



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Reaprovechamiento del colágeno de los residuos de Lisa (*Mugil cephalus*) para la elaboración de bioplástico; Terminal Pesquero de Villa María del Triunfo-2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE :

Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Godiño Rojas, Yosselin Janeth (ORCID: 0000-0003-0256-0207)

**ASESOR:**

DR. Sernaqué Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-003-1485-5864)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de Residuos Sólidos

LIMA – PERÚ

2019

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres, ya que son el pilar fundamental y apoyo en mi formación académica. Agradezco en esta ocasión tan especial, por su ayuda incondicional, su compromiso y su lealtad, a toda mi familia. Que Dios les bendiga.

## **Agradecimientos**

A Dios por ser mi guía durante toda mi vida y ser mi fortaleza para y culminar mi carrera universitaria

Mi gran efecto hacia ustedes, mi grandiosa familia, por todos los esfuerzos y sacrificio durante todo este tiempo.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS .....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	7
III.METODOLOGÍA.....	14
3.1. Tipo y Diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y su operacionalización .....	14
3.3. Población y muestra.....	16
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad ....	16
3.5. Procedimiento .....	17
3.6. Métodos de análisis y procesamiento de los datos .....	23
3.7. Aspectos éticos .....	26
IV. RESULTADOS .....	27
V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	37
VI. CONCLUSIONES .....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42
ANEXOS.....	47

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Parte comestible y residuos de algunas especies de pescados comerciales.	2
<b>Tabla 2.</b> Análisis Proximal de Mugil cephalus. ....	11
<b>Tabla 3.</b> Diseño de la investigación. ....	14
<b>Tabla 4.</b> Operacionalización de las variables .....	15
<b>Tabla 5.</b> Reactivos utilizados .....	17
<b>Tabla 6.</b> Diseño factorial 2 <sup>3</sup> . ....	23
<b>Tabla 7.</b> Factores de evaluación de los biopolímeros. ....	24
<b>Tabla 8.</b> Aplicación del diseño factorial 2 <sup>3</sup> . ....	25
<b>Tabla 9.</b> Obtención de colágeno a partir de residuos de pescado. ....	27
<b>Tabla 10.</b> Rendimiento obtenido de colágeno a partir de residuos de pescado. ....	27
<b>Tabla 11.</b> Obtención de colágeno a partir de residuos de pescado. ....	28
<b>Tabla 12.</b> Rendimiento obtenido de colágeno a partir de residuos de pescado. ....	29
<b>Tabla 13.</b> Parámetros fisicoquímicos del colágeno obtenido. ....	30
<b>Tabla 14.</b> Resultados promedios obtenidos de propiedades mecánicas del bioplástico obtenido .....	31
<b>Tabla 15.</b> Análisis de Varianza para Resistencia .....	31
<b>Tabla 16.</b> Análisis de Varianza para Elongación .....	34
<b>Tabla 17.</b> Valores de respuesta y óptimos .....	37
<b>Tabla 18.</b> Factores óptimos obtenidos .....	37
<b>Tabla 19.</b> Tabla comparativa de resultados de propiedades fisicoquímicas obtenidas de colágeno extraído de residuos de pescado .....	39

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Desarrollo de las escamas en la piel (Sáenz, 2017, p. 16) .....	11
<b>Figura 2.</b> Desecho de pescado utilizado para la obtención de la gelatina .....	18
<b>Figura 3.</b> Esquema de la primera fase en la elaboración del bioplástico: extracción del colágeno .....	19
<b>Figura 4.</b> Proceso de liofilizado del colágeno extraído. ....	19
<b>Figura 5.</b> Procedimiento de elaboración del bioplástico .....	20
<b>Figura 6.</b> Agitación del colágeno con la solución de NaOH 2 M y el plastificante. ....	21
<b>Figura 7.</b> Soluciones filmógenas .....	21
<b>Figura 8.</b> soluciones filmógenas en el horno de incubación. ....	22
<b>Figura 9.</b> Representación geométrica del Diseño factorial 23 .....	23
<b>Figura 10.</b> Diagrama de Pareto Estandarizada para Resistencia .....	33
<b>Figura 11.</b> Efectos principales para resistencia vs Plastificante / Tiempo de secado	34
<b>Figura 12.</b> Diagrama de Pareto Estandarizada para Elongación .....	36
<b>Figura 13.</b> Efectos principales para Elongación .....	36

