 °C, el rendimiento de colágeno extraído varió significativamente con la concentración de enzimas. El rendimiento aumentó del 21.04 % al 22.09 % al incrementarse la concentración de enzimas de 5 % a 15 %. Aunque el rendimiento mejora con la mayor concentración enzimática, no alcanza un nivel óptimo en comparación con las condiciones a 60 °C.

A 60 °C, el rendimiento de colágeno extraído mostró una tendencia notablemente más alta. A una concentración de enzimas del 5 %, se alcanzó un rendimiento del 27.92 %, y al

aumentar la concentración al 15 %, el rendimiento alcanzó el 27.24 %, lo que indica que una menor temperatura y una concentración enzimática favorecen la extracción del colágeno de manera más eficiente.

Además, la consistencia del rendimiento a concentraciones del 5 % y 10 % (27.92 % y 27.67 %, respectivamente) sugiere que, en estas condiciones. Esto sugiere que, en las condiciones experimentales evaluadas, la combinación de una temperatura más baja y una concentración de enzimas favorece la eficiencia del proceso de extracción de posiblemente colágeno. Estos resultados son especialmente relevantes dado que el posiblemente colágeno extraído es en su forma húmeda, lo cual influye en las propiedades finales del producto y su potencial para aplicaciones industriales.

Discusión

En el presente estudio, se observó que el rendimiento de supuestamente colágeno a 90 °C es notablemente inferior al que se alcanzó a 60 °C. Este comportamiento es consistente con otros estudios que sugieren que las altas temperaturas pueden desnaturalizar proteínas y afectaron la eficiencia del proceso de extracción. De hecho, investigaciones previas han reportado que temperaturas superiores a los 70 °C pueden dañar la estructura del colágeno, reduciendo la cantidad que se puede extraer. Sin embargo, en este estudio, a 90 °C se obtuvo un rendimiento más bajo incluso con una mayor concentración de enzimas, lo que indica que las altas temperaturas no siempre mejoran la extracción, a pesar de la mayor disponibilidad enzimática.

Por otro lado, los resultados obtenidos a 60 °C son más acordes con investigaciones anteriores que indican que temperaturas más bajas (entre 50 - 60 °C) favorecen la extracción de colágeno debido a que preservan mejor la estructura de las proteínas (Vimal et al., 2024). A temperaturas más bajas, las enzimas pueden actuar de manera más eficiente sin causar la desnaturalización de las proteínas, lo que resulta en un mayor rendimiento. En este contexto, los rendimientos obtenidos a 60 °C (27.92 % a 5 % de enzimas y 27.67 % a 10 % de enzimas) son comparables a los reportados en estudios que han utilizado condiciones similares, como los de (Solari & Córdova, 2021), donde se obtuvieron rendimientos superiores al 10 % utilizando temperaturas de 60 °C con diferentes concentraciones enzimáticas.

Un aspecto interesante es que los rendimientos de colágeno no aumentan significativamente más allá del 27.67 % a una concentración de enzimas del 10 %, lo que sugiere que el proceso

de extracción puede estar cerca de su eficiencia máxima bajo estas condiciones. Esto coincide con lo reportado por (Cobeña et al., 2022), que encontraron que después de un cierto umbral de concentración enzimática (alrededor del 10 %), los rendimientos no aumentan considerablemente, sino que permanecen estables, indicando que la extracción ha alcanzado su punto de saturación.

Según el estudio de rendimiento realizado por (Jaimes et al., 2020) de obtención del colágeno de las escamas mediante extracción con agua utilizo dos tipos de temperatura 88 °C y 90 °C los cuales el obtuvo un rendimiento de 31,11 % de colágeno a través de este método aplicado, confirmo que los niveles de obtención pueden ser mayor al 10 % de colágenos de otros estudios realizados.

4.2. Resultados del análisis de varianza de los análisis fisicoquímicos

Tabla 7.

Recopilación de datos

Nº	Concentraciones	Escaldado	Repeticiones	pH	Viscosidad (cP)	E. Coli (mL)	Moho (mL)	Levadura (mL)	Proteína (mL)
T1	5 % de enzima	90 °C	1	4,5	4740	0	0	412	0,8756
T2	10 % de enzima	90 °C	1	4,6	4780	0	0	580	1,57612
T3	15 % de enzima	90 °C	1	5,0	61020	0	0	1296	0,35025
T1	5 % de enzima	90 °C	2	4,8	2220	0	0	436	2,45175
T2	10 % de enzima	90 °C	2	4,5	4644	0	0	500	1,92637
T3	15 % de enzima	90 °C	2	4,5	4112	0	0	824	0,35025
T1	5 % de enzima	90 °C	3	4,7	3274	0	0	204	0,7005
T2	10 % de enzima	90 °C	3	4,6	4539	0	0	576	1,22587
T3	15 % de enzima	90 °C	3	4,7	62500	0	0	168	1,401
T1	5 % de enzima	60 °C	1	5,4	1107	0	0	168	1,05075
T2	10 % de enzima	60 °C	1	5,3	1580	0	0	336	1,22587
T3	15 % de enzima	60 °C	1	5,3	34400	0	0	120	1,401
T1	5 % de enzima	60 °C	2	4,6	1110	0	0	332	1,05075
T2	10 % de enzima	60 °C	2	4,4	1560	0	0	824	1,0407
T3	15 % de enzima	60 °C	2	4,6	35300	0	0	1200	1,21475
T1	5 % de enzima	60 °C	3	4,3	1201	0	0	500	1,91256
T2	10 % de enzima	60 °C	3	4,4	1590	0	0	204	0,35025
T3	15 % de enzima	60 °C	3	4,4	35600	0	0	176	0,7005

Elaborado por: Autora.

Se analizó el impacto de la concentración de enzima en las características fisicoquímicas y microbiológicas del colágeno extraído, evaluando el pH, la viscosidad, y la presencia de moho, levadura y Escherichia coli. Se trabajó con tres niveles de enzima (5 %, 10 % y 15

%), manteniendo las temperaturas constantes a 90 °C y 60 °C, con períodos de reacción de 1 y 2 horas. Cada tratamiento se repitió tres veces para asegurar la fiabilidad de los resultados.

4.2.1. Variable del pH

Tabla 8.

Análisis de Varianza para pH - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
Factor A	0,0382722	1	0,0382722	0,44	0,5208
Factor B	0,0356778	2	0,0178389	0,21	0,8169
Replicas	0,910078	2	0,455039	5,27	0,0274
INTERACCIONES					
AB	0,0148111	2	0,00740556	0,09	0,9185
RESIDUOS	0,864189	10	0,0864189		
TOTAL (CORREGIDO)	1,86303	17			

Elaborado por: Autora.

