



ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

MITIGACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA LÍNEA DE CRUDOS EN PLANTA DE CONSERVAS DE PESCADO

Línea de investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental

Autor

Encinas Príncipe, Pedro Luis

Asesor

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

ORCID: 0000-0001-6930-5601

Jurado

Marín Machuca, Olegario

Aldave Palacios, Gladis Josefina

Guzmán Roca, Julio César

Lima - Perú

2026

MITIGACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA LÍNEA DE CRUDOS EN PLANTA DE CONSERVAS DE PESCADO

INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

3%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

3

www.researchgate.net

Fuente de Internet

1%

4

alicia.concytec.gob.pe

Fuente de Internet

1%

5

www.coursehero.com

Fuente de Internet

1%

6

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

7

www.clubensayos.com

Fuente de Internet

<1%

8

Submitted to Universidad Nacional Federico Villarreal

Trabajo del estudiante

<1%

9

www.gob.pe

Fuente de Internet

<1%

10

repositorio.ufsc.br

Fuente de Internet

<1%

11

issuu.com

Fuente de Internet

<1%

12

dehesa.unex.es

Fuente de Internet

<1%



Universidad Nacional
Federico Villarreal

VRIN | VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN

ESCUELA UNIVERSITARIA DE POSGRADO

MITIGACIÓN DE LOS RESIDUOS ORGÁNICOS EN LA LÍNEA DE CRUDOS EN PLANTA DE CONSERVAS DE PESCADO

Línea de Investigación:

Tecnologías para residuos y pasivos ambientales. Biorremediación

Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Gestión Ambiental

Autor

Encinas Príncipe, Pedro Luis

Asesor

Zambrano Cabanillas, Abel Walter

ORCID: 0000-0001-6930-5601

Jurado

Marín Machuca, Olegario

Aldave Palacios, Gladis Josefina

Guzmán Roca, Julio César

Lima – Perú

2026

Dedicatoria

A dios
A mis padres
A mi familia

Agradecimientos

A mis colegas de la FOPCA-UNFV
Al Mtro. Víctor Manuel Terry Calderón por
su apoyo en el desarrollo del trabajo.

ÍNDICE

Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Descripción del problema.....	5
1.3. Formulación del problema.....	7
<i>1.3.1. Problema general.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.2. Problemas específicos.....</i>	<i>7</i>
1.4. Antecedentes.....	7
<i>1.4.1. Antecedentes nacionales.....</i>	<i>7</i>
<i>1.4.2. Antecedentes internacionales.....</i>	<i>9</i>
1.5. Justificación de la investigación.....	11
1.6. Limitaciones de la investigación.....	12
1.7. Objetivos.....	13
<i>1.7.1. Objetivo general.....</i>	<i>13</i>
<i>1.7.2. Objetivos específicos.....</i>	<i>13</i>
1.8. Hipótesis.....	13
<i>1.8.1. Hipótesis general.....</i>	<i>13</i>
<i>1.8.2. Hipótesis específicas.....</i>	<i>13</i>
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Marco conceptual.....	14
<i>2.1.1. Conservas de pescado.....</i>	<i>14</i>
<i>2.1.2. Generación de residuos.....</i>	<i>14</i>

2.1.3. Hidrólisis enzimática.....	17
2.1.4. Hidrolizados proteicos.....	17
2.1.5. Hidrolizado proteico de pescado.....	20
2.1.6. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiente.....	22
III. MÉTODO.....	23
3.1. Tipo de investigación.....	23
3.2. Población y muestra.....	23
3.3. Operacionalización de variables.....	23
3.4. Instrumentos.....	24
3.5. Procedimientos.....	25
3.6. Análisis de datos.....	27
IV. RESULTADOS.....	29
4.1. Composición química y física de residuos sólidos de pescado fresco.....	29
4.2. Desarrollo experimental.....	30
4.3. Preparación de extracto acuosos enzimático de residuos de piña.....	32
4.4. Hidrolizado.....	32
4.4.1. Ensayo de hidrolizado de residuos sólidos con la Muestra 1.....	34
4.4.2. Ensayo de hidrolizado de residuos sólidos con la Muestra 2.....	38
4.4.3. Ensayo de hidrolizado de residuos sólidos con la Muestra 3.....	41
4.4.4. Comparación de pendientes calculadas para temperaturas de hidrolizado.....	45
4.5. Filtrado, secado y obtención de productos finales.....	47
4.6. Balance de materiales del proceso experimental.....	53
4.7. Comparación de productos obtenidos con métodos experimental y convencional.....	54
4.8. Valoración económica de productos obtenidos.....	55

	vi
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	61
VIII. REFERENCIAS.....	62
IX. ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos de hidrolizados.....	18
Tabla 2. Hidrolizados de bajo peso molecular	18
Tabla 3. Hidrolizados extensivos.....	19
Tabla 4. Composición química de residuos de pescado procedentes de una línea de crudos.....	29
Tabla 5. Composición física de residuos de pescado procedentes de una línea de crudos.....	30
Tabla 6. Puntos de control y determinaciones analíticas.....	31
Tabla 7. Muestras utilizadas en la hidrolisis enzimática	34
Tabla 8. Diseño experimental con tres temperaturas diferentes para la Muestra 1.....	34
Tabla 9. Gasto de solución de NaOH 0,1 N (ml) para la Muestra 1.....	35
Tabla 10. Carboxilos libres (-COOH) (g) derivados de la hidrolisis enzimática en Muestra 1...35	
Tabla 11. Valores de pendientes de hidrolisis para cada temperatura de proceso en Muestra 1...37	
Tabla 12. Diseño experimental con tres temperaturas diferentes para la Muestra 2.....	38
Tabla 13. Gasto de solución de NaOH 0,1 N (ml) para la Muestra 2.....	38
Tabla 14. Carboxilos libres (-COOH) (g) derivados de la hidrolisis enzimática en Muestra 2...39	
Tabla 15. Valores de pendientes de hidrolisis para cada temperatura de proceso en Muestra 2...41	
Tabla 16. Diseño experimental con tres temperaturas diferentes para la Muestra 3.....	41
Tabla 17. Gasto de solución de NaOH 0,1 N (ml) para la Muestra 3.....	42
Tabla 18. Carboxilos libres (-COOH) (g) derivados de la hidrolisis enzimática en Muestra 3...42	
Tabla 19. Valores de pendientes de hidrolisis para cada temperatura de proceso en Muestra 3...44	
Tabla 20. Pendientes de regresión de muestras para diferentes temperaturas de hidrolisis.....	45
Tabla 21. Análisis de varianza (ANOVA) para evaluación de temperaturas de hidrolisis.....	45
Tabla 22. Comparación de promedios con la prueba de Tukey	46
Tabla 23. Balance de materiales del proceso experimental.....	53

Tabla 24. Productos obtenidos a partir de 1.44 kg de residuos de pescado fresco.....	54
Tabla 25. Comparación de productos obtenidos con métodos experimental y convencional.....	54
Tabla 26. Composición de harina de pescado con métodos experimental y convencional.....	55
Tabla 27. Valorización de productos obtenidos con métodos experimental y convencional.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Proceso de hidrólisis de residuos de pescado fresco.....	26
Figura 2. Ecuación química del método de Sorensen.....	33
Figura 3. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 1 a 30 °C.....	36
Figura 4. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 1 a 35 °C.....	36
Figura 5. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 1 a 40°C.....	37
Figura 6. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 2 a 30 °C.....	39
Figura 7. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 2 a 35 °C.....	40
Figura 8. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 2 a 40°C.....	40
Figura 9. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 3 a 30 °C.....	43
Figura 10. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 3 a 35 °C.....	43
Figura 11. Tendencia de la hidrólisis de la Muestra 3 a 40 °C.....	44
Figura 12. Residuos sólidos de pescado.....	47
Figura 13. Residuos sólidos en el reactor.....	48
Figura 14. Preparación del extracto de piña.....	48
Figura 15. Extracto acuoso de piña.....	48
Figura 16. Residuos sólidos de pescado con adición de extracto de piña.....	49
Figura 17. Mezcla de residuos sólidos y extracto de piña luego de 1 hora de hidrólisis.....	49
Figura 18. Mezcla de residuos sólidos y extracto de piña luego de 3 horas de hidrólisis.....	49
Figura 19. Mezcla de residuos sólidos y extracto de piña luego de 6 horas de hidrólisis.....	50
Figura 20. Tamizado luego del proceso de hidrólisis.....	50
Figura 21. Separación de las partes óseas.....	50
Figura 22. Hidrolizado libre de partes óseas.....	51
Figura 23. Partes separadas: el hidrolizado y los residuos óseos del pescado.....	51

Figura 24. Coagulación de solidos en suspensión a partir de la solución hidrolizada.....	51
Figura 25. Soluble de pescado.....	52
Figura 26. Residuos óseos deshidratados.....	52
Figura 27. Harina de pescado de residuos sólidos.....	52

Resumen

Objetivo: Mitigar los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado. **Método:** La investigación es de enfoque cuantitativo y de tipo aplicado, la obtención de la muestra fue por muestreo no probabilístico por juicio de conveniencia. El desarrollo experimental consistió en un proceso de hidrolisis a los residuos orgánicos del pescado utilizando la enzima bromelina procedente de la piña. **Resultados:** La mitigación de residuos orgánicos de pescado fresco con hidrolisis enzimática con bromelina de piña fueron 4 productos finales cuyos rendimientos en base a la materia prima fueron: harina de pescado (5,7%), aceite de pescado (4,79%), soluble de pescado (8,13%) y harina de residuos óseos (8,81%). El método convencional con la misma cantidad de materia prima produce solo harina de pescado con un rendimiento del 16%. La harina de pescado del método experimental contiene: Proteínas (95,69%), cenizas (1,89%) y lípidos (2,42%). La valoración económica de los cuatro productos obtenidos del método experimental alcanzo US \$ 437,72 mientras que la valorización de la producción obtenida con el método convencional, alcanzo US \$ 25,97. **Conclusiones:** La mitigación de residuos sólidos de pescado fresco de la línea de crudos de una fábrica de conservas es viable mediante un tratamiento de hidrolisis enzimática con bromelina extraída de la piña, obteniéndose cuatro productos finales: harina, aceite, solubles y harina de residuos óseos, cuyo valor comercial es muy superior al valor de los productos obtenidos con el método convencional para tratamiento de residuos de pescado.

Palabras clave: mitigación, residuos de pescado, hidrolizado, harina de pescado

Abstract

Objective: Mitigate organic waste from the raw line of a fish canning plant. **Method:** The research has a quantitative and applied approach; the sample was obtained through non-probabilistic sampling based on convenience judgment. The experimental development consisted of a hydrolysis process of the organic residues of the fish using the enzyme bromelain from pineapple. **Results:** The mitigation of organic waste from fresh fish with enzymatic hydrolysis with pineapple bromelain were 4 final products whose yields based on the raw material were: fish meal (5.7%), fish oil (4.79%), fish soluble (8.13%) and bone waste meal (8.81%). The conventional method with the same amount of raw material produces only fishmeal with a yield of 16%. The fish meal of the experimental method contains: Proteins (95.69%), ashes (1.89%) and lipids (2.42%). The economic valuation of the four products obtained from the experimental method reached US\$437.72 while the valuation of the production obtained with the conventional method reached US\$25.97. **Conclusions:** The mitigation of solid waste from fresh fish from the raw line of a canning factory is viable through an enzymatic hydrolysis treatment with bromelain extracted from pineapple, obtaining four final products: meal, oil, solubles and bone waste meal, whose commercial value is much higher than the value of the products obtained with the conventional method for treating fish waste.

Key words: mitigation, fish waste, hydrolysate, fishmeal

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En el Perú, la institución encargada de definir las políticas ambientales es el Ministerio del Ambiente (MINAM). Su labor se centra en promover la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales, así como en valorizar la diversidad biológica y asegurar la calidad ambiental en beneficio de la población y el entorno. Estas acciones se desarrollan de manera descentralizada y articulada con entidades públicas, privadas y con la sociedad civil, en el marco de una gobernanza ambiental orientada hacia un crecimiento verde.

De igual manera, el MINAM tiene la responsabilidad de formular, planificar, dirigir, ejecutar, supervisar y evaluar la Política Nacional del Ambiente, aplicable en todos los niveles de gobierno. Además, lidera el Sistema Nacional de Gestión Ambiental y el Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, ejerciendo la rectoría del sector en todo el territorio nacional.

Considerando que la variable ambiental constituye un eje fundamental para el desarrollo económico y social del país, el Ministerio del Ambiente orienta sus esfuerzos a través de los ejes estratégicos Perú Limpio, Perú Natural y Perú Inclusivo. A través de estos, se busca integrar la perspectiva ambiental en las políticas, programas y acciones de los distintos sectores y niveles de gobierno. (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2020)

El Decreto Legislativo N.º 1013, (2008), establece la creación, estructura y funciones del Ministerio del Ambiente y del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP). Este marco normativo dispone que el MINAM impulse la gestión sostenible de los ecosistemas marinos y costeros incluyendo la participación de la industria pesquera nacional y promueva una gestión integral de los residuos sólidos mediante tecnologías modernas. Asimismo, fomenta la administración eficiente de la calidad ambiental del aire, el agua y el suelo, así como

del manejo de residuos y sustancias químicas.

En la industria pesquera peruana, se observa que diversas plantas dedicadas a la elaboración de conservas de pescado no cumplen con las disposiciones establecidas por el Ministerio de la Producción (PRODUCE). Esto ha generado problemas de contaminación ambiental debido a la producción de residuos sólidos y efluentes durante el procesamiento, lo cual motiva la realización del presente estudio como una propuesta de mitigación.

De acuerdo con el Decreto Legislativo N.º 1278 (2016), la gestión de residuos sólidos en las plantas conserveras comprende todas las actividades técnicas, administrativas y de planificación vinculadas con la formulación, implementación y evaluación de políticas y programas de manejo de residuos. Este proceso considera la separación de los distintos componentes de los desechos, lo que implica su recolección selectiva, transporte, tratamiento y disposición final.

Según el Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2023 de PRODUCE, el desembarque total de recursos hidrobiológicos marítimos y continentales fue destinado en un 55,5 % al Consumo Humano Indirecto (CHI) y en 44,5 % al Consumo Humano Directo (CHD). En este último grupo, el uso del recurso se distribuyó en 29,5 % para fresco, 10,5 % para enlatado, 4,0 % para curado y 56,0 % para congelado. Asimismo, el procesamiento de recursos hidrobiológicos alcanzó (en miles de TMB) 619,5 para congelado, 474,1 para harina, 114,2 para enlatado, 27,2 para curado y 12,6 para aceite crudo. (Ministerio de la Producción [PRODUCE], 2024)

Por su parte, la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP, 2024), en el marco de su política de sostenibilidad, ha promovido la creación de escuelas ecoeficientes, orientadas a la capacitación en reciclaje y producción de compost, insumo utilizado como abono para el mantenimiento de áreas verdes y el desarrollo de biohuertos de agricultura orgánica. Esta iniciativa se alinea con el enfoque

de manejo integral de residuos sólidos derivados del procesamiento pesquero a lo largo del litoral peruano, el cual a tenido acogida en las asociaciones de pescadores artesanales.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL, 2024) establece que las conservas de pescado se clasifican según su presentación en las siguientes categorías:

-Entero: el pescado se presenta sin cabeza ni vísceras, y puede conservar o no las aletas y escamas, según se requiera.