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el reaprovechamiento del colágeno de los residuos de Lisa (*Mugil cephalus*) para la elaboración de bioplástico; Terminal Pesquero de Villa María del Triunfo-2019. La metodología del estudio fue un diseño experimental, y un diseño factorial 2<sup>3</sup>, la población estuvo conformada por residuos de pescado proveniente de la industria pesquera, ubicada en el Terminal Pesquero Villa María Del Triunfo, tomando una muestra de 5 kg para la obtención del colágeno, a ambos se les determinó la humedad, grasa, cenizas y proteínas, asimismo al producto obtenido se le determinó su masa, resistencia y elongación, para la recogida de los datos se emplearon fichas de registro. Los resultados de la obtención del colágeno a partir de los residuos de pescado tuvieron un valor promedio de  $3.30 \pm 0.01$  kg y un rendimiento de obtención de  $62.7 \pm 0.2\%$ , las características fisicoquímicas del colágeno obtenido fueron: concentración de proteína 79.2%, humedad 4.1%, cenizas 11.1% y grasas totales 3.15%. Las interacciones de los factores AB (0,0489) y BC (0,0335) tuvieron un efecto significativo en la resistencia a la tracción del bioplástico, mientras que ninguno factor ni sus interacciones tuvieron efectos significativo en la elongación. La combinación de factores óptima fue 30% de plastificante, 90.0 °C de temperatura de secado y 35 h de secado, dando una resistencia a la tracción de 0.17 MPa y una elongación de 130.61%.

Palabras clave: Reaprovechamiento, residuos, colágeno, resistencia y elongación.

## ABSTRACT

The objective of the investigation was to evaluate the reuse of the collagen from the residues of Lisa (*Mugil cephalus*) for the elaboration of bioplastic; Fishing Terminal of Villa María del Triunfo-2019. The methodology of the study was an experimental design, and a factorial design 2<sup>3</sup>, the population was conformed by residues of fish coming from the fishing industry, located in the Fishing Terminal Villa Maria del Triunfo, taking a sample of 5 kg for the obtaining of the collagen, to both they were determined the humidity, fat, ashes and proteins, also to the obtained product was determined its mass, resistance and elongation, for the collection of the data were used record cards. The results of obtaining collagen from fish residues had an average value of 3.30±0.01 kg and a yield of 62.7±0.2%, the physicochemical characteristics of collagen obtained were: protein concentration 79.2%, humidity 4.1%, ash 11.1% and total fat 3.15%. The interactions of factors AB (0.0489) and BC (0.0335) had a significant effect on the tensile strength of the bioplastic, while none of the factors or their interactions had a significant effect on elongation. The optimal combination of factors was 30% plasticizer, 90.0 °C drying temperature and 35 h drying time, giving a tensile strength of 0.17 MPa and an elongation of 130.61%.

Keywords: Reuse, residues, collagen, resistance and elongation.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, en líneas generales, la sociedad está creciendo rápidamente, conllevando el consumo de diversos productos plásticos, ya que facilitan la realización de las actividades cotidianas a través de su naturaleza práctica. Sin embargo, este producto ha ocasionado un efecto perjudicial al ambiente, ya que el tiempo para su degradación es largo y no se degrada por medio de procesos naturales.

Según Jambeck (2015, p. 768), la producción de plásticos es uno de los causantes de la contaminación ambiental, esto en cifras implica que “entre 4.8 y 12.7 millones de toneladas de residuos plásticos terminan en los océanos cada año”. Estas cantidades se acumulan formando grandes islas de plásticos conocidas como «garbage patch», afectando a todo ser viviente que se encuentra en ella y al ecosistema en general.

Según estadísticas provistas por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (2015, p. 323), reporta que, en la Provincia de Lima, entre los años 2013 y 2014 se incrementó la cantidad de residuos sólidos de 2,759 millones a 2,828 millones de toneladas. Esta tendencia al aumento evidencia un incremento en el consumo debido al crecimiento por parte de la población.

Para contrarrestar esta situación, organizaciones enfocadas en mejorar la calidad del medio ambiente, han realizado múltiples esfuerzos en concientizar al hombre sobre el impacto que el plástico sintético tiene en la contaminación ambiental, mediante campañas de reciclable, degradable, de fuentes naturales y la preservación del planeta. A esto se le suma la escasez y el incremento del valor del petróleo y el incremento de la normativa medioambiental, trabajan en simultáneo para impulsar el desarrollo de nuevos materiales y productos que sean más favorables al medio ambiente y se degraden con mayor facilidad.