Interpretación de resultado

En la tabla 8 de análisis de varianza (ANOVA) para el pH, se observó que las réplicas presentaron un valor-p de 0,0274, lo que indicó que tuvieron un efecto significativo sobre la variabilidad del pH, dado que el valor-p fue menor que el nivel de significancia comúnmente utilizado de 0,05. Por otro lado, los factores A (Factor A), B (Factor B) y la interacción AB tuvieron valores-p mayores a 0,05, lo que sugirió que no tuvieron un efecto significativo en el pH en este experimento. Además, los residuos presentaron una suma de cuadrados considerable, lo que podría haber indicado variabilidad no explicada por los factores analizados.

En general, el pH se mantuvo relativamente estable a lo largo de la mayoría de las pruebas, sin presentar grandes fluctuaciones. Como se observó en las pruebas realizadas a 60 °C durante 2 horas, los valores más elevados de pH correspondieron a las repeticiones con una concentración enzimática del 5 % (5,40) y del 10 % (5,36). Esto sugiere que una temperatura moderada y una mayor concentración de enzima favorecieron un ambiente más estable, lo que permitió que el pH se mantuviera en niveles ligeramente superiores.

La enzima utilizada en este estudio fue la renina, la cual actúa de manera óptima en un rango de pH de 3.5 a 5.5 (Gomes, 2021). Su presencia pudo haber contribuido a la estabilidad del pH a temperaturas más bajas, asegurando condiciones favorables para el desarrollo del

proceso. Sin embargo, como se reflejó en el análisis de varianza, la concentración de la enzima no mostró un efecto significativo sobre la variabilidad del pH. Por otro lado, cuando la temperatura se incrementó a 90 °C durante 1 hora, se observó una disminución en los valores de pH, los cuales oscilaron entre 4,59 y 5,01, dependiendo de la concentración de enzima empleada. A pesar de esta tendencia, el análisis estadístico indicó que la temperatura no tuvo un efecto significativo sobre la variabilidad del pH, lo que sugiere que otros factores podrían haber influido en esta disminución.

Discusión

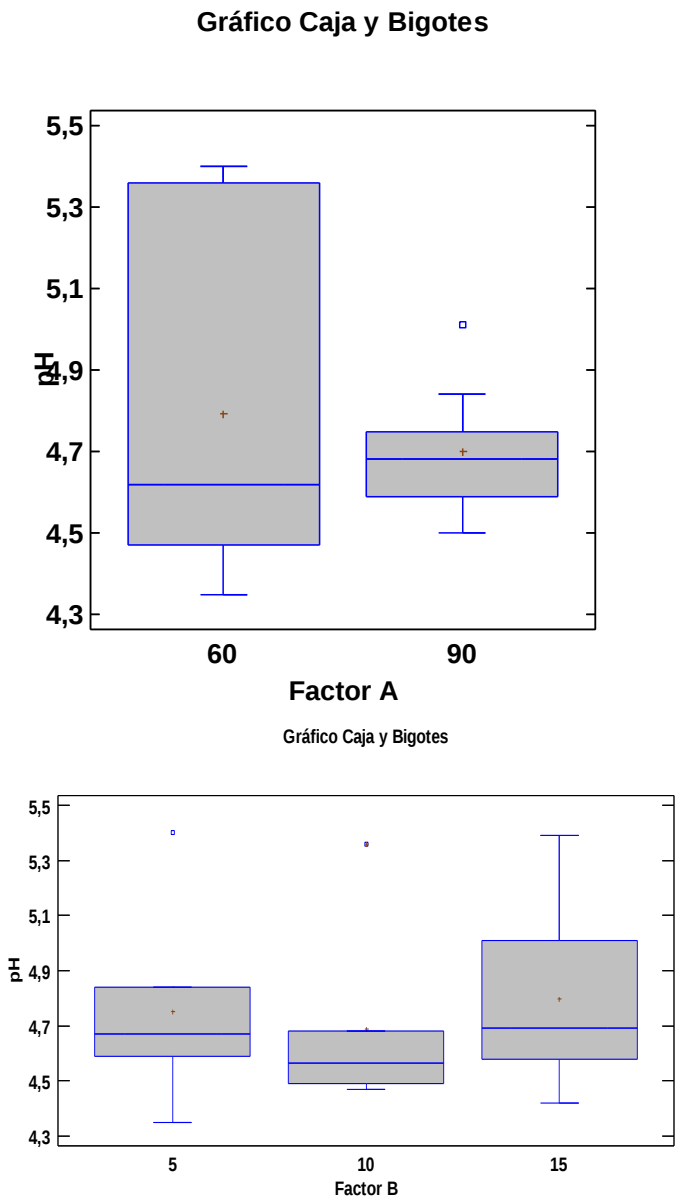
Uno de los resultados clave de la investigación fue la estabilidad del pH en la mayoría de las pruebas, con valores más altos observados a 60 °C durante 2 horas, especialmente en las condiciones con 5 % de enzima (5,40) y 10 % de enzima (5,36). En comparación con estudios previos, se han reportado tendencias similares en la extracción de colágeno a partir de subproductos de pescado, donde temperaturas moderadas favorecen un pH más estable debido a una menor desnaturalización de las proteínas y menor formación de compuestos ácidos secundarios (Jafari et al., 2020).

Por otro lado, a 90 °C durante 1 hora, el pH disminuyó a valores entre 4,59 y 5,01, lo que podría deberse al efecto de la temperatura más alta en la degradación térmica de las proteínas y la posible liberación de grupos carboxílicos, contribuyendo a una mayor acidez. Estudios como el de (Karolay et al., 2024), han encontrado que temperaturas elevadas pueden inducir cambios en la estructura del colágeno, aumentando la formación de péptidos más pequeños y generando un entorno más ácido.

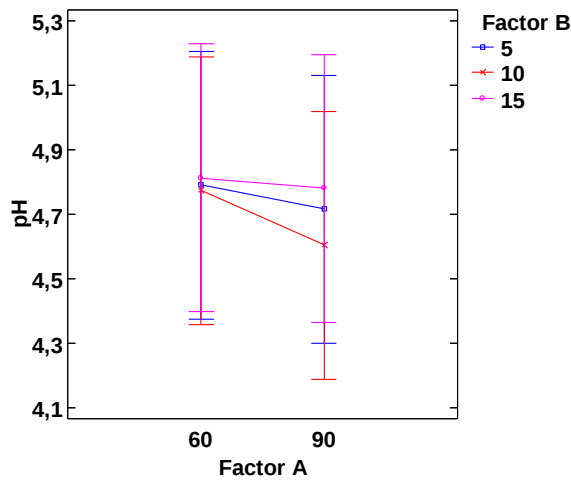
Las diferencias observadas con investigaciones previas pueden atribuirse a factores como la especie de pescado utilizada, el tipo de enzima aplicada y las condiciones específicas del proceso (pH inicial, tiempo de incubación, y presencia de otros compuestos en la matriz).