-Filetes: cortes longitudinales del pescado, separados del cuerpo y seccionados transversalmente para facilitar su envasado.

-Lomitos: porciones dorsales sin piel, espinas, sangre ni carne oscura, dispuestas horizontalmente en el envase.

-Sólido: filetes cortados y envasados de forma ordenada y vertical; pueden incluir fragmentos adicionales para completar el peso.

-Medallones: porciones de pescado cortados transversalmente sin cabeza, vísceras, escamas ni aletas.

-Trozos (chunks): segmentos de filete de pescado que mantienen la estructura original del músculo.

-Trocitos (flakes): piezas más pequeñas que las anteriores, conservando parcialmente la estructura muscular

-Desmenuzado o rallado (grated): partículas pequeñas y uniformes de pescado, separadas sin formar una pasta.

En cuanto a la materia prima utilizada en la línea de crudos, esta debe presentar un alto nivel de frescura. Al ingresar a la planta, el pescado es pesado, lavado con abundante agua potable o tratada, y sometido a un proceso de limpieza que incluye decapitado, descolado y eviscerado

antes de ser colocado en los envases con el peso requerido. Generalmente, se introducen de tres a cuatro piezas por lata y se añade agua hasta el borde.

La precocción se efectúa en cocinadores de vapor directo a una temperatura cercana a los 100 °C durante 30 a 32 minutos. Posteriormente, se drena el líquido y las latas pasan por un túnel de agotamiento, donde se calientan nuevamente al vapor por el mismo tiempo y temperatura. Luego, se adiciona el líquido de gobierno (como salsa de tomate o salmuera caliente), se sellan las latas de forma automática y se esterilizan en autoclaves a 113–115,6 °C por 75–80 minutos. Finalmente, se enfrían hasta alcanzar la temperatura ambiente, se limpian de algún residuo externo, embalan en cajas de cartón especiales para tal fin y se almacenan en lugares secos protegidos contra el sol y la lluvia y sin acceso a las plagas. (Ghaly et al., 2013)

En el país, la generación de residuos sólidos constituye uno de los principales desafíos ambientales. Se sabe que tanto las embarcaciones pesqueras como los buques son grandes generadores de estos desechos, cuya gestión y control son aún limitados. Pocas empresas cuentan con planes de manejo para residuos en embarcaciones industriales, mientras que la mayoría de las embarcaciones artesanales carecen completamente de ellos, sin datos precisos sobre el volumen y tipo de residuos vertidos al mar.

En la actualidad se viene promoviendo a nivel nacional e internacional la práctica de la economía azul también llamada economía verde como un modelo de gestión para el uso sostenible de los recursos marinos y costeros de tal manera que se logre un desarrollo económico con iniciativas innovadoras y sostenibilidad ambiental con la participación del gobierno, las empresas y toda la sociedad civil en su conjunto.

Gracias a esfuerzos recientes, se han identificado diversos destinos alternativos para los residuos de pescado, tanto los provenientes de plantas de procesamiento como de embarcaciones,

siendo utilizados en la alimentación animal como la elaboración de ensilados alimenticios, abonos para la agricultura, así como insumos para la industria cosmética, entre otros usos sostenibles. (Ghaly et al., 2013; Matzunaga y Chung, 2017)

1.2. Descripción del problema

El uso y valorización de residuos y desechos es una práctica que debe aplicarse en los distintos sectores productivos del país, ya que representa un paso esencial hacia la sostenibilidad. Este enfoque busca cerrar los ciclos productivos bajo los principios de la economía circular, reduciendo los impactos ambientales y, simultáneamente, incrementando la competitividad mediante la creación de nuevos modelos de negocio. En el ámbito pesquero mundial, estos principios ya se están implementando de manera progresiva. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2019)

El modelo productivo surgido con la revolución industrial consideraba la generación de residuos y la contaminación como un resultado inevitable del progreso económico. No obstante, con el transcurso del tiempo se evidenciaron sus efectos negativos sobre la salud pública, así como la contaminación del agua y del suelo causada por la acumulación de desechos, lo cual puso de manifiesto los impactos perjudiciales de este tipo de desarrollo. (Santos, 2005)

Con el paso de los años, se comprendió la necesidad de armonizar el crecimiento económico con la conservación de los recursos naturales y la protección de la salud humana. Sin embargo, persisten numerosos problemas ambientales generados por las actividades industriales, entre las que destacan las del sector minero, alimentario, textil, metalmecánico y pesquero, entre otros rubros que continúan afectando el equilibrio ambiental. (Embrapa, 2003)

Un residuo orgánico o inorgánico se considera contaminante cuando se acumula y altera las condiciones naturales del entorno, lo que suele ocurrir por su descomposición o inadecuado

almacenamiento. Esta situación favorece la proliferación de microorganismos que pueden causar enfermedades y afectar la salud pública y ambiental. No obstante, existen métodos económicos para el tratamiento de residuos sólidos urbanos, entre ellos la elaboración de compost a partir de desechos orgánicos domésticos, un proceso que puede realizarse de manera casera con baja inversión en materiales. (Pereira, 2007)

De acuerdo con Montero (2021) la hidrólisis enzimática de proteínas aplicada a la industria pesquera es una técnica relativamente reciente que consiste en mezclar la materia prima con agua en proporción 1:1, añadiendo enzimas que catalizan la reacción. Se han desarrollado estudios que evalúan la factibilidad de aplicar la hidrólisis en residuos de pescado con altas concentraciones de sólidos y sin control de pH, con el fin de reducir los costos operativos. La enzima empleada en este proceso fue la Subtilisina, el cual es una pentosa proveniente del preparado comercial conocido como Alcalase.

Según Benites et al. (2008) mediante la hidrólisis enzimática de proteínas se puede obtener una amplia gama de productos con aplicaciones en la industria alimentaria, tales como suplementos lácteos y proteicos, estabilizadores de bebidas o potenciadores de sabor, entre otros usos industriales. Una ventaja de esta técnica es la posibilidad de aprovechar tanto el producto final como los subproductos intermedios. Las propiedades de los hidrolizados dependen del grado de hidrólisis alcanzado: entre 1 y 10% mejora las propiedades funcionales, grados variables se emplean como saborizantes, y superiores al 10% se destinan a nutrición especializada. El grado de hidrólisis se ve influido por factores como la concentración de proteína, la cantidad de enzima utilizada, el tiempo de reacción y condiciones fisicoquímicas como el pH y la temperatura.

De acuerdo con Spanopoulos-Hernández et al. (2010), la producción industrial de hidrolizados proteicos de pescado es aún una actividad emergente, aunque ha alcanzado un

desarrollo considerable en países como Francia, Japón y regiones del Sudeste Asiático. No obstante, su producción a escala comercial enfrenta limitaciones, entre ellas el alto costo de las enzimas, que no pueden reutilizarse; la dificultad para controlar la extensión de la reacción, lo que puede generar productos no homogéneos; los bajos rendimientos; y la necesidad de inactivar las enzimas al final del proceso mediante cambios de pH o tratamientos térmicos, lo que incrementa los costos operativos. Las condiciones que intervienen en el proceso del grado de hidrolisis son:

- Concentración del sustrato
- Concentración de la enzima
- Relación enzima sustrato
- Tiempo de reacción
- Condiciones fisicoquímicas como temperatura y pH

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo se podrá mitigar los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado?

1.3.2. Problemas específicos

¿Cuáles serán los criterios técnicos para mitigar los residuos orgánicos vía hidrolisis de la línea de crudos en una planta de conservas de pescado?

¿Cuáles serán los criterios económicos de evaluación de la mitigación de los residuos orgánicos vía hidrolisis de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado?

1.4. Antecedentes

1.4.1. Antecedentes nacionales

Guzmán (2021) desarrolló una investigación orientada a la valorización de los residuos

sólidos orgánicos generados en las mesas de fileteo de pescado, mediante un proceso de fermentación láctica. El estudio se estructuró en dos etapas: en la primera se obtuvo un producto fermentado en estado líquido, con el propósito de avanzar posteriormente hacia una formulación en base sólida. En el laboratorio se emplearon tres tipos de residuos sólidos, ajustando variables tecnológicas esenciales como la concentración del sustrato (S), la cantidad de inóculo microbiano (MO), la temperatura (T) y el pH. Los resultados de esta fase indicaron: 10 % de melaza como fuente de carbono, 87 % de residuos sólidos, 3 % de inóculo de bacterias lácticas, temperatura entre 28 y 30 °C, pH inicial de 6,5 y final de 4,5. El proceso tuvo una duración total de 96 horas, con una fase exponencial de 48 horas, alcanzando un rendimiento de 1,13 kg de producto fermentado por cada kilogramo de residuo procesado, con una vida útil aproximada de cinco meses. En la segunda fase, se elaboró un anteproyecto para la creación de una planta experimental autogestionada capaz de procesar 100 kg diarios de residuos. La inversión inicial en equipos fue estimada en S/. 89 650, con un Valor Actual Neto (VAN) de S/. 31 811, una Tasa Interna de Retorno (TIR) del 53,7 % y una relación Beneficio-Costo de 1,203, indicadores que reflejan la alta rentabilidad económica de un emprendimiento tecnológico lo cual se puede poner en operación utilizando la tecnología descrita.

Por su parte, Sosa (2017) expone que tanto la pesca como la acuicultura enfrentan el desafío de una gestión adecuada de los desechos generados durante el procesamiento tecnológico. Aunque existen estrategias establecidas para el reciclaje de residuos inorgánicos, actualmente se investigan nuevas alternativas para el aprovechamiento de los residuos orgánicos, más allá de su uso tradicional en la elaboración de harina y aceite de pescado. El proyecto mencionado se enfoca en especies como la trucha y la tilapia, cultivadas en aguas continentales, cuyos desechos contienen altos niveles de proteínas, aceites y materiales sólidos ricos en fosfatos. Estos

componentes poseen potencial para aplicaciones industriales directas, como la producción de harinas, aceites o fertilizantes fosfatados. No obstante, el aspecto innovador del estudio radica en revalorizar las proteínas presentes en dichos residuos, considerando las propiedades funcionales de los péptidos que las componen.

1.4.2. Antecedentes internacionales

De acuerdo con Cárdenas (2014), en un estudio sobre hidrolizado de proteínas de pescado utilizando 23 tipos de proteasas, se obtuvieron los mejores resultados con pancreatina, pepsina y papaína. Empleando papaína a pH 7, se observó una máxima solubilización en las primeras horas de tratamiento a 40 °C, logrando péptidos de mayor tamaño durante la digestión. Asimismo, se reportó una alta solubilización con pepsina aplicada a pescados de bajo costo. En Japón, la harina biofish obtenida por digestión enzimática de sardinas se comercializa como sustituto de la leche.

Los hidrolizados de pescado se definen como proteínas que han sido descompuestas en péptidos de diversos tamaños moleculares. La hidrólisis proteica, ya sea química o enzimática, busca fragmentar las proteínas en cadenas peptídicas más pequeñas. Este proceso se considera más eficiente cuanto mayor sea la ruptura de los enlaces peptídicos, característica conocida como grado de hidrólisis. (Colmenares, 2022)

Las enzimas proteolíticas actúan como catalizadores en los procesos de hidrólisis, generando no solo la ruptura de enlaces peptídicos sino también mejoras en el producto final, con beneficios aplicables a la salud, la nutrición y la tecnología alimentaria. Entre las proteasas más utilizadas destacan la papaína, bromelina, ficina y cucumisina, obtenidas de la papaya (*Carica papaya L.*), la piña (*Ananas comosus L.*), el higo (*Ficus carica L.*) y el melón (*Cucumis melo L.*), respectivamente. Estas enzimas se aplican para ablandar carnes, modificar texturas y mejorar la solubilidad de las proteínas, lo cual representa una ventaja tecnológica, ya que facilita la

separación de las fases acuosa y oleosa. (Ghaly et al., 2013)

La industria del procesamiento pesquero constituye un importante sector exportador en numerosos países, dado que aproximadamente el 70 % del pescado se procesa antes de su venta final. Dicho procesamiento incluye etapas de clasificación, lavado, descamado, descabezado, eviscerado, corte de aletas, separación ósea y fileteado. Durante estas operaciones se genera una cantidad considerable de residuos, que varía entre el 20 % y el 80 % según el nivel de procesamiento y la especie tratada. Estos subproductos pueden emplearse para la producción de ensilado, harina o aceite de pescado, así como para obtener compuestos de valor agregado como proteínas, aceites, aminoácidos, minerales, enzimas, péptidos bioactivos, colágeno y gelatina. Las proteínas de los peces se encuentran distribuidas en todas sus partes, clasificándose en tres grupos: estructurales, sarcoplasmáticas y de tejido conectivo. La extracción de proteínas de los residuos sólidos puede realizarse mediante diversos métodos, como el enzimático utilizando diversas enzimas según el caso de aplicación. (Zavarese et al., 2014)

Las proteínas de pescado pueden obtenerse mediante procesos químicos o enzimáticos. En el método químico se utilizan sales como cloruro de sodio (NaCl) o cloruro de litio (LiCl), además de disolventes como el isopropanol e isopropanol azeotrópico. Por su parte, el método enzimático emplea enzimas tales como alcalasa, neutrasa, protex, protemax y flavorzyme, para extraer proteínas aprovechables. Estas proteínas son ingredientes funcionales en la industria alimentaria por sus propiedades de retención de agua, absorción de aceite, capacidad gelificante, formación de espuma y propiedades emulsionantes. Asimismo, pueden emplearse como sustitutos de la leche o en productos de panadería, sopas y fórmulas infantiles. (Zavarere et al., 2014)

Los aminoácidos, componentes básicos de las proteínas, están presentes entre 16 y 18 tipos en los peces. Estos pueden obtenerse mediante procesos enzimáticos o químicos, utilizando

enzimas como alcalasa, neutrasa, carboxipeptidasa, quimotripsina, pepsina y tripsina. En la hidrólisis química, en cambio, se emplean ácidos o álcalis para descomponer las proteínas y liberar los aminoácidos, aunque este método presenta la desventaja de destruir completamente el triptófano y la cisteína, y parcialmente la tirosina, serina y treonina. Los aminoácidos del pescado son útiles tanto en la alimentación animal (harinas proteicas) como en la industria farmacéutica. El aceite de pescado, por su parte, contiene ácidos grasos poliinsaturados como el EPA (ácido eicosapentaenoico) y el DHA (ácido docosahexaenoico), conocidos como omega-3, que poseen propiedades bioactivas beneficiosas: previenen la arterioesclerosis, protegen contra enfermedades depresivas y tienen diversos efectos terapéuticos. Además, el aceite de pescado puede transformarse en biodiésel, un combustible no tóxico, biodegradable y ambientalmente seguro, el cual ya se está utilizando a nivel industrial en poca escala. (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012)

Una proporción considerable de proteína fibrosa insoluble, presente en las escamas, espinas, esqueleto, piel y otras partes del pescado, se genera como coproducto del procesamiento agroindustrial. Estos residuos poseen un alto contenido de queratina y colágeno, lo que los convierte en una fuente valiosa para la producción de materiales con aplicaciones biomédicas e industriales., se conoce dentro de estas opciones que se viene estudiando las propiedades de las escamas, pieles y otros residuos para obtener productos con alto valor agregado.

