

Universidad Nacional
Federico Villarreal

Vicerrectorado de
INVESTIGACIÓN

Escuela Universitaria de Posgrado

**BIOPOLÍMERO QUITOSANO EN LA REMOCIÓN DE
SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN AGUA COLA DE LA
INDUSTRIA HARINERA DE PESCADO PARA OBTENER UN
INCIPIENTE ALIMENTICIO**

TESIS

**Para optar el Grado Académico de:
DOCTORA EN MEDIO AMBIENTE Y
DESARROLLO SOSTENIBLE**

AUTOR

RUIZ HUAMÁN, CARMEN MILAGROS

ASESOR

ESENARRO VARGAS, DORIS

JURADO

**Dr. GUEVARA BENDEZÚ, JOSÉ CLAUDIO
Dr. IANACONE OLIVER, JOSÉ ALBERTO
Dr. JAVE NAKAYO, JORGE LEONARDO**

Lima - Perú

2020

Dedicatoria

- A mis padres, por guiarme en la senda mi vida.
- A mi pequeña, por su paciencia y por ser mi motor, todos los días de mi vida.
- A mis amigos de IPEGADES, por compartir experiencias en esta investigación.

Agradecimiento

- A Dios, como ser Supremo.
- A la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional Federico Villareal.
- A mis profesores del Doctorado.
- A mi asesora Dra. Doris Esenarro Vargas.
- Al Dr. Julio Santiago Contreras y a su equipo del Laboratorio de Investigación y Desarrollo en Química Orgánica. Facultad de Química. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Al Laboratorio de Microbiología Ambiental del Instituto del Mar del Perú.
- A toda aquella persona que de una u otra manera me apoyó en la presente investigación.

Índice

Índice	i
Resumen	1
Abstract	2
I. Introducción	3
1.1. Planteamiento del problema.....	5
1.2. Descripción del problema	8
1.3. Formulación del problema	15
1.3.1.Problema general.	15
1.3.2.Problemas secundarios.	16
1.4. Antecedentes.....	16
1.5. Justificación de la investigación.....	53
1.6. Limitaciones de la investigación	55
1.7. Objetivos.....	56
1.7.1.Objetivo general.	56
1.7.2.Objetivos específicos.....	57
1.8. Hipótesis.....	58
1.8.1.Hipótesis general.....	58
1.8.2.Hipótesis específicas.	58
II. Marco teórico	60

2.1. Base conceptual	60
III. Método	109
3.1. Tipo de investigación.....	110
3.2. Población y muestra	111
3.3. Operacionalización de variables.....	114
3.4. Instrumentos.....	118
3.5. Procedimiento.....	122
3.6. Análisis de datos	133
IV. Resultados.....	135
V. Discusión de resultados.....	162
VI. Conclusiones	170
VII. Recomendaciones.....	172
VIII. Referencias	173
IX. Anexos.....	190
Anexo 1: Matriz de consistencia	191
Anexo 2: Matriz operacional de variables	192
Anexo 3: Cálculo del tamaño de la muestra.....	194
Anexo 4: Informes de laboratorio	195

Índice de tablas

Tabla 1. <i>Aplicaciones del quitosano</i>	83
Tabla 2. <i>Protocolos para el análisis proximal Weende</i>	130
Tabla 3. <i>Rendimiento global de la obtención del biopolímero quitosano</i>	137
Tabla 4. <i>Ensayos de laboratorio para la obtención del biopolímero quitosano</i>	142
Tabla 5. <i>Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos en el agua de cola</i>	143
Tabla 6. <i>Resultados estadísticos en la remoción de sólidos suspendidos</i>	144
Tabla 7. <i>Eficiencia de remoción de SST en agua de cola</i>	147
Tabla 8. <i>Composición proximal por efecto del biopolímero quitosano</i>	150
Tabla 9. <i>Aceptación del insipiente alimenticio</i>	154

Índice de figuras

<i>Figura 1.</i> Unidad repetitiva de la quitina.....	77
<i>Figura 2.</i> Quitosano.	79
<i>Figura 3.</i> Harina de pescado.....	88
<i>Figura 4.</i> Agua de cola de la industria harinera de pescado.	98
<i>Figura 5.</i> Obtención del quitosano.	136
<i>Figura 6.</i> Biopolímero quitosano, en la remoción de sólidos suspendidos.	139
<i>Figura 7.</i> Biopolímero quitosano como reactivo coagulante.....	146
<i>Figura 8.</i> Biopolímero quitosano en la variación proximal.....	149
<i>Figura 9.</i> Insipiente alimenticio obtenido.	151
<i>Figura 10.</i> Cuadrilla de gatos ingiriendo el insipiente alimenticio.....	153
<i>Figura 11.</i> Efecto del biopolímero quitosano en la remoción de sólidos suspendidos.....	156
<i>Figura 12.</i> Eficiencia del biopolímero coagulante como reactivo coagulante.	157
<i>Figura 13.</i> Biopolímero quitosano y su efecto en la composición proximal.	159
<i>Figura 14.</i> Nivel de aceptación del insipiente alimenticio.	160

Resumen

La investigación *Biopolímero quitosano en la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado para obtener un incipiente alimenticio*, el *objetivo general* fue: emplear el biopolímero quitosano para remover sólidos suspendidos (SS) en agua de cola de la industria harinera de pescado, con la finalidad de obtener un incipiente alimenticio. Las *metodologías* empleadas fueron: desacetilización, sedimentación; prueba de jarras, de Weende, y, de Romero. Las *conclusiones*, respecto del agua de cola de la industria harinera de pescado, fueron: 1) el biopolímero quitosano remueve SS con pH = 6,5 %, en un mínimo de 34,2 %, después de un tiempo determinado; 2) 600 ml de solución de quitosano, que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos; 3) disminuye la composición proximal, por efecto del biopolímero quitosano con una dosis de 600 ml de solución ; 4) el incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de SS, es aceptado en la dieta alimenticia por una cuadrilla de gatos.

Palabras Claves: Biopolímero quitosano, remoción de sólidos, harina de pescado, incipiente alimenticio.

Abstract

The research *Chitosan biopolymer in the removal of suspended solids in tail water from the fishmeal industry to obtain an incipient food*, the *general objective* was to use the chitosan biopolymer to remove suspended solids (SS) in tail water from the fishmeal industry, in order to obtain an incipient feed. The *methodologies* used were: deacetylation, sedimentation; proof of decanters, of Weende, and, of Romero. The *conclusions*, regarding the tail water of the fishmeal industry, were: 1) the chitosan biopolymer removes SS with pH = 6.5%, at a minimum of 34,2 %, after a determined time; 2) 600 ml is the dose of chitosan biopolymer, which acts as a coagulant reagent in the process of removing suspended solids; 3) the proximal composition decreases due to the effect of the chitosan biopolymer with a dose of 600 ml of solution; 4) the incipient food obtained after the process of removal of SS, is accepted in the diet by a group of cats.

Key words: Chitosan biopolymer, solid removal, fish meal, incipient food

CAPÍTULO I

Introducción

Los biopolímeros, son macromoléculas están presentes en los seres vivos, son polímeros producidos por organismos vivos, en otras palabras, son biomoléculas poliméricas. Los polisacáridos, las proteínas y los poliésteres derivados del reino vegetal y animal, constituyen la familia de polímeros naturales.

Los polímeros de origen natural se han utilizado para una variedad de aplicaciones biomédicas, varios de estos polímeros son parte de nuestra dieta y se han utilizado en una variedad de aplicaciones humanas en excipientes farmacéuticos, prótesis administración de fármacos y aplicaciones de imágenes.

Ya, en el año 1993, Gagné, diría *Los humanos hemos aprendido a través de las edades a explotar los recursos*

de la naturaleza de muchas maneras y, desde tiempos inmemoriales, hemos reconocido la riqueza y el potencial del mar. Los mariscos han servido como fuentes de energía y nutrientes para los humanos durante siglos, y se han convertido en un manjar elogiado por muchos gastrónomos. Además de su uso como fuentes de energía y nutrientes, recientemente se ha demostrado que los productos del mar son excelentes fuentes de bioquímicos de uso, como la quitina, un biopolímero natural con propiedades únicas.

La quitina es un polisacárido compuesto por unidades de N-acetilglucosamina que se enlazan del mismo modo que la glucosa se une para dar lugar a la celulosa. Es muy frecuentemente en la naturaleza, ya que forma parte de las paredes celulares de los hongos, el exoesqueleto de los artrópodos y algunos órganos de otros muchos animales. La pérdida del acetilo de grupo acetilamino de la quitina, es un compuesto derivado, conocido como quitosano.

El camarón es uno de los productos pesqueros importantes en el Perú, el quitosano, obtenido de la desacetilización de la quitina, que se encuentra en el exoesqueleto del camarón, este bioresiduo, es desechados por muchos, y empleado por otros, para la obtención del biopolímero quitosano, que, como ya indicé líneas arriba, tiene múltiples aplicaciones.

El agua de cola de la industria harinera de pescado, es la principal fuente de contaminación sobre los cuerpos de agua en donde estas industrias se han establecido; en la composición química del agua de cola, existe sólidos suspendidos, y que, parte de ellos, son micropartículas de pescado, que, como materia orgánica sin tratamiento, son adicionados como residuos orgánicos, en la línea de efluentes.

La presente investigación, pretende remover los sólidos suspendidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado, no sólo, con la finalidad de mitigar los impactos ambientales adversos, causados por el efluente, sino que, más allá de ello, darle un valor agregado y obtener un insipiente alimenticio para la dieta gatos.

1.1. Planteamiento del problema

La preocupación por el tratamiento y disposición del agua residual generada por la industria pesquera, ha involucrado, a través de los años, a varios investigadores, tanto, nacionales como internacionales. La industria pesquera incluye los procesos de corte y enlatado, reducción a harina de pescado y congelación, como procesos de transformación de materia prima, solamente se tienen los dos primero; estos procesos consumen grandes cantidades de agua, en las diferentes fases del proceso de industrialización, lo cual

aunado, tanto a la composición orgánica de las especies transformadas, como a los gastos de agua manejados por las embarcaciones en su proceso de descarga en planta, generan grandes cantidades de aguas residuales, con elevadas cargas orgánicas contaminantes (p.22), (...), el agua residual, llamada agua de cola, en este tipo de industria, contiene aproximadamente el 20 % de la proteína total del pescado, en un 6 a 7 % de sólidos, el agua es generalmente tirada [vertida] por las plantas procesadoras (Araujo, 1998, p.67).

La contaminación marina, se conoce desde varios años atrás. En el Perú, no solo las principales ciudades y zonas productivas presentan problemas de contaminación ambiental y pérdidas de recursos, la contaminación de las aguas costeras (p.3) provocado por el vertido de residuos líquidos industriales (...). Desde la perspectiva ambiental, la fabricación de harina de pescado tiene un significativo impacto sobre el ecosistema en que opera, afectando, además, el bienestar y la salud de las personas, esta actividad es beneficiosa para el país, genera divisas, es fuente de empleo y contribuye al desarrollo del Perú (Cabrera, 2002, p.8).

Durante la producción de harina de pescado se generan varios residuos líquidos: agua de cola (grasas, agua y sólidos finos), sanguaza (agua con alto contenido de carga orgánica) y agua de

bombeo (materia orgánica suspendida y diluida, aceites y grasas, sangre y agua de mar). Todo ello, además de los efluentes generados durante el lavado de equipos del proceso y la limpieza general de la planta, usando sustancias ácidas o alcalinas que requieren ser tratadas o neutralizadas (Alva, 2009, p.5).

Las industrias dedicadas al procesamiento de harina de pescado, vierten sus efluentes al mar mediante tuberías que llegan hasta la playa, algunas con tratamiento previo y otras no, soltando altas cargas de materia orgánica contaminante, considerándose un aproximado, que algunas empresas desechan una producción anual de residuos sólidos no recuperados que se vierten al mar de 1.256,4 TM, de los cuales el 5 % son recuperados con algún sistema. Esto indica el alto grado de deterioro que se viene causando a las bahías (Espinoza, 2011, p.32).

Los desperdicios de la pesca generados de los procesos de industrialización. Se considera que alrededor de un 40 % a 50 % de cualquier pescado procesado, es desperdicio, por ejemplo: aletas, vísceras, espinazo, cabeza, sangre, piel, etc. (Cruz, 2016, p.12).

En la actualidad, la industria de harina y aceite de pescado en el Perú, aún no cuenta con un plan que promueva las actividades de tratamiento ambiental dentro de su proceso productivo, sin embargo, existen empresas agremiadas a Aproferrol [cuenta con un sistema

de tratamiento de efluentes de plantas pesqueras] que buscan minimizar el impacto ambiental (Canales et al., 2017, p.103).

El problema de la presente investigación, se centró en la remoción de sólidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado, con la finalidad de mitigar los impactos ambientales, producidos por este sector productivo.

1.2. Descripción del problema

La quitina es uno de los biopolímeros más abundantes, después de la celulosa [biopolímero compuesto, sustancia sólida, blanca, amorfa, inodora y sin sabor, e insoluble en agua, alcohol y éter que constituye la membrana celular de muchos hongos y vegetales], que se encuentra en la mayoría de los vegetales. La quitina se encuentra como componente de los exoesqueletos de invertebrados y las paredes celulares de algunos hongos y algas. La quitina se produce por biosíntesis en los organismos antes indicados y presenta una tasa de reposición tan alta en la biosfera que se estima duplica a la celulosa (Valenzuela, 6, p.2).

El quitosano, principal derivado de la quitina, se obtiene industrialmente mediante tratamiento de desacetilación química o enzimático. Dependiendo de las condiciones de reacción, se

obtienen quitosanos de diferentes pesos moleculares y grados de desacetilación. Estas variables los hacen útiles para diversas aplicaciones. Actualmente son usados como productos alternativos en el ámbito de la tecnología agrícola como bioestimulantes [sustancias orgánicas que cuando se aplican en pequeñas cantidades afectan el crecimiento de las plantas y su desarrollo] en el control de plagas y en la protección de semillas y frutos, se utiliza en cosmetología, dadas sus propiedades regenerativas de los tejidos y su potente acción bactericida, en alimentación por ser flocculantes de proteínas y lípidos, y por su acción anticolesterolemica, entre otras (Pastor, 2004).

El quitosano es un biopolímero natural con importantes propiedades funcionales y a este hecho se suma el valor añadido de obtenerse a partir de la quitina, que se extrae principalmente de las cáscaras de crustáceos y que constituye un subproducto importante procedente de la industria pesquera. El quitosano fue descubierto por Rouget en 1859 y el estudio de este polímero a lo largo de todos estos años ha generado su empleo en múltiples aplicaciones López, 2011, p.34).

Las últimas dos décadas han sido testigos de desarrollos serios de una variedad de tecnologías basadas en la utilización de quitosano y sus derivados. El quitosano, sus oligómeros [cuando sus radicales asociados son distintos entre sí] y varios de sus derivados surgieron

como nuevos biomateriales y actualmente están en uso o bajo consideración en una serie de aplicaciones (farmacéutica, cosmética, médica, alimentaria, textil, agrícola, etc.), (...). Introducido en el mercado en la década de 1990, el quitosano ha sido objeto de muchas investigaciones sobre su potencial como un excipiente farmacéutico útil y prometedor en diversas formulaciones farmacéuticas. Al lado de las más tradicionales formulaciones, el quitosano ha encontrado uso en aplicaciones novedosas tales como; la administración de vacunas, el suministro de péptidos y genes, además de su uso en la ingeniería de tejidos. Hasta ahora, el sistema de administración de la vacuna de quitosano nasal contra la influenza se ha probado para la vacunación en sujetos humanos, y se ha demostrado que es eficaz y protector 6 135,290. La utilidad del quitosano como ingrediente farmacéutico ganó más interés cuando comenzó a desarrollarse una comprensión científica de al menos algunas de las actividades farmacológicas de este carbohidrato versátil (Gouda, 2008, p.29).

El uso de enzimas proteolíticas tiene algunas ventajas sobre el uso de productos químicos (p.19), tales como la prevención del estado natural de quitina, evitar la neutralización de los efluentes y otros. Se ha demostrado que los polímeros quitinosos exhiben propiedades antimicrobianas y de forzamiento de película; realizó investigaciones para optimizar las condiciones para la desproteínización enzimática

de residuos de Shrimp [camarón, en castellano] con el uso de metodología de superficie de respuesta, de igual forma, realizó investigaciones para aplicar baños de quitosano para controlar el deterioro de la calidad post-cosecha del camarón crudo durante el almacenamiento en frío (Gagné, 1993, p.19).

El quitosano (polisacárido de alto peso molecular), obtenido por desacetilación [cualquier reacción que elimina uno o más grupos acetilo de una molécula] parcial de la quitina (polímero natural de N-acetil D-glucosamina), tiene propiedades particulares muy importantes por ser el único polielectrolito catiónico. Es soluble en ácidos orgánicos diluidos, gelificando y coagulando en medio débilmente ácido y neutro. Presenta la capacidad de preservar alimentos durante mayor tiempo, debido principalmente a su capacidad para formar filmes semipermeables al O₂ y al CO₂ (Bai et al., 1988) y a sus propiedades biológicas (Muzzarelli, 1986) ya que, a diferencia de otros materiales usados para cubrir frutas, ha demostrado ser antifúngico (El Ghaouth et al. 1992a; 1992b; Stössel y Leuba, 1984, en Rodríguez et al., 2000, p.27).

El quitosano, derivado de la quitina obtenida de los desechos de camarón, es un polímero cuya característica principal es la solubilidad, lo que lo hace muy atractivo a industrias como la alimenticia, de cosméticos, en la generación de productos agrícolas

e incluso en labores de tratamiento de aguas residuales. La quitina es el segundo polímero más abundante en el planeta, por lo que su utilización a gran escala en México es muy prometedora, como lo ha sido en Japón, en donde alrededor de 250 empresas explotan la quitina (Hermosillo, 2007, p.23).

El quitosano presenta una gran variedad de propiedades biológicas como biodegradabilidad [producto o sustancia que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales], biocompatibilidad [es la capacidad de un material para actuar con una respuesta adecuada del medio biológico en el cual son utilizados], baja toxicidad, actividad antimicrobiana de amplio espectro, y capacidad de formación de películas comestibles. Esto lo convierten en un biomaterial atractivo [presentan propiedades físico-químicas específicas, con características técnicas para la fabricación de implantes o dispositivos biomédicos] para aplicaciones biotecnológicas e industriales. Un ejemplo de esto son las películas de quitosano, que han sido probadas en conservación de alimentos y la tecnología de envasado, ya que exhiben una alta actividad contra patógenos, como hongos, levaduras, bacterias Gram-positivas y negativas, disminuyendo el deterioro de los alimentos de origen animal y vegetal (Valenzuela y Arias, 2012, p.33).

El quitosano es uno de los pocos polisacáridos catiónicos naturales. Se deriva de la quitina mediante la desacetilación de la misma en condiciones muy alcalinas y a altas temperaturas (Hosokawa et al, 1990; Pastor e Higuera, 2004; Rabea et al, 2003). Es un polímero biodegradable, no tóxico, biocompatible, semipermeable, con propiedades filmogénicas [producto que forman sobre el sustrato, una película que reduce la capacidad de adherencia del petróleo] y antimicrobianas [sustancia que elimina microorganismos o inhibe su crecimiento, tales como, bacterias, hongos o parásitos], lo que lo convierte en un material versátil y con un gran potencial como empaque de alimentos (Khan et al., 2000). Además, presenta la propiedad de ligar lípidos [conjunto de moléculas orgánicas que están constituidas principalmente por carbono e hidrógeno y en menor medida por oxígeno, son moléculas insolubles en agua] y metales como cobre, zinc, plomo, vanadio y hierro, y puede extender la vida de productos alimenticios frescos y con alta actividad como frutas, verduras y carnes (Jeon et al., 2002).

Ya, desde años atrás, algunos investigadores, en forma incipiente, iniciaron algunas investigaciones enfocadas en el quitosano y su comportamiento se presenta a continuación, a algunos investigadores, que ya intentaban realizar algunas investigaciones, relacionadas al tema de la presente investigación:

- Gagné (1993), sostenía que, ya se podía producir quitina y quitosano a partir de desechos de crustáceos (pp. 10-35), los cuales se podían procesar como alimentos. Sostenía también que, se podía preparar quitosano a partir de quitina mediante desacetilación parcial, además de que el quitosano podía preservar camarones frescos sin cabeza. Finalmente, sostenía que el quitosano tenía propiedades antimicrobianas, y que habían sido probadas en varios microorganismos implicados en el deterioro de alimentos y/o intoxicaciones alimentarias, especialmente los asociados con el pescado y los productos desnatados.
- Maurelia et al. (1998), sostenía que, se podía realizar la extracción sólido-líquido de iones metálicos desde efluentes mineros usando quitina y quitosano (pp. 103-111). Ambos polímeros se obtuvieron desde residuos de crustáceos de la industria pesquera de la región. Sostenía también que el quitosano resultó ser mejor extractante que la quitina.
- Chhabra (2004), sostenía que, la utilización de las cáscaras de desecho de la industria de procesamiento de moluscos para aplicaciones potenciales es otra área inmensa de investigación; las aplicaciones de quitosano, un derivado de la quitina, el polímero natural extraído de cáscaras de

langosta, cangrejo y camarones (p.12), para mejorar la vida útil de los mariscos habría abierto nuevos horizontes [de investigación].

- Rodríguez et al. (2000), advirtió que se podía aplicar capas de quitosano (pp. 25-32) sobre la superficie de frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) con el objeto de evaluar su influencia en el mejoramiento de la calidad y prolongación del período de conservación. Pudo, además, determinar varios parámetros de calidad durante el almacenaje a 20 °C. finalmente, advirtió que las capas de quitosano mejoran la calidad solamente de los tomates rosados con respecto a aquellos sin tratar.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema general.

¿En qué medida se podrá emplear el biopolímero quitosano para la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio?

1.3.2. Problemas secundarios.

1. ¿Cuál es la dosis apropiada del biopolímero quitosano, que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de incipiente alimenticio?
2. ¿Cuáles es la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de incipiente alimenticio?
3. ¿Cuál es el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola, de la industria harinera de pescado?

1.4. Antecedentes

No se ha encontrado trabajo similar a la presente investigación, sin embargo, para poder tener una noción del biopolímero quitosano y su influencia en el agua de cola de la industria pesquera, para la

producción de incipiente alimenticio, se presenta a continuación, algunas investigaciones, internacionales y nacionales, que permitan contextualizar la investigación desarrollada:

- García (2017), conocedor de que la industria de langostino blanco, solamente ha desarrollado la línea comercial de su carne, se interesó en que su exoesqueleto era desechado, con lo cual se desaprovecha la posibilidad de utilizarlo como fuente de subproductos, tales como, proteínas, pigmentos, cenizas, calcio y en especial, un polisacárido llamado quitosano (p.10), realiza una investigación, denominada: *Obtención de quitosano a partir de exoesqueleto de langostino blanco (Litopenaeus vannamei), para el tratamiento de efluentes industriales*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior; la realizó en la ciudad de Chiclayo, Perú. El objetivo general (p.16) fue, aprovechar el exoesqueleto de langostino blanco *Litopenaeus vannamei*, para obtener quitosano para el tratamiento de efluentes industriales. Los objetivos específicos (p.16) fueron: 1) Determinar el procedimiento para la obtención de quitosano. 2) Determinar el rendimiento del exoesqueleto en la obtención de quitosano. 3) Aplicar el quitosano en los efluentes industriales. 4) Determinar la cantidad de

quitosano en los efluentes industriales. Emplearon como metodología (pp. 34-40), el quitosano se obtuvo a partir del exoesqueleto de langostino blanco, la prueba de jarras permitió determinar la cantidad óptima de quitosano a utilizar para el tratamiento de los efluentes industriales. Las conclusiones de la investigación (p.50) fueron: 1) El método químico empleado para la extracción de quitosano se concluye que, aumentando la temperatura, el rendimiento de quitosano disminuye. 2) El rendimiento máximo de quitosano se obtiene a [una] temperatura de 75 °C. 3) Los ensayos de coagulación demostraron que el aumento en el pH de floculación influye positivamente en el rendimiento de remoción de color de aguas residuales.