Figura 3.

Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de pH.



Interacciones y 95,0% de Tukey HSD



Interpretación de gráficos

Los gráficos presentaron diferencias significativas entre los niveles del factor A y su impacto en el pH del producto, destacando los tratamientos que ocasionaron cambios estadísticamente significativos. Asimismo, se presentó el análisis del factor B, lo que permitió observar cómo las variaciones entre sus niveles afectaron el pH, lo cual resultó crucial para la estabilidad y calidad del producto. Finalmente, se evidenció la interacción entre los factores A y B, demostrando que la variación del pH dependió de la combinación de ambos factores, lo que requirió un ajuste cuidadoso de las condiciones experimentales, específicamente la temperatura y la concentración (enzima renina), para asegurar un rendimiento óptimo. En particular, se observó un aumento en el pH a 60 °C y 15 %, lo que sugiere que la combinación de estas condiciones podría haber favorecido una mayor liberación de compuestos alcalinos o alterados el equilibrio ácido-base del sistema, generando un incremento en el pH. Este fenómeno resalta la importancia de controlar las variables involucradas, ya que pequeñas modificaciones pueden tener un efecto considerable en las características finales del producto (Jafari et al., 2020).

4.2.2. Variable de viscosidad

Tabla 9.

Análisis de Varianza para Viscosidad - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Factor A	8,1839E7	1	8,1839E7	0,45	0,5189
B:Factor B	5,22264E9	2	2,61132E9	14,26	0,0012
C:Replicas	3,89758E8	2	1,94879E8	1,06	0,3810
INTERACCIONES					
AB	2,32318E7	2	1,16159E7	0,06	0,9389
RESIDUOS	1,83088E9	10	1,83088E8		
TOTAL (CORREGIDO)	7,54835E9	17			

Elaborado por: Autora.

Interpretación de resultado

El análisis de varianza (ANOVA) para la viscosidad evidenció que el factor B (concentración enzimática) tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre la viscosidad del colágeno extraído, dado que su valor-p (0,0012) fue menor a 0,05. Esto indica que los niveles de concentración enzimática influyeron de manera determinante en las variaciones de viscosidad observadas. En contraste, el factor A (temperatura) y la interacción AB no mostraron efectos significativos (valor-p = 0,5189 y 0,9389, respectivamente). Asimismo, las réplicas tampoco presentaron un impacto notable (valor-p = 0,3810), lo que sugiere que la variabilidad experimental fue controlada adecuadamente.

Los resultados muestran que la concentración enzimática fue el factor determinante en la viscosidad del colágeno extraído. A una concentración del 15 %, se alcanzaron los valores más altos de viscosidad, especialmente a 90 °C, con 62.500 cP en la tercera repetición. Esto se atribuye a la mayor actividad enzimática a temperaturas elevadas, lo que favorece la hidrólisis de los enlaces proteicos y aumenta la solubilización del colágeno.

Por otro lado, a 60 °C, la viscosidad fue menor en los niveles de 5 % y 10 % de enzima, alcanzando valores tan bajos como 1.107 cP, lo que podría explicarse por la menor eficiencia de la enzima a bajas temperaturas. Sin embargo, con 15 % de enzima, la viscosidad aumentó a 35.600 cP, lo que sugiere que el tiempo prolongado de escaldado compensó la menor temperatura y permitió una extracción más efectiva del colágeno.

Discussion

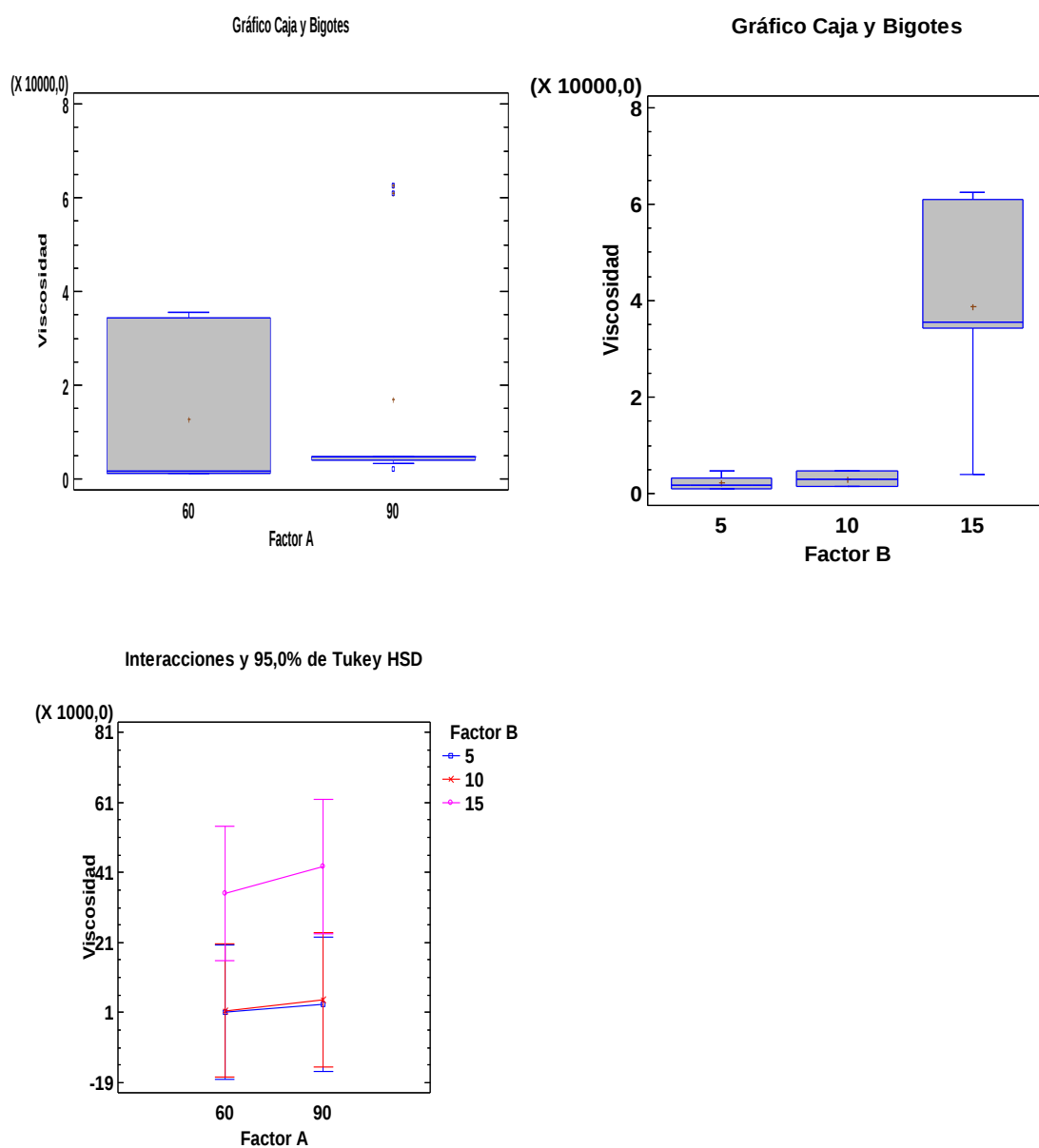
Comparando estos resultados con estudios previos, se observa un comportamiento similar en investigaciones sobre hidrólisis enzimática del colágeno. Jafari et al. (2020) reportaron que temperaturas superiores a 80 °C maximizaban la actividad enzimática, lo que promovía una mayor solubilización de los componentes estructurales y un incremento en la viscosidad del colágeno extraído. Esto concuerda con los hallazgos de este estudio, donde la mayor viscosidad se registró a 90 °C con un 15 % de enzima.