1.5. Justificación de la investigación

Solucionar la problemática del tratamiento de los residuos sólidos provenientes del pescado reviste gran relevancia, ya que su descomposición microbiana genera impactos negativos en el medio ambiente, afecta la salud pública y propicia la contaminación de alimentos. En diversos países se han implementado tecnologías especializadas para el manejo de residuos orgánicos con

una eficacia superior a la simple producción de harina o su incorporación a dietas animales, prácticas que en muchos casos utilizan desechos en avanzado estado de descomposición, como suele ocurrir en nuestro país.

De igual modo, abordar este tema representa un avance significativo en el campo de la investigación tecnológica aplicada al tratamiento de residuos altamente contaminantes, permitiendo además desarrollar métodos que favorezcan su conservación y posterior transformación en distintos subproductos útiles.

Teniendo en cuenta que la gestión de residuos sólidos contempla el análisis individual de cada componente, se hace necesario un estudio específico de los desechos generados en la industria conservera de pescado. Por ello, la investigación se orienta a la selección de una tecnología adecuada para el aprovechamiento de estos residuos sólidos, con el propósito de otorgarles un valor agregado a los materiales provenientes de las mesas de fileteo y eviscerado en las plantas procesadoras, contribuyendo así a la disminución de la contaminación ambiental.

1.6. Limitaciones de la investigación

El manejo de los residuos sólidos originados en la línea de procesamiento de crudos de las fábricas de conservas de pescado requiere un análisis particular debido a la composición residual de sus componentes. Por tal motivo, no resulta apropiado aplicar de forma directa las tecnologías existentes en el mercado, sino que se hace necesario investigar y desarrollar nuevas alternativas de mitigación que permitan un aprovechamiento más eficiente de dichos residuos, agregándoles valor para su reutilización en la industria. Esto implica explorar innovaciones tecnológicas y la identificación de potenciales mercados que se ajusten a estas nuevas propuestas. El nuevo desarrollo planteado en su ámbito de acción contempla limitaciones en la búsqueda de estudios similares o casos equivalentes ejecutados en ámbitos académicos.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general

Mitigar los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado

1.7.2. Objetivos específicos

-Evaluar los criterios técnicos para mitigar los residuos orgánicos vía hidrolisis de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado

-Evaluar los criterios económicos de la mitigación de los residuos orgánicos vía hidrolisis de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general

Los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado se mitigan

1.8.2. Hipótesis específicas

-Los criterios técnicos vía hidrolisis mitiga los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado

-Los criterios económicos de mitigar los residuos orgánicos vía hidrólisis de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado son recomendables.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. *Conservas de pescado*

Según Piscoche et al. (2023) las conservas de pescado se obtienen mediante una serie de operaciones que permiten envasar el producto para su preservación, manteniendo intactas sus propiedades organolépticas y alcanzando una vida útil de entre tres y cuatro años. Para su elaboración se utiliza materia prima proveniente de la pesca extractiva, la cual atraviesa diversas etapas de procesamiento durante las cuales se generan residuos orgánicos derivados de las partes no comestibles del pez.

Línea de crudos

De acuerdo con el estudio desarrollado por De la Torre et al. (2017) existen dos métodos principales para la elaboración de conservas de pescado:

-Línea de crudos: En este procedimiento no se aplica cocción y se utiliza cuando la materia prima es fresca y presenta una baja carga microbiana. El procesamiento se realiza de manera inmediata y rápida para garantizar la inocuidad del producto final.

-Línea de cocidos: En este caso se incluye una etapa de cocción, empleada cuando la materia prima no se encuentra en estado óptimo de frescura o presenta una alta carga microbiana. Este método, el más común en la industria, permite neutralizar el deterioro del pescado, especialmente cuando el envasado requiere mayor tiempo de procesamiento.

2.1.2. *Generación de residuos*

El proceso de fabricación de conservas se inicia con la recepción de la materia prima, etapa en la cual se controla el peso de los lotes ingresados a la planta, dato esencial para calcular el rendimiento y determinar qué materias primas resultan más convenientes según los resultados

obtenidos. La materia prima debe llegar en óptimas condiciones de manipulación, transporte y conservación, cumpliendo con los estándares de inocuidad alimentaria que eviten contaminación microbiana. Habitualmente se transporta en bandejas plásticas que, tras ser lavadas y escurridas, se pesan para su control. Además, se realiza una inspección previa para descartar el pescado que no cumpla con los parámetros de calidad y tamaño exigidos. En esta inspección se verifica la temperatura del producto: entre 0 °C y 4 °C para pescado fresco y menor a -18 °C para el congelado. Dichos controles deben efectuarse en todos los lotes recibidos, sin importar su origen o especie, trabajar con productos que están fuera de los parámetros establecidos pone en riesgo la calidad de los productos finales frente a un mercado exigente. (Rodríguez, 2007)

La etapa de limpieza constituye una de las operaciones más relevantes en la producción de conservas, ya que separa el flujo de materia en producto útil y descarte, lo cual permite estimar la calidad de la materia prima. Durante las fases de limpieza y eviscerado, que pueden realizarse de forma independiente, es necesario mantener la cadena de frío mediante la adición constante de agua y hielo. Asimismo, es común sumergir el pescado en salmuera tras el troceado o corte para preservar su calidad. (Rodríguez, 2007)

El procesamiento directo del pescado se inicia con el eviscerado, que consiste en eliminar vísceras y aletas mediante una incisión ventral desde la cabeza hacia la cola. Posteriormente, las piezas se enjuagan nuevamente antes del descabezado, el cual debe realizarse con cortes limpios y precisos para evitar dañar la carne. Una superficie de corte irregular puede facilitar la entrada de microorganismos contaminantes. A continuación, se lleva a cabo el corte o troceado, que busca optimizar la disposición del pescado dentro del envase. La eficiencia de esta operación influye directamente en el rendimiento y calidad final del producto: un mayor aprovechamiento de materia puede incrementar los desechos no útiles, mientras que un control adecuado garantiza un mejor

equilibrio entre rendimiento y calidad. Este proceso requiere el uso de maquinaria especializada según la especie, o bien, la aplicación de métodos tradicionales con cuchillos afilados. Existen distintos tipos de corte, determinados por el tamaño y características del pescado. Las diferentes operaciones de corte que se aplica a los pescados durante su procesamiento se encuentran estandarizados ya sea utilizando mano de obra directa o en forma mecanizada con máquinas automáticas. (Pantoja y Aguirre, 2022)

Los residuos o subproductos pesqueros están conformados por aquellas partes del pez sin valor comercial, como cabeza, piel, vísceras, aletas y agallas. También pueden incluirse peces en descomposición por inadecuada preservación. Las zonas de acopio principales de estos desechos suelen ser las balsas, bodegas y mercados pesqueros. Se ha determinado que es posible recolectar eficientemente los subproductos generados dentro de un radio de cinco kilómetros para su procesamiento local; sin embargo, la distancia puede favorecer su deterioro. Por ello, un acopio masivo requiere inversión en sistemas de transporte y refrigeración con hielo. El hidrolizado de pescado constituye una alternativa sostenible que permite obtener alimentos nutritivos para animales y fertilizantes naturales, aprovechando los micronutrientes de los residuos. Esta técnica ha sido fortalecida en Mesoamérica gracias a la capacitación de técnicos y especialistas del sector pesquero y acuícola. (Ordóñez y Hernández, 2014)

El pescado y sus derivados son productos altamente perecederos que, si no se conservan o procesan de forma oportuna, sufren considerables pérdidas postcaptura. A ello se suma que los residuos generados durante las distintas etapas de procesamiento son desechados o reutilizados de diversas maneras, representando entre el 30 % y el 70 % del peso total del producto. En la actualidad, dichos residuos se aprovechan en distintos procesos productivos según su composición y valor nutritivo que debe ser evaluado previamente para después aplicar el tratamiento más

adecuado técnica y rentablemente. (América Economía, 2014)

2.1.3. Hidrólisis enzimática

En la hidrólisis enzimática, las proteínas se descomponen en péptidos o aminoácidos mediante la acción de enzimas proteolíticas; por consiguiente, el uso de los hidrolizados dependerá principalmente de la fuente proteica empleada, del tipo de proteasa seleccionada, de las condiciones en las que se realice la hidrólisis y del grado de hidrólisis alcanzado durante la reacción. Los hidrolizados son ampliamente utilizados en la industria alimentaria debido a sus propiedades funcionales y nutricionales, como la solubilidad, la capacidad emulsificante y la formación de espuma. En este estudio se expone la tendencia actual en las técnicas aplicadas para obtener hidrolizados mediante el uso de enzimas, así como los diferentes métodos empleados para controlar su producción, señalándose además sus posibles aplicaciones en la industria de los alimentos y la farmacéutica. (Benítez et al., 2008)

2.1.4. Hidrolizados proteicos

Los hidrolizados proteicos se distinguen principalmente por el grado de hidrólisis alcanzado, el cual determina su aplicación específica. (Zapata, et al., 2019)

A continuación, se describen las propiedades más relevantes que los caracterizan:

- Son péptidos de diversos tamaños que se originan a partir de la hidrólisis de las proteínas.
- La hidrólisis puede realizarse mediante el uso de agentes químicos o por acción enzimática controlando la temperatura y el pH del medio
- La hidrólisis enzimática ofrece un mayor control, selectividad y condiciones más suaves, lo que contribuye a conservar el valor nutricional del producto final.
- La característica fundamental que define a un hidrolizado proteico es el grado de hidrólisis, es decir, el porcentaje de enlaces peptídicos de la proteína original que han sido rotos.

Los tipos y grados de hidrolizados, así como sus aplicaciones se describen en la Tabla 1.

Tabla 1

Tipos de hidrolizados

Tipo de Hidrolizado	Grado de hidrólisis	Aplicación
De bajo grado de hidrolisis	1 – 10 %	Mejora de propiedades funcionales
De grado de hidrólisis variable		Flavorizantes
Extensivos	Más del 10 %	Alimentación especializada (suplemento dietético o dieta médica)

Nota. Los hidrolizados con más del 10% de grado de hidrolisis se utilizan como suplementos dietéticos de uso médico, por su gran valor alimenticio sustentado por el contenido de aminoácidos. Adaptado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012.

En la tabla 2 se muestran los hidrolizados de bajo peso molecular

Tabla 2

Hidrolizados de bajo peso molecular

Hidrolizado de bajo peso molecular
Propiedades:
-Mejor funcionalidad que la proteína original
-Mejor solubilidad, poder espumante y emulsificante
Aplicaciones:
-Fabricación de pasteles, helados y postres (espumantes)
-Fabricación de mayonesa, salchichas o helados (emulsificantes)
-Empleo en derivados cárnicos y productos bajos en grasa (absorbentes de aceite o agua)

Nota. Adaptado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012

De acuerdo con Hleap y Gutiérrez (2017) la actividad pesquera constituye una cadena productiva de gran relevancia en la economía global; sin embargo, cada año se generan considerables volúmenes de subproductos, lo que ocasiona pérdidas económicas e impactos ambientales adversos. A pesar de ello, dichos desechos pueden aprovecharse de forma eficiente para diversos fines: optimizar las propiedades funcionales de los alimentos, actuar como potentes antioxidantes, contribuir a la salud humana y aportar nutrientes esenciales. La tecnología de hidrólisis posibilita un aprovechamiento integral del pescado lo que ha generado interés en la exploración de nuevas especies, métodos y tecnologías que permitan desarrollar productos innovadores en el mercado. La hidrólisis extensiva implica descomponer las proteínas en mayor grado para facilitar su asimilación y, en ciertos casos, reducir su potencial alergénico.

La tabla 3 muestra características de los hidrolizados extensivos

Tabla 3

Hidrolizados extensivos

Propiedades y aplicaciones

Propiedades

- Elevada solubilidad (aplicación en alimentos líquidos)
- Mejor absorción gastrointestinal de las proteínas

Aplicaciones

- Alimentación en circunstancias de falta de apetito (personas ancianas) y entera o parenteral
 - Suplemento en dietas de gran demanda proteica (bebidas para deportistas)
 - Aporte proteico en dietas hipocalóricas o con problemas de alergia alimentaria
 - Alimentación a enfermos con deficiente gastrointestinal o con problemas hepáticos
-

Nota. Adaptado de Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, 2012

Parámetros de hidrólisis enzimática

El nivel de hidrólisis está determinado por diversos factores, entre ellos la concentración del sustrato, la proporción enzima/sustrato, el tiempo de reacción, el pH, la temperatura y el tipo de enzima empleada. Las técnicas aplicadas para obtener hidrolizados permiten transformar las fracciones no aptas para el consumo humano en mezclas de alto valor nutricional y de fácil digestión para otros animales. Además, el proceso de hidrólisis posibilita conservar y almacenar el producto final a temperatura ambiente durante varios meses sin que su calidad nutricional se vea afectada. (FAO, 2019)

La aplicación de la tecnología de hidrolizados de pescado a pequeña escala no requiere equipos complejos ni de alto costo, facilitando su transformación y conservación como un recurso valioso para la acuicultura, la avicultura, la ganadería y como fertilizante natural en la agricultura. Por consiguiente, su producción representa una alternativa de bajo costo que no demanda inversiones significativas. (FAO, 1998)

El uso eficiente de estos materiales de desecho constituye una fuente importante de proteínas y otros nutrientes destinados a distintos sectores productivos, diferenciándose por su bajo impacto ambiental y por ser un producto sostenible y respetuoso con el entorno. (Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá [ARAP], 2020)

2.1.5. Hidrolizado proteico de pescado

Actualmente, se han desarrollado diversas metodologías orientadas a maximizar el aprovechamiento de las proteínas del pescado para satisfacer las necesidades nutricionales humanas. Dicho aprovechamiento se realiza tanto a partir del pescado entero como de sus subproductos o residuos (hígado, cabeza, piel, gónadas, esqueleto y vísceras), los cuales pueden representar hasta el 60 % del peso total. Tanto el pescado como sus derivados son fuentes

potenciales de aminoácidos esenciales, colágeno, gelatina, lípidos poliinsaturados y enzimas. Mediante el empleo de la tecnología enzimática se han obtenido hidrolizados proteicos con gran potencial como ingredientes en alimentos fortificados, gracias a sus propiedades bioactivas (antioxidantes, antihipertensivas, antimicrobianas e inmunomoduladoras), que contribuyen a disminuir el riesgo de padecer cáncer, envejecimiento prematuro, diabetes y enfermedades cardiovasculares. Asimismo, estos hidrolizados exhiben notables propiedades tecno-funcionales (solubilidad, emulsificación, formación de espuma, gelificación y retención de agua y aceite), que aportan cualidades deseables al procesamiento, almacenamiento y calidad de los productos alimenticios. Esta revisión aborda los avances en las tecnologías de obtención, caracterización y producción de hidrolizados proteicos de pescado mediante acción enzimática, especialmente a partir de residuos, destacando sus aplicaciones alimentarias, el panorama del mercado y las regulaciones internacionales, respecta a sus usos en la industria alimentaria puede destacar como componente para fortalecer alimentos. Se sugiere continuar investigando en la optimización de los procesos enzimáticos para mejorar el sabor y ampliar su uso en la fortificación de diversos alimentos de consumo humano. (Espinoza y Castillo, 2022)

El proceso enzimático, en particular el uso de proteasas, promueve la ruptura hidrolítica de los enlaces peptídicos mediante mecanismos variables (endopeptidasas y exopeptidasas). Los péptidos resultantes presentan propiedades tecno-funcionales como capacidad espumante, emulsificante y de retención de agua, así como propiedades bioactivas de tipo antimicrobiano, antioxidante, anticancerígeno, anticoagulante y modulador del sistema inmunitario, entre otras. La investigación sobre los hidrolizados proteicos de pescado continúa ampliándose, impulsando el desarrollo de nuevas metodologías y tecnologías orientadas a su extracción y purificación para la obtención de productos con mayor valor agregado. (Hemker et al., 2020; Lima et al., 2019)

2.1.6. Aspectos de responsabilidad social y medio ambiente

La denominada responsabilidad social ambiental se refiere al conjunto de acciones y compromisos adoptados por las empresas para armonizar sus actividades económicas y corporativas con la protección del medioambiente y de los ecosistemas donde desarrollan sus operaciones. También puede entenderse como la obligación ética de preservar y cuidar los recursos naturales. Su propósito principal consiste en evaluar el uso de los recursos empleados en la producción de bienes y servicios, tales como el agua, la energía eléctrica o las materias primas destinadas al embalaje. (Romero et al., 2020)

El interés empresarial por la sostenibilidad ambiental está estrechamente vinculado con las demandas del consumidor moderno. Cada vez es más frecuente que los clientes actúen con conciencia ecológica, adoptando estilos de vida responsables con el entorno y exigiendo que los productos o servicios que adquieren sean coherentes con dichos valores. Los productos obtenidos a partir del tratamiento de residuos sólidos contribuyen a reducir los costos en la alimentación animal al sustituir parcialmente ciertos insumos utilizados en la producción agropecuaria y acuícola, disminuyendo así la dependencia de la harina de pescado.