Dentro de las alternativas que se plantean para mejorar esta problemática, se encuentran los bioplásticos. Estos materiales son polímeros de origen natural y renovable, que también son biodegradables por microorganismos y que están perfectamente adaptados a las nuevas necesidades y preocupaciones sociales e

industriales. Se pueden obtener a partir de almidón y celulosa, de polímeros de glucosa de plantas, colágeno y gelatina (Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología, 2017, párr. 2).

Debido a la abundancia de estos compuestos alternativos en la naturaleza, es de vital importancia realizar estudios para su aprovechamiento y aminorar los efectos negativos del exceso de plásticos. El colágeno proveniente de desechos de pescado presenta una opción para localidades donde se desarrolle la pesca.

Es bien sabido que las actividades pesqueras en el Perú generan una cantidad grande de residuos. Según Gómez-Guillén (2002, p. 25), “Aproximadamente el 30% de estos residuos consisten en piel y hueso con alto contenido de colágeno”. Actualmente, es de suma importancia resaltar que la Dirección General de Asuntos Ambientales Pesqueros y Acuícolas a través de la Dirección de Gestión Ambiental - DIGAM, se encuentran desarrollando talleres a fin de generar reaprovechamiento idóneo de los desechos hidrobiológicos, evitando su mala disposición, que ocasiona el deterioro del nivel de calidad ambiental. Esto, motivado a que las industrias pesqueras, en su mayoría, no tienen las condiciones adecuadas para el tratamiento de los desechos generados, siendo su disposición final en cuerpo marino receptor, lo que genera altas tasas de contaminación.

En este mismo sentido, a continuación, se muestra en la tabla 1 los valores porcentuales de residuos que generan algunas especies comerciales de pescado:

**Tabla 1.** Parte comestible y residuos de algunas especies de pescados comerciales.

Recursos	(%) Parte comestible	(%) Residuos
Anchoveta	46.7	53.3
Merluza	48.0	52.0
Caballa	51.2	48.8
Jurel	51.3	48.7

**Fuente:** Instituto del Mar del Perú e Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (1996), tomado de Sosa (2017, p. 11).

Según la tabla anterior, sólo, en promedio, el 49% de los peces examinados son comestibles, por lo que alrededor del 51% de ellos son considerados residuos y representan un alto porcentaje que se convierte en contaminación, tanto por el olor producido, el espacio ocupado, la aparición de enfermedades y por la falta de control en la evocación de animales carroñeros; asimismo no son aprovechado económicamente.

Es por esta razón que, los desechos generados por el sector pesquero, al igual que los plásticos sintéticos, son considerados negativos para el medio ambiente, por lo que existe la necesidad de dar un buen uso de estos; y una forma de hacerlo, es aprovechando los residuos de pescado (Lisa), ya que son una alta fuente de proteína de la cual se puede obtener colágeno y, a partir de éste, elaborar bioplástico; un producto de mayor valor que minimiza el impacto ambiental y promueve el desarrollo sostenible.

De esta forma, para la realización de la investigación se hizo una revisión de estudios vinculados con el problema planteado, a nivel nacional e internacional, los cuales se señalan a continuación:

Barrenechea (2019) presentó su trabajo de investigación titulado “Aprovechamiento de la piel de Paiche (*Arapaima gigas*).” Como resultado de estos ensayos de proteína, grasa, cenizas y humedad se obtuvieron valores de 90 %, 0 %, 0 % y 10 %, cuyos valores fueron los esperados para gelatinas formadas a partir de colágeno, asimismo se logró un rendimiento de extracción del colágeno deshidratado de 7.11%.

Cruz (2018) realizó una investigación denominada “Desarrollo de un producto elaborado con escamas de pescado como alternativa al uso de materiales plásticos.” Entre los principales resultados, utilizando un dispositivo desarrollado por los investigadores, se sintetizó un material a partir de escamas de pescado. Las

condiciones utilizadas en el procedimiento de síntesis fueron 200°C y 1-10 kPa. Al analizar el material obtenido se obtuvieron que su densidad fue de 0.75 g/cm<sup>3</sup> y una propiedad de absorción del 160%. Asimismo, la biodegradabilidad de las escamas fue de 0.3% en 21 días de observación.