Sin embargo, Gaikwad & Kim (2024) indicaron que, a temperaturas superiores a 95 °C, la actividad enzimática disminuye drásticamente debido a la desnaturalización de la enzima, lo que reduce la eficiencia del proceso. Esto sugiere que, aunque 90 °C fue una condición óptima en este caso, existe un umbral crítico donde el aumento de temperatura deja de ser beneficioso.

En contraste, la disminución de la viscosidad a temperaturas menores también ha sido observada en estudios previos. Jafari et al. (2020) señalaron que temperaturas inferiores a 70 °C limitaban significativamente la actividad enzimática, reduciendo la solubilización de los compuestos responsables de la viscosidad. Este hallazgo respalda los resultados de este estudio, donde las viscosidades fueron considerablemente menores a 60 °C.

Figura 4.

Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de viscosidad.



Interpretación de gráficos

Se analizó la influencia de los factores A y B sobre la viscosidad del producto, encontrándose diferencias significativas entre los niveles de ambos factores, lo que reflejó cambios en la textura y consistencia. Las interacciones entre los factores sugieren que la viscosidad no puede predecirse únicamente a partir de los factores individuales, sino que debe analizarse en conjunto. La elevada variabilidad observada a 15 % y 90 °C sugiere que, en estas

condiciones, la viscosidad es altamente sensible a pequeñas fluctuaciones en los parámetros experimentales. Esto podría deberse a la desnaturalización térmica, ya que a 90 °C las estructuras moleculares pueden alterarse, modificando la capacidad del fluido para mantener su viscosidad. Además, los efectos de concentración a 15 % hacen que la interacción entre moléculas sea más pronunciada, lo que puede generar variabilidad en las mediciones. La inestabilidad del sistema también podría influir debido a efectos de segregación de fases o formación de agregados, causando dispersión en los datos.

El descenso abrupto de la viscosidad de 60,000 a 4,000 cP se debe a diversos factores, como la pérdida de estructura interna del sistema, ya que a altas temperaturas y concentraciones la matriz polimérica o proteica puede colapsar, reduciendo la resistencia al flujo. Además, la alteración de los enlaces intermoleculares a 90 °C hace que la energía térmica sea suficiente para debilitar las interacciones intermoleculares, disminuyendo drásticamente la viscosidad (Jafari et al., 2020).

4.2.3. Variable de proteína

Tabla 10.

Análisis de Varianza para Proteína - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Factor A	0,207746	1	0,207746	0,59	0,4603
B:Factor B	0,615927	2	0,307963	0,87	0,4468
C:Replicas	0,133703	2	0,0668515	0,19	0,8301
INTERACCIONES					
AB	1,1513	2	0,575652	1,63	0,2432
RESIDUOS	3,52265	10	0,352265		
TOTAL (CORREGIDO)	5,63133	17			

Elaborador por: Autora.

Interpretación de resultado

En el análisis de varianza (ANOVA) para la proteína, los resultados indicaron que los efectos principales de los factores A y B, así como sus interacciones (AB), no fueron estadísticamente significativos, ya que los valores p fueron mayores que 0.05 (0,4603, 0,4468 y 0,2432, respectivamente). Además, el valor p para las réplicas también fue alto

(0,8301), lo que sugirió que no hubo diferencias significativas en las medias de los tratamientos. El residuo mostró una variabilidad significativa, pero en general, no se pudo concluir que los factores considerados tuvieran un impacto significativo en el contenido de proteína en el estudio.

Los resultados obtenidos en la extracción de proteína del colágeno a partir de escamas de pescado mostraron que la mayor cantidad de proteína se obtuvo con una concentración del 5 % de enzima a 90 °C durante 1 hora en la segunda repetición (2,45175). A esta temperatura, la concentración del 10 % de enzima también mostró buenos resultados (1,576125 en la primera repetición y 1,926375 en la segunda), pero la concentración del 15 % presentó valores más bajos de proteína en la mayoría de las repeticiones.

A 60 °C durante 2 horas, la extracción de proteína fue más estable, con un aumento en la cantidad extraída en la repetición con 5 % de enzima (hasta 1,91256 en la tercera repetición). Sin embargo, los resultados con 10 % y 15 % de enzima variaron, alcanzando valores más bajos en algunas repeticiones, lo que sugirió que una mayor concentración de enzima no necesariamente mejoraba la extracción bajo estas condiciones. El tratamiento con 5 % de enzima a 90 °C durante 1 hora fue el más eficiente.

Discusión

Los resultados obtenidos en la extracción de proteína del colágeno a partir de escamas de pescado muestran que el tratamiento más eficiente alcanzó un contenido de proteína de 2,45 %, lo que indica una extracción significativa en comparación con otros tratamientos. Este hallazgo es consistente con estudios previos que reportan valores similares de recuperación proteica en procesos enzimáticos optimizados. Cedeño Campuzano et al. (2025) encontraron que el rendimiento de proteína extraída osciló entre 2,3 % y 2,7 %, con condiciones de temperatura y tiempo comparables a las utilizadas en el presente estudio.