- Cconislla (2017), basado en la relación estructura-actividad de los materiales, y conector de que diversos grupos funcionales podrían ser flexible injertados en quitosano no sólo para la absorción eficaz de contaminantes o colorantes, y en otros ámbitos de la ciencia, como seda en la biomedicina, que en las últimas décadas (...), que en las últimas décadas se está dando un interés creciente hacia el uso de sistemas de entrega para un tratamiento más eficaz de diversas enfermedades (p.9), lleva a cabo una búsqueda de soluciones innovadoras basadas en vectores intra-

celulares, dado que, el quitosano cumple un papel muy importante debido a sus propiedades biológicas (biodegradabilidad, biocompatibilidad), en tal sentido, realiza una investigación denominada: *Desarrollo de micropartículas de quitosano entrecruzado y cuaternizado para la adsorción de ácido desoxirribonucleico (ADN)*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Licenciado en Química; la realizó en la ciudad de Lima, Perú. El objetivo general (p.12) fue la preparación y caracterización de los distintos tipos de micropartículas de quitosano, modificado químicamente con cloruro de glicidil trimetil amonio (CTAG) y entrecruzado con glutaraldehído (GL), para su aplicación en la adsorción de ADN. Los objetivos específicos (p.12) fueron: 1) Determinar el grado de desacetilación, la masa molecular del quitosano de partida y caracterizar el quitosano por: espectroscopia infrarroja (FTIR), difracción de rayos x (DRX) análisis termogravimétrico (TGA y DTG) y análisis por microscopia de barrido electrónico (SEM). 2) Preparación de las micropartículas de QE entrecruzados con Glutaraldehído (GL), QC cuaternizados con Cloruro de glicidil trimetil amonio (CTAG) y QCE. 3) Caracterizar las micropartículas de quitosanos modificados químicamente (QE, QC y QCE) por técnicas analíticas (titulación conductimétrica) y técnicas instrumentales FTIR, DRX, TGA,

DTG y SEM. 4) Realizar pruebas de adsorción de ADN con las micropartículas de quitosano modificado químicamente (QE, QC y QCE). Empleó la siguiente secuencia metodológica (pp. 55-67): caracterización del quitosano, entrecruzamiento de quitosano, cuaternización de quitosano, entrecruzamiento de quitosano cuaternizado con glutraldehído, proceso de adsorción de ADN. Las conclusiones de la investigación (p.999) fueron: 1) Se prepararon diferentes tipos de quitosano modificados químicamente (QE, QC y QCE) partiendo de quitosano comercial los cuales se caracterizaron por diferentes técnicas analíticas como: peso molecular viscosimétrico (455 KDa), grado de desacetilación (72,6 %) y grado de cuaternización para QC (QC1-3) (228,57; 242;7 y 268,44 mg de grupos cuaternizantes / g de quitosano) e instrumentales como: FTIR, DRX, TGA y SEM, obteniendo resultados muy comparables a la literatura estudiada que confirman haber obtenido las modificaciones correspondientes. 2) Las pruebas de adsorción nos demostraron que el QE1% fue el que mejor resultado nos dio (15.755,3 μ g de ADEN / g de QE1%) en la captación de ADN. 3) También este estudio reveló que el proceso de adsorción de ADN encaja con el modelo cinético isoterma de Freunlich, el cual me mejor describe la adsorción en superficies heterogéneas como es

el caso de QE, la cual está determinada por los siguientes parámetros como: Q_0 (concentración de adsorbato por peso unitario de adsorbente), b (coeficiente de adsorción) y r (constante de linealidad de la recta).

- Huamaní y Huamolles (2017), conocedores de la importancia del estudio de metales pesados en aguas y sedimentos, y su elevada toxicidad, alta persistencia y rápida acumulación por los organismos vivos (p.16), estudian la contaminación de las aguas por la minería, producida por el cadmio; realizaron una investigación, denominada: *Remoción de cadmio en soluciones acuosas usando nanopartículas de hierro cerovalente sobre una matriz de quitosano*, la presentaron como tesis, permitiéndoles obtener el título profesional de Toxicólogos; la realizaron en la ciudad de Lima, Perú. El objetivo general (p.18) fue, desarrollar un material a base de nanopartículas de hierro cerovalente y quitosano, capaz de remover cadmio de soluciones acuosas. Los objetivos específicos (p.18) fueron: 1) Sintetizar y estabilizar nanopartículas de hierro cerovalente sobre quitosano. 2) Determinar el pH óptimo para la remoción de cadmio. 3) Determinar el modelo cinético de comportamiento. 4) Determinar la capacidad máxima de adsorción, mediante isothermas de adsorción. Emplearon la siguiente secuencia

metodológica (pp.65-84), preparación de hierro cerovalente sobre una matriz de quitosano, obtención del quitosano, obtención del hierro cerovalente, estudio del proceso de adsorción, estudio del orden de reacción. Las conclusiones de la investigación (p.105) fueron: 1) Se sintetizó y estabilizó las nanopartículas de hierro cerovalente sobre quitosano mediante la formación de una capa pasivante. 2) El pH óptimo para el proceso de adsorción del cadmio fue de 6. 3) El modelo cinético de pseudo-segundo orden ($R^2 = 0.9997$) describe mejor los resultados obtenidos. 4) La capacidad máxima de adsorción fue de 111,11 mg/g; empleando la isoterma de Langmuir ($R^2 = 0,9991$ y $x^2 = 0,091$).

- Toyés (2016), preocupado por la disposición de residuos orgánicos que se generan como resultado de la pesca y la acuicultura, y que estimó, que tenderá a magnificarse a medida que se establezcan mayores leyes de sanidad durante el procesado de productos pesqueros y acuícolas (p.18); realiza una investigación, denominada: *Aprovechamiento de subproductos marinos para la alimentación de camarón de cultivo y gallinas ponedoras*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el grado de Doctor en Ciencias; la realizó en la Ciudad de Baja California Sur, México. El objetivo general (p.55) fue, determinar la

composición bioquímica de subproductos marinos procesados con o sin cocción, utilizarlos como ingredientes en alimentos para camarón, y como aditivos en alimentos para gallina, y evaluar sus efectos sobre los parámetros de producción, y calidad de músculo de camarón y huevo de gallina, para consumo humano. Los objetivos específicos (p.55) fueron: 1) Comparar la composición bioquímica de harinas de vísceras de hacha y calamar, cabezas de camarón y macarela entera, procesadas con o sin cocción. 2) Determinar el efecto de la sustitución de la harina de pescado en el alimento para juveniles del camarón *Litopenaeus vannamei* con harinas obtenidas con o sin cocción, a partir de vísceras de hacha y calamar y macarela entera, sobre el desempeño en cultivo, la digestibilidad aparente y la composición bioquímica del músculo del camarón. 3) Determinar el efecto de la inclusión de harinas obtenidas con o sin cocción, a partir de vísceras de hacha y calamar, cabezas de camarón y macarela entera, como aditivos en el alimento para gallinas, sobre la producción de huevo y el contenido de ácidos grasos, colesterol y carotenoides en la yema. Empleó la siguiente metodología (pp. 56-83), la materia prima se obtuvo de la recolección de vísceras de hacha, posteriormente, se elaboró la harina de pescado, se realizaron los bioensayos de crecimiento y

bioensayo de digestibilidad, Las conclusiones de la investigación (p.169) fueron: 1) La sustitución de la harina de sardina con harinas de vísceras de hacha y calamar cocidas en el alimento aumenta el contenido de ácidos grasos altamente insaturados (HUFA) en el músculo de camarón en mayor medida que con la inclusión de harinas secadas, 2) La inclusión de las harinas de subproductos marinos en el alimento para gallina permite, en la mayoría de los casos, obtener parámetros productivos iguales o mayores a los del alimento Control, yemas de huevo enriquecidas en HUFA n-3, con mayores relaciones n-6:n-3, así como mayor acumulación de astaxantina [potente antioxidante de amplio espectro que ofrece protección contra la radiación y promueve la salud de la piel, ojos, el cerebro y el corazón] y pigmentación en yema, sin afectar las características sensoriales del huevo cocido.

- Higuera (2015), conocida que los alimentos se deterioran con el tiempo, fundamentalmente por los organismos vivos, este deterioro implica la merma de las características organolépticas, del valor nutritivo y seguridad microbiológica del alimento, por ello, indaga sobre la tecnología del envasado, que es fundamental para reducir las pérdidas de alimentos y para garantizar la seguridad alimentaria (p.35);

realiza una investigación, denominada: *Quitosano como matriz biopolimérica para el desarrollo de envases activos antimicrobianos de alimentos*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el grado de Doctor, la realizó en Valencia, España. El objetivo general (p.81) fue, estudiar el biopolímero quitosano como matriz portadora y libertadora de agentes activos para el desarrollo de películas antimicrobianas y su aplicación como envase activo antimicrobiano. Los objetivos específicos (p.81) fueron: 1) Obtener películas de quitosano mediante la técnica de extensión y evaporación del solvente, con o sin coadyuvante, y en las que se incluyan diferentes agentes antimicrobianos incorporados en la matriz empleando diferentes metodologías. 2) Caracterizar el efecto de la incorporación de los agentes activos, y en su caso de los coadyuvantes, en las propiedades funcionales más relevantes de las películas activas desarrolladas. 3) Estudiar los diferentes mecanismos de liberación de los diversos agentes activos incorporados en las películas. 4) Estudiar la capacidad antimicrobiana in vitro de los agentes activos y las películas obtenidas frente a microorganismos patógenos modelo. 5) Evaluar la eficacia de las películas desarrolladas en alimentos reales y su posible empleo en el diseño de envases activos antimicrobianos para alimentos. Empleó

como metodología (pp. 95-301) el estudio de: desarrollo de películas de quitosano con etil-N^α-dodecanoil-L-arginato (LAE) y su aplicación en el envasado activo microbiano de alimentos, desarrollo de películas híbridas de quitosano con nanopartículas de plata formadas in situ, desarrollo de películas de quitosano con compuestos volátiles antimicrobianos anclados mediante un enlace covalente reversible y su aplicación en el envasado activo de alimentos, desarrollo de películas de quitosano con hidroxipropil-β-ciclodextrinas y otros coadyuvantes con adaptable capacidad de sorción y liberación de compuestos volátiles antimicrobianos y su aplicación en el envasado activo de alimentos. Las conclusiones más relevantes de la investigación (p.325) fueron: 1) Las películas de quitosano capaces de incorporar y liberar diversos agentes antimicrobianos utilizando diferentes metodologías se obtuvieron mediante la técnica de colada con disolvente y se desarrollaron para aplicaciones activas de envasado de alimentos. 2) Las películas de quitosano con LAE se obtuvieron incorporando el agente antimicrobiano en la solución formadora de película. La liberación de LAE de la matriz de quitosano en medio acuoso se completó en 10 a 15 h, dependiendo de la temperatura. 3) Las películas de quitosano con nanopartículas de plata se obtuvieron

utilizando un nuevo método que cumple con los principios de la Química Verde; se incorporó nitrato de plata como precursor de la solución formadora de película y se generaron nanopartículas. 4) El cinnamaldehído antimicrobiano de origen natural se unió covalentemente a películas de quitosano preformadas a través de una base reversible de Schiff, el rendimiento de la reacción fue bastante alto. 5) Se incorporó HP- β -ciclodextrina en películas de quitosano para modificar la capacidad de sorción del carvacrol [es un fenol monoterpénoide, tiene sabor picante y produce el olor del orégano] antimicrobiano de origen natural.

- Falcón y Yalico (2015), preocupadas por la emisión al mar de efluentes líquidos, como agua de cola que generan 5.000 ppm de DBO, sanguaza 15.000 ppm de DBO, agua de absorbente que genera 7.000 ppm de DBO, agua de limpieza de máquinas, tanques y desagüe doméstico del personal de planta, los cuales, perjudican el desarrollo de la vida marina (p.6), en ese sentido realizan una investigación, denominada: *Impacto ambiental de los efluentes de la industria pesquera en las aguas de mar de la Bahía de Chancay*, la presentaron como tesis, permitiéndoles obtener el título profesional de Ingeniero Químico; la realizaron en la

ciudad de Huacho, Perú. El objetivo general (p.17) era, identificar y cuantificar los principales contaminantes (gases, metaloides, hidrocarburos y metales pesados) presentes en los efluentes de la industria pesquera y minimizar el impacto ambiental sobre el ecosistema de la bahía de Chancay. Los objetivos específicos (p.18) fueron: 1) Obtener los parámetros característicos de las aguas de mar de la bahía de Chancay. 2) Analizar y evaluar los parámetros fisicoquímicos y/o biológicos de las muestras de agua en función de las normas pertinentes. Emplearon la siguiente secuencia metodológica (pp. 62-93), se definieron las estaciones geográficas de análisis, se evaluaron las propiedades físicas y químicas del agua de mar, se determinaron las características biológicas del agua de mar, identificar los efluentes de la industria pesquera, y, identificar los efluentes urbano-domésticos, Las conclusiones de la investigación (p.115) fueron: 1) Se ha obtenido las concentraciones más altas de DBO [Demanda Química de Oxígeno], aceites/grasas, SST [Sólidos Suspendidos Totales] y fosfatos en las estaciones establecidas. 2) Los meses que se realizó pesca; se registraron las más altas concentraciones de DBO, SST, aceites/grasas [los aceites y grasas son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal,

así como hidrocarburos del petróleo] y fosfatos [los compuestos del fósforo son nutrientes de las plantas y conducen al crecimiento de algas en las aguas superficiales]; esto coincide con las concentraciones críticas de nitratos y oxígeno disuelto que se presentaron en esta etapa del año. 3) Para oxígeno disuelto las concentraciones más altas se presentaron en los meses que no se registró pesca. 4) Los efluentes de la industria de harina de pescado contaminan el agua de mar en un grado alto. 5) Los efluentes de la industria pesquera afectan negativamente en las características físico - químicas del agua de mar de la bahía de Chancay.

- Tafur y Quevedo (2014), preocupadas porque las aguas residuales del proceso de curtido (ARC) originadas durante la producción y transformación de piel en cuero, representan entre 15 a 40 m³ por tonelada de piel que ingresa al proceso, presentando, además, un elevado consumo de agua, descargas que contienen compuestos altamente contaminantes de los ecosistemas y perjudiciales para la salud humana, si superan los límites permitidos y no se tratan correctamente (p.23), llevan a cabo estudios de nuevas tecnologías que permitan optimizar el proceso de producción de cueros y reducir la carga contaminante en sus

efluentes de manera que puedan ser descargadas a los cuerpos de agua, en tal sentido, realizan una investigación denominada: *Alternativa para el tratamiento de aguas residual cromadas con quitosano extraído del exoesqueleto de camarón*, la presentaron como tesis, permitiéndoles obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial; la realizaron en la ciudad de Tolima, Colombia. El objetivo general (p.29) fue, estudiar una alternativa para tratamiento de aguas residuales provenientes de la curtición de pieles empleando quitosano extraído a partir del exoesqueleto del camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*). Los objetivos específicos (p.29) fueron: 1) Extraer y caracterizar fisicoquímicamente el quitosano obtenido a partir del caparazón de camarón. 2) Realizar ensayos con diferentes concentraciones de coagulantes-floculantes en el tratamiento de aguas de curtiembres. 3) Caracterizar las aguas efluentes del proceso de curtición con tratamientos convencionales y quitosano. Emplearon la siguiente secuencia metodológica (pp. 65-77), preparación de la muestra, obtención del quitosano, caracterización del quitosano obtenido, tratamiento de aguas residuales del proceso de curtido. Las conclusiones de la investigación (p.98) fueron: 1) Con el método químico empleado para la extracción de quitosano se obtuvo un rendimiento del 19.33

% y un grado de desacetilación de 80.15 % (método FT-IR).

2) El polímero cumple con los estándares del quitosano comercial; removiendo hasta un 80 % de carga contaminante y adsorbiendo aproximadamente 46 % de Cr^{+3} .

3) El cloruro férrico resulto ser el mejor coagulante, por este motivo es convencionalmente empleado.

- Núñez (2014), conocedor que el agua de cola generada en la producción de harina de pescado, se caracteriza por presentar agua, sólidos solubles, sólidos insoluble, vitaminas y minerales, grasas y residuos provenientes de la descomposición proteica, se interesa en tecnologías limpias para su tratamiento (p.18), en ese sentido, realiza una investigación denominada: *Recuperación de solidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Ingeniero Pesquero; la realizó en la ciudad de Lima Perú. El objetivo general (p.19) Desarrollar un procedimiento de recuperación de sólidos del agua de cola, con bajos contenidos de histamina, utilizando la técnica físico-química de coagulación-floculación. Los objetivos específicos (p.19) fueron: 1) Caracterizar el lodo recuperado, el líquido residual y los sólidos recuperados (lodo seco). 2) Caracterizar química y microbiológicamente las fases

separadas. 3) Desarrollar un balance de materia en el proceso de tratamiento de agua de cola. Empleó la siguiente secuencia metodológica (pp. 59-73), evaluación de coagulantes/floculantes naturales, determinación del comportamiento de los compuestos C y H en el proceso de coagulación/floculación del agua de cola, determinación de las cantidades óptimas de los compuestos C y H en el proceso de coagulación/floculación del agua de cola, determinación de la velocidad de mezcla rápida en el proceso de coagulación y floculación del agua de cola, evaluación de la decantación natural y uso de centrifugación en el líquido residual del agua de cola tratada con coagulante/floculante seleccionados, y, balance de materia en el proceso de coagulación/floculación. Las conclusiones de la investigación (p.113) fueron: 1) Fue posible la recuperación de sólidos del agua de cola utilizando la técnica físico-química de coagulación-floculación con bajos contenidos de histamina. La reducción del contenido de histamina en los sólidos recuperados fue de 73,10 %. 2) El tiempo adecuado de mezclado del agua de cola con el Compuesto C (coagulante) fue de 1,5 min. a 200 rpm y con el Compuesto H (floculante) de 30 minutos a 50 rpm. 3) La mejor relación del compuesto C (coagulante) y del compuesto H (floculante) en el tratamiento del agua de cola

fue: 1:2 en 20 de agua de cola. 4) Según el balance de materia, los sólidos en el lodo recuperado del agua de cola por coagulación/floculación fue de 36,41 % (sólidos más grasa), el remanente de los sólidos básicamente sales y minerales (63,59 %) permaneció en los líquidos residuales.

- Garcés (2013), interesada por la aplicación de las enzimas a nivel industrial y su limitación por varios factores, principalmente su alto costo, inestabilidad y disponibilidad en cantidades pequeñas (p.10), lleva a cabo una investigación, denominada: *Inmovilización enzimática de lipasa mediante el agente quitosano obtenido del exoesqueleto de cangrejo Cancer setosus*, la presentó como tesis, permitiéndoles obtener el título profesional de Químico Farmacéutica; la realizó en la ciudad de Lima, Perú. El objetivo general (p.11) fue, inmovilizar la enzima sobre quitosano obtenido a partir de la cubierta de *cangrejo*. Los objetivos específicos (p.11) fueron: 1) Obtener quitosano a partir del exoesqueleto de *cangrejo*. 2) Analizar el quitosano obtenido. 3) Inmovilizar la enzima mediante el agente ligante quitosano. 4) Analizar la actividad hidrolítica de la lipasa. Empleó la siguiente metodología (pp. 34-38), la muestra de *cangrejo* fue obtenida del terminal pesquero, se obtiene el quitosano mediante la desacetilación, y, la activación del soporte e

inmovilización de lipasa. Las conclusiones de la investigación (p.52) fueron: 1) Se obtuvo quitosano a partir de quitina del “cangrejo” *Cancer setosus* por el método químico modificado usando la autoclave. 2) El quitosano fue caracterizado por espectroscopia infrarroja, el grado de desacetilación fue de 67,06 % y el porcentaje de proteína fue de 0,5445 % usando el método de Bradford por espectrofotometría ultravioleta-visible. 3) La obtención del quitosano a partir del “cangrejo” *Cancer setosus* por medio del método químico modificado usando la autoclave permitió obtener un producto con características fisicoquímicas aceptables (IR, DA, Solubilidad). 4) El método de inmovilización usando como agente ligante el glutaraldehído produce una enzima inmovilizada, formando un enlace covalente a los extremos del glutaraldehído, el enlace covalente se le denomina base de Schiff.

- López (2011), conocedora de que el quitosano ofrece un amplio espectro de aplicaciones únicas, la mayoría relacionadas con su actividad antimicrobiana, buscó otras aplicaciones (p.35), en ese sentido, realiza una investigación, denominada: *Obtención y caracterización de quitosanos modificados. Ingredientes funcionales con aplicaciones tecnológicas y biológicas en la industria*

alimentaria, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el grado de Doctor en Ciencias y Tecnología de los alimentos; la realizó en la ciudad de Madrid, España. El objetivo general (p.30) fue, el estudio de la modificación de quitosanos con distintas características químico-físicas mediante diferentes vías para la mejora de propiedades funcionales, y la posible aplicación de los productos obtenidos en la industria alimentaria. Los objetivos específicos (p.30) fueron: 1) Obtención de quito-oligosacáridos mediante despolimerización enzimática. 2) Modificación de quitosano mediante reacción de Maillard [es un proceso que tiene lugar de forma espontánea sin necesidad del empleo de reactivos químicos y es fácil de llevar a cabo]. 3) Modificación de quitosano mediante reacción de Maillard con β -lactoglobulina. 4) Caracterización funcional de los productos resultantes de la modificación del quitosano. Empleó la siguiente metodología (pp. 84-115), modificación del quitosano, despolimerización enzimática, caracterización químico-física de los quito-oligosacáridos (COS), estudio de interacción electrostática quitosano, estudio de las propiedades funcionales de los productos obtenidos mediante las modificaciones propuestas. Las conclusiones de la investigación (p.234) fueron: 1) La despolimerización enzimática del quitosano está más favorecida por parte de la

lisozima [es una endo-carbohidrasa, que hidroliza los enlaces β -(1→4) glicosídicos de algunos peptidoglicanos de la pared celular de ciertas bacterias y de la quitina] en la degradación de quitosanos con un DA entre 22-35 % y de la quitosanasas por quitosanos con bajo DA (14 %). 2) La actuación enzimática es más eficiente en quitosanos en los que existe una distribución no aleatoria de residuos acetilados y desacetilados. 3) El uso de membranas de ultrafiltración tangencial seguido de diálisis y liofilización es la metodología que proporciona mejores rendimientos de quitooligosacáridos con un mayor grado de purificación. 4) La quitosanasa da lugar a quito-oligosacáridos con un máximo de tres residuos acetilados en el caso de quitosanos con DA entre 14-22 % y en quitosanos con un DA mayor (35 %) da lugar a quito-oligosacáridos con un número de residuos acetilados entre seis y trece. 5) Los quito-oligosacáridos obtenidos con lisozima presentan cadenas de monómeros con un número máximo de residuos acetilados comprendido entre ocho y dieciséis.