Araújo, Rodrigues, Peixoto, Araújo y Lourenço (2018), en su investigación “Optmizing process parameters to obtain a bioplastic using proteins from fish byproducts through the response surface methodology.” De acuerdo con los resultados del diseño factorial, la concentración de proteína (%MP) mostró efecto significativo sobre la resistencia a la tracción (directamente proporcional), el plastificante mostraron efectos significativos (inverso) sobre la resistencia a la tracción. El bioplástico se preparó con un %MP de 0.78% y 40% de plastificante, teniendo una resistencia a la tracción de 4.915±1.010 MPa, una elongación de 178.080±1.484% y baja permeabilidad de 6.420x10<sup>11</sup>±0.041x10<sup>-11</sup> gm<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> Pa<sup>-1</sup>, lo cual indicó ser la mezcla perfecta para producir los bioplásticos.

Blanco, Vásquez, Pérez-Martín y Sotelo (2017), publicaron un artículo denominado “Hidrolizados del colágeno de la piel de pescado: una oportunidad de valorizar los bioproductos de la industria pesquera”. La obtención del colágeno fue por medio del procedimiento de extracción de pepsina de la piel de dos géneros de teleósteos (*Prionace glauca* y *Scyliorhinus canicula*), y dos especies de cartilagosos (*Xiphias gladius* y *Thunnus albacares*), con resultados que oscilaron en la obtención del colágeno entre 14.16% y el 61.17% para las especies estudiadas. El colágeno soluble de la pepsina obtenida fue hidrolizado por medio de procedimientos enzimáticos, luego ultra filtrados y posteriormente caracterizados.

Etxabide, Leceta, Cabezudo, Guerrero, Koro y De La Caba (2016) publicaron un artículo llamado “Sustainable Fish Gelatin Films: from Food Processing Waste to Compost”. Los resultados de los análisis de resistencia a la tensión y elongación se practicaron para mezclas de pH de control, ácido y básico. En cuanto a la resistencia a la tensión, se obtuvieron valores de 36.52±2.98 a 52.39±3.16 MPa, mientras que los resultados de elongación fueron de 1.79±0.54 a 2.88±0.68 %.

Velarde-Rodríguez, Beltrán-Acosta, Pichardo-Velarde y Amezcua-Vega (2015), en su estudio titulado “Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia.” En cuanto a los resultados de este estudio la cantidad de proteína obtenida fue de 0.495 mg/ml, y en función a esto, se estableció que, para una muestra de 5 g de piel de tilapia, se logran 2.83 g de colágeno hidrolizado, siendo su valor final de 76.69 mg.

Tang, Chen, Su, Weng, Osako y Tanaka (2015), realizaron el estudio denominado “Physicochemical properties and film-forming ability of fish skin collagen extracted from different freshwater species” En cuanto a los resultados sobre la caracterización mecánica, el valor obtenido para las biopelículas formadas a partir del pez tilapia, mostraron una resistencia a la tensión de 51.24 MPa con un porcentaje de elongación del 85.06 %, ligeramente mayor que el observado en otras especies de pescados (carpa y plateado carpa).

De igual forma Solari y Córdova (2015), realizó un estudio titulado; “Extracción de colágeno proveniente de residuos del procesamiento de *Engraulis ringens* Anchoqueta.” Como resultado principal se reportó la dependencia de la solubilidad de soluciones saturadas de colágeno al agregar soluciones salinas para su precipitación, observando una disminución porcentual en la solubilidad (40% del valor original) del colágeno a altas concentraciones de sal (8%).

Huanca (2014), realizó una investigación titulada “Recuperación de colágeno de desechos de sábalo, especie de pescado consumido en la ciudad de La Paz, con fines cosmetológicos.” Entre los principales hallazgos de este estudio, el porcentaje de colágeno obtenido, a partir de 100 g de materia prima, fue de 3.2%, en un tiempo óptimo de 130 minutos.