En comparación con los datos de Vélez & Fernández (2024), quienes reportaron una extracción de proteína entre 2,1 % y 2,8 % utilizando temperaturas superiores a 80 °C, los valores obtenidos en este estudio son consistentes y respaldan la idea de que temperaturas elevadas favorecen la desnaturalización del colágeno y facilitan su conversión en proteína soluble. Sin embargo, estudios como el de Jafari et al. (2020) han sugerido que valores superiores al 3 % de proteína pueden lograrse con optimización adicional en la concentración

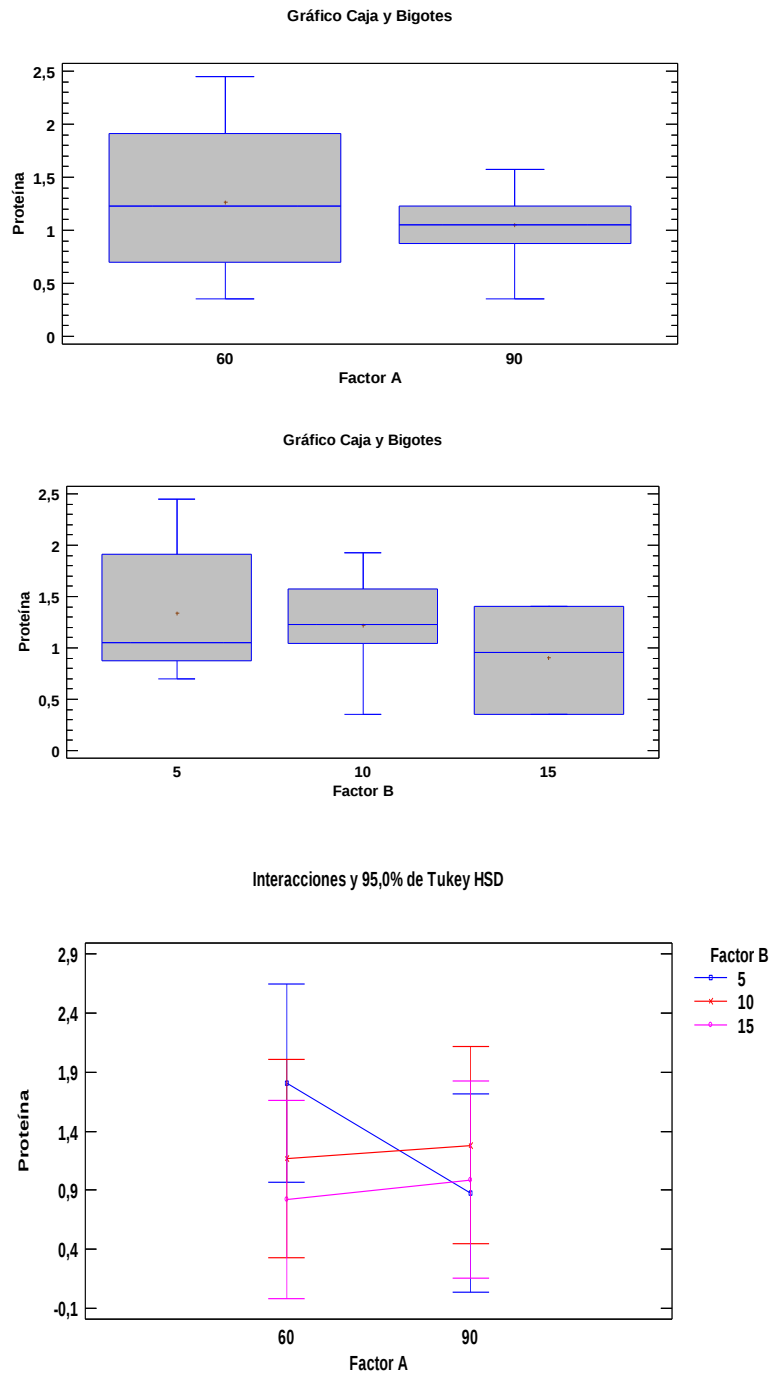
enzimática y el pH, lo que indica que aún hay margen de mejora en los parámetros del proceso.

A temperaturas más bajas, como 60 °C durante 2 horas, la extracción de proteína fue más estable, alcanzando un máximo de 1,91 %. Esto se asemeja a los hallazgos de Chalen Moreano et al. (2024), quienes reportaron que un procesamiento prolongado a temperaturas moderadas permitió obtener valores de proteína entre 1,8 % y 2,0 %. No obstante, la variabilidad observada en los tratamientos con valores más altos sugiere que un tiempo de exposición prolongado podría generar una degradación parcial de la estructura proteica, reduciendo la eficiencia de la extracción.

En general, los resultados indican que las condiciones óptimas para la obtención de proteína en este estudio se alinean con hallazgos previos, reforzando la importancia de la temperatura y la concentración de enzima y el tiempo en la eficiencia del proceso. Futuras investigaciones podrían enfocarse en ajustar otros parámetros, como el pH y la agitación, para maximizar aún más la recuperación de proteína.

Figura 5.

Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de proteína.



Interpretación de figuras

El gráfico mostró que el factor A tuvo un impacto significativo en el contenido proteico del producto, permitiendo identificar las condiciones que favorecieron una mejor retención o

extracción de proteína, como aquellas que optimizaron la temperatura o el tiempo de procesamiento. En cuanto al factor B, este afectó la calidad proteica al influir en la concentración, destacando que ciertos niveles de estos componentes fueron cruciales para maximizar la proteína en los productos funcionales o enriquecidos. Finalmente, el análisis de la interacción entre ambos factores reveló que, en caso de presentarse interacciones, fue necesario ajustar tanto el factor A como el factor B para lograr una maximización eficiente del contenido proteico, garantizando así una mejor calidad en el producto final.

4.3. Resultados del análisis de varianza de los análisis microbiológico.

Tabla 11.

Análisis de Varianza para Levadura - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma Cuadrados	de Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS					
PRINCIPALES					
A:Factor A	71694,2	1	71694,2	0,57	0,4663
B:Factor B	251141,	2	125571,	1,00	0,4002
C:Replicas	436645,	2	218323,	1,75	0,2235
INTERACCIONES					
AB	47511,1	2	23755,6	0,19	0,8298
RESIDUOS	1,24962E6	10	124962,		
TOTAL (CORREGIDO)	2,05661E6	17			

Elaborado por: Autora.

Interpretación de resultado

En el análisis de varianza para la levadura, se observó que tanto los efectos principales como las interacciones no presentaron diferencias significativas, ya que los valores p (0,4663 para el Factor A, 0,4002 para el Factor B, 0,2235 para las réplicas y 0,8298 para la interacción AB) fueron mayores que el umbral de significancia común de 0,05. Esto indicó que los factores y sus interacciones no afectaron de manera estadísticamente significativa el comportamiento de la variable estudiada.