III. MÉTODO

3.1. Tipo de investigación

La investigación, de acuerdo con los objetivos planteados, adoptó un enfoque cuantitativo y se clasificó como de tipo aplicado. En cuanto al nivel de profundidad del estudio, fue de carácter descriptivo y explicativo, ya que se llevó a cabo un proceso tecnológico experimental orientado al aprovechamiento de residuos pesqueros con el propósito de transformarlos en subproductos útiles.

3.2. Población y muestra

Población

En relación con el problema abordado, la población se considera infinita debido al gran volumen y cantidad de residuos, tanto líquidos como sólidos, que se generan en las diversas líneas de procesamiento de materia prima en las plantas conserveras de pescado.

Técnica de muestreo

El muestreo empleado fue de tipo no probabilístico, determinado por juicio de conveniencia. Este tipo de muestreo se utiliza cuando la selección de las unidades muestrales se realiza dentro del entorno más accesible al investigador, sin la aplicación de criterios estrictos, lo cual facilita la obtención y manipulación de los datos necesarios para el desarrollo del estudio.

Las muestras se obtuvieron de una planta procesadora de conservas de pescado con línea de crudos ubicada en el Callao, de la cual se recolectaron 22 kg de residuos orgánicos de pescado.

3.3. Operacionalización de variables

Variable Dependiente

Evaluación técnica del proceso de hidrólisis aplicado a los residuos orgánicos de pescado procedente de la línea de crudos de una planta de conserva de pescado

Indicador:

-Rendimiento de la tecnología de hidrolisis

Variable Independiente

Tiempo de proceso de hidrolisis

Indicadores:

-Concentración de enzimas, tiempo- temperatura

- Concentración de solidos

-Análisis proximal

3.4. Instrumentos

Los insumos que fueron utilizados fueron los siguientes:

-Residuos orgánicos de pescado como cabezas, cola, aletas y vísceras

-Enzima proteasa

-Agua clorada

-Agua de ionizada

En lo correspondiente a equipos y materiales se utilizó:

-Termómetro digital

-Balanza digital con sensibilidad de 1 g

-Potenciómetro digital

-Refractómetro digital

-Tanques a nivel piloto para laboratorios

-Balde

-Bandejas

-Jarra plástica graduada

En lo concerniente al análisis proximal, los ensayos analíticos se desarrollaron de acuerdo

con las normas establecidas por la Official Method of Analysis (AOAC, 2006) los cuales se realizaron en los laboratorios de la FOPCA-UNFV.

3.5. Procedimientos

Diseño de la investigación

Primera etapa

Consistió en determinar la composición química proximal (%) de los residuos de pescado procedentes de la línea de crudo de una planta de conservas

Proteínas

Cenizas

Humedad

Grasa y pH

Segunda etapa

Respecto a la determinación de los parámetros de hidrolisis proteica, el procedimiento consistió en poner en práctica los respectivos tratamientos para cada uno de los parámetros, partiendo de una base de residuos sólidos, debidamente esterilizada, toda vez que se requiere inactivar microorganismos procedentes de la flora del pescado y que compite con los microorganismos que se adicionan para lograr la fermentación.

Concentración de sustrato (S)

La concentración del sustrato fue de 5 a 12 % con relación al peso de los residuos

Concentración de enzima (S)

Se utilizó proteasas en la proporción de 1g/100g

Determinación del pH

Se evaluó con la escala de 1 a 14

Temperatura de proceso

Para este tipo de hidrolisis la temperatura se programó a 40°C

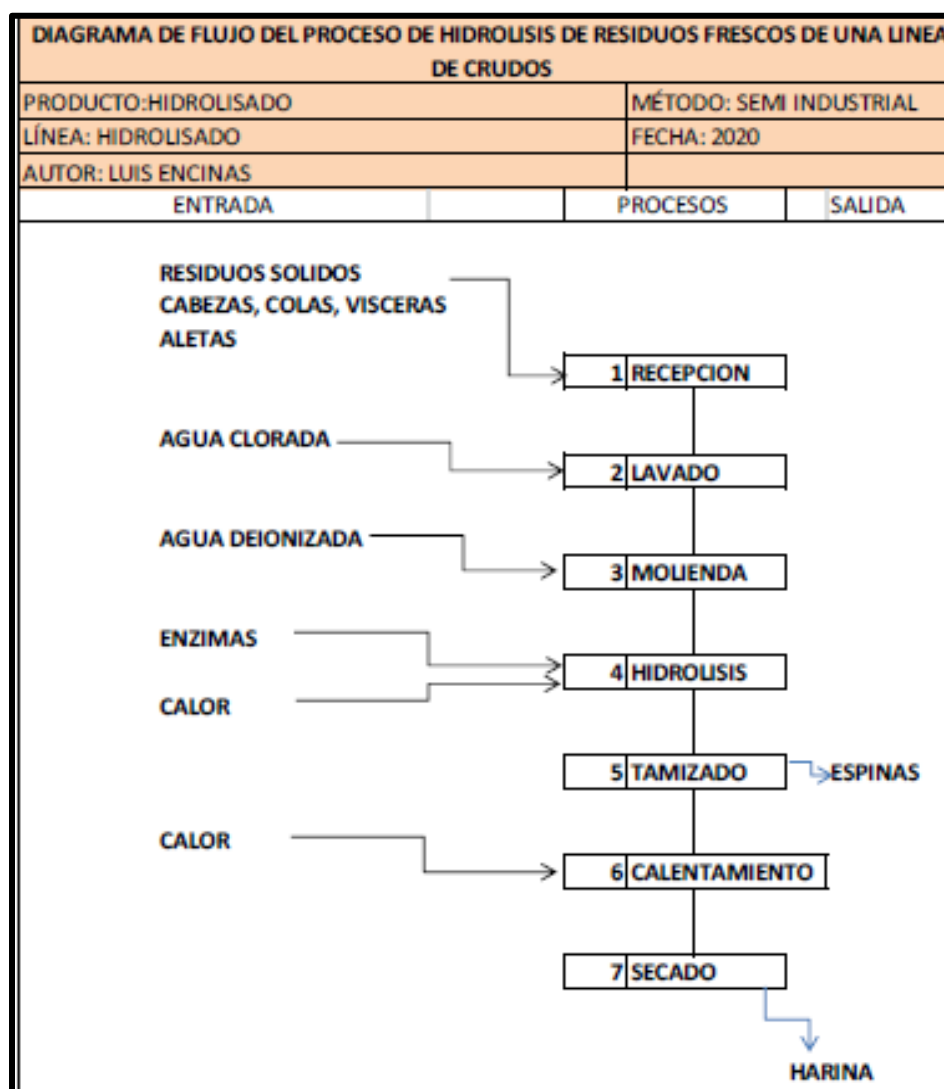
Tercera etapa

El procedimiento de hidrolizado comprende varias etapas y están en función de los parámetros acorde a los equipos y maquinarias que se dispone.

La figura 1 muestra el flujo de proceso de hidrolisis para los residuos de pescado fresco

Figura 1

Proceso de hidrolisis de residuos de pescado fresco



Nota. El proceso de hidrolizado pasa por diferentes etapas hasta llegar a harina

3.6. Análisis de datos

Los datos obtenidos a partir de las diferentes mediciones experimentales fueron procesados y examinados mediante la aplicación de métodos estadísticos tanto descriptivos como inferenciales. Para el tratamiento de la información se empleó el software especializado SPSS versión 26.0, herramienta ampliamente utilizada en investigaciones científicas por su capacidad para organizar, analizar y presentar resultados de forma precisa. Asimismo, se utilizó Microsoft Excel como apoyo complementario para la realización de cálculos básicos, elaboración de hojas de registro y construcción de tablas que facilitaron la interpretación inicial de los resultados. El uso conjunto de ambos programas permitió garantizar la fiabilidad de los datos y una mejor sistematización del proceso analítico, contribuyendo a una comprensión más integral del comportamiento de las variables estudiadas.

En cuanto al análisis estadístico descriptivo, este se aplicó con el propósito de comprender y explicar el comportamiento general de las variables observadas durante el experimento. Para ello, se recurrió al uso de tablas de distribución de frecuencias y representaciones gráficas que facilitaron la visualización de los resultados, como los histogramas simples y comparativos, los cuales permitieron identificar tendencias, dispersiones y posibles patrones en los datos. De igual forma, se emplearon medidas de tendencia central como el promedio aritmético y medidas de dispersión o variabilidad, entre las que destacan la desviación estándar y el coeficiente de variación, con el fin de cuantificar el grado de homogeneidad o variabilidad existente entre las observaciones. Este análisis detallado e integral permitió obtener una descripción detallada del comportamiento estadístico de las variables bajo estudio.

Respecto al análisis inferencial, considerando que la investigación tuvo un enfoque correlacional, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, debido a que las variables

analizadas fueron de naturaleza cuantitativa continua, tales como el tiempo, la temperatura, el pH, el análisis químico proximal y la concentración de sólidos. Este tipo de análisis permitió determinar la fuerza y dirección de la relación existente entre dichas variables, aportando evidencia estadística sobre la dependencia o independencia entre los factores evaluados. De esta manera, el análisis inferencial complementó la interpretación descriptiva, permitiendo establecer conclusiones fundamentadas y respaldadas por criterios estadísticos objetivos.

IV. RESULTADOS

4.1. Composición química y física de residuos sólidos de pescado fresco

Después del proceso de lavado y eliminación de escamas, durante la etapa de corte del pescado en la línea de crudos de una planta procesadora de conservas, se obtuvieron los fragmentos y desechos sólidos que fueron empleados en la presente investigación, a los cuales se les aplicó el tratamiento de acuerdo con los objetivos planteados y siguiendo el método establecido.

En la tabla 4 se muestra la composición química de los residuos de pescado procedentes de la línea de crudos de una fábrica de conservas.

Tabla 4

Composición química de residuos de pescado procedentes de una línea de crudos

Componente	(%)
Proteína	33.68
Lípidos	19,84
Humedad	25,76
Cenizas	20,72
Total	100,00

Nota. La composición química de los residuos sólidos de una línea de crudos en una fábrica de conservas es variable y va a depender de la especie que se está procesando. En especies grasas se va a tener un incremento de lípidos.

Composición física de residuos de pescado fresco

Los residuos de pescado procedentes de la línea de crudo de una fábrica de conservas estuvieron conformados por las partes de pescado que fueron desechados en el proceso productivo tales como las cabezas, vísceras, espinas, piel, aletas, residuos de filetes y otras partes.

En la tabla 5 se presenta la composición porcentual de las partes de pescado que conforman los residuos sólidos de la línea de crudos de una fábrica de conservas.

Tabla 5

Composición física de residuos de pescado procedentes de una línea de crudos

Componente	(%)
Cabezas	29,82
Vísceras	8,21
Espinas	10,36
Piel	1,96
Aletas	1,43
Filetes	47,86
Otros	0,36
Total	100,00

Nota. Los residuos de pescado tienen un alto contenido proteico en filetes.

4.2. Desarrollo experimental

Una vez recolectados los residuos sólidos provenientes de las mesas de fileteo en la línea de crudos de una planta procesadora de conservas, estos fueron transportados y almacenados en refrigeración, utilizando un equipo calibrado a una temperatura de 5 °C para garantizar su adecuada conservación. Posteriormente, los residuos fueron sometidos a un proceso de molienda con el propósito de facilitar la acción de las enzimas proteolíticas durante el tratamiento posterior.

El desarrollo experimental se llevó a cabo en diversas etapas, en las cuales el control del proceso resultó esencial para asegurar un monitoreo preciso y una adecuada toma de decisiones respecto a los parámetros de tiempo, temperatura, cuantificación de los residuos y concentración

del producto, entre otros aspectos relevantes del procedimiento.

En la tabla 6 se presenta el flujo general del proceso experimental

Tabla 6

Puntos de control y determinaciones analíticas

Punto de control	Determinaciones
Control 1. Inicio	Cuantificación de los residuos Determinación de análisis proximal de los residuos
Control 2. Hidrólisis	Control de tiempo y temperatura Concentración del producto
Control 3. Filtración	Determinación de la fase sólida, peso y composición proximal Determinación de la fase líquida, peso y composición proximal
Control 4. Secado	Secado: Determinación de peso y composición porcentual Separación de fases: Determinación de peso y composición porcentual en la fase sólida Determinación de peso y composición de la fase líquida
Control 5. Producto final	Determinación de pesos y composición (%) en productos finales: Harina de huesos Harina de pescado Soluble de pescado Aceite

Nota. El diseño contempla cinco niveles de control los cuales están dirigidos a garantizar la mejor calidad de los productos finales, así como el máximo rendimiento.

4.3. Preparación de extracto acuoso enzimático de residuos de piña

Los residuos de piña formados por cáscaras y la parte central, fueron triturados con una mezcla de solución de fosfato de sodio 0,1 M, en una proporción de peso de 1 de material triturado: 0,5 de solución 0,1 M. La suspensión se dejó en agitación constante por 1 hora a temperatura de 18°C. Luego se sometió la suspensión a filtración para separar los residuos sólidos de la parte acuosa, luego la parte acuosa se centrifugó para separar las partículas en suspensión que esta contenía. El extracto acuoso obtenido se guarda en refrigeración a 5 °C, para uso posterior.