Núñez (2014) desarrolló un trabajo de investigación denominado “Obtención de una película de bioplástico a partir de las patas de pollo.” Se obtuvo como hallazgos que las propiedades de las biopelículas fueron de un espesor de 111.8  $\mu\text{m}$ , solubilidad de un 29.2%, permeabilidad de 0.619-0.868  $\text{g/h-1 m-1 MPa-1}$ . En cuanto a los hallazgos de los análisis practicados de resistencia a la rotura, el valor más alto fue de  $29.46 \pm 1.04 \text{ kg/cm}^2$ , con una elongación elevada de  $211.1 \pm 14.3\%$ . Por último, los ensayos de

biodegradabilidad demostraron que la biodegradabilidad de las películas era elevada en forma de pasta después de dos días, lo que dificultaba la continuación del ensayo.

Lee, Pranata, Ustunol y Almenar (2013) publicaron un artículo denominado "Influence of glycerol and water activity on the properties of compressed egg white-based bioplastics" en el cual evalúan los efectos del glicerol como plastificante a concentraciones y la actividad del agua en las propiedades físicas, mecánicas y morfológicas de los bioplásticos basados en claras de huevo compuesto. En cuanto a los resultados, el rango de humedad estaba entre 13.8 % y 15.6 %, el rango de espesor estaba comprendido entre 0.49 y 1.13 mm. También se obtuvo que resultados de los ensayos de caracterización mecánica fueron rangos comprendidos entre 86.2-154% para la elongación y 6.6-9.7 MPa para la resistencia a la compresión.

## II. MARCO TEORICO

Ahora bien, los polímeros son compuestos químicos grandes con numerosas unidades que se repiten, las mismas, con un tamaño menor, enlazadas entre sí, lo cual los hacen tener un alto peso molecular. Los polímeros orgánicos sintéticos, son los obtenidos de forma sintética (polietileno, tereftalato de polietileno (PET), polipropileno, entre otros), a diferencia de los biopolímeros con el ADN, la seda, el almidón y la celulosa (Wade, 2012, p. 1222). En general, los polímeros estos pueden ser clasificados dependiendo de su respuesta mecánica a altas temperaturas como en termoplásticos, elastómeros y termoestables (Callister, 2015, p. 55).

Los termoplásticos son polímeros que se convierten en líquidos cuando se les aplica altas temperaturas (Conde, 2016, p. 15). Mientras que los elastómeros son materiales que están formados por polímeros que se combinan a través de enlaces químicos y asumen una estructura final ligeramente reticulada. Son flexibles, ya que se ubican en un valor mayor a su temperatura de transición vítrea, lo que los hace utilizables como gomas (Callister, 2015, p. 57).

Los polímeros termoestables no fluyen bajo el efecto de la temperatura para poder ser remodelados, se consideran termoestables. Están constituidos por moléculas de cadena prolongada que se entrelazan en una composición tridimensional (RodríguezGarcía, 2018, p. 468).

Por otro parte, un biopolímero se entiende como una macromolécula sintetizada por un proceso biológico. Bajo esta premisa, las proteínas, el ADN y los polisacáridos son macro moléculas de origen natural más importantes. La multiplicidad de estos compuestos es biodegradables, homogéneos, impenetrables, con alta resistencia a los productos químicos y con varias propiedades específicas (López, 2014, p. 697).

En la producción de películas biodegradables comestibles se utilizan biopolímeros naturales de cuatro fuentes principales: animales vertebrados (colágeno/gelatina), moluscos y mariscos (quitina/quitosano), agrícolas (lípidos y grasas e hidrocoloides, proteínas y polisacáridos) y microbianos [ácido poliláctico (PLA) y polihidroxialcanatos (PHA)] (López, 2014, p. 699).

Los biopolímeros se pueden extraer directamente de la biomasa, entre ellos se incluyen los biopolímeros a base de almidón compuestos de dos polímeros: amilopectina y amilosa. La amilosa es una molécula lineal y la amilopectina es una molécula ramificada. En su mayor parte, los almidones contienen aproximadamente un 25% de amilosa y un 75% de amilopectina, de los cuales un 75% de macro moléculas de almidón se emplean para el envasado, mientras que un 50% se componen de almidón y otros polímeros de base petroquímica. La mezcla de almidón con poliéster alifático mejora la procesabilidad y biodegradabilidad. Por esta razón, los poliésteres más apropiados son la policaprolactona (PCL) y los poliésteres alifáticos aromáticos. Se pueden utilizar para producir películas de embalaje de alta calidad. (Valero, Ortegón y Uscategui, 2014, párr.3).