El análisis microbiológico se realizó para evaluar la presencia de microorganismos patógenos o contaminantes en las muestras, como *E. coli* y moho, lo cual es crucial para asegurar la seguridad del producto final. La cocción en el proceso de hidrólisis enzimática se realizó a temperaturas controladas para eliminar estos microorganismos y garantizar que el producto fuese seguro para el consumo. En cuanto a la levadura, su presencia durante la hidrólisis enzimática puede atribuirse a varios factores, como la temperatura y la concentración de enzima utilizada en el proceso. A 90 °C durante 1 hora, las concentraciones de levadura aumentaron conforme aumentaba la concentración de enzima, lo que sugiere que, en estas condiciones, el crecimiento de levadura fue favorecido por la activación de las enzimas. Sin embargo, a temperaturas más bajas (60 °C durante 2 horas), los valores de levadura fueron considerablemente más bajos, indicando que estas condiciones fueron más eficaces para limitar su crecimiento. Esto puede ser relevante en contextos donde se desee controlar la presencia de levadura en el producto final.

Discusion

Este hallazgo es consistente con estudios previos que han analizado la efectividad de la hidrólisis enzimática en la reducción de microorganismos en productos derivados de pescado. Investigaciones como las de (Cañamero et al., 2022) han demostrado que el tratamiento térmico a temperaturas superiores a 80 °C es eficaz para eliminar *E. coli* y mohos en matrices alimentarias, asegurando la seguridad microbiológica del producto. La ausencia de estos microorganismos en nuestras muestras confirma la eficacia de este tratamiento térmico durante la hidrólisis, alineándose con los resultados de estos estudios.

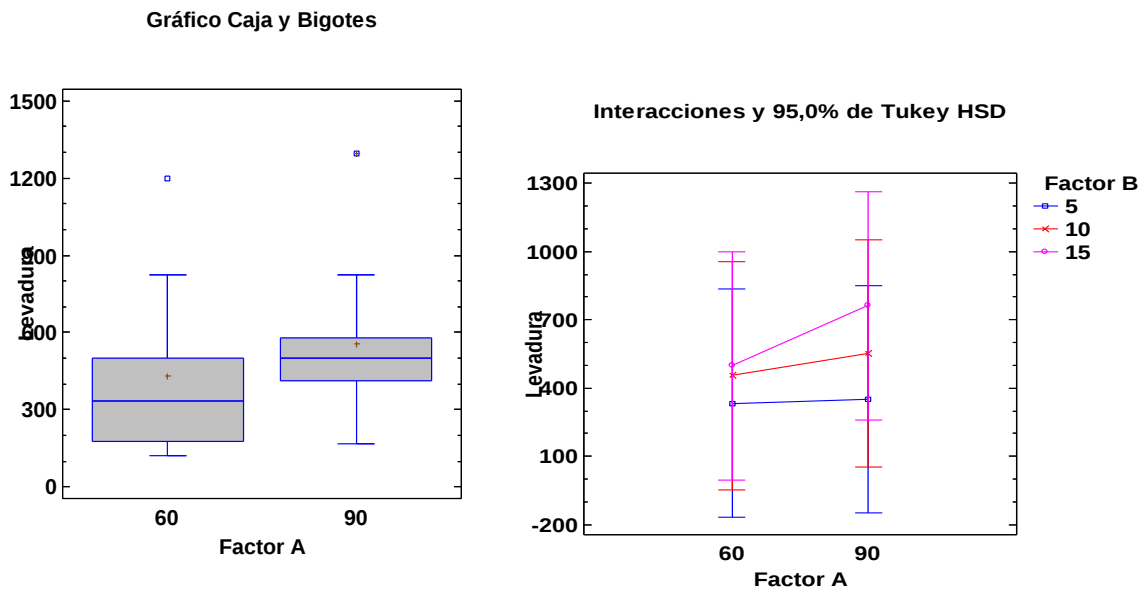
Sin embargo, en cuanto a la levadura, nuestros resultados presentan un comportamiento variable. Estudios como el de (Moral et al., 2019) sugieren que la presencia de enzimas proteolíticas en medios acuosos puede generar condiciones favorables para el crecimiento de levaduras, debido a la liberación de compuestos nitrogenados que actúan como sustrato para su proliferación. En nuestro caso, la tendencia observada a 90 °C durante 1 hora sugiere que a mayor concentración de enzima, mayor crecimiento de levaduras. Esto podría atribuirse a una mayor disponibilidad de nutrientes en el medio, lo que concuerda con la literatura.

Por otro lado, el escaldado a 60 °C durante 2 horas resultó en una menor concentración de levaduras. Esto puede deberse a que una exposición prolongada a temperaturas moderadas

afecta de manera más uniforme a la viabilidad de estos microorganismos, evitando su recuperación posterior.

Figura 6.

Resultado de las variaciones en las medias entre los tratamientos a través del test de significación Tukey en el análisis de microbiológico (Levadura).



Interpretación de gráficos

Se analizó el impacto de los factores A y B sobre la actividad de levaduras. Los resultados mostraron que el factor A influyó en la reducción o control del crecimiento de levaduras, mientras que el factor B afectó la estabilidad microbiológica del producto. Además, se identificaron interacciones significativas entre ambos factores, revelando que ciertas combinaciones de niveles eran cruciales para el control adecuado de los microorganismos en el producto.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Este estudio demostró que el rendimiento obtenido corresponde a la fracción soluble del colágeno, recuperada mediante un proceso de precipitación. Se observó que una temperatura de 60 °C y una concentración enzimática del 5 % fueron óptimas, alcanzando un rendimiento del 27.92 %. Aunque el calor favorece la extracción, un exceso puede degradar el colágeno.

La caracterización del colágeno extraído en términos de pH, viscosidad y contenido de proteína, mostro que la combinación de temperatura y niveles enzimático tiene una influencia significativamente en sus propiedades físicoquímicas. Estos hallazgos pueden servir de base para futuras investigaciones orientadas a mejorar la estabilidad del producto final.

El estudio microbiológico reveló que el método de extracción empleado permitió la obtención de un producto libre de agentes patógenos como *Escherichia coli* y mohos, lo que asegura su viabilidad para aplicaciones industriales. No obstante, se observó que temperaturas superiores a los 90 °C y concentraciones enzimáticas elevadas favorecieron el crecimiento de levaduras, lo que resalta la importancia de mantener condiciones óptimas tanto en el procesamiento como en el almacenamiento del producto para prevenir la proliferación de microorganismos indeseables.

5.1. Recomendaciones

Se sugiere llevar a cabo un estudio que permita detectar la presencia de colágeno en el extracto obtenido, ya que esto permitiría verificar la efectividad del procedimiento de extracción y asegurar que el compuesto obtenido corresponde realmente a colágeno.