- Espinoza (2011), conocedora que la pesca industrial es una importante actividad en la economía ecuatoriana, basada principalmente en la producción de harina, y que esta se ha constituido en un sector que genera importantes recursos

financiero al país (p.16), se interesa en la producción e identificación de efectos (impactos potenciales) relativos a componentes físicos, químicos, biótico, culturales y socioeconómicos del entorno, en ese sentido, realiza una investigación, denominada: *Aplicación de las regulaciones municipales en las industrias de procesamiento de harina de pescado en Chanduy, provincia de Santa Elena*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Abogado de los Tribunales; la realizó en la ciudad de La Libertad, Ecuador. El objetivo general (p.18) fue, evaluar la aplicación de las regulaciones municipales para el funcionamiento de industrias de procesamiento de harina de pescado, en la parroquia de Chanduy provincia de Santa Elena y proponer medidas tendientes a mejorar su compatibilidad ambiental. Los objetivos específicos (p.19) fueron: 1) Revisar el cumplimiento de las regulaciones municipales por parte de las industrias de procesamiento de harina de pescado que funcionan en la parroquia Chanduy, provincia de Santa Elena. 2) Analizar el proceso de tratamiento y descarga de los residuos y desechos contaminantes por parte de las industrias de procesamiento de pescado. 3) Proponer acciones correctivas compatibles con el medio ambiente. Empleó como metodología (pp. 73-92), una encuesta, basada en nueve preguntas, que fueron

diseñadas y expuestas de manera directa a los pobladores, la población se calculó en 500 personas. Las conclusiones de la investigación (pp. 107-108) fueron: 1) el 95,60 % consideran que las fábricas asentadas en el puerto de Chanduy son nocivas para el medio ambiente, y debido que a los efluentes que las industrias de harina de pescado arrojan sus efluentes a la playa, hace que en la arena queden residuos que emanan malos olores, por lo que han sido un aporte negativo a la calidad ambiental. 2) 77,40 % considera que los dueños de las industrias incumplen con la normativa ambiental propuestas por los entes reguladores y que los gobiernos sectoriales no han realizado las acciones necesarias para disminuir las acciones contaminantes.

- Monterroso (2011), preocupado por el incremento de centros artesanales que operan de manera informal a las afueras de la ciudad, y que, la mayoría de estos centros carecen de un sistema de tratamiento de efluentes y su vertido es dirigido al relleno sanitario o a pozas de decantación, los cuales generan malos olores, modificaciones a las características del suelo y daños al medio ambiente (p.5), en este sentido, realiza una investigación denominada: *Estudio de los efluentes del procesamiento de papa en Piura y su potencial uso como fertilizante*, la presentó como tesis, permitiéndole

obtener el título profesional de Ingeniero Industrial y de Sistemas; la realizó en la ciudad de Piura, Perú. El objetivo general (p.10) fue, evaluar los efluentes del procesamiento de papa y su potencial uso como fertilizante. Los objetivos específicos (p.11) fueron: 1) Determinar si los efluentes de harina producen contaminación ambiental. 2) realizar los análisis físico-químicos de los efluentes de papa. 3) evaluar la producción de biogás a partir de los efluentes del procesamiento de papa. Empleó la siguiente secuencia metodológica (pp. 95-107), recolección de efluentes, análisis físico-químico de los efluentes de papa, obtención de biogás. Las conclusiones de la investigación (p.127) fueron: 1) El vertido de los efluentes de harina provoca contaminación ambiental a diversos cuerpos receptores de suelos y agua. 2) Los análisis físico-químicos de los efluentes de papa muestran valores altos de materia orgánica, microbiana, de cloruros particularmente de sodio y de varios metales pesados. 3) Utilizando los efluentes del procesamiento de papa, fuentes de materia orgánica y de inóculos, se obtuvieron volúmenes significativos de biogás.

- Alva (2009), interesado en mejorar la recuperación de las grasas de la materia prima, y una adecuada programación en la recuperación de sólidos grasos en el agua de bombeo

(p.4), realiza una investigación, denominada: *Calidad de recepción de materia prima y aumento de eficiencia en recuperación de aceite a partir del agua de bombeo en una planta pesquera*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Ingeniero Mecánico; la realizó en la ciudad de Lima, Perú. El objetivo general (p.4) fue, determinar el procedimiento de recepción de materia prima que permita una mejora en la eficiencia en la recuperación de aceite a partir del agua de bombeo en una planta pesquera. Los objetivos específicos (p.5) fueron: 1) Determinar el equipo más adecuado para la elaboración de la harina de pescado. 2) Determinar el equipo más adecuado para la recuperación de sólidos y grasas. Empleó la siguiente secuencia metodológica (pp. 6-56), determinar el sistema de bombeo y recepción en empresas pesqueras en el Perú, definir el sistema de recuperación de aceite, establecer los factores que afectan la calidad de la materia prima, y, comprobar el tratamiento del agua de bombeo por parte de las empresas pesqueras. Las conclusiones de la investigación (p.92) fueron: 1) El equipo Absorbente con Bomba de Cavidad Progresiva es el más adecuado debido a que nos ofrece un transporte de pescado con una menor proporción de agua, así como también un menor destrozo en comparación con bombas centrifugas tradicionales de

descarga. 2) El equipo más adecuado para la recuperación de sólidos y grasas a partir de los efluentes marinos considerados para el adecuado transporte de la materia prima el sistema de recuperación de aceite más adecuado es el conformado por Una Trampa de Grasa y un Sistema Kroftación del Medio Ambiente de Pesquería.

- Montalvo (2009), interesado por la actividad industrial de procesado de los productos de pesca, especialmente de crustáceos (langostino, camarón, entre otros y cefalópodos (p.7), en tal sentido, realiza una investigación, denominada: *Aplicaciones farmacéuticas del quitosano*, la presentó como tesis, permitiéndoles obtener el título profesional de Licenciada en Química; la realizó en la ciudad de Lima, Perú. El objetivo general (p.10) fue, determinar las aplicaciones del quitosano, basadas en sus propiedades químicas y físicas. Empleó como metodología (pp. 10-15), en primer lugar, el aislamiento de quitina mediante tres operaciones básicas, a) acondicionamiento de la materia prima, b) desmineralización, y, c) desproteización, d) decoloración; en segundo lugar, caracterización del quitosano, mediante, método espectrofotómetro IR, b) grado de acetilación/desacetilación, c) análisis térmico, y, d) espectrometría de masas. Las conclusiones de la

investigación (p.69) fueron: 1) [El quitosano] posee una gran versatilidad debido a sus características químicas y físicas que le permiten ser transformados en membranas, fibras, películas, micro o nanopartículas e hidrogeles, que le permiten su aplicación dentro de los campos de liberación de fármacos, debido tanto a sus propiedades mecánicas como a su baja tasa de biodegradación. 2) El uso del quitosano representa un camino para la utilización de desechos industriales.

- Villarán (2007), en el área de la ingeniería y tecnología de alimentos, interesado sobre las películas comestibles o recubrimientos para proteger a los alimentos perecibles de su deterioro natural y de ciertas pérdidas importantes de la calidad que puedan ser provocadas por el medio ambiente durante el período de almacenamiento de estos (p.12), en ese sentido, realiza una investigación, denominada: *Elaboración y caracterización de films comestibles basadas en mezclas entre proteínas de quínoa y quitosano*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Ingeniero en Alimentos; la realizó en la ciudad de Santiago, Chile. El objetivo general (p.22) fue, elaborar y caracterizar películas comestibles biodegradables en base a mezcla proteínas de quínoa (EAP) y quitosano (Qo) y

determinar las condiciones óptimas para la fabricación de ésta. Los objetivos específicos (p.22) fueron: 1) Determinar las condiciones en las que se utilizarán las proteínas de quínoa para la elaboración de *films* en mezclas con Q_o.2) Determinar la relación óptima entre las proteínas de quínoa y quitosano (Q_o) para la elaboración de películas comestibles: en esta etapa se determinarán preliminarmente las propiedades mecánicas (Alargamiento Porcentual (A%) y Esfuerzo de Tracción en la Ruptura (ETR Nmm⁻²). 3) Caracterizar los *films*, evaluando las propiedades mecánicas, de permeabilidad al vapor de agua y O₂ y de algunos parámetros fisicoquímicos en el *film* de mezcla seleccionado luego de los estudios preliminares y compararlos con las propiedades que presentan los *films* elaborados sólo en base a quitosano.4) Construir y comparar las curvas de secado tanto para el *film* de mezcla, como para el *film* de quitosano y construir y analizar por medio de modelos (BET [Brunauer, Emmett y Teller] y GAB [Guggenheim, Anderson y de Boer]) una isoterma de sorción del *film* de mezcla seleccionado. 5) Analizar la microestructura del *film* de mezcla por medio de microscopía electrónica de barrido. Empleó como metodología (pp. 26-39) lo siguiente, preparó la harina de quínoa, elaboró el Extracto Acuoso Proteico de Quínoa (EAP), preparó la

solución de quitosano, preparó los films de quitosano, obtención de la cura de secado de los films, y, modelación de la isoterma de sorción. Las conclusiones de la investigación (p.62) fueron: 1) se comprobó la presencia de proteínas de quínoa que potencia las propiedades de los films, 2) las propiedades de barrera al vapor de agua (TVA) resultaron significativamente mejor en mezclas de P-Q_o que sólo Q_o, lo cual tiene directa relación con la interacción del agua con las moléculas de proteínas, por lo que el film de mezcla obtuvo valores menores de TVA en comparación a los films de Q_o. 3) la microestructura del film de mezcla demostró ser homogénea y de baja porosidad.

- Espinoza (2007), conector que la ciencia de los biomateriales ha tenido un ascendente desarrollo, y que esto es factible gracias a la disponibilidad de materiales metálicos, cerámicos, composites y poliméricos, que permitan la fabricación de biomateriales avanzados para tejidos duros como blandos, bioestables (p.12), se interesa en desarrollar aplicaciones del quitosano, a partir de la producción del quitosano, en ese sentido, realiza una investigación, denominada: *Propiedades físicas y biológicas de dos tipos de esponjas de quitosano, para su aplicación como biomaterial*, la presentó como tesis, permitiéndole

obtener el título profesional de cirujano dentista; la realizó en la ciudad de Lima, Perú. El objetivo general (p.41) fue, caracterizar las propiedades físicas y biológicas de las esponjas de quitosano/TCP [fosfato tricálcico] y esponja de quitosano/TCP [fosfato tricálcico] entrecruzada con tripolifosfato para su aplicación como biomaterial. Los objetivos específicos (p.42) fueron: 1) Diseñar el procedimiento para la obtención de esponjas de quitosano/TCP. 2) Determinar y comparar la resistencia de las esponjas de quitosano/TCP entrecruzada con tripolifosfato de calcio. 3) Determinar y comparar el grado hinchamiento de las esponjas de quitosano/TCP y quitosano/TCP entrecruzada con tripolifostado de calcio mediante el método gravimétrico. 4) Evaluar y comparar la porosidad y el tamaño de poro de las esponjas de quitosano/TCP y quitosano/TCP entrecruzada con tripolifosfato de calcio mediante microscopía electrónica de barrido (SEM). Emplearon como metodología (pp. 32-53) los siguientes pasos: preparación de las esponjas de quitosano, neutralización de las esponjas, preparación de hidrogeles, preparación de muestras de ensayo, y, evaluación de las esponjas. Las conclusiones de la investigación (p.65) fueron: 1) Es importante neutralizar las esponjas de quitosano/TCP hasta llevarlo a un pH que pueda ser tolerado y donde

material no pierda su potencial de acción. 2) Las propiedades mecánicas demostraron que ambas esponjas de quitosano/TCP están consideradas dentro de la clasificación de materiales blandos, por lo tanto, estas esponjas van a poder ser manipuladas. 3) La porosidad y el tamaño de poro demostraron ser efectivas al momento de servir como un sistema de andamiaje para la proliferación celular y la neo formación de vasos sanguíneos. 4) El hinchamiento que presentaron los materiales permite afirmar que poseen una buena perfusión, necesarios para la proliferación y nutrición celular.

- Baltodano y Yaipén, (2006), interesados en la gran variabilidad de fuentes de materias primas de caparzones de crustáceos y método de obtención de quitina, era oportuno, indagar para obtener productos de interés comercial y tecnología transferible a los sectores productivos del país (p.13), en ese sentido, llevan a cabo una investigación, denominada: *Obtención, caracterización y diseño de una forma farmacéutica semisólida (ungüento) a base de quitosano con efecto cicatrizante*, la presentaron como tesis, permitiéndoles obtener el título profesional de Químico Farmacéutico; la realizaron en la ciudad de Lima, Perú. El objetivo general (p.71) fue, obtener y caracterizar el

quitosano a partir de la quitina y diseñar una forma farmacéutica semisólida (ungüento), de aplicación tópica con efecto cicatrizante. Los objetivos específicos (p.71) fueron: 1) Obtener quitosano a partir de la quitina. 2) Caracterizar la quitina y quitosano. 3) Determinar el grado de desacetilación del quitosano. 4) Comprobar el efecto cicatrizante de quitosano bajo una forma farmacéutica. Emplearon como metodología (pp. 33-40), las siguientes etapas: recolección de caparazones de cangrejos, aislamiento de la quitina, obtención del quitosano, caracterización de quitina y quitosano, formulación del ungüento, y, test de cicatrización. Las conclusiones de la investigación (p.63) fueron: 1) La caracterización de la quitina, aislada de los caparazones del *cangrejo peludo*, *Cancer cetosus*, y el quitosano, obtenido por desacetilación química de la quitina, cumplen con las propiedades fisicoquímicas, de solubilidad, grado de desacetilación y espectroscopia IR. 2) El método de obtención de quitosano permitió obtener un producto altamente desacetilado. 3) Se comprobó que el quitosano bajo la forma farmacéutica semisólida (ungüento) presenta actividad terapéutica como cicatrizante externo.

- Valenzuela (2006), interesado en el aprovechamiento de las plumas de pota, para obtener quitina y posteriormente

quitosano (p.2), en ese sentido, realiza una investigación, denominada: *Obtención de quitosano de pota (Dositicus gigas) empleando altas dosis de radiación gamma*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Químico; la realizó en la ciudad de Lima, Perú. Los objetivos generales (p.4) fueron: 1) Obtención y caracterización del quitosano, a partir de pota, empleando el método tradicional. 2) Obtención y caracterización del quitosano a partir de pota, empleando el método de radiación gamma. 3) obtención y caracterización los hidrogeles de quitosano PVA, empleando el método de radiación gamma. Los objetivos específicos (p.4) fueron: 1) Evaluar las propiedades del quitosano obtenido por radiación gamma. 2) Evaluar las propiedades del quitosano en función de la dosis de irradiación. 3) Establecer un método estándar para obtener quitosano en el menor tiempo posible y manteniendo las características adecuadas. 4) Establecer los parámetros que determinan el grado de hinchamiento, así como, los factores que determinan la formación y estabilidad de los hidrogeles. Empleó la siguiente metodología (pp. 64-75), obtención del quitosano a partir de pota, empleando el método tradicional, mediante hidróxido de sodio, obtención del quitosano a partir de pota, empleando la radiación gamma, Las conclusiones de la

investigación (p.107) fueron: 1) Se obtuvo β -quitina, empleando plumas de pota *Dosidicus gigas*. 2) Se ha obtenido quitosano de pota *Dosidicus gigas* por el método convencional, el cual presenta menor solubilidad, mayor hinchamiento, mayor peso molecular y mayor grado de desacetilación que el estándar de quitosano obtenido a partir del caparazón de cangrejos. 3) Empleando radiación gamma se ha logrado disminuir hasta en 5 veces menos el tiempo de obtención de quitosano de pota *Dosidicus gigas*.

- Paredes (2005), preocupado por los aspectos relativos a la calidad de vida, medio ambiente y sistemas ecológicos, así como, la preservación del ambiente marino y la remediación de la contaminación ambiental (p.6), en ese sentido, realiza una investigación, denominada: *Impactos ambientales y económicos generados por las plantas de tratamiento de agua de las fábricas de harina y aceite de pescado del Perú en el ambiente marino*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el grado de Maestro en Ciencias con mención en Gestión Ambiental; la realizó en la ciudad de Trujillo, Perú. El objetivo general (p.10) determinar los impactos ambientales negativos generados por las plantas de tratamiento de agua de las fábricas de harina y aceite de pescado. Los objetivos específicos (p.11) fueron: 1) Cuantificar la cantidad de agua

de cola, en el período de estudio. 2) Cuantificar la cantidad de DBO₅ y DQO referenciados al agua de cola. Empleó la siguiente secuencia metodológica (pp. 20-999), ubicación de las plantas productoras de harina de pescado, determinación de la producción de harina de pescado, cálculo de la generación del agua de cola en la industria harinera de pescado, evaluación del impacto ambiental, mediante la identificación de impactos, evaluación de impactos y mapa de impactos, según la Matriz de Leopold. Las conclusiones de la investigación (p.59) fueron: 1) Se determinaron 207 impactos de naturaleza negativos, de magnitud críticos y muy significativos, referentes a los vertimientos de agua de cola, de sustancias químicas para limpieza y la operatividad y mantenimiento, 2) Se cuantificó en 185 887.271 TMB de agua de cola, en el período de estudio. 3) Se cuantificó en 5 005.914,05 TMB de DBO₅ y en 5 144.660,48 TMB de DQO referenciados al agua de cola.

- Fuentealba (2004), preocupado porque de los procesos de elaboración en la industria salmonera de Chile, se generan un gran porcentaje de material que constituye desechos o residuos sólidos orgánicos (p.5), y con la finalidad, de poder aprovecharlos, para la obtención de productos con valor comercial ya sea para consumo humano o animal, realiza

una investigación denominada: *Estudio de alternativas de elaboración de productos con mayor valor comercial a partir de desechos sólidos de la industria salmonera de la décima región*, la presentó como tesis, permitiéndole obtener el título profesional de Licenciado en Ingeniería de Alimentos; la realizó en la ciudad de Valdivia, Chile. El objetivo general (p.6) fue, buscar alternativas para los desechos generados en plantas de proceso de la industria salmonera de manera de contribuir a la valorización de estas materias primas que constituyen una excelente fuente proteica. Los objetivos específicos (p.6) fueron: 1) Contribuir a la valorización de los desechos de la industria salmonera de la décima región. 2) Identificar y caracterizar los desechos sólidos orgánicos generados por la industria salmonera, su destino y utilización. 3) Cuantificar los desechos generados en plantas de proceso de la décima región. Empleó la siguiente secuencia metodológica (pp. 39-41), se determinó la población de estudio para las plantas procesadoras de salmón, se estimó el rendimiento de las especies involucradas en las distintas etapas de su procesamiento, se identificaron y caracterizaron los desechos sólidos generados por la industria salmonera, se evaluó el rendimiento del sistema producto para cuantificar la cantidad de desechos sólidos del proceso productivo. Las

conclusiones de la investigación (p.110) fueron: 1) Los principales desechos se generan de las líneas sin vísceras y sin cabeza (HG), filete, porciones y corresponden a: cabezas, vísceras, esquelones (espina dorsal y espinas cavidad ventral), piel y recortes de salmón, los que finalmente terminan en plantas de harina de salmón. 2) Por cada 1,098 toneladas exportadas de productos de salmón del Atlántico, se genera 1 tonelada de residuos sólidos. 3) Es factible utilizar los desechos sólidos orgánicos de la industria salmonera que actualmente sirven de input para la industria reductora de harina de salmón, debido a que su producción continua permite disponer de una fuente de materia prima durante todo el año, lo que sustentaría a una industria colateral. 4) La piel del salmón es un desecho potencial para la elaboración de cueros exóticos. 5) Para la transformación de desechos sólidos orgánicos en productos de mayor valor comercial, se deben diversificar y desarrollar nuevos mercados.

- Calvo P.; C. Remuñán-López.; L. Vila-Jato y M.J. Alonso (1997).). *Novel Hydrophilic Chitosan- Polyethylene Oxide Nanoparticles Protein Carriers*. Los portadores de nanopartículas hidrofílicas tienen importantes aplicaciones potenciales para la administración de moléculas terapéuticas. Los portadores hidrofóbicos-hidrofílicos

recientemente desarrollados requieren el uso de solventes orgánicos para su preparación y tienen una capacidad limitada de carga de proteínas. Para abordar estas limitaciones, se presenta un nuevo enfoque para la preparación de nanopartículas hechas únicamente de polímeros hidrófilos. La técnica de preparación, basada en un proceso de gelificación iónica, es extremadamente suave e involucra la mezcla de dos fases acuosas a temperatura ambiente. Una fase contiene el polisacárido quitosano (CS) y un copolímero dibloque de óxido de etileno y óxido de propileno (PEO - PPO) y, la otra, contiene el polianión tripolifosfato de sodio (TPP). El tamaño (200–1000 nm) y el potencial zeta (entre +20 mV y +60 mV) de nanopartículas se pueden modular convenientemente variando la relación CS / PEO-PPO. Además, utilizando albúmina de suero bovino (BSA) como proteína modelo, se demostró que estas nuevas nanopartículas tienen una gran capacidad de carga de proteínas (eficiencia de atrapamiento de hasta el 80% de la proteína) y proporcionan una liberación continua de la proteína atrapada por hasta 1 semana.

1.5. Justificación de la investigación

- **Teórica.**

El desarrollo de la presente investigación permite demostrar la utilización de las propiedades físico-químicas del biopolímero quitosano, el cual permita la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de inyectivo alimenticio.

• **Práctica.**

El desarrollo de la presente investigación permite demostrar que se pueden remover sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de inyectivo alimenticio.

• **Metodológica.**

El desarrollo de la presente investigación, permite demostrar que se puede aplicar el protocolo de la prueba de las jarras, para poder determinar la cantidad apropiada del biopolímero quitosano, para emplearlo como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de inyectivo alimenticio.

- **Ambiental.**

El desarrollo de la presente investigación permite demostrar que la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, logra que el efluente final, mejore en sus parámetros físico-químicos, pudiendo, reutilizarse el agua final. Esta justificación ambiental, se enuncia como recomendación, al final de la presente investigación.

1.6. Limitaciones de la investigación

- **Limitación en el horario para el trabajo de campo.**

La industria harinera, tiene un especial horario de trabajo en nuestro país, funciona mientras no se encuentre en *temporada de veda*, es decir, tiene una producción estacionaria. Este inconveniente, se pudo superar, en la medida, de que se redoblaron esfuerzos en la temporada de producción.

Como consecuencia de la limitación indicada en el párrafo anterior, existió limitaciones para la obtención de la muestra (sanguaza) porque sólo se obtiene cuando hay producción

de harina de pescado o conservas del mismo, siempre y cuando el recurso marino “anchoveta” (*Engraulis ringens*), esté en época de captura que es regulado por el Ministerio de la Producción (PRODUCE), de acuerdo a la Ley de Pesca, porque dispone de periodos de veda o suspensión de actividades extractivas de determinada pesquería en el dominio marítimo peruano.