4.4. Hidrolizado

El hidrolizado se obtuvo mediante un proceso de tratamiento enzimático aplicado a residuos frescos de sardina provenientes de la línea de crudos de una planta conservera, conformados por cabezas, colas, vísceras y ejemplares no aptos para la producción de conservas. Estos residuos se trituraron previamente en un molino de carne y luego mezclados con un extracto acuoso enzimático obtenido de piña, en una proporción de 1 parte de residuos de pescado por 0,5 partes de extracto enzimático. La mezcla resultante fue colocada en un digestor, donde se controló la temperatura y el tiempo de reacción para garantizar la eficiencia del proceso de hidrólisis.

El hidrolizado proteico de pescado corresponde a un producto derivado de la descomposición controlada de las proteínas, el cual contiene péptidos y aminoácidos de cadena corta, generalmente entre 2 y 20 unidades. Este producto se obtiene mediante tratamientos químicos o enzimáticos realizados bajo condiciones específicas. La hidrólisis enzimática constituye un método eficiente, ecológico y de fácil control, ya que permite regular el peso molecular de los péptidos generados, mejorando al mismo tiempo las propiedades funcionales y biológicas de las proteínas. Dicho procedimiento se lleva a cabo en reactores equipados con sistemas de control de temperatura, pH, tiempo, relación enzima-sustrato, velocidad de agitación,

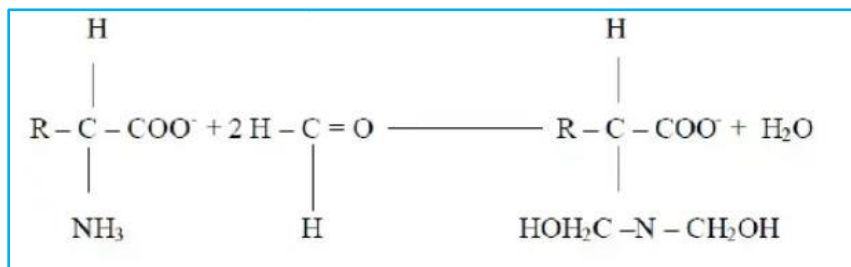
concentración de oxígeno y aditivos específicos. En el presente estudio, la enzima utilizada fue la bromelina, extraída de la piña, mientras que el sustrato correspondió a los residuos de pescado tales como piel, cabezas, huesos y vísceras.

La eficiencia del proceso de hidrólisis enzimática se evaluó mediante la determinación de los grupos carboxílicos libres presentes en las muestras líquidas, propuesto por Sorensen. A medida que el proceso avanza, se mide el consumo de reactivo. En este procedimiento, el formol neutro bloquea los radicales aminos de las proteínas, péptidos y aminoácidos, liberando los grupos carboxílicos, que se titulan con una solución de NaOH 0,1N. A mayor hidrólisis, mayor consumo de hidróxido de sodio, reflejando el grado de hidrólisis de las proteínas. (Nelson y Cox, 2019)

En la figura 2 se muestra la reacción del método de Sorensen.

Figura 2

Ecuación química del método de Sorensen



Nota. En la reacción el formol bloquea el grupo amino. Tomado de Nelson y Cox, 2019

La ecuación de reacción es la siguiente:



Peso molecular del grupo carboxilo = 47

Peso molecular del NaOH = 40

Equivalencia = 0,0047 g (-COOH) / ml NaOH 0,1 N

Diseño experimental del hidrolizado

Para seleccionar el mejor proceso de hidrólisis, los ensayos con los residuos sólidos del

pescado se realizaron a tres temperaturas diferentes: 30, 35 y 40 °C.

En la tabla 7 se presenta las muestras que se utilizaron para realizar la hidrólisis enzimática

Tabla 7

Muestras utilizadas en la hidrólisis enzimática

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Residuo solido (g)	100,00	100,00	100,00
Solidos totales (%)	5,71	6,87	7,90
Extracto enzimático (ml)	35,00	35,00	35,00
Agua de ionizada (ml)	70,00	70,00	70,00
pH	6,00	6,00	6,00

Nota. Las tres muestras tienen igual cantidad de componentes, a excepción de los sólidos totales

4.4.1. Ensayo de hidrólisis de residuos sólidos con la Muestra 1

Los ensayos de hidrólisis se realizaron a tres temperaturas 30, 35 y 40 °C

La tabla 8 presenta la Muestra 1 sometida a 3 temperaturas de hidrólisis enzimática

Tabla 8

Diseño experimental con tres temperaturas diferentes para la Muestra 1

	30°C	35°C	40°C
Residuo solido (g)	100,00	100,00	100,00
Solidos totales (%)	5,71	6,87	7,90
Extracto enzimático (ml)	35,00	35,00	35,00
Agua de ionizada (ml)	70,00	70,00	70,00
pH	6,00	6,00	6,00

Nota. La composición de la muestra 1 es igual para las tres temperaturas salvo los sólidos totales.

En la tabla 9 se presenta el gasto de la solución de NaOH 0,1 N para cada una de las temperaturas de proceso de la Muestra 1 durante un periodo de reacción de 6 horas

Tabla 9

Gasto de solución de NaOH 0,1 N (ml) para la Muestra 1

Tiempo (t) horas	Temperatura (30°C)	Temperatura (35°C)	Temperatura (40°C)
1	2,5	2,2	1,8
2	2,6	4,5	4,6
3	3,1	5,2	5,0
4	3,8	5,5	5,3
5	4,1	6,0	6,1
6	5,0	7,0	9,9

Nota. Se observa una tendencia de incremento de gasto de NaOH 0,1 N al aumentar la temperatura

La tabla 10 presenta los carboxilos libres derivados de la hidrolisis en la Muestra 1

Tabla 10

Carboxilos libres (-COOH) (g) derivados de la hidrolisis enzimática en Muestra 1

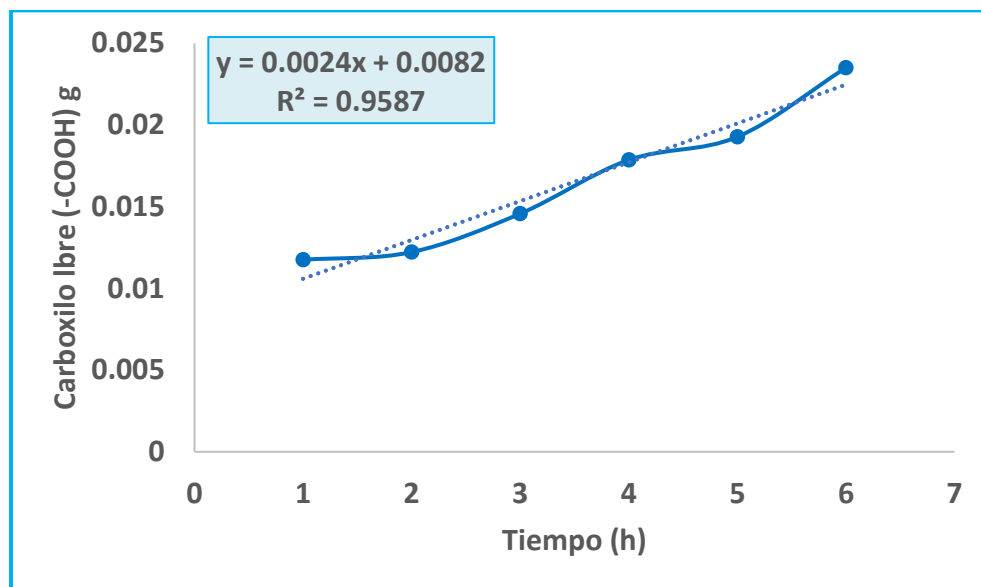
Tiempo (t) horas	Temperatura (30°C)	Temperatura (35°C)	Temperatura (40°C)
	C ₁ g (-COOH)	C ₁ g (-COOH)	C ₁ g (-COOH)
1	0,01175	0,01034	0,00846
2	0,01222	0,02115	0,02162
3	0,01457	0,02444	0,02350
4	0,01786	0,02585	0,02491
5	0,01927	0,02820	0,02867
6	0,02350	0,03290	0,04653

Análisis de datos

La figura 3 muestra el gráfico de tendencia de la Muestra 1 a 30 °C de temperatura.

Figura 3

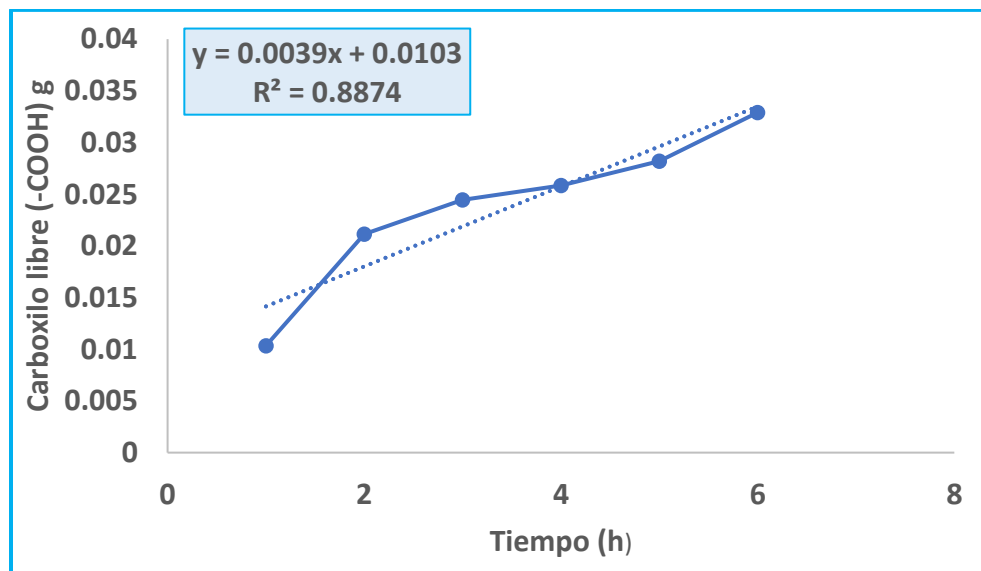
Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 1 a 30°C



La figura 4 muestra el gráfico de tendencia para la Muestra 1 a 35 °C de temperatura.

Figura 4

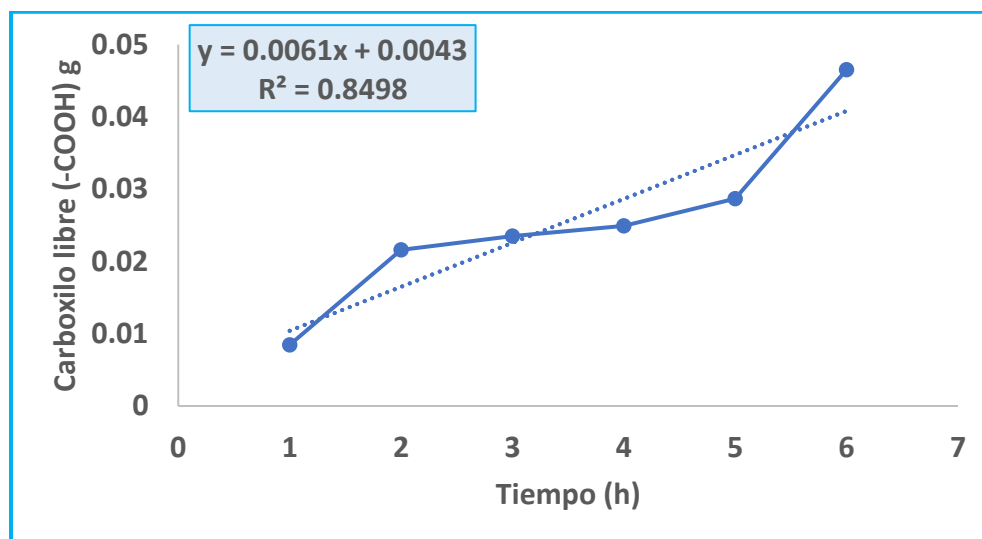
Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 1 a 35°C



La figura 5 muestra el grafico de tendencia para la Muestra 1 a 40 °C de temperatura.

Figura 5

Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 1 a 40°C



Resumen de las tendencias de hidrolizado de la Muestra 1 a diferentes temperaturas

El análisis de regresión realizado para cada una de las temperaturas de la Muestra 1 relaciona el tiempo de proceso con la cantidad de carboxilo libre que se produce como resultado de la hidrolisis de los residuos de pescado de la Muestra 1, permitiendo de esta manera determinar la pendiente de la ecuación de regresión, el cual nos permite conocer la tendencia del proceso de hidrolisis, los valores se presentan en la tabla 11

Tabla 11

Valores de pendientes de hidrolisis para cada temperatura de proceso en Muestra 1

Temperatura de proceso (°C)	Valor de la pendiente de regresión
30	0.0024
35	0.0039
40	0.0061

Nota. Se observa que a medida que aumenta la temperatura existe mayor actividad enzimática

4.4.2. Ensayo de hidrólisis de residuos sólidos con la Muestra 2

Los ensayos de hidrólisis se realizaron a tres temperaturas 30, 35 y 40 °C

La tabla 12 muestra el diseño experimental de la Muestra 2 a tres temperaturas diferentes

Tabla 12

Diseño experimental con tres temperaturas diferentes para la Muestra 2

	30°C	35°C	40°C
Residuo solido (g)	100,00	100,00	100,00
Solidos totales (%)	5,71	6,87	7,90
Extracto enzimático (ml)	35,00	35,00	35,00
Agua de ionizada (ml)	70,00	70,00	70,00
pH	6,00	6,00	6,00

En la tabla 13 se presenta el gasto de la solución de NaOH 0,1 N para cada una de las temperaturas de proceso de la Muestra 2 durante un periodo de actividad enzimática de 6 horas

Tabla 13

Gasto de solución de NaOH 0,1 N (ml) para la Muestra 2

Tiempo (t) horas	Temperatura (30°C)	Temperatura (35°C)	Temperatura (40°C)
1	2,2	2,4	2,4
2	3,5	5,4	5,5
3	4,3	6,3	6,5
4	4,9	6,7	6,9
5	5,9	6,9	7,8
6	6,6	7,6	11,0

Nota. No se observa tendencia de incremento de gasto de NaOH 0,1 N al aumentar la temperatura

La tabla 14 presenta los carboxilos libres derivados de la hidrolisis en la Muestra 2

Tabla 14

Carboxilos libres (-COOH) (g) derivados de la hidrolisis enzimática en Muestra 2

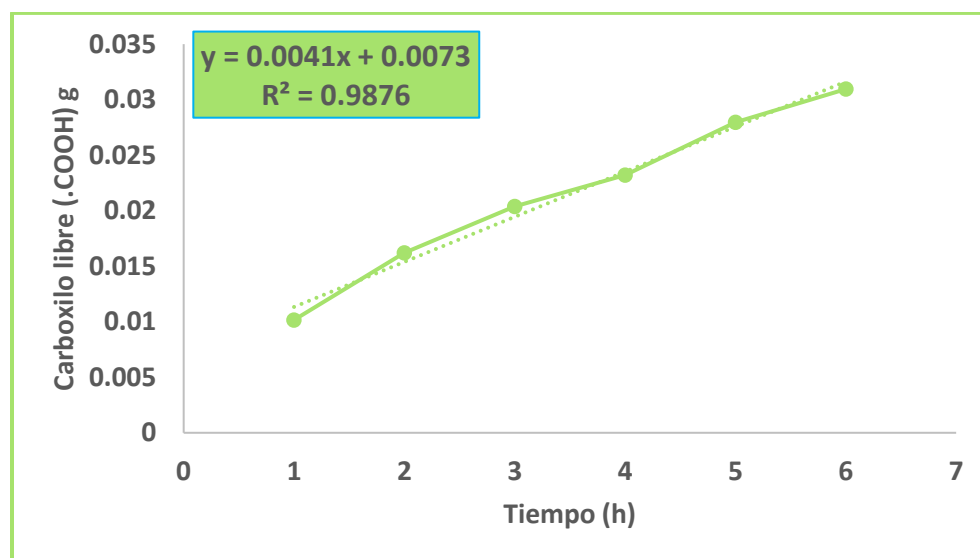
Tiempo (t) horas	Temperatura (30°C)	Temperatura (35°C)	Temperatura (40°C)
	C ₁ g (-COOH)	C ₁ g (-COOH)	C ₁ g (-COOH)
1	0,01016	0,01128	0,01128
2	0,01621	0,02538	0,02585
3	0,02038	0,02961	0,03055
4	0,02321	0,03149	0,03243
5	0,02796	0,03243	0,03666
6	0,03095	0,03572	0,05170

Análisis de datos

La figura 6 muestra el gráfico de tendencia de la Muestra 2 a 30 °C de temperatura.