Implementar un sistema de producción escalable basado en las condiciones óptimas identificadas (60 °C, 5 % de enzima). La aplicación de estas condiciones garantiza un rendimiento máximo y un producto de alta calidad, lo que puede incrementar la viabilidad económica y la competitividad en el mercado de productos derivados del colágeno. Además, contribuye a la sostenibilidad al reutilizar residuos pesqueros.

Realizar estudios adicionales sobre la estabilidad y las aplicaciones del colágeno extraído. Evaluar la estabilidad del colágeno en diferentes condiciones de almacenamiento y su desempeño en productos finales permitirá ampliar sus aplicaciones industriales (cosméticos, farmacéuticos y alimentarios) y asegurar su funcionalidad a largo plazo. Esto también ayudará a posicionar el colágeno como un ingrediente competitivo frente a otros tipos en el mercado.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA

6.1. Bibliografía

- Alzamora, J., Ruiz, S., & Silva, D. (2019). “Obtención y caracterización de colágeno a base de escamas de mero (*Acanthistius pictus*).” *Https://Core.Ac.Uk/Download/389268377.Pdf*, 1–94.
- Alzamora Jorge, Silva Diana, & Ruiz Saira. (2019). “Obtención y caracterización de colágeno a base de escamas de Mero (*Acanthistius pictus*).” *Https://Core.Ac.Uk/Reader/389268377*.
- Anzueta, X. (2020). “Las escamas del pescado, una mirada alternativa como fuente de colágeno y su uso en la industria alimentaria.” *Http://Repositoriodspace.Unipamplona.Edu.Co/Jspui/Bitstream/20.500.12744/4830/1/Anzueta_2020_TG.Pdf*, 1–19.
- Barzkar, N., Sukhikh, S., Babich, O., Venmathi Maran, B. A., & Tamadoni Jahromi, S. (2023). “Marine collagen: purification, properties and application.” In *Frontiers in Marine Science* (Vol. 10). Frontiers Media SA. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.1245077>
- Calvo, M. (2020, June 15). “Enzimas coagulantes.” <https://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/proteins/enzimascoagul.html>
- Cañamero, M. M., Lucas López, R., Morente, E. O., Pulido, R. P., José, M., Burgos, G., Cobo Molinos, A., Gálvez, A., Ruiz, P., & Yáñez, E. (2022). “*Microbiología de los Alimentos bajo el concepto de One Health*.”
- CE 853. (2016). “Reglamento (ue) 2016/355 de la comisión.” *Https://Www.Boe.Es/Doue/2016/067/L00022-00028.Pdf*, 1–7.
- Cedeño Campuzano, M. G., Samiento Mom, J. D., Álava Cedeño, M. P., Anchundia Loor, A. M., Minaya Hernández, J. M., & Carvajal Palma, E. S. (2025). “Estudio técnico para la producción de gelatina a base de escamas de pescado en la Ciudad de Portoviejo.” *Ciencia y Tecnología*, 18(1), 100–114. <https://doi.org/10.18779/cyt.v18i1.894>
- Chalen Moreano, F. J., Bastidas Guayanay, M. F., Cardenas Moyano, M. Y., Robalino Vallejo, J. A., & Escobar Murillo, M. G. (2024). “Extraction of Collagen from Fish Waste.” *Dominio de Las Ciencias*, 10(3), 830–485. <https://doi.org/10.23857/dc.v10i3.3958>

- Cobeña, M., Dueñas, A., Delgado, M., & Rodríguez, J. (2022). “Revisión de los métodos de obtención de colágeno a partir de subproductos de especies marinas.” *Http://Scielo.Sld.Cu/Pdf/Caz/V49n4/2223-4861-Caz-49-04-102.Pdf*, 1–12.
- Cordero, K., & Garcés, G. (2019). “Obtención de Colágeno a partir de escamas de tilapia mediante hidrólisis enzimática.” *Https://Www.Dspace.Espol.Edu.Ec/Bitstream/123456789/53013/1/T-110300.Pdf*, 1–81.
- D2196 – 20. (2020). “Test Methods for Rheological Properties of Non-Newtonian Materials by Rotational Viscometer.” In *https://img.antpedia.com/standard/files/pdfs_ora/20220507/ASTM%20D2196-20.pdf*. ASTM International. <https://doi.org/10.1520/D2196-20>
- Delfin. (2024). “Pargo.” *Https://Www.Delfinultracongelados.Es/Pargo-Pescado/*, 1–9.
- EcuaRed. (2020, April 18). “*Quimosina*.” <https://www.ecured.cu/Quimosina>
- Gaikwad, S., & Kim, M. J. (2024). “Fish By-Product Collagen Extraction Using Different Methods and Their Application.” *Marine Drugs* 2024, Vol. 22, Page 60, 22(2), 60. <https://doi.org/10.3390/MD22020060>
- Gámez Beatriz. (2024, August 24). “*Qué es el colágeno marino y para qué sirve*.” <https://elpais.com/escaparete/estilo-de-vida/2024-08-24/colageno-marino.html>
- Giraldo, D. (2019). “Modelamiento del proceso de extracción de colágeno a partir de subproductos piscícolas mediante el uso de membranas de filtración a flujo cruzado.” *Https://Bibliotecadigital.Udea.Edu.Co/Bitstream/10495/16708/2/GiraldoDiego_2019_ExtraccionColagenoMembranas.Pdf*, 1–144.
- Gomes, P. (2021). “*Síntesis heteróloga de la quimosina bovina en escherichia coli para su uso en la alimentación*.”
- Herrera, A., Héctor, I., Ruiz, J., Melvis, I., Zumeta, T., & Iii, D. (2019). “*La súper familia de las colágenas The super family of the collagen*” (Vol. 36, Issue 2). <http://scielo.sld.cuhttp://scielo.sld.cu261>
- Jafari, H., Lista, A., Siekapen, M. M., Ghaffari-Bohlouli, P., Nie, L., Alimoradi, H., & Shavandi, A. (2020). “Fish collagen: Extraction, characterization, and applications for