- **Limitación económica en el trabajo de laboratorio.**

La determinación de los valores de la composición proximal, antes, y después, de proceso de remoción de sólidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, se vio dificultado por el costo de los análisis físicos y químicos de las muestras a investigar, cabe indicar, que fue un proceso repetitivo, para no inducir al error, si sólo se realizaba una sola prueba. Este inconveniente, se pudo superar, con la presencia de una ONG dedicada a la investigación y desarrollo, que actuó como oferente para culminar la presente investigación, dejando constancia expresa que prefería el anonimato por su contribución. Gracias por ello.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo general.

Emplear el biopolímero quitosano para remover sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, con la finalidad de obtener un incipiente alimenticio.

1.7.2. Objetivos específicos.

Asimismo, los objetivos específicos establecidos fueron:

1. Establecer la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.
2. Determinar la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.
3. Evaluar el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del

proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola, de la industria harinera de pescado.

1.8. Hipótesis

1.8.1. Hipótesis general.

El biopolímero quitosano permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la obtener un incipiente alimenticio.

1.8.2. Hipótesis específicas.

- 1.** Se establece la dosis apropiada de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.
- 2.** Se establece la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

3. Se establece el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

CAPÍTULO II

Marco teórico

2.1. Base conceptual

- **Polímeros y biopolímeros.**

- ***Polímeros.***

- **Definición de polímero.**

Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes. El término macromolécula significa molécula muy grande. *Polímero* y *macromolécula* son

términos que suelen utilizarse indistintamente, aunque estrictamente hablando no son equivalentes, ya que las macromoléculas, en principio, no requieren estar formadas por unidades de repetición (Beltrán y Marcilla, 2012, p.14).

La unión de todas estas pequeñas moléculas, dan lugar a una estructura de constitución repetitiva en el polímero y la unidad que se repite regularmente a lo largo de toda la molécula, se conoce con el nombre de Unidad Constitucional Repetitiva (UCR) o unidad monomérica. La longitud de la cadena del polímero viene determinada por el número de UCR que se repiten en la cadena. Esto se llama grado de polimerización (X), y su peso molecular viene dado por el peso de la unidad constitucional repetitiva multiplicado por el grado de polimerización (López, 2006, p.6).

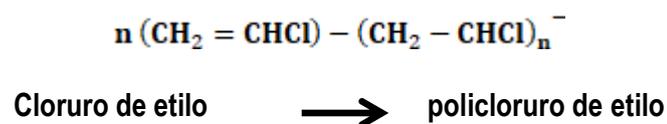
- **Reacciones de polimerización.**

Las moléculas que se combinan para formar los polímeros se denominan monómeros y las reacciones a través de las cuales estos se obtienen y se conocen como reacciones de polimerización. Cuando se parte de un único tipo de molécula se habla de homopolimerización y de homopolímero [es un polímero constituido por la repetición de un único monómero]. Cuando son dos o más moléculas diferentes las que se repiten en la cadena, se habla de copolimerización, comonómeros [es un monómero que se mezcla con otro monómero diferente, en una reacción de polimerización] y copolímero [es una macromolécula compuesta por dos o más monómeros o unidades repetitivas distintas, que se pueden unir de diferentes formas por medio de enlaces

químicos] (Beltrán y Marcilla, 2012, p.14).

Las reacciones de polimerización se suelen dividir en dos grandes grupos: de adición y de condensación:

- **Polímeros de adición**, la unidad estructural de repetición tiene la misma composición que la del monómero de partida. El grupo más importante de polímero de adición corresponde a los formados a partir de monómeros que contienen un doble enlace carbono-carbono, como es el caso, por ejemplo, de la polimerización del policloruro de vinilo (PVC) (Beltrán y Marcilla, 2012, p.15).



sintéticos (Beltrán y Marcilla, 2012, p.14).

- Los polímeros sintéticos contienen normalmente entre uno y tres tipos diferentes de unidades que se repiten. Los polímeros sintéticos tienen, hoy por hoy, mayor interés desde el punto de vista comercial.
- Los polímeros naturales o biopolímeros (como la celulosa, el ADN o las proteínas) presentan estructuras mucho más complejas.

- **Propiedades mecánicas de los polímeros.**

Las propiedades mecánicas de los polímeros son:

- **Resistencia**, existe varios tipos de resistencia (MPP, 2016, párr. 8-12):

- ✓ **Resistencia tensil**, cuando un polímero es capaz de soportar un estiramiento o estar bajo tensión.

- ✓ **Resistencia a la compresión**, cuando un polímero tendrá resistencia a la compresión, es decir, si soporta un peso encima de sí mismo.

- ✓ **Resistencia a la flexión**, cuando un polímero es capaz de soportar una flexión.

- ✓ **Resistencia a la torsión**, cuando un polímero es capaz de soportar una torsión.

✓ **Resistencia al impacto**, cuando un polímero es capaz de resistir un fuerte impacto al golpearlo.

- **Elongación a la ruptura**, también conocida como deformación a la ruptura, es la relación entre la variación de la longitud y la longitud inicial después de que falle el material en el ensayo de tracción (Ensinger, 2016, párr. 1).

- **Degradación de polímeros.**

Es la pérdida de la estructura molecular a través de reacciones químicas que dan lugar a la ruptura de enlaces primarios en el polímero. Cuando la degradación rompe enlaces de la cadena principal se puede llegar a la formación de especies moleculares

más pequeñas. Cuando la degradación conduce a la eliminación de monómeros se denomina despolimerización (González, 2007, p.74).

Frecuentemente el término degradación se utiliza sólo para las reacciones que conducen a la reducción del grado de polimerización, conservando básicamente la estructura química original. La pérdida de propiedades por efectos ambientales que modifican la estructura química o el grado de polimerización se denomina envejecimiento (González, 2007, p.75).

Mencionamos dos tipos de degradación:

- **Degradación mecánica**, las reacciones de ruptura de cadena se pueden dar por acciones mecánica bien

durante el procesado o el servicio del material (González, 2007, p.78).

- ***Degradación por radiación***

solar, la radiación ultravioleta es la parte de la radiación solar principal responsable de la iniciación de procesos degradativos de polímeros (González, 2007, p.78).

➤ ***Biopolímeros.***

- ***Origen y definición de biopolímero.***

Los biopolímeros pertenecen a la categoría de los denominados materiales de base biológica, es decir, materiales orgánicos en los que el carbono se excluye de los recursos biológicos renovables. Más específicamente, biopolímero significa un material polimérico extraído directa

o indirectamente a partir de biomasa. Estos materiales no son necesariamente comestibles, ni necesariamente completamente biodegradables de acuerdo con las definiciones oficiales, pero su principal ventaja consiste en la facilidad con la que pueden eliminarse (compostable) y en el bajo impacto ambiental relacionado con el no agotamiento de los recursos energéticos no renovables (Piergiovanni y Limbo, 2010, p.240).

La quitina es el segundo polisacárido natural más abundante. Las principales fuentes de este biopolímero son las microfibrillas en el exoesqueleto de muchos crustáceos. La quitina mediante un proceso de desacetilación química o enzimática se convierte en quitosano (Avérous y Poller, 2012, en, Arias y Méndez, 2014, p.3).

- **Fuentes de los biopolímeros.**

Los biopolímeros naturales provienen de cuatro fuentes (Agrowaste, 2016, p.2):

- origen animal (colágeno/gelatina),
- origen marino (quitina/quitosan),
- origen agrícola (lípidos y grasas e hidrocoloides: proteínas y polisacáridos), y
- origen microbiano (ácido poliláctico (PLA) y polihidroxialcanoatos (PHA)).

Por sus altas tasas de biodegradabilidad y sus excelentes propiedades físico-mecánicas los PHA y los PLA han resultado ser los de más amplia aplicación en la actualidad.

El PLA (poliácido láctico, es un polímero sintético termoplástico de la familia de los alfa-hidroxiácidos o poliésteres alifáticos derivado al 100 %

de materias primas renovables, que se producen a partir del ácido láctico (Valero et al., 2013, p.6).

El PHA (polihidroxialcanoato), es un poliéster sintetizado por ciertas bacterias que los acumulan como reservas de carbono y energía, en forma de gránulos intracitoplasmáticos, Constituidos por unidades repetitivas de diversos hidroxiacidos o mezclas de ellos (Valero et al., 2013, p.6).

- **Propiedades de los biopolímeros.**

Los biopolímeros tienen propiedades fisicoquímicas y termoplásticas iguales a las de los polímeros fabricados a partir de petróleo, con la diferencia que una vez desechados, se biodegradan. De aquí se derivan las grandes ventajas de sustituir el uso de petróleo y de reemplazar los polímeros actuales por polímeros biodegradables, lo que

disminuiría notablemente la contaminación del medio ambiente (Martínez, 2008, p.7).

- **Usos de los biopolímeros.**

Los biopolímeros son polímeros que pueden ser producidos por diferentes sistemas biológicos, tales como microorganismos, vegetales, animales, animales marinos, o sintetizados químicamente a partir de desechos biológicos o subproductos de actividades industriales agrícolas (azúcar, almidón, grasas, aceites, proteínas, etc.) (Villalobos, 2015, párr. 6).

Ellos pueden ser utilizados como aditivos para alimentos, como emulsionantes, estabilizantes. En la industria de envases, estos materiales pueden ser utilizados para desarrollar bioplásticos que permitan diseñar

envases biodegradables, con un bajo impacto medioambiental. Otras aplicaciones incluyen el desarrollo de recubrimientos y películas comestibles, como también la fabricación de micro y nanocápsulas y nanofibras que puedan contener compuestos activos para su uso en alimentos funcionales (Villalobos, 2015, párr. 7).

- **Ventajas e inconvenientes de los biopolímeros.**

- Ventajas (Agrowaste, 2016, p.4):
 - ✓ Bajas emisiones de CO en el proceso de producción.
 - ✓ Producto biodegradable.
 - ✓ Poca inversión por parte de las empresas (mínimas modificaciones en

maquinaria de
procesado).

- Desventajas (Agrowaste, 2016, p.4):

- ✓ Uso limitado debido al costo de producción.
- ✓ Sensible a degradación térmica.
- ✓ No son estables frente al agua.

- **Quitosano.**

- ***Biopolímero quitosano.***

El quitosano, el derivado desacetilado de la quitina, es un biopolímero versátil para amplia gama de aplicaciones de alimentos. Está presente en el exoesqueleto de artrópodos como insectos, cangrejos, gambas, langosta y ciertas paredes de células fúngicas. Las características del quitosano, como su sabor suave, su

indigestibilidad, su biodegradabilidad y su no toxicidad, lo convierten en una excelente opción como componente de aditivos alimentarios (Chhabra, 2004, p.68).

Por su amplia distribución en la naturaleza la quitina es el segundo polisacárido en abundancia, después de la celulosa. Fue descubierta por Braconnot en 1811 cuando estudiaba las sustancias derivadas del Agáriscos Volváceas y otros hongos. Posteriormente Odier, en un artículo sobre insectos reporto que había encontrado en algunos insectos la misma sustancia que forma la estructura de las plantas, llamándola “quitina” (del griego tunic, envoltura). Payen, en 1943, inició una controversia que duró más de cien años sobre las diferencias entre la quitina y la celulosa, en parte porque se pensaba que la presencia de nitrógeno reportada en algunas investigaciones se debía a residuos de proteínas que no podían ser completamente eliminados de las muestras (Cconislla, 2017, p.15).

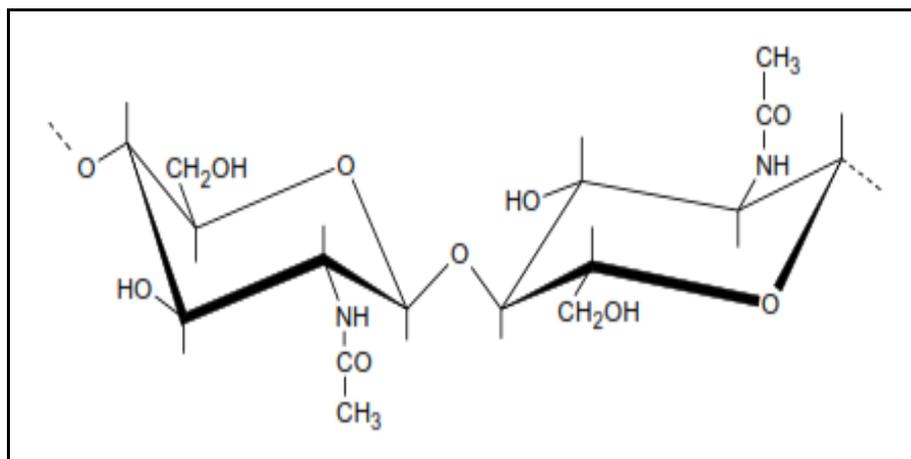


Figura 1. Unidad repetitiva de la quitina.

Fuente: Cortesía de Cconislla, 2017.

En los últimos años, el quitosano, se ha convertido en el aditivo de alimentos de origen biológico preferido, debido a sus propiedades antimicrobianas y a su capacidad de formar películas. Las películas elaboradas con quitosano tiene propiedades ópticas, mecánicas y de barrera al oxígeno superiores a las películas de otros polisacáridos, más no en términos de barrera al vapor de agua. Aun así, se han aplicado películas de quitosano en muchos productos, principalmente, frutas y hortalizas, tales como, fresas, pimientos, pepinos, manzanas, peras, duraznos y ciruelas (Avérous y Poller, 2012, en, Cruz et al., 2013, p.3).

➤ **Obtención del quitosano.**

La obtención del quitosano, ya se conocía de tiempo atrás. Los humanos hemos aprendido a través de las edades a explotar los recursos de la naturaleza de muchas maneras y, desde tiempos inmemoriales, hemos reconocido la riqueza y el potencial del mar. Los mariscos han servido como energía y nutrientes para los humanos durante siglos, y se han convertido en un manjar elogiado por muchos gastrónomos. Además de su uso como fuentes de energía y nutrientes, los mariscos han demostrado ser excelentes fuentes de bioquímicos de uso, como la quitina, un biopolímero natural con propiedades únicas (Gagné, 1993, p.18).

El nombre sistemático de la quitina es β (1-4)-2-acetamido-2-desoxi-D-glucosa. Se encuentra principalmente en las conchas de crustáceos y formando parte del exoesqueleto de los insectos, así como también de las paredes celulares de muchos hongos, levaduras y algas. La quitina es completamente soluble en agua o en medio ácido.

Su estructura es la siguiente (Cconislla, 2017, p.15).



Figura 2. Quitosano.

Fuente: Cortesía de Lampazzi, 2017.

➤ **Caracterización del quitosano.**

Tanto la composición de las cadenas del quitosano, como sus dimensiones, suelen variar en dependencia del material de partida y de la rigurosidad del método de obtención. Por este motivo, el grado de desacetilación y la masa molecular son dos parámetros de obligatorio conocimiento para caracterizar una muestra de este polisacárido, ya que ambos tienen una gran

incidencia en sus propiedades. Otras características, tales como la polidispersidad de la masa molecular, el contenido de humedad, la solubilidad y el porcentaje de cenizas son también de obligado conocimiento (Valenzuela, 2006, p.33).

La caracterización fisicoquímica tanto de la quitina como del quitosano comprende la descripción del material de partida, el grado de desacetilación, peso molecular, solvente y propiedades de la solución. Tanto la quitina como el quitosano se degradan antes de llegar a su punto de fusión. Esto es característico de carbohidratos con múltiples enlaces de hidrógeno. Los solventes que le confieren funcionalidad son distintos y depende de muchos factores como: concentración del polímero, pH de la solución, concentración del contra-ion y efecto de la temperatura en la viscosidad de la solución. Hasta el momento no están disponibles datos comparativos entre solventes. Como regla general, la máxima cantidad de polímero se disuelve en una solución homogénea, posteriormente el polímero se

regenera en la forma requerida (fibras, polvo, etc.). El quitosano se disuelve en todos los ácidos minerales (Valenzuela, 2006, p.34).

➤ ***Biodegradación del quitosano.***

La quitina y el quitosano son moléculas totalmente ausentes en mamíferos, se degradan y reabsorben *in vivo*. Esta característica y otras, como su biocompatibilidad y versatilidad, los hacen polímeros muy atractivos para aplicaciones biomédicas. Esta degradación se debe principalmente a la susceptibilidad de ser hidrolizado enzimáticamente por la lisozima, una enzima proteolítica no específica presente en todos los tejidos del cuerpo humano, aunque también parece haber evidencias de la actividad hidrolítica de otras enzimas proteolíticas como pepsina [enzima que segregan algunas glándulas del estómago de los vertebrados y que interviene en la digestión de las proteínas], papaína [enzima que se halla en el fruto y las hojas del papayo, que se obtiene a partir del látex y se emplea para facilitar la digestión y desinfectar heridas] o

pancreatina [es una mezcla de las enzimas digestivas que se encuentran de forma natural en los intestinos] (Espinoza, 2007, p.30).

La degradación de estos polímeros vía lisozima depende del grado de desacetilación. El quitosano totalmente desacetilado no es sensible a la acción de esta enzima, mientras que la quitina o quitosanos parcialmente desacetilado, si lo son (Espinoza, 2007, p.30).

➤ ***Aplicaciones del quitosano.***

Aplicaciones del quitosano a nivel comercial, es un compuesto de gran interés, ya que son obtenidos de fuentes naturales, son biocompatibles, biodegradables y no tóxicos en comparación con los materiales sintéticos (Juárez, 2012, en, Tafur y Quevedo, 2012).

Sus primeras aplicaciones fueron en tratamiento de aguas y efluentes, debido a su capacidad de secuestrar iones metálicos de transición y postransición, que resultan útiles en la

descontaminación de aguas residuales industriales, además funciona como floculante debido a su carácter policatiónico; por tal motivo, se utiliza con este fin en diversas industrias. Además, la reactividad que le confieren sus grupos amino e hidróxilos (NH₂ y H) permiten la preparación de derivados que amplían grandemente su campo de acción (Carballo y Martínez, 2010, en, Tafur y Quevedo, 2012).

El quitosano debido a sus propiedades físico-químicas, funcionales y biológicas, tiene una gran variedad de aplicaciones que abarcan campos tan diferentes como la medicina, la farmacia, la agricultura, la alimentación y el sector textil entre otros (Baltodano y Yaipén, 2006, p.20):

Tabla 1. *Aplicaciones del quitosano.*

Áreas	Aplicaciones
Tratamiento de agua	Removedor de iones metálicos.
	Quelantes de metales de transición y contaminantes ambientales.
	Floculantes, coagulantes y precipitantes de proteínas, aminoácidos, tintes, colorantes, algas, aceites, metales radioactivos, partículas en suspensión y pesticidas.
Industria alimentaria	Aditivos en los alimentos.
	Espesantes, gelatificantes y emulsionantes.
	Mejora de textura.
	Estabilizantes del color.

	Agentes que previene la precipitación del vinagre.
	Aditivos con características nutricionales.
	Aditivos para la alimentación animal.
	Envoltura y recubrimiento protector de alimentos.
	Retrasa el envejecimiento.
	Disminuye la oxidación.
	Disminuye las pérdidas por transpiración.
	Protege frente al ataque de hongos.
Procesos industriales	Agente purificador de azúcar.
	Clarificador en industrias de bebidas.
	Coagulación del queso.
	Retardador del oscurecimiento enzimático de manzana y pera.
Medicina	Propiedades antimicrobianas.
	Capacidad de retención de humedad.
biotecnología	Inmovilización de enzimas.
	Separación de proteínas.
	Inmovilizador celular.
	Reacción de aldehídos.
	Captación de células y enzimas.
Agricultura	Bioestimulante de plantas en tratamientos de semillas, raíces y hojas.
	En tratamientos post cosecha de frutas y verduras con el fin de aumentar su conservación.
	Recubrimiento de semilla.
	Conservación de frutas.
	Protección frente a plagas y hongos, virucida.
	Estimulante del crecimiento.
Cosméticos	Propiedades humectantes.
	Propiedades abrasivas.
Industria papelera	Elaboración de papeles.
	Aumenta el rendimiento de la pulpa.
	La capacidad de retención de agua.

Nota. Fuente: Baltodano y Yaipén, 2006.

El quitosán, los alginatos [polisacárido aniónico distribuido ampliamente en las paredes de las algas marinas pardas] y los taninos [sustancia

química natural que producen las plantas], además de tener la característica de ser inocuos, biodegradables y contar con un gran número de aplicaciones, tienen en común sus posibles usos como coagulantes y floculantes en aguas con residuos orgánicos e inorgánicos, y por ello se han empleado de manera amplia en el pretratamiento de las descargas de aguas residuales industriales; en envasado de alimentos (Roussy et al., 2005, en, Arias y Méndez, 2014, p.3).

- **Harina de pescado y agua de cola.**

- ***Harina de pescado.***

- **Definición de harina de pescado.**

Una definición sencilla de harina de pescado que da la FAO es que se trata de un producto sólido que se obtiene luego de remover casi la totalidad de agua y toda o casi todo el aceite de peces que se utiliza íntegramente o

deshechos de peces, usualmente especies pelágicas que se vende generalmente como polvo (Talledo, 2010, p.21).

La harina de pescado, es un polvo fino obtenido del cocinado, prensado, secado y molido de la materia prima (anchoveta). Es una fuente de alimentación rica con un alto contenido en proteínas, que es usada como ingrediente en la elaboración de alimentos balanceados para la avicultura, la acuicultura, la ganadería y animales de compañía. También se está realizando investigaciones para consumo humano (Estrada, 2012, p.16).

La harina de pescado se define como “Un producto procesado que tiene como materia prima peces o partes de ellos, de los cuales se han extraído parcialmente los aceites y al que le han

sido agregados los solubles de pescado” (Fenucci, 2007, en, Flores, 2012, p.24).

En otros tiempos, la harina de pescado era un subproducto de la producción de aceite de pescado y una forma de aprovechar los excedentes y el pescado pequeño, que no podían venderse para el consumo humano. A medida que empezó a reconocerse el valor de la harina de pescado, se fueron creando industrias pesqueras cuyo objetivo principal era la producción de harina de pescado. La producción industrial de harina de pescado exige una mano de obra sumamente especializada e instalaciones costosas (Reyes, 2014, p.18).



Figura 3. Harina de pescado.

Fuente: Cortesía de Meza, Universidad Católica de la Santísima Concepción, 2017.

- **Obtención de la harina de pescado.**

La harina de pescado es obtenida por el procesamiento (principalmente por cocción, prensado y secado) de las especies pelágicas tales como la anchoveta y/o sardina, ubicadas en su mayoría en el Océano Pacífico. Dada la riqueza del Mar del Perú el éxito pesquero empezó allá por la década de los años 1970 y fue tan importante el desarrollo del sector pesquero en el país, que llegó a convertirse en el primer productor de harina de pescado del mundo, este éxito trajo como

consecuencia que el recurso marino disminuya y el sector pesquero se sumerja en una vorágine de leyes, controles y creación de instituciones dedicadas a la investigación de la biomasa que con el transcurrir de los años hizo que la preservación y la sostenibilidad del recurso marino se mantenga; esto inclusive, a pesar de los fenómenos naturales que temporalmente se presentan, tales como El Fenómeno del Niño y que esporádicamente es circunstante a través de los años, el cual trae como efecto que la biomasa de recursos pelágicos se sumerja al fondo del mar, debido a las corrientes de aguas calientes que trae consigo (Farje, 2008, p.13).