Figura 6

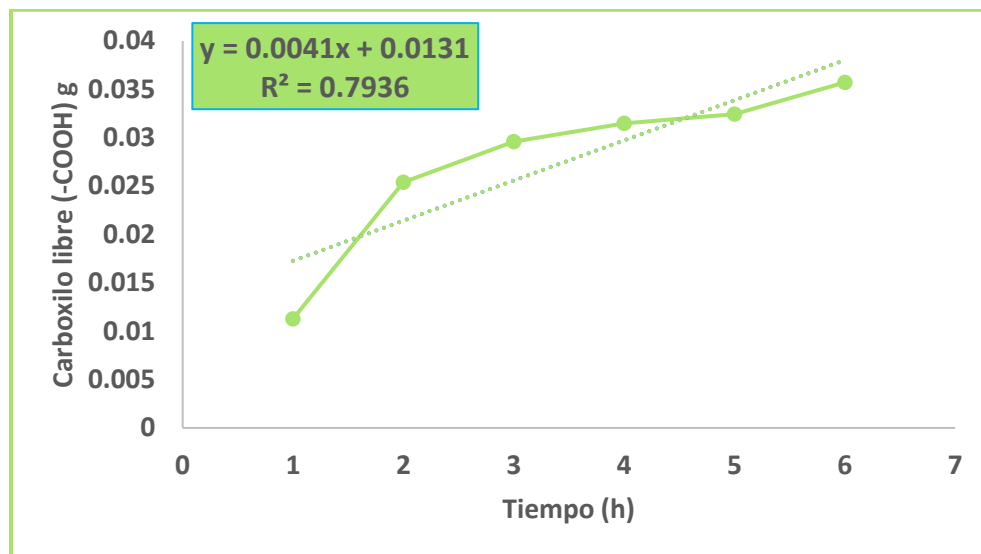
Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 2 a 30°C



La figura 7 muestra el grafico de tendencia para la Muestra 2 a 35 °C de temperatura.

Figura 7

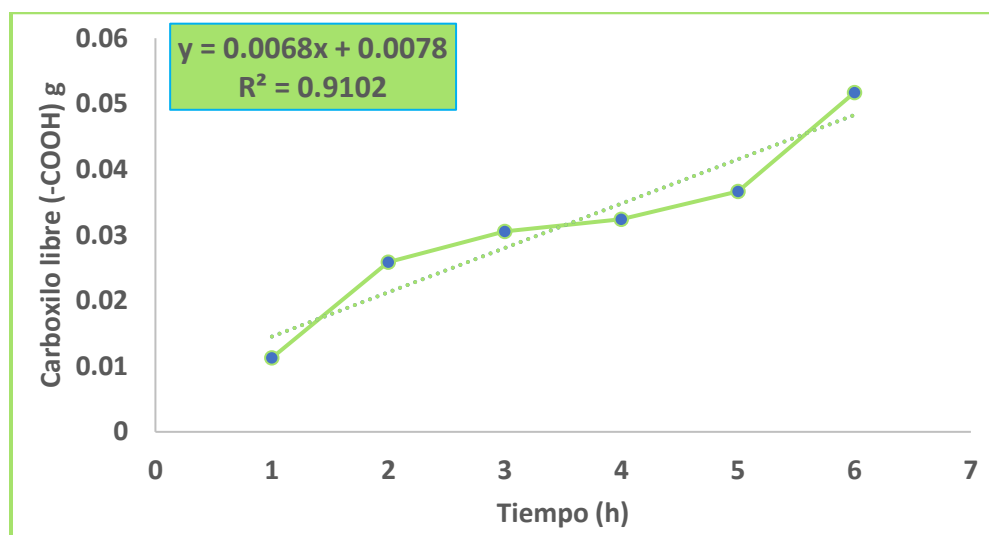
Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 2 a 35°C



La figura 8 muestra el grafico de tendencia para la Muestra 2 a 40 °C de temperatura.

Figura 8

Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 2 a 40°C



Resumen de las tendencias de hidrolizado de la Muestra 2 a diferentes temperaturas

El análisis de regresión realizado para cada una de las temperaturas de la Muestra 2

relaciona el tiempo de proceso con la cantidad de carboxilo libre que se produce como resultado de la hidrólisis de los residuos de pescado de la Muestra 2, permitiendo de esta manera determinar la pendiente de la ecuación de regresión, el cual nos permite conocer la tendencia del proceso de hidrólisis, los valores se presentan en la tabla 15

Tabla 15

Valores de las pendientes de hidrólisis para cada temperatura de proceso en Muestra 2

Temperatura de proceso (°C)	Valor de la pendiente de regresión
30	0.0041
35	0.0041
40	0.0068

Nota. Se observa que a medida que aumenta la temperatura existe mayor actividad enzimática

4.4.3. Ensayo de hidrólisis de residuos sólidos con la Muestra 3

Los ensayos de hidrólisis se realizaron a tres temperaturas 30, 35 y 40 °C. La tabla 16 presenta el diseño experimental de la Muestra 3 sometido a un proceso de hidrólisis enzimática.

Tabla 16

Diseño experimental con tres temperaturas diferentes para la Muestra 3

	30°C	35°C	40°C
Residuo solido (g)	100,00	100,00	100,00
Solidos totales (%)	5,71	6,87	7,90
Extracto enzimático (ml)	35,00	35,00	35,00
Agua de ionizada (ml)	70,00	70,00	70,00
pH	6,00	6,00	6,00

Nota. En el diseño el factor que temperatura presenta tres categorías.

La tabla 17 muestra el gasto de NaOH 0,1 N por temperaturas para la Muestra 3

Tabla 17

Gasto de solución de NaOH 0,1 N (ml) para la Muestra 3

Tiempo (t) horas	Temperatura (30°C)	Temperatura (35°C)	Temperatura (40°C)
1	2,2	3,0	2,7
2	4,0	6,0	6,7
3	5,4	7,2	7,0
4	6,5	7,6	7,1
5	6,6	8,0	7,9
6	7,1	9,1	12,0

Nota. Se observa una tendencia de incremento de gasto de NaOH 0,1 N al aumentar la temperatura

La tabla 18 presenta los carboxilos libres derivados de la hidrolisis en la Muestra 3

Tabla 18

Carboxilos libres (-COOH) (g) derivados de la hidrolisis enzimática en Muestra 3

Tiempo (t) horas	Temperatura (30°C)	Temperatura (35°C)	Temperatura (40°C)
	C ₁ g (-COOH)	C ₁ g (-COOH)	C ₁ g (-COOH)
1	0,01034	0,0141	0,01269
2	0,0188	0,0282	0,03149
3	0,02526	0,03384	0,0329
4	0,03078	0,03572	0,03337
5	0,03125	0,0376	0,03713
6	0,03319	0,04277	0,0564

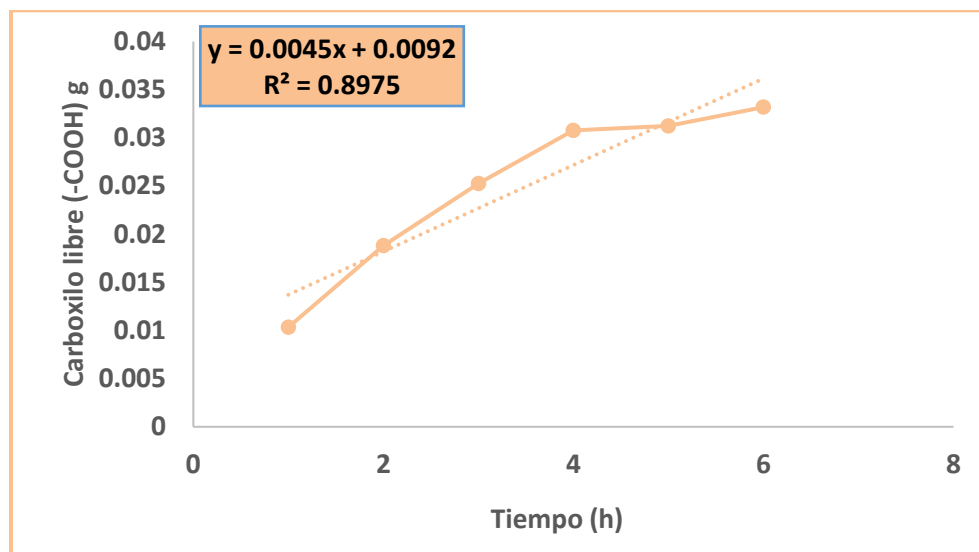
Nota. Se observa un incremento del carboxilo libre al aumentar la temperatura de proceso.

Análisis de datos

La figura 9 muestra el gráfico de tendencia de la Muestra 3 a 30 °C de temperatura.

Figura 9

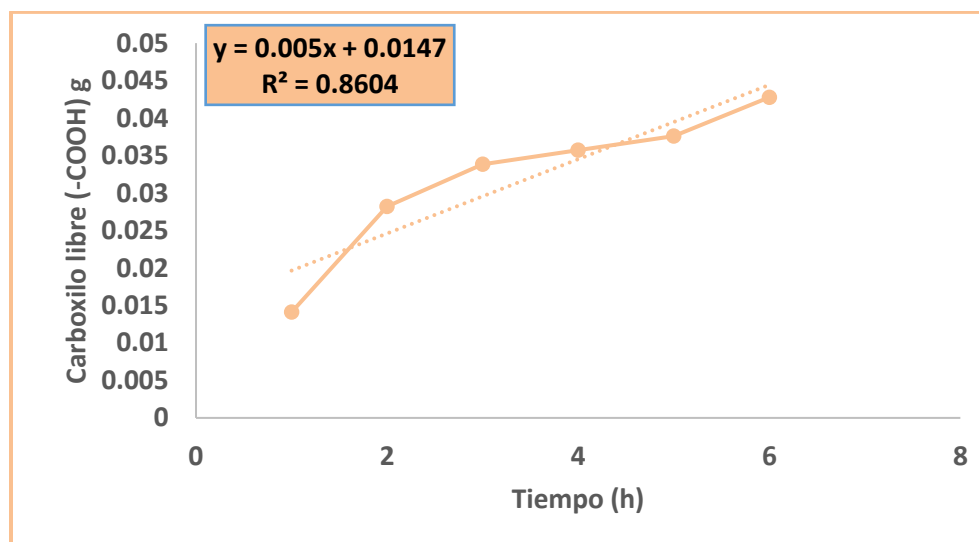
Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 3 a 30°C



La figura 10 muestra el gráfico de tendencia para la Muestra 3 a 35 °C de temperatura.

Figura 10

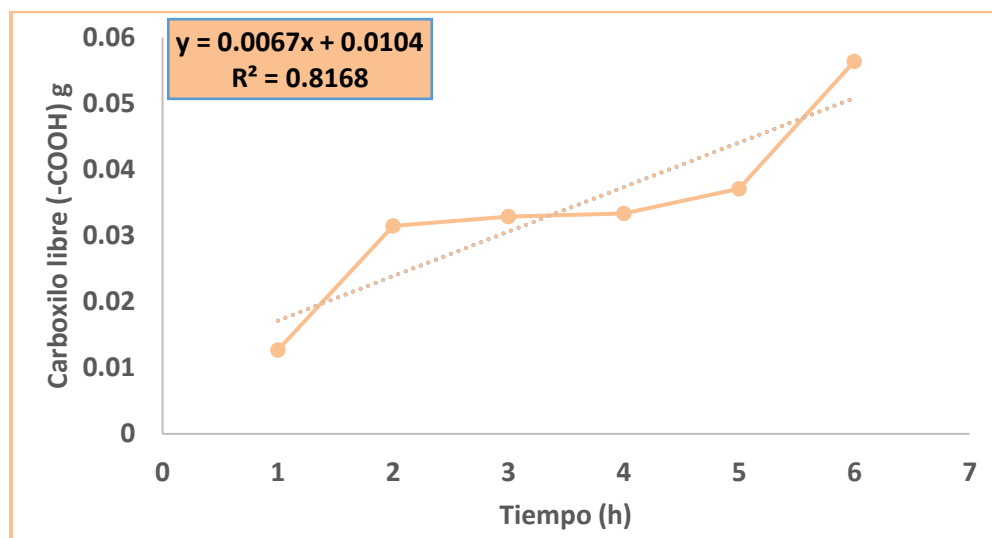
Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 3 a 35°C



La figura 11 muestra el gráfico de tendencia para la Muestra 3 a 40 °C de temperatura.

Figura 11

Tendencia de la hidrolisis de la Muestra 3 a 40°C



Resumen de las tendencias de hidrolizado de la Muestra 3 a diferentes temperaturas

El análisis de regresión realizado para cada una de las temperaturas de la Muestra 3 relaciona el tiempo de proceso con la cantidad de carboxilo libre que se produce como resultado de la hidrólisis de los residuos de pescado de la Muestra 3, permitiendo de esta manera determinar la pendiente de la ecuación, el cual nos permite conocer la tendencia del proceso de hidrólisis, los valores se presentan en la tabla 19

Tabla 19

Valores de las pendientes de hidrolisis para cada temperatura de proceso de la Muestra 3

Temperatura de proceso (°C)	Valor de la pendiente de regresión (b1)
30	0.0045
35	0.0050
40	0.0067

Nota. Se observa que a medida que aumenta la temperatura del proceso de hidrolizado existe mayor actividad enzimática.