- biomaterials engineering.” In *Polymers* (Vol. 12, Issue 10, pp. 1–37). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/polym12102230>
- Jaimes, G., Urribarri, W., & Quevedo, G. (2020). “*Determinación del rendimiento y calidad del colágeno obtenido de las escamas de la especie pomadasys incisus(roncador) proveniente del Lago de Maracaibo.*” 77–83.
- Karolay, P. Y. D., Maricielo, T. B. A., & Brenilda, C. R. Z. (2024). “Methodologies for the Utilization of Fish Waste: A Review of Literature.” *Proceedings of the LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology*. <https://doi.org/10.18687/LEIRD2024.1.1.342>
- López, S., & Almeida, M. (2019, June 1). “Obtención de colágeno de escamas hidrolizado con rennina.” *Https://Www.Eumed.Net/Rev/Caribe/2018/06/Obtencion-Colageno.Html*, 1–20.
- Loren, J. (2021, August 21). “*Baño_maría.*” https://www.quimica.es/enciclopedia/Ba%C3%B1o_mar%C3%ADa.html
- Luque, V. (2019). “*Estructura y propiedades de las proteínas.*”
- Martínez, O. (2020). “*Estado actual del aprovechamiento de subproductos de la industria pesquera mediante la obtención de productos de alto valor añadido.*”
- Moral, S., Ramírez-Coutiño, L., & García-Gómez, J. (2019). “Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos.” *Http://Www.Reibci.Org/Publicados/2015/Mayo/1000102.Pdf*, 2, 1–17. www.reibci.org
- NTE INEN 1334-2. (2011). “Instituto ecuatoriano de normalización rotulado de productos alimenticios para consumo humano. parte 2.” *Https://Www.Controlsanitario.Gob.Ec/Wp-Content/Uploads/Downloads/2016/12/NTE-INEN-1334-2-Rotulado-de-Productos-Alimenticios-Para-Consumo-Humano-Parte-2.Pdf*, 1–22.
- NTE INEN 1529-8. (2016). “Control microbiológico de los alimentos.” *Https://Studylib.Es/Doc/6850184/Nte-Inen-1529-8--Control-Microbiol%C3%B3gico-de-Los*, 1–11.
- Piguave Dayanna. (2021). “*EXTRACCIÓN DE COLÁGENO A PARTIR DE LA PIEL DEL PESCADO BONITO SIERRA (Sarda sarda) Y TRUCHA (Oncorhynchus mykiss).*”

<https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PIGUAVE%20MACIAS%20DAYANNA%20TAMARA.pdf>

Quino, J. (2021, May 12). “Baño María.” <https://cris.ulima.edu.pe/es/equipments/ba%C3%B1o-mar%C3%ADa>

Quintero, J., & Zapata, J. (2019). “Optimization of the Extraction of Acid-Soluble Collagen from Byproducts Red Tilapia (*Oreochromis spp*) using Response Surface Design.” https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642017000100011&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

Rajabimashadi, Z., Gallo, N., Salvatore, L., & Lionetto, F. (2023). “Collagen Derived from Fish Industry Waste: Progresses and Challenges.” In *Polymers* (Vol. 15, Issue 3, pp. 1–28). MDPI. <https://doi.org/10.3390/polym15030544>

Rico, D. (2022). “Estudio de factibilidad técnica, económica y ambiental del aprovechamiento de escamas de pescado para su conversión en una película biodegradable y un dispositivo electroluminiscente.” <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/Xmli/Bitstream/Handle/RepoFi/17831/Tesina.Pdf?Sequence=1&isAllowed=y#:~:Text=Las%20escamas%20se%20definen%20como,El%20exoesqueleto%20de%20los%20peces.,1–62>.

Sionkowska, A., Adamiak, K., Musial, K., & Gadomska, M. (2020). “Collagen based materials in cosmetic applications: A review.” In *Materials* (Vol. 13, Issue 19, pp. 1–15). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/MA13194217>

Solari, A., & Córdova, J. S. (2021). “Extracción de colágeno proveniente de residuos del procesamiento de engraulis ringens anchoveta.” In *Ciencia e Investigación* (Vol. 18, Issue 2).

Torrez, G. (2019). “Cuantos-tipos-colágeno.” <https://www.cebanatural.com/Cuantos-Tipos-Colageno-Hay-Blog-461.html>, 1–3.

UNE-EN ISO 16654. (2023). “Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal.” <https://www.une.org/Encuentra-Tu-Norma/Busca-Tu-Norma/Norma?C=N0072279>, 1–3.

- Vélez, L., & Fernández, J. (2024). “Técnicas de extracción de colágeno: Aplicaciones y tendencias científicas.” *Manglar*, 21(3), 391–399. <https://doi.org/10.57188/manglar.2024.043>
- Vimal, A., Bliss, N., Bhavya, K., & Sivakumar, K. (2024). “Extraction and Characterization of Fish Collagen for Enhanced Wound Healing Activity on A549 Cell Lines.” *Current Applied Science and Technology*, 24(3). <https://doi.org/10.55003/cast.2024.258572>
- Xu, N., Peng, X. L., Li, H. R., Liu, J. X., Cheng, J. S. Y., Qi, X. Y., Ye, S. J., Gong, H. L., Zhao, X. H., Yu, J., Xu, G., & Wei, D. X. (2021). “Marine-Derived Collagen as Biomaterials for Human Health.” *Frontiers in Nutrition*, 8, 702108. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.702108/PDF>
- Zhu, J., Li, Z., Zou, Y., Lu, G., Ronca, A., D’Amora, U., Liang, J., Fan, Y., Zhang, X., & Sun, Y. (2022). Advanced application of collagen-based biomaterials in tissue repair and restoration. *Journal of Leather Science and Engineering 2022 4:1*, 4(1), 1–19. <https://doi.org/10.1186/S42825-022-00102-6>

CAPÍTULO VII
ANEXO

7.1. Anexo de la fase experimental



Anexo 1. Recepción



Anexo 2. Pesado



Anexo 3. Lavado



Anexo 4. Toma de temperatura de 90 °C



Anexo 5. Toma de temperatura de 60 °C



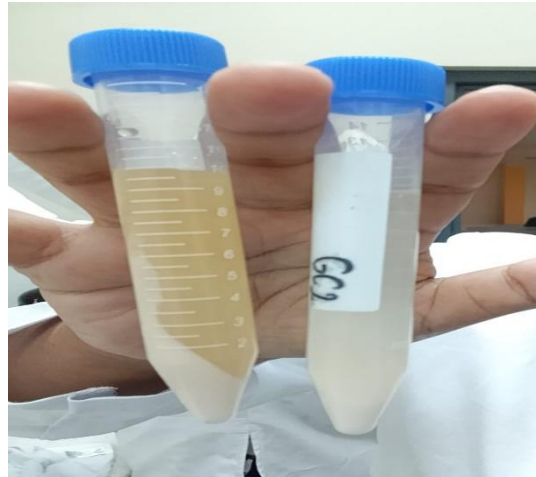
Anexo 6. Extracción



Anexo 7. Filtrado y envasado



Anexo 8. Colágeno



Anexo 9. Prueba de centrifugación



Anexo 10. Dilución de muestra



Anexo 11. Pruebas microbiológica



Anexo 12 Conteo de levadura



Anexo 13. Análisis de colágeno



Anexo 14. Análisis de viscosidad



Anexo 15. Análisis de pH