Las principales especies pelágicas son (Farje, 2008, p.26):

- **Anchoveta**, especie que vive en la franja de aguas frías de la corriente peruana.
- **Sardina**, especie que vive sobre la plataforma continental, se acerca a la costa en época de reproducción y en invierno al talud continental.
- **Jurel**, llamado también chicharo y xurelo, de color azulado por su alto contenido de grasa.
- **Caballa**, pez de lomo azul verdoso que tiene vistosas rayas azules.
- **Proceso productivo de la harina de pescado.**

En el Perú, se han desarrollado dos tipos de tecnología para la obtención de la harina de pescado, diferenciados

fundamentalmente en el proceso de secado: directo e indirecto, la primera utiliza un sistema en el cual existe contacto entre la materia prima y el medio portador de energía térmica que son gases de combustión, este tipo de secado ya está siendo desplazado por las leyes peruanas debido a la excesiva contaminación del ambiente; la otra tecnología utiliza el sistema del tipo indirecto, la transferencia de calor se daba a través de superficies metálicas que pueden tener forma de tubos o discos (Estrada, 2012, p.16).

La elaboración de harina de pescado, consiste en reducir la humedad y grasa de la materia prima (pescado). Las etapas principales del proceso son: el cocinado, prensado, secado, molienda y ensaque (Estrada, 2012, p.30).

Fase sólida:

Recepción de la materia prima.

Cocinado.

Drenado.

Prensado.

Secado.

Molienda.

Dosificación del antioxidante.

Envasado y almacenamiento.

Fase líquida:

Tratamiento de líquidos provenientes de la prensa y prestrainers.

Tratamiento de agua con sangre de pescado (sanguaza) proveniente de las pozas de almacenamiento.

Recuperación secundaria del agua proveniente de los desagües de pescado.

- **Propiedades de la harina de pescado.**

La harina de pescado es reconocida por los nutricionistas como el ingrediente predilecto de la más alta calidad y de digestibilidad que se

incorpora en la dieta de la mayoría de los animales de granja y actualmente de manera creciente en la acuicultura; posee grandes cantidades de energía por unidad de peso y es una excelente fuente de proteínas, lípidos, minerales y vitaminas (Talledo, 2010, p.3).

La harina de pescado es un producto sustituto con productos similares destinados para la alimentación, tal el caso como los concentrados de origen vegetal y animal y a su vez es complementario en la preparación de alimento balanceado para diferentes especies animales aportando con un gran porcentaje de proteínas y vitaminas que ayuda a la alimentación y crecimiento de los animales (Reyes, 2014, p.44).

La harina de pescado, es un ingrediente natural de alto valor alimenticio crítico para la elaboración

de alimentos destinado para animales como aves y cerdos, así como para la producción de peces cultivados y los crustáceos, particularmente especies carnívoras como salmón, trucha y langostinos en la acuicultura (Talledo, 2010, p.21).

- **Usos de la harina de pescado.**

La harina de pescado es utilizada como insumo principal de alimentos balanceados, y por lo tanto es considerada como un alimento de consumo humano indirecto, actualmente es muy utilizada como insumo principal de alimento para las granjas de acuicultura (un nuevo tipo de negocio en el sector pesquero que tiene mucha visión a futuro y que ya es una realidad en muchos países del mundo). Esto trae como efecto principal en que los países productores de harina de pescado se vuelvan

consumidores de la harina que producen, pero que a la vez eleven sus estándares de calidad ya que es necesario debido a las estrictas leyes de control y sanitización [reducir el número de microorganismos a un nivel seguro] que existen en los grandes mercados del mundo, tales como Asia y Europa (Farje, 2008, p.13).

La harina de pescado es utilizada como alimento para aves, aves ponedoras, cerdos, rumiantes, vacas lecheras, ganado vacuno, ovino y el desarrollo de la piscicultura; disminuyendo notablemente los costos de producción industrial de estos animales por su rápido crecimiento, su mejor nutrición, la mejora de la fertilidad y la notoria disminución de enfermedades (Estrada, 2012, p.27).

➤ ***Agua de cola.***

- **Definición de agua de cola.**

El agua de cola es la fracción líquida que queda del licor de prensa luego que se han recuperado los sólidos en suspensión en las separadoras y centrífugas, y casi la totalidad del aceite en éstas últimas, [del proceso productivo de la harina de pescado]. La cantidad de agua de cola varía con el tipo de materia prima y según el método de cocinado, pero normalmente alcanza del 60 %- 65 % del peso del pescado. La proporción de sólidos solubles e insolubles contenidos en el Agua de Cola variará dentro de determinados límites, dependiendo: 1) De los cambios bacteriológicos y enzimáticos que tienen lugar desde el momento en que el pescado se deposita en las embarcaciones, luego en las pozas de almacenamiento de la planta, hasta su reducción, y 2) De los tipos de cocimiento del pescado,

pudiendo ser directo o indirecto (Paredes, 2005, p.13).

En una planta tradicional, el agua de cola viene a ser el agua residual que queda como producto de las diversas etapas de procesamiento. Los sólidos y aceites no constituyen un problema de recuperación pues existen diversos tipos de modelos de evaporadores de múltiple efecto, al vacío o a presión, hasta la última generación de evaporadores de “película descendente” cuya operación es computarizada. El uso de evaporadores de agua de cola para las plantas de mediana capacidad, resulta rentable por los mayores rendimientos de harina integral y reducción de contaminación (Cabrera, 2002, p.139).



Figura 4. Agua de cola de la industria harinera de pescado.

Fuente: Cortesía de Cinabrio, 2013.

- **Cantidad “producida” de agua de cola.**

El agua de cola, generada en el proceso de reducción [del proceso productivo de la harina de pescado] representa aproximadamente el 60% del peso total del pescado utilizado como materia prima. Esto es de suma importancia, puesto que además de poseer una gran cantidad de materia orgánica, en la mayoría de los casos se descarga directamente al mar, lo que

ha llegado a provocar contaminación de bahías (García et al., 2009, p.5).

- **Contenido del agua de cola.**

El contenido del agua de cola, está en función al tipo de pescado, al tipo de proceso, entre las variables más endógenas.

El agua de cola proveniente de las separadoras, con un contenido de sólidos del 7-8 % que corresponden casi en su totalidad a proteínas solubles y algo de minerales, vitaminas, aminos, sólidos en suspensión y aceite residual (menos del 1 %, dependiendo de la eficiencia del proceso de separación) se concentra hasta un 30-50 % a fin de eliminar el agua acompañante y recuperar los sólidos (FAO, 1986; Madrid et al., 1994, en, Falcón y Yalico, 2015, p.45).

- **Agua de cola y la contaminación ambiental.**

Uno de los factores que influyen en el recurso pesquero es la contaminación causada por la actividad humana, donde como consecuencia, los organismos pelágicos son los más expuestos a los efectos negativos del deterioro ambiental. Si bien estos, en su estado adulto se distribuyen en lugares alejados de la costa, la mayoría de estas especies utilizan la zona costera o entran a lagunas y esteros a reproducirse y desarrollarse (Sagarpa, 2004, en, García et al., 2009, p.5).

En lo referente al impacto en el hombre, este se manifiesta por la aparición de enfermedades del sistema respiratorio y digestivo, así como enfermedades alérgicas, infecciosas y parasitarias y, aunque estos eventos podrían estar asociados a actividades industriales pesqueras, aun no hay

estudios epidemiológicos que lo confirmen. No obstante, lo anterior, se ha reportado un incremento en las patologías antes mencionadas cuando las fabricas pesqueras entran en actividad (Majluf, Barandiaran, y Sueiro, 2007, en, García et al., 2009, p.5).

- **Consecuencias generadas en la zona de influencia.**

Las empresas harineras de pescado, contaminan el medioambiente, y son responsables de la pérdida de la biodiversidad en la zona de influencia del área de producción de la harina de pescado.

Entre las consecuencias generadas en la zona de influencia de estas empresas se tienen las siguientes: i) contaminación de ríos (Manta y Burro) y áreas costeras, ii) problemas de

insalubridad en las zonas de descarga, iii) contaminación atmosférica por malos olores, iv) pérdida del potencial turístico de la región (Playas La Poza, Tarqui, Los Esteros, El Murciélago, otras), v) incumplimiento de la normativa legal vigente en materia de vertido y disposición de efluentes, y vi) colapso del sistema de drenaje urbano y pérdida de eficiencia de la planta de tratamiento local (Marín et al., 2015, p.3).

A continuación se definen algunos términos empleados en la presente investigación:

• Agua de cola.

Este efluente es un subproducto de la operación de prensado para el procesamiento de la harina. Es la fracción líquida que se obtiene a partir del caldo de prensa (fase líquida del prensado), al ser sometida a un proceso de centrifugación. Producto de esta operación, se recupera gran parte de aceite de ese remanente, eliminando un gran porcentaje de los sólidos en suspensión y grasas (Monterroso, 2011, p.63).

- **Biopolímero.**

Los biopolímeros son macromoléculas presentes en los seres vivos. Una definición de los mismos los considera materiales poliméricos o macromoleculares sintetizados por los seres vivos. También, a raíz de nuevas disciplinas médicas como la ingeniería de tejidos, como biopolímeros también se incluyen materiales sintéticos con la particularidad de ser biocompatibles con el ser vivo (normalmente con el ser humano).

- **Centrifugación.**

Es el proceso físico por el cual se separa sólidos de líquidos, por efecto de la acción de la fuerza centrífuga.

- **Composición proximal.**

Conocido también como *análisis proximal de Weende*, se aplican en primer lugar a los materiales que se usarán para formular una dieta como fuente de proteína o de energía a los alimentos terminados, como un para verificar que cumplan con las especificaciones o requerimientos establecidos durante la formulación. Estos análisis nos indicarán el contenido de humedad, proteína cruda (nitrógeno total), fibra cruda, lípidos

crudos, ceniza y extracto libre de nitrógeno en la muestra (FAO; 2017).

- **Filtración.**

Es el proceso físico por el cual se separa partículas sólidas de un líquido, utilizando un material poroso llamado filtro, actúa por efecto de acción de la fuerza de gravedad.

- **Floculante.**

Es un conglomerado de partículas sólidas que se genera a través de los procesos de coagulación y floculación. El floculante está constituido en primer lugar por los sólidos que se separan del agua, así como también por los sólidos que aporta el coagulante.

- **Floculación.**

La floculación se define como el proceso de unir partículas coaguladas y desestabilizadas para formar mayores masas o flóculos, para posibilitar su separación por sedimentación, flotación y/o filtración.

- **Harina de pescado.**

La harina de pescado es un producto obtenido del procesamiento de pescados, eliminando su contenido de agua y aceite. Con un 70 % a 80 % del producto en forma de proteína y grasa digerible, su contenido de energía es notablemente mayor que muchas otras proteínas animales o vegetales ya que proporciona una fuente concentrada de proteína de alta calidad y una grasa rica en ácidos grasos omega-3, DHA [ácido docosahexaenoico] y EPA [ácido eicosapentaenoico] indispensables para el rápido crecimiento de los animales. Sus principales productores en el mundo son Chile y Perú.

- **Operaciones unitarias (físicos).**

Mal llamado, procesos físicos, son aquellas operaciones en la cual hay transferencia de masa, o, cambio en las propiedades físicas de los compuestos. Ejemplo: filtración, destilación, centrifugación, trituración, secado, etc.

- **Procesos unitarios (químicos).**

Conocido como procesos químicos, son aquellas operaciones en la cual ha habido transformación química de la materia.

Ejemplos: oxidación, combustión, fermentación, saponificación, etc.

- **Quitosano.**

El quitosano, también llamado chitosán (del griego χιτών "coraza"), es un polisacárido lineal compuesto de cadenas distribuidas aleatoriamente de β -(1-4) D-glucosamina (unidades desacetiladas) y N-acetil-D-glucosamina (unidad acetilada). Esta sustancia se descubrió en el año 1859. Se puede usar en agricultura como fungicida y en la industria vitivinícola para evitar el deterioro del vino. En medicina se usa a veces como añadido en vendajes para reducir el sangrado y disminuir la cantidad de infecciones.

- **Remoción de sólidos.**

Es la extracción de sólidos, contenidos en aguas residuales, ya sea por medios físicos, químicos, biológicos, o físico-químicos, con la finalidad de obtener un agua reusable.

- **Sedimentación.**

Es el proceso físico por el cual se separa partículas suspendidas en una solución dada, por efecto de la acción de la gravedad.

- **Sólidos suspendidos.**

Son los residuos sólidos no filtrables que están presentes en una muestra de agua natural o residual industrial.

CAPÍTULO III

Método

A continuación, se describe la metodología utilizada para responder a las preguntas de investigación planteadas al inicio del estudio.

En primer lugar, se presenta el esquema general de los pasos seguidos en el proceso de investigación, con el fin de establecer cómo las diferentes etapas del proceso de investigación se interrelacionan para contribuir en el logro del objetivo central y objetivos específicos.

Finalmente, se realiza una descripción de cada una de las etapas desarrolladas, con el fin de entender los objetivos, fuentes de información y herramientas de análisis utilizadas en cada una de las etapas de investigación.

3.1. Tipo de investigación

- El presente proyecto ha contemplado un diseño de investigación del tipo *investigación básica*, debido a que es una investigación pura, dado que se ha realizado en el laboratorio.

La investigación pura, podrá ser aplicada en otras investigaciones en la cual se requiera quitosano, para investigaciones similares.

- Desde otra perspectiva, la investigación ha contemplado un diseño de investigación del tipo *investigación explicativa*, es decir, permite responder al comportamiento de una variable, respecto de la otra.

Nivel de investigación

- Sin embargo, la investigación ha contemplado un diseño de investigación del tipo *investigación correlacional*, es decir, se ha determinado el grado de relación existente entre las variables enunciadas (Capítulo 3.5) en la presente investigación.

La investigación correlacional es básicamente conocer cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otra u otras variables relacionadas.

- La presente investigación ha contemplado un *diseño experimental*, debido a que, comprende experimentos de laboratorio, y ello ha permitido manipular las variables mencionadas, así como, medir el efecto de una respecto de la otra.

3.2. Población y muestra

• Población

El concepto de población en estadística, va más allá de lo que comúnmente se conoce como tal. Una población se precisa como un conjunto finito o infinito de personas u objetos que presentan características comunes.

Una población es un conjunto de elementos que presentan una característica común (Cadenas, 2012).

Estadísticamente hablando, existen dos tipos de poblaciones:

- Población infinita, es el conjunto compuesto por una cantidad indeterminada de experimentaciones o ensayos de laboratorio, o, por encima de 10.000 elementos (en este caso, experimentos).
- Población finita, es el conjunto compuesto por una cantidad limitada de elementos (en este caso, experimentos).

Para la presente investigación, la población en términos estadísticos, es infinita, y está definida como el número de ensayos de laboratorio realizados.

Aplicando las ecuaciones estadísticas (Anexo 3), se tiene una población inicial de 30 ensayos de laboratorio.

• **Muestra.**

Una muestra es una representación significativa de las características de una población, que bajo, la asunción de un error (generalmente no superior al 5%) estudiamos las características de un conjunto poblacional mucho menor que la población global.

Se llama muestra a una parte de la población a estudiar que sirve para representarla (Murria R. Spiegel, 2011).

Tamaño de la muestra.

Aplicando las ecuaciones estadísticas (Anexo 3), se tiene una población inicial de 15 ensayos de laboratorio.

Tipo de muestreo.

Existen dos métodos para seleccionar muestras de poblaciones:

- Muestreo aleatorio, o de probabilidad, en la cual todos los elementos de la muestra determinada, tiene la misma posibilidad de ser considerados en el análisis estadístico.
- Muestreo no aleatorio, o de juicio, en la cual, a juicio del investigador, se determina los elementos de la muestra, en otras palabras, no todos tienen la misma

posibilidad de ser considerados en el análisis estadístico.

Para la presente investigación, se empleó el muestreo estadístico.

Selección de la muestra.

Existen tres tipos de selección de muestra:

- Muestra simple, se calcula a partir de una población determinada, y todos los elementos tienen la misma posibilidad de ser elegidos.
- Muestra estratificada, cuando la población se divide en estratos y se calcula una muestra por estratos.
- Muestra por racimos, cuando la selección se realiza en varias etapas o racimos, y dentro de cada racimo se calcula una muestra.

Para la presente investigación, la selección de la muestra ha sido por muestreo simple, en tal sentido, los resultados del muestreo, son una fiel representación de la población.

3.3. Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables, permitió no sólo definir las sino también encontrar la relación entre las variables independientes y la variable dependiente. Por otro lado, hizo posible identificar el elemento de medida (indicador) de las variables, e, indicar el instrumento de cuantificación del indicador.

En la presente investigación se definió una variable independiente y sus tres dimensiones.

3.3.1. De la hipótesis general.

- **Variable independiente:** Biopolímero quitosano.

- **Indicador:**
 - [1.] Reactivo coagulante.
 - [2.] Composición proximal.
 - [3.] Incipiente alimenticio.

- **Técnica (método de evaluación):**
 - [1.] Observación visual en las operaciones unitarias de sedimentación y posterior decantación (Martín, Salcedo y Font, 2011).

- **Instrumento:**
 - [1.] Guía de observación (análisis químico).

- **Unidades del indicador:**
 - [1.] Unidades.

- **Tipo de valor:**
 - [1.] Valor continuo.

3.3.2. De las hipótesis específicas.

De la hipótesis específica 1.

- **Variable dependiente:** Remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

- **Indicador:**

[1.] Cantidad de quitosano.

- **Técnica (método de evaluación):**

[1.] Observación visual en la metodología de prueba de jarras (Andía, 2000).

- **Instrumento:**

[1.] Guía de observación (análisis de operaciones físicas).

- **Unidades del indicador:**

[1.] mg/L

- **Tipo de valor:**

[1.] Valor continuo.

De la hipótesis específica 2.

- **Variable dependiente:** Remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

- **Indicador:** Cantidad de:

[1.] Humedad.

[2.] Sólidos suspendidos.

[3.] proteína.

[4.] Grasa.

[5.] Cenizas.

- **Técnica (método de evaluación):**

[1.] Observación visual de la metodología Weende (FAO, 2017).

- **Instrumento:**

Guía de observación (análisis de operaciones físicas):

[1.] Estufa.

[2.] Instrumental químico.

[3.] Instrumental químico.

[4.] Instrumental químico.

[5.] Instrumental químico.

- **Unidades del indicador:**

[1.] [%].

[2.] [mg/L].

[3.] [g].

[4.] [g]

[5.] [g].

- **Tipo de valor:**

[1.] Valor continuo.

[2.] Valor continuo.

[3.] Valor continuo.

[4.] Valor continuo.

[5.] Valor continuo.

De la hipótesis específica 3.

- **Variable dependiente:** Remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

- **Indicador:**

[1.] Incipiente alimenticio.

- **Técnica (método de evaluación):**

[1.] Observación visual en la metodología de experimentación con animales de laboratorio (Romero et al., 2016).

- **Instrumento:**

[1.] Lista de cotejo.

- **Unidades del indicador:**

[1.] [g de incipiente alimenticio consumido]

- **Tipo de valor:**

[1.] Valor continuo.

3.4. Instrumentos

Las técnicas empleadas para la presente investigación fueron:

- Para la *obtención del biopolímero quitosano*, se ha empleado la técnica de observación visual, desde la extracción del exoesqueleto de langostino blanco, hasta la obtención del biopolímero quitosano, basada en la metodología indicada (García, 2017).
- Para demostrar que, *el biopolímero quitosano, permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio*, se ha empleado la técnica de observación visual, en las operaciones unitarias de sedimentación y posterior

decantación (Martín, Salcedo y Font, 2011); (Calvo., et al 1997)

- Para demostrar que, *se establece la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado*, se ha empleado la técnica de observación visual, en la metodología de prueba de jarras (Andía, 2000).
- Para demostrar que, *se establece la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado*, se ha empleado la técnica de observación visual, en la metodología de Weende (FAO, 2017).
- Para demostrar que, *se establece el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado*, se ha empleado la técnica de observación visual, en la metodología de experimentación con animales de laboratorio (Romero et al., 2016).

Los instrumentos empleados han permitido recoger los datos de la presente investigación, asociadas a las variables establecidas, con la finalidad de poder demostrar las hipótesis planteadas.

- Para determinar la *obtención del biopolímero quitosano*, se ha empleado el análisis químico, como instrumento de recolección de datos, registrando los datos en una hoja de cálculo Excel, para su posterior análisis y procesamiento de datos.
- Para determinar *el biopolímero quitosano, permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un ingrediente alimenticio*, se ha empleado el análisis químico, como instrumento de recolección de datos, registrando los datos en una hoja de cálculo Excel, para su posterior análisis y procesamiento de datos.
- Para determinar que, *se establece la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado*, se ha empleado el análisis de operaciones físicas, como instrumento de recolección de

datos, registrando los datos en una hoja de cálculo Excel, para su posterior análisis y procesamiento de datos.

- Para determinar que *se establece la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado*, se ha empleado el análisis de operaciones físicas, como instrumento de recolección de datos, registrando los datos en una hoja de cálculo Excel, para su posterior análisis y procesamiento de datos.
- Para determinar que, *se establece el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado*, se ha empleado la lista de cotejo, como instrumento de recolección de datos, registrando los datos en una hoja de Excel, para su posterior análisis y procesamiento de datos.

3.5. Procedimiento

La prueba de hipótesis llevó a la validación de la hipótesis planteada para la presente investigación, y, en consecuencia, permitió también, validar las hipótesis específicas planteadas.

La obtención del biopolímero quitosano, etapa preliminar de la presente investigación, a partir del exoesqueleto de langostino blanco, se recurrió a un procedimiento que involucró las etapas de desmineralización desproteínización y desacetilización (García, 2017).

La obtención del biopolímero quitosano, consistió en lo siguiente:

- Recolección de desechos de camarones en restaurantes y cevicherías.
- A los residuos de camarón, se les extrajo su caparazón, para luego lavarlos con abundante agua, con la finalidad de quitarle restos orgánicos que puedan interferir en el ensayo de laboratorio.
- Los exoesqueletos obtenidos, fueron secados en una estufa a 60-70 °C.
- Se trituran los exoesqueletos, y se pasan por una malla menor a 250 μm .
- Desmineralización: se pesó una cantidad del polvo del crustáceo y se colocó en un matraz conteniendo una

solución de HCl 0,6 N en una relación 1:10 sólido-líquido a una temperatura de 30 °C durante 3 horas. Posteriormente.

- Desproteinización: del resultado anterior, se trató con una solución de NaOH al 1 % a una temperatura de 28 °C durante 24 horas de agitación constante, para obtener la quitina.
- Desacetilización: la quitina obtenida, se pesó y se vertió en una solución de NaOH al 50 % en una relación 1:4 sólido-líquido, bajo las siguientes condiciones: primero por 2 horas a 60 °C y luego por 2 horas a 100 °C. El Producto obtenido es el biopolímero quitosano, que se sometió a un tenaz lavado con agua destilada, hasta obtener un pH neutro.

Para la demostración de la hipótesis general *el biopolímero quitosano permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio*, y las hipótesis específicas: *se establece la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, se establece la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado y se evalúa el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos*, del incipiente alimenticio obtenido después

del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola, de la industria harinera de pescado; se requirió grandes cantidades de quitosano, para poder realizar las pruebas de laboratorio necesarias y suficientes, para tal fin.

- **Para la hipótesis general**

Para la demostración de la hipótesis general *el biopolímero quitosano permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio*, se recurrió a la operación física de la sedimentación, o, decantación.

El agua de cola de la industria harinera de pescado, fue proporcionado por varias empresas pesqueras dedicadas a la extracción de pescado y posterior proceso para la obtención de la harina de pescado, que, por obvias razones de *propiedad industrial*, proporcionaron anónimamente el agua de cola obtenida en su proceso industrial. Es oportuno mencionar el eterno agradecimiento a ellos.