4.4.4. Comparación de pendientes calculadas para temperaturas de hidrolizado

Para poder seleccionar la mejor temperatura de hidrolizado enzimático, se comparó los valores de las pendientes de las tres muestras analizadas bajo el siguiente diseño estadístico.

En la tabla 20 se presenta el diseño estadístico que fue evaluado aplicando el análisis de la varianza de un factor.

Tabla 20

Pendientes de regresión de muestras para diferentes temperaturas de hidrolisis

Muestras	Temperatura (30 °C)	Temperatura (35 °C)	Temperatura (40 °C)
Muestra 1	0.0024	0.0041	0.0045
Muestra 2	0.0039	0.0041	0.0050
Muestra 3	0.0061	0.0068	0.0067

Nota. Se observa que las pendientes tienen una relación directa con las temperaturas de proceso

En la tabla 21 se presenta el resultado del análisis de la varianza (ANOVA) con indicadores de la prueba de Fisher

Tabla 21

Análisis de varianza (ANOVA) para evaluación de temperaturas de hidrolisis

Fuente de variabilidad	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Valor F	p	Valor crítico para F
Temperaturas	2,516E-06	2	1.258E-06	0,52	0,618	5,14
Error experimental	1.445E-05	6	2.408E-06			
Total	1,696E-05	8				

Nota. El ANOVA permite determinar las varianzas entre temperaturas y del error experimental y a la vez calcular indicadores para la prueba de Fisher.

Prueba de Fisher

Ho: Las temperaturas de proceso tienen igual efecto en las pendientes de regresión

Ha: alguna temperatura de proceso tiene un efecto diferente en las pendientes de regresión

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

P valor = 0,618

Decisión: P valor ($0,618 > \alpha (0.05)$) entonces se acepta Ho

Por lo tanto, las temperaturas de proceso tienen igual efecto en las pendientes de regresión.

Prueba de Tukey

En la tabla 22 se comparan los promedios de las pendientes entre las tres temperaturas

Ho: Promedio de pendientes a la temperatura (k) = al promedio de pendientes a la temperatura (m)

Ho: Promedio de pendientes a la temperatura (k) $\neq$ al promedio de pendientes a la temperatura (m)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05$

Tabla 22

Comparación de promedios con prueba de Tukey

Comparación de promedios	Nivel de significancia (α)	P-valor	Decisión
T (40°C) -T (30°C)	0,05	0,604	Se acepta Ho
T (40°C) -T (35°C)	0,05	0,947	Se acepta Ho
T (35°C) -T (30°C)	0,05	0,781	Se acepta Ho

Nota. Las tres comparaciones de promedios de las pendientes son no significativas, por lo que se puede afirmar que las tres temperaturas de trabajo tienen igual efecto en la actividad enzimática del proceso de hidrolizado.

Los resultados de la tabla 22 indican que el grado de actividad enzimática durante el proceso de hidrolizado a 30, 35 y 40 °C es constante, no existen diferencias entre los promedios.

4.5. Filtrado, secado y obtención de productos finales

Concluido el proceso de hidrolizado se obtuvo una suspensión homogénea, con la respectiva reducción del tamaño de partícula de carne que inicialmente esta tenía, volviéndose el medio más fluido. Esto permitió que la suspensión fuera tamizada en malla de apertura de 1mm, quedando retenido las partes óseas de los residuos, quedando así dos fases una solución acuosa hidrolizada y los residuos óseos. Los residuos óseos fueron secados y molidos, obteniéndose la respectiva harina de partes óseas; la suspensión libre de parte óseas, fueron tratadas térmicamente a una temperatura de 95°C y posteriormente sometida a una operación de centrifugación, separándose tres fases: sólidos, aceite y solubles. Los sólidos obtenidos por centrifugación se deshidratan, obteniéndose harina, el cual tratado con solvente permitió obtener harina final y aceite; así mismo el soluble se concentró obteniéndose concentrado proteico de pescado.

Secuencia del proceso experimental

Las figuras 12 y 13 presentan los residuos sólidos de pescado colocados en el reactor desarrollado en el laboratorio de Contaminación Ambiental y Recursos Marinos de la FOPCA

Figura 12

Residuos sólidos de pescado



Nota. Se observa cabezas, colas y demás residuos de pescado

Figura 13

Residuos sólidos en el reactor

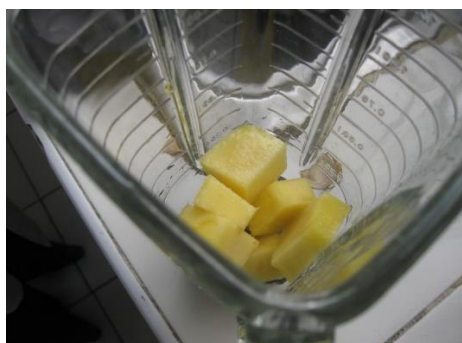


Nota. Residuos frescos de pescado colocados en el reactor

En las figuras 14 y 15 se muestra la preparación y el extracto acuoso de piña

Figura 14

Preparación del extracto de piña



Nota. Preparación del extracto de piña en licuadora

Figura 15

Extracto acuoso de piña



Nota. En el vaso de precipitado se observa el extracto acuoso de piña

Las figuras 16, 17 y 18 muestran las mezclas del pescado con el extracto de piña

Figura 16

Residuos sólidos de pescado con adición de extracto de piña



Nota. Mezcla inicial de los residuos sólidos de pescado con el extracto de piña

Figura 17

Mezcla de residuos sólidos y extracto de piña luego de 1 hora de hidrólisis



Nota. Estado de la mezcla luego de 1 hora de hidrólisis

Figura 18

Mezcla de residuos sólidos y extracto de piña luego de 3 horas de hidrólisis



Nota. Estado de la mezcla luego de 3 hora de hidrólisis

Las figuras 19, 20 y 21 muestran el hidrolizado, el tamizado y partes óseas

Figura 19

Mezcla de residuos sólidos y extracto de piña luego de 6 horas de hidrólisis



Nota. Estado de la mezcla luego de 6 hora de hidrólisis

Figura 20

Tamizado luego del proceso de hidrólisis



Nota. Concluido el tiempo de hidrólisis se realiza el tamizado

Figura 21

Separación de las partes óseas



Nota. Partes óseas como resultado del tamizado

Las figuras 22, 23 y 24 muestran el hidrolizado, partes óseas y coagulación

Figura 22

Hidrolizado libre de partes óseas



Nota. Solución hidrolizada luego del tamizado

Figura 23

Partes separadas: el hidrolizado y los residuos óseos del pescado



Nota. Solución hidrolizada y residuos óseos tamizados

Figura 24

Coagulación de sólidos en suspensión a partir de la solución hidrolizada



Nota. Proceso de coagulación de sólidos en suspensión

Las figuras 25, 26 y 27 muestran el soluble, partes óseas y harina de pescado

Figura 25

Soluble de pescado



Nota. Soluble de pescado como resultado de la coagulación de sólidos en suspensión

Figura 26

Residuos óseos deshidratados



Nota. Residuos óseos tamizados deshidratados para molienda

Figura 27

Harina de pescado de residuos sólidos



Nota. Producto final de residuos sólidos

4.6. Balance de materiales del proceso experimental

En la tabla 23 se presenta el balance de materiales del proceso experimental

Tabla 23

Balance de materiales del proceso experimental

Operaciones	Resultados		
	Componentes	Peso (kg)	(%)
Tratamiento enzimático	Residuos sólidos de pescado	1,44	64,29
	Preparado enzimático	0,80	35,71
Tamizado	Caldo	1,642	83,95
	Partes óseas	0,314	16,05
Secado de las partes óseas	Harina	0,127	41,64
	Agua evaporada	0,178	58,36
Separación de los sólidos en suspensión del caldo	Cake	0,364	22,95
	Soluble	1,167	73,58
	Aceite	0,055	3,47
Secado del Cake	Harina	0,124	33,60
	Agua evaporada	0,245	66,40
Harina tratada con solvente	Harina	0,082	85,42
	Aceite	0,014	14,58
Obtención de soluble de pescado (50% de sólidos totales)	Concentrado	0,117	10,09
	Agua evaporada	1.043	89,91

Nota. Se observa la secuencia del tratamiento de los residuos orgánicos del pescado fresco, obteniéndose como productos la harina de residuos de pescado, el soluble y aceite de pescado.

4.7. Comparación de productos obtenidos con métodos experimental y convencional

En la tabla 24 se presenta el peso de los productos obtenidos a partir de 1,44 kg de materia prima (residuos orgánicos de pescado fresco de la línea de crudos de una fábrica de conservas)

Tabla 24

Productos obtenidos a partir de 1,44 kg de residuos de pescado fresco

Productos	Peso (kg)	Rendimiento (%)
Harina de pescado	0,082	5,70
Aceite de pescado	0,069	4,79
Soluble de pescado	0,117	8,13
Harina de huesos	0,127	8,81

Nota. El soluble de pescado obtenido es el concentrado proteico de pescado

La tabla 25 presenta la comparación de la cantidad los productos obtenidos mediante el método experimental y la tecnología actual para el tratamiento de residuos orgánicos de pescado en base a 100 kg de materia prima.

Tabla 25

Comparación de productos obtenidos con los métodos experimental y convencional

Productos	Método experimental (kg)	Método convencional (kg)
Harina de pescado	5,70	16,0
Aceite	4,79	-
Solubles	8,13	-
Harina de partes óseas	8,81	-

Nota. El método experimental muestra una ventaja significativa respecto al método convencional, por la obtención de productos con valor agregado como el soluble de pescado.

La tabla 26 presenta la comparación de la composición química proximal de la harina de pescado obtenida mediante el método experimental y la tecnología actual para el tratamiento de residuos orgánicos de pescado en base a 100 kg de materia prima.

Tabla 26

Composición proximal de harina de pescado con los métodos experimental y convencional

Composición	Harina de pescado experimental (%)	Harina de pescado convencional (%)
Proteínas	95,69	52,41
Cenizas	1,89	33,91
Lípidos	2,42	13,68
Humedad	-	-

Nota. En la harina de pescado experimental se observa un alto contenido de proteína y un bajo contenido de cenizas y lípidos, mientras que en la harina de pescado residual se observa lo contrario.

4.8. Valoración económica de productos obtenidos

En el presente trabajo la evaluación económica se ha realizado sobre el valor de venta de los productos obtenidos con el tratamiento experimental y el valor de venta del producto obtenido con el método convencional sobre una base de 100 kg de materia prima (residuos orgánicos de pescado fresco, procedentes de la línea de crudos de una fábrica de conservas).

Con el método experimental se ha logrado producir cuatro productos que son la harina de pescado, el aceite de pescado, el soluble de pescado y la harina de residuos óseos luego de un proceso de hidrolisis enzimática con bromelina de la piña y su posterior procesamiento.

Con el método convencional, se obtiene como producto solo harina de pescado.

Los precios de venta se han tomado de empresas productoras del sector pesquero peruano.

(Pesquera Exalmar S.A.A., 2024; Tecnológica de Alimentos [TASA] S.A., 2024)

En la tabla 27 se presenta el valor de venta de los productos obtenidos con el método experimental y el valor de venta del producto obtenido con el método convencional

Tabla 27

Valorización de productos obtenidos con métodos experimental y convencional

Productos	Unidad de medida	Cantidad	Precio unitario (\$)	Sub total (\$)
Método Experimental:				
Harina de pescado	kg	5,70	1,623	9,251
Aceite de pescado	kg	4,79	3,667	17,565
Soluble de pescado	kg	8,13	50,0	406,5
Harina de residuos óseos	kg	8,81	0,50	4,405
Total				437,72
Método Convencional:				
Harina de pescado	kg	16	1,623	25,968
Total				25,97

Nota. Se observa que con 100 kg de materia prima el valor de venta de los productos obtenidos con el método experimental es de US \$ 437,72 mientras que el valor de venta de los productos obtenidos con el método convencional es de US \$ 25,97.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La investigación realizada utilizó como agente enzimático la bromelina extraída a partir de los residuos de la piña para el proceso de hidrólisis, obteniéndose como principales productos con valor agregado la harina de pescado con alto contenido proteico y el soluble de pescado, los cuales tienen relación con lo investigado por Ghaly et al. (2013) quienes mencionan que las enzimas son de tipo proteolíticas como la bromelina son buenos catalizadores de las proteínas y que se utilizan para el ablandamiento de carnes, modificaciones de la textura y solubilización de las proteínas.

El estudio realizado utiliza residuos orgánicos frescos de pescado cuya composición puede variar según el tipo de pescado y su procesamiento, lo cual está relacionado con lo que menciona Zaravese et al. (2014), al afirmar que los residuos de pescado pueden variar entre 20 a 80%, los cuales se pueden utilizar en la producción de diversos productos con valor añadido como aminoácidos, péptidos bioactivos, solubles, colágeno y gelatina, debido a que las proteínas se encuentran en todas las partes del pescado.

En el presente trabajo aplicando un hidrolizado enzimático a residuos orgánicos de pescado fresco procedentes de la línea de crudos de una fábrica de conservas, se ha desarrollado un procedimiento con obtención de productos con valor agregado tales como harina y aceite de pescado, hidrolizado y harina de residuos óseos, que pueden ser utilizados para fines de alimentación, lo cual coincide con lo afirmado por Ordoñez y Hernández (2014) quienes mencionan que hidrolizar los residuos del pescado permite aprovechar diversos compuestos y micronutrientes de alto valor nutricional.

En concordancia con la teoría enzimática, el método experimental permite la reducción del tamaño de partícula, al ser tratado térmicamente las proteínas que tienen los residuos, lográndose formar una suspensión estable, lo cual permite deducir que la acción de la enzima es eficiente para

los objetivos que se plantearon en este trabajo de investigación esto es, el separar las proteínas de las partes óseas del pescado, logrado mediante un tamiz separar las partes óseas. El tamizado o fase líquida resultante, es centrifugado para obtener un material sólido el cual fue deshidratado y tratado posteriormente con solvente orgánico (hexano), para extraerle la grasa, con lo cual se obtuvo un Harina de pescado de elevado contenido de Proteínas, de bajo contenido de grasa, en comparación con una harina convencional de residuos, lo cual coincide con (FAO, 2019) que menciona que la hidrolisis enzimática es una técnica que permite obtener productos nutricionales de fácil digestión para consumo humano y alimentación animal.

El estudio experimental realizado ha permitido obtener hidrolizado de pescado el cual es un concentrado proteico de pescado importante producto con valor agregado con rendimiento de 8,13% sobre los residuos orgánicos de pescado, lo cual coincide con lo mencionado por Espinoza y Castillo (2022) quienes afirman que los solubles de pescado son de amplio potencial para el desarrollo de productos alimenticios fortificados y con propiedades funcionales.