La sedimentación, consiste en la separación, por la acción de la gravedad de las partículas suspendidas cuyo peso específico es mayor que el agua y no pueden retenerse en

las unidades de pretratamiento, por su finura o densidad (Martín, Salcedo y Font, 2011).

La operación unitaria de sedimentación, consistió en lo siguiente:

- Un balde de plástico con 6 L de agua de cola de la industria harinera de pescado, a una temperatura de 39 °C, dejando que enfríe.
- Preparación de la solución de Ácido Acético Glacial ($\text{CH}_3 \text{COOH}$) al 1%, se adicionó 10 ml de $\text{CH}_3 \text{COOH}$ puro en una fiola de un 1 L y se enrasó con agua destilada, se tapó y se agitó varias veces.
- Protocolo de Nanopartícula, dilución del quitosano en Ácido Acético al 1% (primero con 0.25 g y después con 0.5 g de quitosano en 100 ml de $\text{CH}_3 \text{COOH}$ al 0,5% y después $\text{CH}_3 \text{COOH}$ al 1%). (Calvo., et al1997). Para 1 L agua de Cola.
- Preparación de la solución de quitosano: 1). 1,5 g y luego 2). 3 g de quitosano disueltos en 600 mL de Ácido Acético al 0,5% y al 1%, agitado a 400 rpm, durante 4 horas, a un pH 6,0 y 6,5.
- Verter 600 mL de la solución de quitosano sobre el balde de cola de la industria harinera de pescado y

agitar la solución en forme mecánica, por un tiempo de 20 minutos.

- Transcurrido el tiempo de la agitación mecánica, debe transcurrir 3 horas para que sedimente el material que está en suspensión en el agua de cola de la industria harinera.
 - Posteriormente, se procede a un precipitado, con la finalidad de separar el contenido en dos fases: fase sólida y fase líquida.
 - Fase sólida: el biopolímero quitosano y las impurezas del agua de cola de la industria harinera de pescado.
 - Fase líquida: el agua de cola de la industria harinera de pescado, pero, ya sin impurezas.
-
- **Para la hipótesis específica 1.**

Para la demostración de la hipótesis específica 1:

Se establece la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, se recurrió a la prueba de jarras, metodología que permite, mediante ensayos, de laboratorio, determinar las condiciones óptimas de funcionamiento para el tratamiento de aguas residuales, y poder determinar la

cantidad de reactivo coagulante que permita tratar el agua residual.

En este caso, permitió establecer la dosis óptima de quitosano (que actuó como coagulante) para poder tratar el agua de cola de la industria harinera de pescado.

El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL), emplea la metodología *prueba de jarras*, para determinar el comportamiento de los coagulantes y floculantes, en sus pruebas de ensayo de laboratorio (Andía, 2000).

La prueba de jarras, consistió en lo siguiente:

- Disponer una batería de seis frascos de vidrio, en paralelo, todos ellos conteniendo agua de cola de la industria harinera de pescado.
- A cada una de los frascos de vidrio se le adiciona una cierta cantidad de la solución de quitosano.
- A todos los frascos (al mismo tiempo) se le somete a una agitación mecánica a una velocidad de 35 rpm, por un tiempo de 20 minutos.

- Transcurrido el tiempo de la agitación mecánica, se espera un tiempo prudencial para que decante el material que está en suspensión en el agua de cola de la industria harinera de pescado.
 - Posteriormente, se procede a un filtrado, con la finalidad de separar el contenido de cada frasco de vidrio, en dos fases: fase sólida y fase líquida.
 - Fase sólida: el biopolímero quitosano y las impurezas del agua de cola de la industria harinera de pescado.
 - Fase líquida: el agua de cola de la industria harinera de pescado, pero, ya sin impurezas.
- **Para la hipótesis específica 2.**

Para la demostración de la hipótesis específica 2:

Se establece la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, se recurrió a la metodología de Análisis proximal Weende, fue propuesto en 1886, en la estación experimental de Weende (Alemania), fue estandarizado y replicado por la FAO, hoy ampliamente utilizado, aunque con instrumentos más modernos y rápidos.

La metodología Weende, es un método general de análisis de los alimentos o análisis bromatológico, para analizar los componentes más abundantes en los alimentos: agua, grasas, proteínas, cenizas, fibra y carbohidratos (FAO, 2017).

La metodología Weende, fue empleada después de introducir la dosis de biopolímero quitosano a una muestra de agua de cola de la industria harinera de pescado.

En términos más específicos, los componentes de la metodología Weende, durante el ensayo químico, por el laboratorio químico acreditado, empleó las siguientes metodologías (Anexo 4):

Tabla 2. *Protocolos para el análisis proximal Weende.*

Ensayo químico por cada 100 ml de muestra	Método de laboratorio
Carbohidratos	Por diferencia MS-INN, Collazos 1993
Energía Total	Por cálculo MS-INN, Collazos 1993
Proteína cruda	NTP 204.023:1982
Cenizas	NTP 204.022:1982
Grasa	AOAC 905.02
Humedad	NTP 204.030:1985

La Tabla 2, muestra las metodologías empleadas en los ensayos químicos, empleados por el laboratorio acreditado. MS-INN, por Collazos C. en *La composición de alimentos de mayor consumo en el Perú*. NTP, *Norma Técnica Peruana*. AOAC, *Association of Official Agricultural Chemists*, posteriormente, se convirtió en la *AOAC International*, presenta su Método Oficial de Análisis. Las antigüedades de las fechas no deben interpretarse como desactualizadas, son metodologías que se emplean hoy en día.

- **Para la hipótesis específica 3.**

Para la demostración de la hipótesis específica 3:

se establece el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, se recurrió a la experimentación con animales de laboratorio, metodología que permite, mediante ensayos en laboratorio, determinar el grado de aceptación del insipiente alimenticio en su dieta alimenticia, sin que esto signifique violar los principios éticos y legales, de la experimentación con animales.

En este caso, permitió establecer el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después

del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

El uso de la cuadrilla de los gatos, está enmarcado en el uso de animales en las investigaciones biomédicas; y para la presente investigación se empleó la metodología de *experimentación con animales de laboratorio* (Romero et al., 2016).

La experimentación con animales de laboratorio, consistió en lo siguiente:

- Disponer un lugar de residencia para la cuadrilla de gatos (bioterio).
- Se respetó lo referente a, las necesidades básicas, el bienestar animal y el estado de la cuadrilla de los gatos, basados en las tablas, 1, 2 y 3, respectivamente, de esta metodología.
- Se suministró el insipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en el agua de cola, de la industria harinera de pescado, en la dieta alimenticia de los gatos.

3.6. Análisis de datos

- **Procesamiento de datos.**

Una vez concluida la etapa de colección de los datos en una base de datos en Excel, se realizó el procesamiento y análisis de los datos de los elementos de la muestra determinada.

Para el procesamiento de los datos, se utilizaron herramientas informáticas, la hoja de cálculo de Excel, y las funciones estadísticas incorporadas en dicho software.

- **Técnicas de análisis de datos e interpretación de la información.**

Para el análisis de datos, se examinó los valores registrados, lo cual permitió inspeccionar, limpiar y transformar los datos en una tabla, sólo se consideraron aquellos valores que tiene una mínima desviación estándar.

Para el análisis y muestra de los resultados obtenidos se desarrollan conteos donde se identifican los aspectos

relevantes de cada elemento, las notas representativas de cada variable y en particular de cada cuestión.

- **Diseño estadístico.**

La presente investigación, ha sido del tipo metodológico, es decir, ha sido de forma secuencial:

- Medición de las variables,
- Recolección de datos,
- Análisis de datos,
- Interpretación de datos, y
- Procesamiento de datos con la hoja de cálculo Excel

CAPÍTULO 4

Resultados

- **Obtención de biopolímero quitosano**

Los respectivos análisis de las muestras de los ensayos de laboratorio, para la obtención del biopolímero quitosano, demostraron el éxito de la obtención del biopolímero quitosano, cuyo rendimiento global de la operación comprobó la certeza del protocolo del proceso de obtención (Tabla 3).



Figura 5. Obtención del quitosano.

La **Figura 5**, muestra el ensayo de laboratorio, de la obtención de biopolímero quitosano, a partir del exoesqueleto de langostino blanco, basado en las etapas de desmineralización, desproteinización y desacetilización (García, 2017).

Tabla 3. Rendimiento global de la obtención del biopolímero quitosano.

Muestra	Wi	Wf	Rend (%)
1	299	185	38,13
2	301	188	37,54
3	262	162	38,17
4	246	151	38,62
5	305	188	38,36
6	295	181	38,64
7	280	171	38,93
8	285	175	38,60
9	275	168	38,91
10	302	187	38,08
11	296	186	37,16

12	276	169	38,77
13	298	186	37,58
14	278	170	38,85
15	309	191	38,19

La Tabla 3, muestra el rendimiento de los ensayos realizados para la obtención del biopolímero quitosano, mediante la metodología planteada en el Capítulo 3.4. La cuarta columna (*Rend*) es el rendimiento global de remoción del proceso, y es el resultado de dividir la diferencia del peso inicial (*Wi*) menos el peso final (*Wf*), entre el peso inicial (*Wi*), porcentualmente hablando, es decir: $(W_i - W_f) / (W_i) * 100$. El coeficiente de correlación de Pearson, es de 0,9930, lo cual quiere decir que, existe una muy alta dependencia del peso final (*Wf*), respecto del peso inicial (*Wi*). Los valores corresponden para quince muestras ($n = 15$) tomados de distintos desechos de camarones, en distintos días.

Tabla 4. *Ensayos de laboratorio para la obtención del biopolímero quitosano.*

Muestra	X_i	$X_i - X_p$	$(X_i - X_p)^2$
1	0,38	-1,74E-03	3,04E-06
2	0,38	-7,60E-03	5,78E-05
3	0,38	-1,34E-03	1,79E-06
4	0,39	3,16E-03	1,00E-05
5	0,38	5,91E-04	3,49E-07
6	0,39	3,42E-03	1,17E-05
7	0,39	6,27E-03	3,93E-05
8	0,39	2,95E-03	8,70E-06
9	0,39	6,08E-03	3,69E-05
10	0,38	-2,22E-03	4,93E-06
11	0,37	-1,14E-02	1,30E-04

12	0,39	4,67E-03	2,18E-05
13	0,38	-7,18E-03	5,15E-05
14	0,39	5,47E-03	3,00E-05
15	0,38	-1,14E-03	1,30E-06

La Tabla 4, muestra el análisis estadístico de los resultados del rendimiento de la obtención del biopolímero quitosano, presenta una desviación estándar $\sigma = 0,00522$, lo que demuestra que los resultados de los ensayos en el laboratorio, no están dispersos, muy por el contrario, están bastante cercanos.

- **Contrastación de hipótesis general**

Hipótesis general: *El biopolímero quitosano permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio.*



Figura 6. Biopolímero quitosano, en la remoción de sólidos suspendidos.

La **Figura 6**, muestra el ensayo de laboratorio, del añadido de biopolímero quitosano para la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio. Después de un tiempo determinado, mediante la metodología de la sedimentación, que consiste en la separación, por la acción de la gravedad, de las partículas suspendidas cuyo peso específico, que es mayor que el agua de cola (Martin, Salcedo y Font, 2011), permite la remoción de sólidos suspendidos.

En ese sentido, se procedió a la demostración de que el biopolímero quitosano removía sólidos suspendidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado.

En forma inicial, se trabajó con una dosis de 0.25 g de quitosano en 100 ml de CH₃ COOH al 0.5% por 1L de agua de cola de la industria harinera de pescado con un pH = 6,0 esta experimentación no dio resultados, debido a que la dosis era demasiado baja.

Posteriormente, se trabajó con una dosis de solución de quitosano de 0,5 g de quitosano en 100 ml de CH₃ COOH al 1% por 1L de agua de cola de la industria harinera de pescado, obteniendo 600 ml de la solución, con un pH = 6,5 dando óptimos resultados.

• **Planteamiento del problema.**

- **Parámetro poblacional de interés:** biopolímero quitosano.
- **Se asume que:** si se remueve sólidos suspendidos de agua de cola de la industria harinera de pescado, en un mínimo de 34 %, después de un tiempo determinado, entonces, se habrá demostrado que el biopolímero quitosano, remueve sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

- **Hipótesis científica:** el biopolímero quitosano remueve sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

• **Planteamiento de la hipótesis.**

- **Hipótesis nula (H_0):** el biopolímero quitosano **no** remueve sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado en un mínimo de 34 %, después de un tiempo determinado.

$\mu < 34\%$ remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

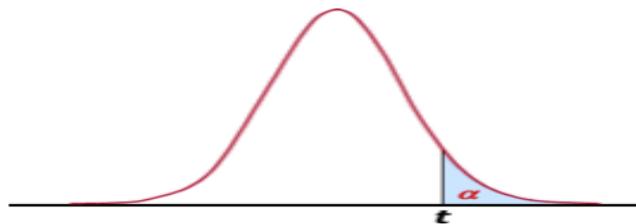
- **Hipótesis alternativa (H_1):** el biopolímero quitosano **si** remueve sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado en un mínimo de 34 %, después de un tiempo determinado.

$\mu \geq 34\%$ remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

• **Especificar los niveles de prueba.**

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

- **Estadígrafo:** se asume que la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, sigue una distribución normal y se desconoce la desviación estándar.
- **Tamaño de la muestra:** 15.
- **Grados de libertad:** $15 - 1 = 14$, entonces, $n = 14$
- **Regla de decisión:**



De la distribución t de student: $t_{(0,95;14)} = 1,761$

• **Recolección de la información muestral.**

Para cada ensayo, se utilizó una muestra inicial de 6 L de agua de cola de la industria harinera de pescado.

Tabla 5. *Porcentaje de remoción de sólidos suspendidos en el agua de cola.*

Muestra	SST (g)	SST (g)	R (%)
1	780	507,40	34,95
2	810	534,20	34,05
3	790	520,90	34,06
4	800	527,20	34,10
5	810	533,70	34,11
6	800	520,80	34,90
7	790	520,40	34,13
8	790	520,3	34,14
9	810	526,8	34,96
10	800	535,3	33,09
11	810	518,9	35,94
12	750	487,5	35,00
13	790	521,1	34,04
14	820	533,6	34,93
15	860	559,8	34,91

La Tabla 5, la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, por el biopolímero quitosano. La segunda columna indica el contenido de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el agua de cola de la industria harinera de pescado. La tercera columna indica el contenido de Sólidos Suspendidos Totales (SST) en el agua de cola de la industria harinera de pescado, después a haber sido tratado con 600 ml de solución de quitosano. La cuarta columna indica el valor porcentual, de Sólidos Suspendidos Totales (SST), entre el valor final y el valor inicial de cada ensayo de laboratorio. Los valores corresponden para quince muestras (n = 15) tomados de distintas soluciones de agua de cola de la industria harinera de pescado.

- **Media (x):** 800,67
- **Desviación muestral (S):** 23,44

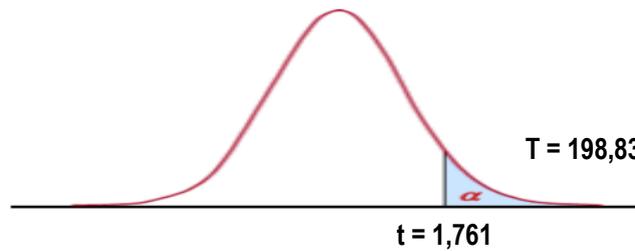
• **Cálculo del valor del estadígrafo de prueba muestral.**

$$T = 198,83$$

Tabla 6. Resultados estadísticos en la remoción de sólidos suspendidos.

	Variable 1	Variable 2
Media	800,6666667	524,5266667
Varianza	549,5238095	243,0192381
Observaciones	15	15
Coefficiente de correlación de Pearson	0,938352386	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	14	
Estadístico t	103,5246815	
P(T<=t) una cola	6,73998E-22	
Valor crítico de t (una cola)	1,761310136	
P(T<=t) dos colas	1,348E-21	
Valor crítico de t (dos colas)	2,144786688	

• **Decisión estadística.**



El valor observado de T muestral se localiza en la región de rechazo, por tanto, se rechaza H_0 .

- **Conclusión estadística.**

En la distribución, con nivel de significancia de $\alpha = 0,05$; la muestra aporta evidencia, para concluir que se rechaza la hipótesis nula (ver gráfico de la *decisión estadística*), en consecuencia, se acepta la hipótesis alternativa, es otras palabras, el biopolímero quitosano si remueve sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, en un mínimo de 34 %, después de un tiempo determinado.

- **Contrastación de las hipótesis específicas**

- **Hipótesis específica 1.**

Hipótesis específica 1: *se establece la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante*

en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.



Figura 7. Biopolímero quitosano como reactivo coagulante.

La **Figura 7**, muestra el ensayo de laboratorio, para determinar la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, mediante la metodología de la prueba de jarras, que permite determinar el comportamiento de coagulantes y floculantes (Andía, 2000).

En ese sentido, se procedió a la prueba de jarras (Capítulo 3.4), en una batería de seis frascos, se introdujo agua de cola de la industria harinera de pescado, con una temperatura de 23 °C, en cada frasco se agregó el

biopolímero quitosano, en diferentes concentraciones, luego, se sometió a una agitación mecánica a una velocidad de 30 rpm, por un tiempo de 20 minutos.

Recolección de datos de la experimentación:

Tabla 7. Eficiencia de remoción de SST en agua de cola.

Biopolímero quitosano (Cs x ml) 1 g de Cs al 1%. CH ₃ COOH	Remoción (%)
100	27,7
200	30,4
300	32,0
400	34,1
500	34,0
600	32,4

Análisis de la experimentación:

La Tabla 7, muestra la eficiencia de remoción de los SST de agua de cola de la industria harinera de pescado. Se observa que a medida que aumenta la dosis de biopolímero quitosano, aumenta el porcentaje de remoción de SST contenidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado. Los valores corresponden para ocho muestras (n = 8) tomados de distintas soluciones de agua de cola de la

industria harinera de pescado, en distintos días, para un margen de error ($\pm e = 3,00 \%$).

Inferencia:

La Tabla 7, muestra el comportamiento del rendimiento de remoción de SST contenidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado, en función de la dosis empleada de biopolímero quitosano.

La Tabla 7, muestra que el rendimiento de remoción de SST, aumenta desde 27,7 % hasta 34,1 %, para una dosis que va en aumento desde 100 ml hasta 600 ml, respectivamente; y, para una disminución que va desde 34,1 % hasta 32,4 %, para una dosis que va en aumento desde 100 ml hasta 600 ml, respectivamente. Por tanto, 600 ml de solución de quitosano, es la dosis óptima para la máxima remoción de SST contenidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado.

• Hipótesis específica 2.

Hipótesis específica 2: *se establece la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano,*

en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.



Figura 8. Biopolímero quitosano en la variación proximal.

La **Figura 8**, muestra el ensayo de laboratorio, para determinar la variación proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, mediante la metodología de Weende, para análisis de alimentos, de los componentes: agua, grasas, proteínas, cenizas, fibra y carbohidratos (FAO, 2017).

En ese sentido, se procedió a la metodología de Weende (Capítulo 3.4.2.2.), en un recipiente de vidrio, se introdujo 100 ml de agua de cola de la industria harinera de pescado, procesado en el laboratorio (600 ml de solución de quitosano

en 6 L de agua de cola de la empresa de harina de pescado), se sometió a una agitación mecánica a una velocidad de 30 rpm, por un tiempo de 20 minutos. Se realizan los ensayos de laboratorio respectivos, en base a la metodología Weende, y, finalmente, se calculó la variación porcentual de los valores, antes y después de haber agregado la dosis de biopolímero quitosano.

Recolección de datos de la experimentación:

Tabla 8. *Composición proximal por efecto del biopolímero quitosano.*

Componente	ACsB (g)	ACcB (g)	%
Humedad	91,2	91,7	--
SST	10,6	6,9	34,2
Proteína	8,3	5,9	5,9
Grasa	5,1	1,1	1,1
Cenizas	3,3	1,3	1,3

Análisis de la experimentación:

La Tabla 8, muestra la variación porcentual de la composición proximal del agua de cola de la industria harinera de pescado, por efecto de emplear biopolímero quitosano en la muestra original. La segunda columna (ACsB: Agua de cola sin biopolímero) es la muestra inicial de agua de cola de la industria harinera de pescado sin dosis de biopolímero quitosano. La tercera columna (ACcB: Agua

de cola con biopolímero) es la muestra final de agua de cola de la industria harinera de pescado con dosis de biopolímero quitosano. Los resultados están dados para 100 ml de muestra original. Los valores corresponden para ocho muestras (n = 8) tomados de distintas soluciones de agua de cola de la industria harinera de pescado, en distintos días, para un margen de error ($\pm e = 3,00 \%$).

La Tabla 8, muestra que, el agua de cola de la muestra original, todavía sigue conteniendo proteína, es decir, todavía sigue teniendo partículas de pescado, en suspensión.

Inferencia:

La Tabla 8, muestra la variación de la composición proximal del agua de cola de la industria harinera de pescado, por efecto del biopolímero quitosano.

La Tabla 8, muestra que la composición proximal de los componentes (humedad, SST, proteína, grasa y cenizas) del agua de cola de la industria harinera de pescado, han disminuido después de añadir una dosis de biopolímero quitosano a la muestra original.

• **Hipótesis específica 3.**

Hipótesis específica 3: *se evalúa el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del insipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.*



Figura 9. Insipiente alimenticio obtenido.

La **Figura 9**, muestra la obtención del insipiente alimenticio, por el proceso de sedimentación, después del ensayo de laboratorio, para la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado (Martín, Salcedo y Font, 2011).

En ese sentido, se procedió a la metodología de Romero (Capítulo 3.4.2.3.), dentro de la dieta alimenticia de los gatos, se les suministró insipiente alimenticio obtenido

después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado, junto con galletitas para gatos, en un extremo del plato se colocó el insipiente alimenticio, y en el otro extremo del plato se colocó galletitas para gatos.



Figura 10. Cuadrilla de gatos ingiriendo el insipiente alimenticio.

La **Figura 10**, muestra la obtención del insipiente alimenticio, por el proceso de sedimentación, después de la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado (Martín, Salcedo y Font, 2011).

La **Figura 10**, muestra el ensayo de laboratorio, para determinar el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del insipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, mediante la metodología para experimentación con animales de laboratorio (Romero et al., 2016).

Recolección de datos de la experimentación:

Tabla 9. *Aceptación del insipiente alimenticio.*

día	Pi (g)	Pg (g)	consumo (g)
1	20,7	10,2	10,50
2	21,0	10,7	10,30
3	21,1	10,5	10,60
4	20,9	10,5	10,40
5	19,6	9,2	10,40
6	20,2	9,6	10,60
7	20,8	10,1	10,70
8	19,8	8,9	10,90
9	20,7	9,9	10,80
10	20,8	10,1	10,70
11	19,8	9,0	10,80
12	20,5	9,6	10,90
13	19,9	8,9	11,00
14	21,1	10,2	10,90
15	20,4	9,3	11,10
16	20,8	9,5	11,30
17	19,9	8,7	11,20
18	20,0	8,9	11,10
19	21,2	9,8	11,40
20	19,7	8,4	11,30
21	20,7	9,5	11,20
22	20,3	8,8	11,50
23	19,9	8,2	11,70
24	20,8	9,2	11,60
25	21,2	9,5	11,70
26	19,7	8,3	11,40
27	20,5	8,9	11,60
28	21,2	9,8	11,40

Análisis de la experimentación:

La Tabla 9, muestra el consumo del insipiente alimenticio por la cuadrilla de gatos. La segunda columna (P_i) es el peso inicial del insipiente alimenticio. La tercera columna (P_f) es el peso final del insipiente alimenticio. La cuarta columna (consumo) es lo consumido por la cuadrilla de gatos, y es la resta de la segunda columna menos la tercera columna. Los resultados están expresados en gramos. Los valores corresponden para cuatro gatos ($n = 4$) tomados en forma consecutiva durante cuatro semanas (28 días), para un margen de error ($\pm e = 3,00 \%$).

Inferencia:

La Tabla 9, muestra el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del insipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.

- **Análisis e interpretación**

- **Hipótesis general.**

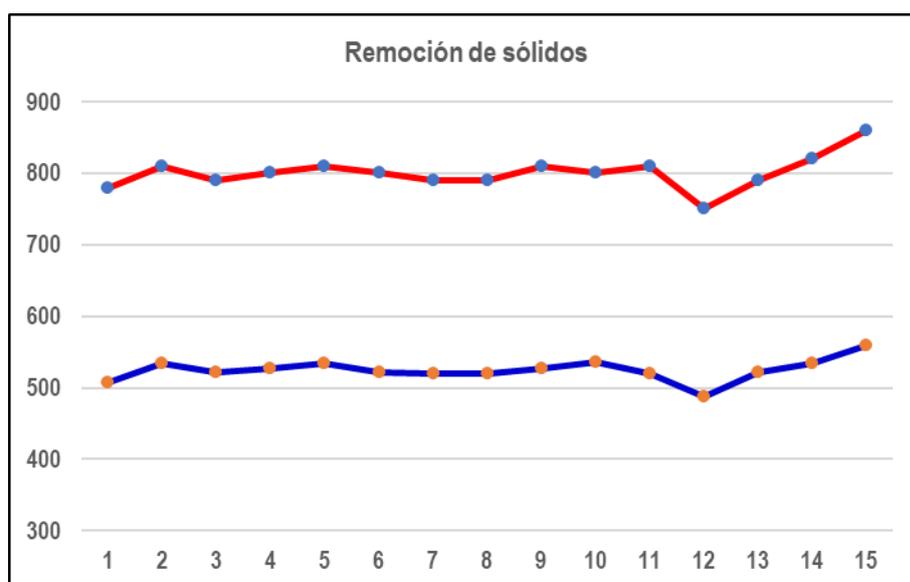


Figura 11. Efecto del biopolímero quitosano en la remoción de sólidos suspendidos.

La **Figura 11**, muestra los valores de SST en agua de cola de la industria harinera de pescado, sin dosis de biopolímero quitosano (línea roja); y, los valores de SST en agua de cola de la industria harinera de pescado, con dosis de biopolímero quitosano (línea azul), para quince muestras diferentes.

El propósito fundamental de esta investigación fue, determinar que el biopolímero quitosano remueve sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, los resultados de los ensayos realizados, confirman la hipótesis planteada.

• **Hipótesis específica 1.**

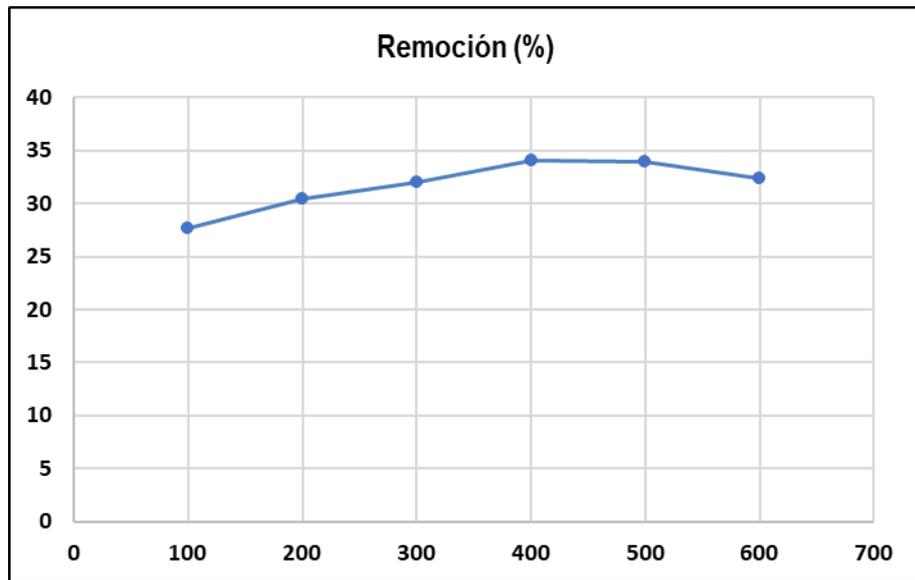


Figura 12. Eficiencia del biopolímero coagulante como reactivo coagulante.

La **Figura 12**, muestra el comportamiento de la remoción de los SST de agua de cola de la industria harinera de pescado, en función de la concentración de biopolímero quitosano.

Se observa que, la máxima remoción de SST es de 34,1 %, para una dosis de 600 ml de solución de quitosano, es decir, esta dosis, es la dosis óptima, ideal para la máxima remoción de SST en el agua de cola de la industria harinera de pescado.

El porcentaje de remoción de SST de agua de cola de la industria harinera de pescado, en función de la dosis de biopolímero quitosano, tiene la siguiente correlación:

$$Y = -9 * 10^{-8}X^3 + 5 * 10^{-5}X^2 + 0,0161X + 25,676$$

En donde:

Y = Remoción de SST de agua de cola, en %.

X = Dosis de biopolímero quitosano, en mg/L.

Matemáticamente hablando, es una ecuación de tercer grado, con un índice de correlación de Pearson, $r^2 = 0,991$. Un r^2 cercano a la unidad, indica una estrecha relación entre la remoción de SST de agua de cola (%), en función de la dosis de biopolímero de quitosano empleado (mg/L).

El propósito fundamental de esta parte de la investigación fue, determinar que, se establece la dosis de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, los resultados de los ensayos realizados, confirman la hipótesis planteada.

• **Hipótesis específica 2.**

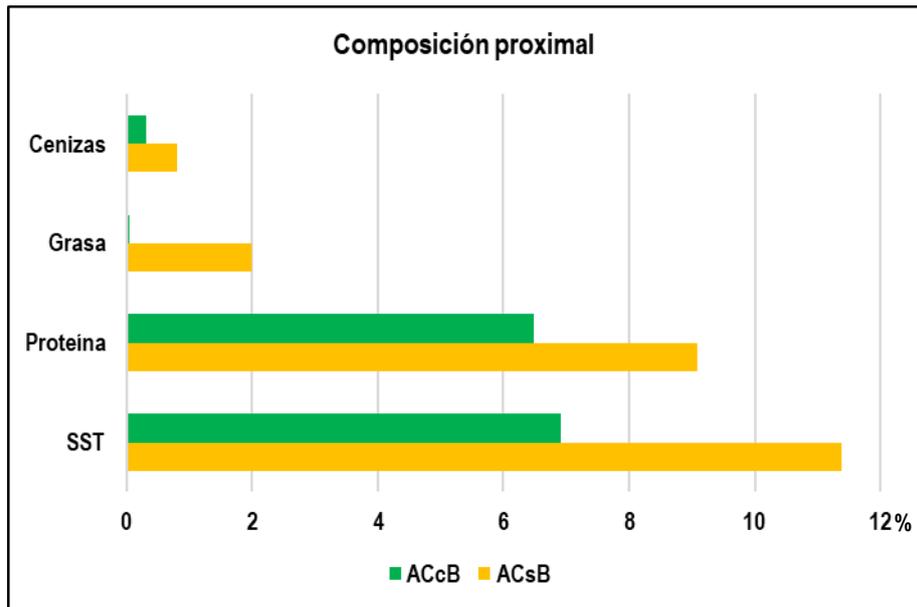


Figura 13. Biopolímero quitosano y su efecto en la composición proximal.

La **Figura 13**, muestra la variación porcentual de la composición proximal del agua de cola de la industria harinera de pescado, por efecto de emplear biopolímero quitosano en la muestra original.

- Se observa que, el efecto de emplear biopolímero quitosano en el agua de cola de la industria harinera de pescado, permite disminuir los valores de la composición proximal de sus componentes:

- Los SST disminuyen en 34,2 %,
- La proteína disminuye en 5,9 %,
- La grasa disminuye en 1,1 %, y
- Las cenizas disminuyen en 1,3 %.

El propósito fundamental de esta parte de la investigación fue, que, se establece variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, los resultados de los ensayos realizados, confirman la hipótesis planteada.

• **Hipótesis específica 3.**



Figura 14. Nivel de aceptación del insipiente alimenticio.

La **Figura 14**, muestra el nivel de aceptación del insipiente alimenticio, a medida que transcurren los días, de una cuadrilla variación porcentual de la composición proximal del

agua de cola de la industria harinera de pescado, por efecto de emplear biopolímero quitosano en la muestra original.

Se observa que, la cantidad de insipiente alimenticio fue en aumento, día a día, desde el día uno, hasta el día veintiocho, esto se debe a que el nivel de aceptación fue aumentando.

El propósito fundamental de esta parte de la investigación fue, que, se evalúa el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del insipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, los resultados de los ensayos realizados, confirman la hipótesis planteada.

CAPÍTULO V

V. Discusión de resultados

Discusión de resultados

- La harina de pescado, es un producto con un alto contenido en proteínas, que es usada como ingrediente en la elaboración de alimentos balanceados (Estrada, 2012). Las principales especies empleadas como materia prima para la obtención de la harina de pescado son: anchoveta, sardina, jurel y caballa (Farje, 2008). La harina de pescado es obtenida por el procesamiento de estas especies marina, principalmente por: cocción, prensado y secado (Estrada, 2012).
- Del párrafo que antecede, se corrige que, el procesamiento de la harina de pescado es del tipo industrial, es decir, es la *industria de la harina de pescado*, la que permite la industrialización del pescado para obtener harina de pescado, y para ello se requiere, incuestionablemente, la presencia del hombre, que,

mediante tecnología alguna, obtiene el producto denominado: harina de pescado.

- Sería de especial interés, realizar un análisis cualitativo y cuantitativo de harina de pescado, en función de las diversas tecnologías en el medio; esto queda planteado para investigaciones futuras.
- El agua de cola, es el agua residual que queda como producto de las diversas etapas de procesamiento para la obtención de la harina de pescado (Cabrera, 2002). La cantidad de agua de cola varía con el tipo de materia prima y según el método de cocinado, pero normalmente alcanza del 60-65 % del peso del pescado (Paredes, 2005). El agua de cola, contiene una gran cantidad de materia orgánica, y en la mayoría de los casos, se descarga directamente al mar, provocando contaminación de bahías (García et al., 2009, p.5).
- Del párrafo que antecede, se corrige que, independientemente de la tecnología empleada en la industria de la harina de pescado, se obtiene agua de cola, y esta, por su gran contenido de materias orgánicas, motivo por el cual, es un alto foco de fuente contaminante, cuya responsabilidad contaminante, no recae sobre la especie marina empleada, sino, sobre el hombre, pues

él, es el único responsable en realizar las medidas correctivas para mitigar los impactos ambientales producidos por esta contaminación.

- Sería de especial interés, realizar un análisis cuantitativo (análisis comparativo) de la especie marina que produce más agua de cola, independientemente del proceso productivo empleado; esto queda planteado para investigaciones futuras.
- Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes repetición (Beltrán y Marcilla, 2012), en otras palabras, la unión de todas estas pequeñas moléculas, dan lugar a una estructura de constitución repetitiva, llamada polímero (López, 2006). Estas moléculas que se combinan para formar los polímeros se denominan monómeros, existiendo varias formas de polimerización (Beltrán y Marcilla). Estos polímeros, pueden perder su estructura molecular, llamada, degradación molecular, a través de reacciones químicas que dan lugar a la ruptura de enlaces primarios en el polímero (González, 2007).
- Los polímeros, son productos no naturales, en consecuencia, para obtener estos productos, se debía de partir de los monómero, mediante una síntesis química, lo cual le restaba el

componente ambiental, al cual, la presente investigación pretendió darle desde el inicio de la misma.

- Los biopolímeros, pertenecen a la categoría de los denominados materiales de base biológica, es un polímero extraído directa o indirectamente a partir de biomasa (Piergiovanni y Limbo, 2010). Los biopolímeros naturales, provienen de cuatro fuentes, siendo la quitina, la de origen marino (Agrowaste, 2016). Los biopolímeros tienen propiedades fisicoquímicas y termoplásticas iguales a los polímeros fabricados a partir del petróleo (Martínez, 2008).
- Esta es la gran ventaja de los biopolímeros, frente a los polímeros, que una vez empleados y desechados, se biodegradan.
- Sería de especial interés, realizar un análisis cualitativo y cuantitativo del empleo de los biopolímeros, y así, sustituir el uso del petróleo y de reemplazar los polímeros actuales por polímeros biodegradables; esto queda planteado para investigaciones futuras.
- La quitina está presente en el exoesqueleto de artrópodos como insectos, cangrejos, langostas, etc. (Chhabra, 2004). Es el segundo polisacárido en abundancia, después de la celulosa,

fue descubierto en 1811, y desde esa fecha fue objeto de estudio, así como la controversia entre la diferencia entre la quitina y la celulosa que duró más de cien años (Cconislla, 2017).

- De las cuatro fuentes provenientes de biopolímeros naturales, se optó la de origen marino, la quitina, debido a la abundancia existente en nuestro mar peruano, además de existir una concordancia entre la sanguaza de la harina de pescado y la quitina, ambos productos de origen marino.
- Sería de especial interés, realizar un análisis cuantitativo (análisis comparativo) de las cuatro fuentes provenientes de biopolímeros, y determinar su eficacia, frente especie al agua de cola; esto queda planteado para investigaciones futuras.
- El quitosano es un biopolímero derivado desacetilado de la quitina, tiene una amplia gama de aplicaciones de alimentos (Chhabra, 2004). Su obtención ya se conocía de tiempo atrás (Gagné, 1993, p.18). La composición de su cadena, como sus dimensiones, suelen variar en dependencia del material de partida y de la rigurosidad del método de obtención (Valenzuela, 2006). Sus características, como su sabor suave, su indigestibilidad, su biodegradabilidad y su no toxicidad, lo

convierten en una excelente opción como componente de aditivos alimentarios (Chhabra, 2004). En los últimos años, se ha convertido en el aditivo de alimentos de origen biológico preferido, debido a sus propiedades antimicrobianas y a su capacidad de formar películas (Avérous y Poller, 2012, en, Cruz et al., 2013).

- La quitina y el quitosano son moléculas totalmente ausentes en mamíferos, se degradan y reabsorben *in vivo*. Esta característica y otras, como su biocompatibilidad y versatilidad, los hacen polímeros muy atractivos para aplicaciones biomédicas. (Espinoza, 2007, p.30).
- La presente investigación, pretendió explorar otras bondades del biopolímero quitosano, a partir de la quitina, motivo por el cual, ensayó en la remoción de sólidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.
- Una vez logrado el cometido, indicado en el párrafo que antecede, presente investigación, pretendió darle un valor agregado, y ensayó la obtención de un producto que sirva como alimento para gatos.

- La obtención del quitosano, el punto de partida, para realizar los ensayos de laboratorio y poder investigar otras bondades de dicho producto, era la presencia del biopolímero quitosano, y para ello, había sólo dos posibilidades para tener el biopolímero quitosano: 1) adquirirlo en el mercado, 2) obtenerlo en el laboratorio. La obtención del biopolímero no estaba considerada en la presente investigación, no obstante, de ello, se procedió a su obtención, mediante ensayos de laboratorios.
- El sólo hecho de obtener el biopolímero quitosano en el laboratorio, con un rendimiento del más del 68 %, a partir del exoesqueleto de langostino blanco, ya era un éxito en la presente investigación, pero, este era el real *punto de partida* para iniciar la investigación proyectada.
- Sería de especial interés, realizar un análisis cuantitativo (análisis comparativo) del ajuste de las variables para la obtención del quitosano, es decir, en sus etapas de desmineralización, desproteínización y desacetilización; esto queda planteado para investigaciones futuras.
- La pregunta general, preliminar para el inicio de la presente investigación fue: *¿En qué medida se podrá emplear el biopolímero quitosano para la remoción de sólidos suspendidos*

en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio?. Esta principal pregunta, conllevó a plantear un objetivo general: Emplear el biopolímero quitosano para remover sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado con la finalidad de obtener un incipiente alimenticio.

- Para establecer la dosis apropiada de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, se aplicó la metodología de la *prueba de jarras*, la experimentación, demostró la eficiencia de remoción de los SST de agua de cola de la industria harinera de pescado.
- Para determinar la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de incipiente alimenticio, se aplicó la *metodología de Weende*, la experimentación, demostró la variación porcentual de la composición proximal del agua de cola de la industria harinera de pescado.
- Para evaluar el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de

remoción de sólidos suspendidos en agua de cola, de la industria harinera de pescado, se aplicó la *metodología de Romero*, la experimentación, demostró el consumo del insipiente alimenticio por la cuadrilla de gatos.

- La hipótesis general de la presente investigación, se ensayó en: *El biopolímero quitosano permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un insipiente alimenticio*, la que finalmente, quedó demostrada, a través de la serie de ensayos de laboratorio.

VI

Conclusiones

1. El biopolímero quitosano remueve sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado con pH = 6,5 %, en un mínimo de 34,2 %, después de un tiempo determinado.
2. 600 ml de la solución de quitosano (0,5 g de quitosano en 100 ml de CH₃ COOH al 1% por 1 L de muestra), que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos del agua de cola.
3. La composición proximal del agua de cola de la industria harinera de pescado, ha disminuido por efecto del biopolímero en un volumen de 600 ml de la solución de quitosano.
4. El incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en el agua de cola de la industria harinera de pescado, es aceptado en la dieta alimenticia por una cuadrilla de gatos.

VII

Recomendaciones

1. Evaluar el efecto del pH del agua de cola de la industria harinera de pescado, para la remoción de sólidos suspendidos, por efecto del biopolímero quitosano.
2. Evaluar el efecto de la temperatura del agua de cola de la industria harinera de pescado, para calcular la dosis de biopolímero quitosano que actúe como reactivo coagulante, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos.
3. Evaluar el efecto de la dosis de biopolímero quitosano, para determinar la variación de la composición proximal del agua de cola de la industria harinera de pescado.
4. Evaluar el tipo de presentación física (pellets), para determinar el nivel de aceptación del incipiente alimenticio, por parte de una cuadrilla de gatos.

VIII

Referencias

Andía C., Y. (2000). *Tratamiento de agua, coagulación y floculación*. Sedapal. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. Lima, Perú. Editado por Sedapal.

Alva R., J. L. (2009). *Calidad de recepción de materia prima y aumento de eficiencia en recuperación de aceite a partir del agua de bombeo en una planta pesquera*. Tesis, para optar el título de Ingeniero Mecánico, en la Facultad de Ciencias e Ingeniería, de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Editado en la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Agrowaste (2016). *Biopolímeros*. Murcia, España. Editado por el Centro Tecnológico Nacional de la Conserva y Alimentación.

Araujo M., M. E. (1998). *Tratamiento y disposición del agua residual generada por la industria pesquera ubicada en el parque industrial Rodolfo Sánchez en Guaymas, Sonora, México*. Tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería Ambiental, en la

división de Estudios de Postgrado, en la Universidad Autónoma de Nuevo León. Nuevo León, México. Editado por la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Arias L., M. y Méndez G., E., (2014). *Remoción de sólidos en aguas residuales de la industria harinera de pescado empleando biopolímeros*. Revista Tecnología y ciencias del agua, vol V, núm. 3, pp. 115-123. México DF, México. Editado por el Instituto Mexicano de Tecnología del agua.

Baltodano T., L. C. y Yaipen Ch., J. E., (2006). *Obtención, caracterización y diseño de una forma farmacéutica semisólida (ungüento) a base de quitosano con efecto cicatrizante*. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutico, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Beltrán R., M. y Marcilla G., A. (2012). *Tecnología de polímeros. Procesado y propiedades*. Alicante, España. Publicaciones de la Universidad de Alicante.

Cabrera C., C. F. (2002). *Estudio de la contaminación de las aguas costeras en la Bahía de Chancay: propuesta de recuperación*.

Tesis para optar el grado en Magister en Geografía con mención en Ordenamiento y Gestión Ambiental, en la Escuela de Postgrado de la Facultad de Geología, Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Chhabra, P. (2004). *Antimicrobial and antioxidant properties of chitosan [Propiedades antimicrobianas y antioxidantes de chitosan]*. Tesis para optar el grado de Master of Science, en la Universidad de Georgia. Georgia, Estados Unidos. Editado por la Universidad de Georgia.

Canales F., E. R.; Huamaní G., L. F.; Medrano L., M. H. y Villasis I., M. G. (2017). *Planeamiento estratégico para la industria de harina y aceite de pescado del Perú*. Tesis para optar el grado de Magister en Administración Estratégica de Empresas, en la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú. Editado por la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Calvo P.; C. Remuñán-López.; L. Vila-Jato y M.J. Alonso (1997). *Novel Hydrophilic Chitosan- Polyethylene Oxide Nanoparticles as Protein Carriers*. Journal of Applied Polymer Science, Vol.63;125-132 (1997) John Wiley & Sons, Inc. CCC0021-8995/97/010125-08

Cconislla (2017) *Desarrollo de micropartículas de quitosano entrecruzado y cuaternizado para la adsorción de ácido desoxirribonucleico (ADN)*. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Química, en la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional de Ingeniería.

Cinabrio (2013). *¿Perú pesquero?: sanguaza de industria del calamar gigante se arroja directamente al río Chira*. Sullana, Piura. Recuperado de: <http://cinabrio.over-blog.es/article-peru-pesquero-sanguaza-de-industria-del-calamar-gigante-se-arroja-directamente-al-rio-chira-118985350.html>

Cruz, M. M. (2016). *Análisis de la producción y exportación de la harina de pescado, período 2012-2014*. Tesis para optar el grado de Magister en Negocios Internacionales y Gestión de Comercio Exterior, en la Facultad de Ciencias Económicas, de la Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. Editado por la Universidad de Guayaquil.

Cruz M., R.; Martínez T., Y y López M., V. (2013). *Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaque de alimentos*. Revista Temas selectos de ingeniería de

alimentos 7 2(2013) pp. 42-52. Puebla, Editado por la Universidad de las Américas Puebla.

Ensinger (2016). *Elongación a la ruptura*. Recuperado de <http://www.ensinger.es/es/informacion-tecnica/propiedades-tecnicas-de-los-plasticos/propiedades-mecanicas/elongacion-a-la-rotura>

Espinoza E., E. V., (2007). *Propiedades físicas y biológicas de dos tipos de esponjas de quitosano, para su aplicación como biomaterial*. Tesis para optar el título profesional de Cirujano Dentista, en la Facultad de Odontología, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Espinoza S., V. M. (2011). *Aplicación de las regulaciones municipales en las industrias de procesamiento de harina de pescado en Chanduy, provincia de Santa Elena*. Tesis para optar el título profesional de Abogado de los Tribunales, en la Facultad de Ciencias Sociales y de la Salud, en la Universidad Estatal Península de Santa Elena. La Libertad, Ecuador. Editado por la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Estrada A., F. (2012). *Análisis exergético para la optimización del recurso energético de una planta de harina de pescado*. Tesis para optar el grado académico de Maestro en Ciencias con mención en Energética, en la Facultad de Ingeniería Mecánica, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional de Ingeniería.