VI. CONCLUSIONES

- La mitigación de residuos orgánicos de pescado fresco procedentes de la línea de crudos de una fábrica de conservas es viable mediante un tratamiento de hidrólisis enzimática utilizando la bromelina extraída de residuos de piña.
- La composición física y química de los residuos orgánicos de pescado procedentes de la línea de crudos de una fábrica de conservas pueden variar en función al tipo de pescado utilizado y su forma de procesamiento aplicado.
- El hidrolizado de los residuos orgánicos de pescado se inició mezclando las siguientes proporciones: 01 de residuo de pescado molido con 0,5 de extracto acuoso de piña, luego colocados en un digestor para lo cual se experimentó muestras con tres temperaturas diferentes: 30, 35 y 40°C, donde cada una de ellas tuvo una duración de reacción de 6 horas.
- Las tres muestras sometidas a hidrólisis tuvieron la siguiente composición: Residuos sólidos de pescado (100 g), extracto enzimático (35 g) y agua de ionizada (70 ml). Así mismo el pH de 6 fue uniforme en las tres muestras.
- A un nivel de significancia del 5% las tres temperaturas experimentales de 30, 35 y 40 °C tuvieron efectos iguales en el grado de hidrólisis de los residuos de pescado fresco.
- El resultado de la mitigación de residuos orgánicos de pescado fresco mediante la hidrólisis enzimática con bromelina de piña fueron 4 productos finales cuyos rendimientos en base a la materia prima utilizada fueron: Harina de pescado (5,7%), aceite de pescado (4,79%), soluble de pescado (8,13%) y harina de residuos óseos (8,81%). El método convencional con la misma cantidad de materia prima produce solo harina de pescado con un rendimiento del 16%.
- La harina de pescado del método experimental contiene: Proteínas (95,69%), cenizas (1,89%) y lípidos (2,42%), mientras que la harina de pescado con el método convencional

contiene: Proteínas (52,41%), cenizas (33,91) y lípidos (13,68%).

- La valoración económica realizada a precios de mercado, los cuatro productos obtenidos aplicando el método experimental alcanzo un valor de US \$ 437,72 mientras que la valorización de la producción obtenida con el método convencional, alcanzo un valor de US % 25,97, con lo cual se puede afirmar que la mitigación de residuos orgánicos de pescado fresco mediante el tratamiento enzimático con residuos de piña, a la vez que descontamina el medio ambiente, genera importantes ingresos económicos muy superiores a lo obtenido con el método convencional de tratamiento de residuos orgánicos de pescado.

VII. RECOMENDACIONES

- Estudiar nuevas metodologías de extracción y purificación de hidrolizados proteicos de pescado por la importancia que tienen sus propiedades funcionales y bioactivas.
- Realizar estudios para mejorar el sabor y sus diferentes aplicaciones en la fortificación proteica de productos alimenticios.

VIII. REFERENCIAS

- América economía (01 de setiembre de 2014). *El 35,6 % de plantas pesqueras en Perú fabrican conservas*. <https://www.americaeconomia.com/negocios-industrias/el-356-de-plantas-pesqueras-en-peru-fabrican-conservas>
- Autoridad de los Recursos Acuáticos de Panamá [ARAP]. (2020). *Avances del plan de acción para la pesca sostenible en Panamá*.
<https://arap.gob.pa/avances-plan-de-accion-pesca-sostenible-en-panama/>
- Benítez, R., Ibarz, A. y Pagan, J. (2008). Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 42(2), 227-236.
<http://www.redalyc.org/pdf/535/53542208.pdf>
- Cárdenas, J. (2014). *Hidrolizados de proteína de pescado*. Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora.
- Colmenares, K. (2022). *Evaluación de la alcalasa estabilizada en soportes silíceos para el proceso sol-gel para la obtención de hidrolizados antioxidantes a partir de vísceras de tilapia*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD.
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/53975/kjcolmenaresf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Decreto Legislativo N.º 1013. Ley de creación, organización y funciones del Ministerio del Ambiente. (13 de mayo de 2008). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/08/Creaci%C3%B3n-MINAM-D.Legislativo.1013.pdf>
- Decreto Legislativo N.º 1278. Ley de gestión integral de residuos sólidos. (23 de diciembre de 2016). <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Decreto-Legislativo->

N%C2%B0-1278.pdf

De la Torre, V., Hidalgo, R. y Noli, R. (2017). *Relanzamiento de conservas de pescado de la marca*

Compass en Lima Metropolitana. [Tesis de maestría, Universidad del Pacifico].

Repositorio

Institucional

UP.

<https://repositorio.up.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/2ab12838-e398-468a-8e90-e4cdd1059c43/content>

Embrapa (2003). Evaluación del impacto ambiental de las actividades en explotaciones agrícolas familiares en nueva zona rural. *Boletín de Investigación y Desarrollo*, 17(1), 24-33.

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/14228/1/boletim17.pdf>

Espinoza, D. y Castillo, A. (2022). Avances tecnológicos en la obtención, identificación y producción de hidrolizados proteicos de residuos de pescado por acción enzimática: propiedades bioactivas y tecnofuncionales, aplicación en alimentos, mercado y regulación. *Scientia Agropecuaria*, 13(2), 135-148.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v13n2/2077-9917-agro-13-02-135.pdf>

Ghaly A., Ramakrishnan V., Brooks M., Budge S. y Dave S. (2013). Fish Processing Wastes as a Potential Source of Proteins, Amino Acids and Oils: A Critical Review. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 5(4), 107-129.

<https://www.longdom.org/open-access/fish-processing-wastes-as-a-potential-source-of-proteins-amino-acids-and-oils-a-critical-review-1948-5948.1000110.pdf>

Guzmán, J. (2021). *Recuperación y aprovechamiento de residuos orgánicos vía fermentación en la Estación Piscícola de Santa Eulalia*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio Institucional UNFV.

<https://hdl.handle.net/20.500.13084/5301>

- Hemker, A., Nguyen, L., Karwe, M. y Salvi, D. (2020). Effects of pressure-assisted enzymatic hydrolysis on functional and bioactive properties of tilapia (*Oreochromis niloticus*) byproduct protein hydrolysates. *Food Science and Technology*, 122, 109003.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2019.109003>
- Hleap, J. y Gutiérrez, C. (2017). Hidrolizaos de pescado - producción, beneficios y nuevos avances en la industria – Una revisión. *Acta Agronómica*, (66)3, 311-322
<https://doi.org/10.15446/acag.v66n3.52595>
- Instituto Nacional de Calidad [INACAL]. (2024). *Conservas de pescado. Clasificación de acuerdo a la presentación de su contenido*. NTP. 204.002.2011. Revisada el 2024
<https://www.gob.pe/institucion/inacal/noticias/1075612-inacal-aprueba-nuevas-normas-tecnicas-peruanas-de-la-industria-alimentaria>
- Lima, K., De Quadros, C., Da Rocha, M., De Lacerda, J., Juliano, M., Días, M., Mendes, M. y Prentice, C. (2019). Bioactivity and bioaccessibility of protein hydrolyzates from industrial byproducts of Stripped weakfish (*Cynoscion guatucupa*). *Food Science and Technology*, 111, 408–413
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.043>
- Matzunaga, L. y Chung A. (2017). *Implementación de un sistema de mejora de calidad y productividad en la línea de fileteado y envasado de pescados en conserva basado en las herramientas de la metodología six sigma*. [Tesis de maestría, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional URP.
<https://repositorio.urp.edu.pe/server/api/core/bitstreams/975c5eb4-203f-4537-a0b6-ffbf05c1082a/content>
- Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (2012). *Guía para el aprovechamiento*

de los subproductos de pescado para la obtención de productos funcionales y bioactivos.

Centro Técnico Nacional de Conservación de Productos de la Pesca y la Acuicultura,
Gobierno de España.

[https://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/calidad-seguridad-alimentaria/06-](https://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/calidad-seguridad-alimentaria/06-Guia_Subproductos_tcm7-248616_tcm30-285791.pdf)

[Guia_Subproductos_tcm7-248616_tcm30-285791.pdf](https://www.mapama.gob.es/es/pesca/temas/calidad-seguridad-alimentaria/06-Guia_Subproductos_tcm7-248616_tcm30-285791.pdf)

Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2020). *Información institucional. ¿Qué hacemos?*

<https://www.gob.pe/732-ministerio-del-ambiente-que-hacemos>

Ministerio de la Producción [PRODUCE]. (2024). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola 2023.*

<https://www.producempresarial.pe/anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2023/>

Montero, M. (2021) Hidrolizados proteicos a partir de subproductos de la industria pesquera:

Obtención y funcionalidad. *Agronomía Mesoamericana*, (32)2, pp. 681-699

<https://www.redalyc.org/journal/437/43766744024/html/>

Nelson, D. y Cox, M. (2019). *Lehninger Principios de Bioquímica*. (7ª ed.). Ediciones Omega S.A.

Official Method of Analysis [AOAC]. (2006). *Fat (Crude) in meat and meat products*. Method 991.36. 18th Ed.

http://www.aoacofficialmethod.org/index.php?main_page=product_info&cPath=1&products_id=2528

Ordoñez, L. y Hernández, E. (2014). Efectos del proceso de elaboración de la conserva desmenuzada de anchoveta (*Engraulis ringens*) sobre los ácidos grasos polinsaturados omega 3. *Ciencia e Investigación*, 17(1), 27-32

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/farma/article/view/11090>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2019). *Ensilado de pescado.*

<http://www.fao.org/3/i9606es/I9606Epdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (1998).

Manual de Ingeniería Económica Aplicada. Costos de Producción.

<http://www.fao.org/3/v8490s/v8490s06.htm>

Pantoja, L. y Aguirre, E. (2022). Optimización de la formulación de la conserva de anchoveta

(*Engraulis ringens J.*) en salsa tipo gourmet por evaluación sensorial. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica*, (3)2, 85-99

<https://doi.org/10.47797/llamkasun.v3i2.108>

Pereira, J. (2007). *Manual de compostagem: processo de baixo custo*. Universidade Federal de Viçosa, Editorial UFV.

Pesquera Exalmar S.A.A. (2024). *Análisis y discusión de la gerencia al primer trimestre del 2024*.

<https://www.exalmar.com.pe/wp-content/uploads/2025/02/Informe-4T24.pdf>

Piscoche, R., Pantoja, L., Prieto, G., Ore, H. y Hurtado, B. (2023). Aseguramiento de la calidad

del proceso productivo de conservas de jurel (*Trachurus murphyi*) en línea crudo de la empresa Pesquera Don Fernando S.A.C. *Encuentro Internacional de Ciencia y Tecnología (EICYTEC) – 2023*. Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Huancavelica, Peru.

<https://repositorio.unat.edu.pe/server/api/core/bitstreams/3bcc01f9-5162-4425-8a12-b0b6764b361c/content>

Rodríguez, M. (2007). *Conservas de pescado y sus derivados*. Universidad del Valle.

<https://pdfcoffee.com/conservas-de-pescado-y-sus-derivados-autor-juan-sebastian-ramirez-navas-5-pdf-free.html>

Romero, R., Ramírez, C. y Torres, M. (2020). La responsabilidad social ambiental en

- organizaciones del sector privado. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonia*, (5)3, 695-715. <http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v5i3.918>
- Santos, C. (2005). *Prevención de la contaminación industrial: Identificación de oportunidades, análisis de beneficios y barreras*. [Tesis doctoral, Universidad de São Paulo]. Repositorio Institucional USP.
<https://doi.org/10.11606/T.18.2005.tde-08042008-150419>
- Sociedad Nacional de Pesquería [SNP]. (2024). *Memoria Anual 2023, Sostenibilidad*.
https://snp.org.pe/sala-de-prensa/memorias-anuales/#flipbook-df_8209/33/
- Sosa, C. (2017). *Elaboración de ensilado biológico a partir de residuos de paiche (Arapaima gigas)*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. Repositorio Institucional UNALM. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/3272>
- Spanopoulos-Hernandez, M., Ponce, J., Barba, G., Ruelas, J., Tiznado, M. Hernandez, C. y Shirai, K. (2010). Producción de ensilados biológicos a partir de desechos de pescado, del ahumado de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*) y del fileteado de tilapia (*Oreochromis sp*), para la alimentación de especies acuícolas. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, (9)2, 167-178.
<https://www.scielo.org.mx/pdf/rmiq/v9n2/v9n2a5.pdf>
- Tecnológica de Alimentos S.A. [TASA]. (2024). *Productos y servicios. Aceite refinado y concentrado de pescado*.
<https://www.tasa.com.pe/productos-y-servicios-aceite-de-pescado-refinado-y-concentrado.html>
- Zapata, J., Moya, M. y Figueroa, O. (2019). Hidrólisis enzimática de la proteína de vísceras de trucha arco iris (*Oncorhynchus mykiss*): Efecto del tipo de enzima, temperatura, pH y

velocidad de agitación. *Información Tecnológica*, 30, 63–72.

<https://dx.doi.org/10.4067/S0718-076420190006000063>

Zavarese, E., Telles, A., El Halal, A., Rocha, M., Colussi, R., Assis, L. y Prentice, C. (2014).

Production and characterization of encapsulated antioxidative protein hydrolysates from Whitemouth croaker (*Micropogonias furnieri*) muscle and byproduct. *Food Science and Technology*, 59(2), 841-848.

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1012122/1/14EncapsulatedElessandaraS0023643814003016main.pdf>

IX. ANEXOS

Anexo A. Validación y confiabilidad del instrumento de recolección de datos

El instrumento a utilizar en la presente investigación está basado en la técnica de la experimentación a nivel de laboratorio y cuyo instrumento principal es el material experimental. La validación de los instrumentos de evaluación de los ensayos analíticos será de acuerdo a las normas dadas por la Asociación de Colaboración Analítica Oficial (AOAC) International, el cual reúne al gobierno, la industria y la academia para establecer métodos estándar de análisis que garanticen la seguridad e integridad de los alimentos y otros productos que afectan la salud pública de todo el mundo; dichos métodos se utilizarán en los laboratorios de la Universidad Nacional Federico Villarreal para determinar los siguientes indicadores químicos proximales:

- Concentración se solidos
- Contenido de humedad
- Contenido de proteína
- Contenido de grasa
- Contenido de cenizas
- pH

Anexo B. Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema general ¿Cómo se podrá mitigar los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado? Problemas específicos ¿Cuáles serán los criterios técnicos para mitigar los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado? ¿Cuáles serán los criterios económicos de evaluación de la mitigación de los residuos orgánicos vía hidrolisis de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado?	Objetivo general Mitigar los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado Objetivos específicos Evaluar los criterios técnicos para mitigar los residuos orgánicos vía hidrolisis de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado Evaluar los criterios económicos de la mitigación de los residuos orgánicos vía hidrolisis de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado	Hipótesis general: Evaluando los criterios técnicos y económicos es posible mitigar vía hidrolisis los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado	Variables Variable dependiente Evaluación técnica del hidrolizado aplicado a los residuos orgánicos de la línea de crudos de una planta de conservas de pescado Indicador -Rendimiento del método experimental de hidrolizado Variable independiente Tiempo de proceso de hidrolisis Indicadores -Concentración de enzima -Tiempo -Temperatura -Concentración de solidos -Análisis proximal.	Tipo de investigación Enfoque cuantitativo de tipo aplicado Muestra Muestreo no probabilístico por juicio de conveniencia Diseño de la investigación Hidrolizado con tres niveles de temperatura (30, 35 y 40 °C) donde cada uno de ellos tuvo un periodo de reacción de 6 horas Resultado del proceso la obtención de cuatro productos: harina y aceite de pescado, soluble y harina de residuos óseos.