Falcón E., P. A. y Yalico C., C. (2015). *Impacto ambiental de los efluentes de la industria pesquera en las aguas de mar de la Bahía de Chancay*. Tesis, para optar el título de Ingeniero Químico, en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Química, de la Facultad de Ingeniería Química y Metalúrgica, de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

Farje S., L. A. (2008). *Sistema de control de procesos para el aseguramiento de la calidad en la producción de harina de pescado*. Tesis para optar el título de Ingeniero de Sistemas, en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú. Editado por la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

FAO (2017). *Análisis proximales*. Editado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

Recuperado

de:

<http://www.fao.org/docrep/field/003/AB489S/AB489S03.htm>

Flores F., A. G. (2012). *Elaboración y evaluación de la calidad de harina de residuos de la almeja mano de león Nodipecten subnodosus (sowerby, 1835) obtenida a tres diferentes temperaturas de secado*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Pesquerías, en la Universidad Autónoma de Baja California Sur. La Paz Baja California Sur, México. Editado por la Universidad Autónoma de Baja California Sur.

Fuentealba (2004). *Estudio de alternativas de elaboración de productos con mayor valor comercial a partir de desechos sólidos de la industria salmonera de la décima Región*. Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Ingeniería en Alimentos, en la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile. Editado por la Universidad Austral de Chile.

Gagné, N. (1993). *Production of chitin and chitosan from crustacean waste and their use as a food processing aid [Producción de quitina y quitosano de desechos de crustáceos y su uso como ayuda para el procesamiento de alimentos]*. Tesis para optar el grado de Master of Science [Maestro de Ciencias], en la Facultad de

posgrado e investigación, en la McGill University, Montreal, Canadá. Editada por la Universidad McGill.

Garcés Y., M. (2013). *Inmovilización enzimática de lipasa mediante el agente quitosano obtenido del exoesqueleto de cangrejo Cancer setosus*. Tesis para optar el título profesional de Químico Farmacéutica, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica, en la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

García S., C. O.; Pacheco A., R.; Valdez H., S.; Márquez R., E.; Lugo S.; M. E. y Ezquerro B., J. M. (2009). *Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamientos y usos*. Revista Ciencia y Tecnología Alimentaria (CyTA). Vol7, N°1, pp. 67-77. México DF, México. Editado por la Asociación de Ciencia y Tecnología Alimentaria de los alimentos de Galicia.

García Z., C. A. (2017). *Obtención de quitosano a partir de exoesqueleto de langostino blanco (Litopenaeus vannamei), para el tratamiento de efluentes industriales*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial y Comercio Exterior, en la Escuela de Ingeniería Agroindustrial y Comercio Exterior, de la Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo, de la

Universidad Señor de Sipán. Lambayeque, Perú. Editado por la Universidad Señor de Sipán.

González P., M. (2007). *Propiedades químicas y físicas de polímeros*. Madrid, España. Editado por la Universidad Politécnica de Madrid.

Gouda F., D. R. (2008). *Chitosan as an antimicrobial compound: modes of action and resistance mechanisms [El quitosano como compuesto antimicrobiano: modos de acción y mecanismos de Resistencia]*. Tesis para optar el grado doctoral, en la Facultad de Matemáticas y Ciencias Naturales, en la Universidad Rheinische Friedrich Wilhelm. Bonn, Alemania. Editado por la Universidad Rheinische Friedrich Wilhelm.

Hermosillo A., G. C. (2007). *Investigación de mercado para determinar la demanda potencial de un complemento alimenticio para cerdos a partir de subproductos del procesamiento del camarón*. Tesis para optar el grado de Maestro en Administración, en el Instituto Tecnológico de Sonora. Sonora, México. Editado por el Instituto Tecnológico de Sonora.

Higueras C., L. (2015). *Quitosano como matriz biopolimérica para el desarrollo de envases activos antimicrobianos de alimentos*.

Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de los Alimentos, en el Departamento de Medicina Preventiva y Salud Pública, de la Universidad de Valencia. Valencia, España. Editado por la Universidad de Valencia.

Huamaní A., J. A. y Huamolles B., A. O. (2017). *Remoción de cadmio en soluciones acuosas usando nanopartículas de hierro cerovalente sobre una matriz de quitosano* Tesis para obtener el título profesional de Toxicólogo, en la Facultad de Farmacia y Bioquímica, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Lampazzi, A. (2017). *Quitosano, conservante natural para la industria alimentaria*. Facultad de Ciencias de Alimentación Concordia. Entre Ríos, Argentina. Recuperado de: <http://graduadosfcal.blogspot.com/2011/02/quitosano-conservante-natural-para-la.html>

López C., F. (2004). *Fundamentos de polímeros*. Presentado en la VI Escuela venezolana para la enseñanza de la química. Mérida, Venezuela. Editado por la Universidad de los Andes.

López M., M. A. (2011), *Obtención y caracterización de quitosanos modificados. Ingredientes funcionales con aplicaciones tecnológicas y biológicas en la industria alimentaria*. Tesis, para optar el grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los alimentos, en la Facultad de Veterinaria, en la Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. Editado por la Universidad Complutense de Madrid.

Marín L., J. C.; Chinga P., C. A.; Velásquez F., A. I.; González C., P. A. y Zambrano R., L. M. (2015). *Tratamiento de aguas residuales de una industria procesadora de pescado en reactores anaeróbicos discontinuos*. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina, Vol 25(1), pp. 27-42. Nueva Granada, Colombia. Editado por la Universidad Militar Nueva Granada.

Martínez M., E. L. y Tapia P., K. (2008). Propuesta para la obtención y caracterización de poliamidas y policarbonatos a partir de xilosa. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Químico Industrial, en la Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias extractivas, de Instituto Politécnico Nacional. México D.F., México. Editado por el Instituto Politécnico Nacional.

Maurelia, R. E.; Zamora, R. E.; Guevara, M. A. y Aguilera, A. C. (1998). *Extracción sólido-líquido de iones metálicos desde efluentes*

mineros usando quitina y quitosano. Recopilado por la revista Investigación tecnológica. Investigación realizada por la Universidad de Atacama, Chile. Editado por la Universidad de Atacama.

Meza S., C. (2017). Iniciativa de la facultad de ingeniería permitirá certificar calidad de la harina de pescado. Universidad Católica de la Santísima Concepción. Región del Bío Bío, Chile. Recuperado de: <http://graduadosfcal.blogspot.com/2011/02/quitosano-conservante-natural-para-la.html>

MMP (2016). *Propiedades mecánicas de los polímeros*. Mechanical properties of Polymers. Recuperado de <http://pslc.ws/spanish/mech.htm>.

Montalvo A., P. L. (2009). *Aplicaciones farmacéuticas del quitosano*. Tesis para optar el título profesional de Licenciado de Química, en la Escuela Profesional de Química, de la Facultad de Ciencias, de la Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional de Ingeniería.

Monterroso C., J. L. (2011). *Estudio de los efluentes del procesamiento de papa en Piura y su potencial uso como fertilizante*. Tesis para

optar el título profesional de Ingeniero Industrial y de Sistemas, en la Facultad de Ingeniería, de la Universidad de Piura. Piura, Perú. Editado por la Universidad de Piura.

Núñez Á., C. C. (2014). *Recuperación de sólidos del agua de cola por coagulación-floculación y cuantificación de histamina*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Pesquero, en la Facultad de Pesquería, en la Universidad Nacional Agraria. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Agraria.

Paredes M., V. M. (2005). *Impactos ambientales y económicos generados por las plantas de tratamiento de agua de las fábricas de harina y aceite de pescado del Perú en el ambiente marino, años 1950-2002*. Tesis para optar el grado de Maestro de Ciencias con mención en Gestión Ambiental, en la Escuela de Post Grado, de la Universidad Nacional de Trujillo, La Libertad, Perú. Editado por la Universidad Nacional de Trujillo.

Pastor de A., A. (2004). *Quitina y quitosano: obtención, caracterización y aplicaciones*. Programa CYTED y CIAD. Lima, Perú. Fondo Editorial de la Pontificia Universidad Católica del Perú.

Piergiovanni, L. y Limbo, S. (2010). *Food packaging. Materiali, tecnologie e qualita degli alimenti [Embalaje de alimentos. Materiales,*

tecnologías y calidad de los alimentos]. Milano, Italia. Editorial Springer.

Reyes E., K. (2014). *Estudio de factibilidad para la creación de una fábrica de harina de pescado y su comercialización en la provincia de Esmeraldas*. Tesis para optar el título de ingeniero en Contabilidad y Auditoría CPA, en la Facultad de Ciencia Administrativa y Contable, de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Esmeraldas, Ecuador. Editado por la Universidad Católica del Ecuador.

Rodríguez, M. S.; Ramos, V.; Del Blanco; L. y Agullo, E. (2000). *Preservación de tomates con aplicación de capas de quitosano*. Recopilado por la revista Investigación tecnológica. Investigación realizada por la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. Editado por la Universidad del Sur de Argentina.

Romero et al. (2016). *El 1, 2, 3 de la experimentación con animales de laboratorio*. Revista peruana de medicina experimental y salud pública, vol 33(2). Lima, Perú. Recuperado de: <http://www.rpmesp.ins.gob.pe/index.php/rpmesp/article/view/2169/2241>

Martín, I., Salcedo, R. y Font, R. (2000). *Mecánica de fluidos. Operaciones separación sólido-fluido*. Evaluación de plantas y desarrollo tecnológico. Alicante, España. Editado por la Universidad de Alicante.

Tafur B., L. K. y Quevedo S., R. K. (2014). *Alternativa para el tratamiento de aguas residual cromadas con quitosano extraído del exoesqueleto de camarón*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, en la Facultad de Ingeniería Agronómica, de la Universidad del Tolima, Tolima, Colombia. Editado por la Universidad del Tolima.

Talledo E., S. L. (2010). *Situación y perspectiva de la harina de pescado: Caso peruano de 1980-2007*. Tesis para optar el grado de Magister en Economía con mención en Comercio Exterior, en la Facultad de Ciencias Económicas, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Toyes V., E. A. (2016). *Aprovechamiento de subproductos marinos para la alimentación de camarón de cultivo y gallinas ponedoras*. Tesis para optar el grado de Doctor en Ciencias, en el Programa de estudios de posgrado, del Centro de Investigaciones Biológicas

del Noroeste. Baja California Sur, México. Editado por el Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste.

Valenzuela V., C. y Arias, J. I. (2012). *Potenciales aplicaciones de películas de quitosano en alimentos de origen animal: una revisión*. Investigación realizada por la Facultad de Ciencias Veterinarias y Pecuarias de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. Editado por la Universidad de Chile.

Valenzuela Ch., C. L. (2006). *Obtención de quitosano de pota (Dosidicus gigas) empleando altas dosis de radiación gamma*. Tesis para optar el título profesional de Químico, en la Facultad de Química e Ingeniería Química, de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima, Perú. Editado por la Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Valero V., M. F.; Ortegón, Y. y Uscategui, Y. (2013). *Biopolímeros: Avances y perspectivas*. Revista Dyna año 80, número 181, pp. 171-180. Medellín, Colombia. Editado por la revista Dyna.

Villalobos C., R. (2015). *Los biopolímeros*. Seminario internacional sobre innovaciones y tendencias en la aplicación de biopolímeros en la industria de alimentos. Santiago, Chile. Editado por el Grupo de Investigación de Biopolímeros en Alimentos (GIBA). Recuperado

de <http://noticias.ubiobio.cl/2015/10/28/innovaciones-y-tendencias-en-la-aplicacion-de-biopolimeros-en-la-industria-de-alimentos-en-seminario-internacional-ubb/?print=pdf>

Villarán D., M. C. (2007). *Elaboración y caracterización de films comestibles basadas en mezclas entre proteínas de quínoa y quitosano*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero en Alimentos, en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, de la Universidad de Chile. Santiago, Chile. Editado por la Universidad de Chile.

IX

Anexos

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables	Indicadores
¿En qué medida se podrá emplear el biopolímero quitosano para la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio?	Emplear el biopolímero quitosano para remover sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, con la finalidad de obtener un incipiente alimenticio.	El biopolímero quitosano permite la remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio	Variable independiente: Biopolímero quitosano.	[1]. Reactivo coagulante. [2]. Composición proximal. [3]. Incipiente alimenticio.
Problema específico	Objetivo específico	Hipótesis específica	Variables	Indicadores
1. ¿Cuál es la dosis apropiada de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado?	1. Establecer la dosis apropiada de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.	1. Se establece la dosis apropiada de biopolímero quitosano que actúa como reactivo coagulante en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.	Variable dependiente: Remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para obtener un incipiente alimenticio.	[1]. Cantidad de quitosano.
2. ¿Cuál es la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado?	2. Determinar la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de incipiente alimenticio.	2. Se establece la variación de la composición proximal por efecto del biopolímero quitosano, en el proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado.		[1]. Humedad. [2]. Sólidos Totales. [3]. Proteína. [4]. Grasa. [5]. Cenizas.
3. ¿Cuál es el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola, de la industria harinera de pescado?	3. Evaluar el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola, de la industria harinera de pescado.	3. Se establece el nivel de aceptación de una cuadrilla de gatos, del incipiente alimenticio obtenido después del proceso de remoción de sólidos suspendidos en agua de cola, de la industria harinera de pescado.		[1]. Incipiente alimenticio.

Anexo 2: Matriz operacional de variables

Variables	Indicador	Técnica (método de evaluación)	Instrumento	Criterio de evaluación	Tipo de valor
Variable independiente: Biopolímero quitosano.	[1]. Reactivo coagulante. [2]. Propiedades físicas y químicas de las aguas tratadas. [3]. Incipiente alimenticio.	Observación (operaciones unitarias).	Guía de observación (análisis químico).	Unidades.	Valor continuo.
Variable dependiente: Remoción de sólidos suspendidos en agua de cola de la industria harinera de pescado, para la producción de incipiente alimenticio.	[1]. Cantidad de quitosano.	Observación (metodología de prueba de jarras)	Guía de observación (análisis de operaciones físicas).	mg/L	Valor continuo
	[1]. Humedad. [2]. Sólidos Totales. [3]. Proteína. [4]. Grasa. [5]. Cenizas.	Observación (metodología Weende): [1]. Medición del contenido de agua en la muestra. [2]. Filtración de la muestra. [3]. Medición del nitrógeno total. [4]. Medición de la grasa. [5]. Medición de las cenizas	Guía de observación: [1]. Estufa. [2]. Inst. químico. [3]. Inst. químico. [4]. Inst. químico. [5]. Inst. químico.	[1]. %. [2]. mg/L. [3]. g [4]. g [5]. g	Valor continuo
	[1]. Incipiente alimenticio.	Observación de la alimentación de la cuadrilla de gatos (metodología de Romero).	Lista de cotejo.	gr de incipiente alimenticio	Valor continuo.

Anexo 3: Cálculo del tamaño de la muestra

Para calcular el tamaño de la muestra, de población infinita, se emplea la siguiente fórmula estadística:

Población inicial:

$$N_0 = \left[\frac{Z^2 * p * q}{e^2} \right]$$

Para calcular el tamaño de la muestra, de población finita, se emplea la siguiente fórmula estadística:

Tamaño de la muestra:

$$n = \left[\frac{N * Z^2 * p * q}{e^2 * (N - 1) * Z^2 * p * q} \right]$$

Donde:

- n = [unidades] tamaño de la muestra.
- N = [unidades] tamaño de la población.
- Z = [valor] nivel de confianza, para una certeza determinada
- p = [%] proporción de la población, que representa el fenómeno de estudio.
- q = [%] probabilidad de la población, que no representa el fenómeno de estudio.
- e = [%] margen de error.

Para la ecuación anterior, se requiere definir el nivel de confianza (Z) y margen de error (e), basado en el nivel de certeza experimental, mostrados en la siguiente relación estadística:

Certeza [%]	95	94	93	92	91	90	80	62	50
Error [%]	5	6	7	8	9	10	20	38	50
Z	1,95	1,88	1,82	1,75	1,70	1,64	1,27	0,98	0,67

Para la presente investigación, se tiene un N = 30.

Se asumen los valores de p = 0,98, q = 0,02.

De la tabla anterior, se asume una C = 95 % (e = 5 %), correspondiéndole un Z = 1,95.

Reemplazando estos últimos valores en la ecuación inicial, se tiene:

$$N_0 = \left[\frac{(1,95)^2 * (0,98) * (0,02)}{(5)^2} \right] = 29,79$$

Por lo tanto, la población inicial [número de ensayos de laboratorio] es de 30.

Reemplazando estos últimos valores en la ecuación inicial, se tiene:

$$n = \left[\frac{(30) * (1,95)^2 * (0,98) * (0,02)}{(5)^2 * (30 - 1) + (1,95)^2 * (0,98) * (0,02)} \right] = 15,20$$

Por lo tanto, el tamaño de la muestra [número de ensayos de laboratorio] es de 15.

Anexo 4: Informes de laboratorio



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 004678 - 2018

SOLICITANTE : RUIZ HUAMÁN CARMEN MILAGROS
DIRECCIÓN LEGAL : JR. PABLO ARGUEDAS 410 PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
: RUC: --- Teléfono: 979835095
PRODUCTO : AGUA DE COLA DE PESCADO CON QUITOSANO
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 766,5 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en envase cerrada
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-002598 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 21/05/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Carbohidratos (g / 100 g de muestra original)	0,0
2.- Energía Total (Kcal / 100 g de muestra original)	33,5
3.- Proteína Cruda (Nitrógeno Total)(g / 100 g de muestra original) (Factor: 6.25)	5,9
4.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	1,3
5.- Grasas(g / 100 g de muestra original)	1,1
6.- Humedad(g / 100 g de muestra original)	91,7

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

- 1.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- NTP 204.023:1982
- 4.- NTP 204.022:1982
- 5.- AOAC 905.02 Cap. 33 Pág. 19, 20th Edition 2016
- 6.- NTP 204.030:1985

FECHA DE EJECUCIÓN DE ENSAYOS: Del 21/05/2018 Al 30/05/2018.

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 30 de Mayo de 2018



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM

Ing. Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral
DIRECTORA TÉCNICA
C.Q.P. N° 835

Pág 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794

E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Pagina Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total



**LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 004679 - 2018

SOLICITANTE : RUIZ HUAMÁN CARMEN MILAGROS
DIRECCIÓN LEGAL : JR. PABLO ARGUEDAS 410 PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
RUC : --- **Teléfono**: 979835095
PRODUCTO : AGUA DE COLA DE PESCADO
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : S.I.
CANTIDAD RECIBIDA : 1096,2 g (+envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M.
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en envase cerrada
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-002599 -2018
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 21/05/2018
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : No aplica
RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :
ALCANCE : N.A.

ENSAYOS	RESULTADO
1.- Carbohidratos (g / 100 g de muestra original)	0,0
2.- Energía Total (Kcal / 100 g de muestra original)	31,9
3.- Proteína Cruda (Nitrógeno Total)(g / 100 g de muestra original) (Factor: 6.25)	5,5
4.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	1,3
5.- Grasa(g / 100 g de muestra original)	1,1
6.- Humedad(g / 100 g de muestra original)	92,1

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

- 1.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 2.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 3.- NTP 204.023:1982
- 4.- NTP 204.022:1982
- 5.- AOAC 905.02 Cap. 33, Pág. 19, 20th Edition 2016
- 6.- NTP 204.030:1985

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 21/05/2018 Al 30/05/2018.

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 30 de Mayo de 2018



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM

Mary Flor Césare Coral
 Ing. Mg. Quím. Mary Flor Césare Coral
DIRECTORA TÉCNICA
 C.Q.P. N° 635

Pág 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú
 Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794

E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Pagina Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

Instituto de Certificación, Inspección y Ensayos



INFORME DE ENSAYOS

N° 006141 - 2016

SOLICITANTE : RUIZ HUAMÁN CARMEN MILAGROS
DIRECCIÓN LEGAL : JR. PABLO ARGUEDAS 410 PAMPLONA BAJA - SAN JUAN DE MIRAFLORES - LIMA
RUC: --- Teléfono: 979835095
PRODUCTO : ALIMENTO BALANCEADO PARA PECES
NÚMERO DE MUESTRAS : Uno
IDENTIFICACIÓN/MTRA. : S.I
CANTIDAD RECIBIDA : 2659 g (+ envase) de muestra proporcionada por el solicitante.
MARCA(S) : S.M
FORMA DE PRESENTACIÓN : Envasado, la muestra ingresa en plástico debidamente cerrado
SOLICITUD DE SERVICIO : S/S N°EN-003611 -2016
REFERENCIA : PERSONAL
FECHA DE RECEPCIÓN : 20/07/2016
ENSAYOS SOLICITADOS : FÍSICO/QUÍMICO
PERÍODO DE CUSTODIA : 1 Mes, a partir de la fecha de recepción.

RESULTADOS :

ENSAYOS FÍSICOS/QUÍMICOS :

ALCANCE : N.A.

ENSAYO	RESULTADO
1.- Humedad (g / 100 g de muestra original)	91,8
2.- Proteína Cruda (g / 100 g de muestra original) (Factor: 6.25)	5,8
3.- Grasa(g / 100 g de muestra original)	0,8
4.- Energía Total(Kcal / 100 g de muestra original)	30,4
5.- Carbohidratos(g / 100 g de muestra original)	0,0
6.- Cenizas(g / 100 g de muestra original)	1,6

MÉTODOS UTILIZADOS EN EL LABORATORIO :

- 1.- AOAC 934.01 Cap. 4 Ed. 19 Pag. 1 2012
- 2.- AOAC 954.01 Cap. 4 Ed. 19 Pag. 24-25 2012
- 3.- AOAC 954.02 Cap. 4 Ed. 19 Pag. 40-41 2012
- 4.- Por Cálculo MS-INN Collazos 1993
- 5.- Por Diferencia MS-INN Collazos 1993
- 6.- AOAC 942.05 Cap. 4 Ed. 19 Pag. 8 2012

FECHA DE EJECUCION DE ENSAYOS: Del 20/07/2016 Al 26/07/2016.

ADVERTENCIA :

- 1.- El muestreo, las condiciones de muestreo, tratamiento y transporte de la muestra hasta su ingreso a La Molina Calidad Total - Laboratorios son de responsabilidad del Solicitante.
- 2.- Se prohíbe la reproducción parcial o total del presente Informe sin la autorización de La Molina Calidad Total - Laboratorios.
- 3.- Válido sólo para la cantidad recibida. No es un Certificado de Conformidad ni Certificado del Sistema de Calidad de quien lo produce.
- 4.- Este documento no se emite sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA

La Molina, 26 de Julio de 2016



LA MOLINA CALIDAD TOTAL LABORATORIOS-UNALM.

Cecilia Arnedo
Ing. Mg. Sc. Cecilia Arnedo
DIRECTORA TÉCNICA
CIP. N° 185515

Pág 1/1

Av. La Molina S/N (frente a la puerta principal de la Universidad Agraria) - La Molina - Lima - Perú

Telf.: (511) 3495640 - 3492507 Fax: (511) 3495794

E-mail: mktg@lamolina.edu.pe - Pagina Web: www.lamolina.edu.pe/calidadtotal - la molina calidad total