También, se puede obtener a partir de monómeros bioderivados, estos se distinguen por ser ácidos grasos, que en la actualidad son la materia prima principal para la obtención química de biopolímeros. Se obtienen de las plantas y consisten principalmente de triglicéridos. Un triglicérido es un producto éster que consiste en una molécula de glicerol y tres moléculas de ácidos grasos. Los triglicéridos son moléculas de alta funcionalidad, por esta razón, se han utilizado en las reacciones de formación de macro moléculas reticuladas con dos vías primordiales. El primero es el uso de grupos funcionales presentes en los triglicéridos, como dobles enlaces internos, alcoholes o epóxidos, los cuales son susceptible a sufrir polimerizados por diversos procesos. La segunda vía obedece de los cambios químicos previamente a la reacción (Valero et. al 2014, párr. 9).

Aunado a lo anterior, se puede producir biopolímeros directamente, a partir de organismos vivos, como es el caso de los poliésteres sintetizados por ciertas bacterias polihidroxicohólicas que acumulan carbono y energía como reservas, en manera de gránulos intracitoplasmáticos formados principalmente por módulos repetidas de varios hidroxiaácidos que se producen a causa de la reacción de los materiales renovables. Por otro lado, la obtención de poli (ácido láctico) es un proceso de dos pasos: reacción para lograr el monómero, seguido de un paso de polimerización química convencional). En resumen, las PHA son producidas por la fermentación de

una sustancia de carbono directamente por el microorganismo, directamente. (Valero et. al 2014, párr. 12).

El colágeno puede representar cerca del 30% de la materia proteica animal, dado que es una proteína del tejido conectivo primario, cuya función es la de garantizar la regeneración y la elasticidad en los huesos, pieles y cartílagos (Liu, Nikoo, Boran, Zhou, y Regenstein, 2015, p. 528). La molécula de colágeno es una molécula estructural compleja, constituida por glicerina, prolina e hidroxiprolina, donde sus propiedades se deben a su respectiva composición biomecánica, como a la disposición de sus moléculas (Wade, 2012, p. 1157).

Según Buehler (2006, p. 20), se dice que las características del colágeno soportan la mayoría de los tejidos en la formación de matrices extracelulares y les da una estructura a las células. Tiene una gran fuerza de tensión, dada la presencia en tendones, huesos, cartílagos, fascia, etcétera. Asimismo, provee de elasticidad y fuerza a la piel, y ayuda al tejido y al desarrollo de los órganos.

Con ayuda de enzimas o a través de hidrólisis del colágeno, se producen péptidos de colágeno más sencillos, como la gelatina. Al contrario que el colágeno nativo, los péptidos de colágeno son altamente digeribles y biodisponibles (Solchem, 2015, p. 6)

De acuerdo a Gómez et al. (2014, p. 77), menciona que la gelatina es una proteína que se disuelve en agua debido de la hidrólisis parcial del colágeno. El origen, el tiempo de la especie y el tipo de colágeno son los aspectos determinantes que impactan en sus características. Bajo esa premisa, el rendimiento y las características de este material se ven impactado por la preparación de la materia prima tras la extracción y las condiciones de extracción. En función de esto, se presenta la estructura de la gelatina.

Las películas de láminas finas de sustancias naturales se consideran capas biodegradables, además poseen la característica de ser simplemente degradables en un proceso de compost. Bajo esta premisa, se dice también que las películas degradables biológicamente no resisten un ataque microbiano, debido a la acción enzimática, por otra parte, es trascendental destacar que esta operación obedece a

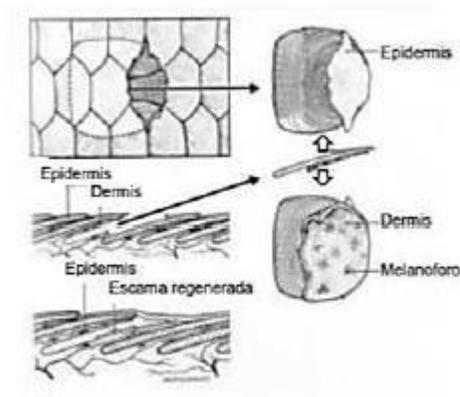
componentes como: los tipos de microorganismos, los entornos del medio y las características de las películas (Trujillo, 2014, p. 15).

Para agregarle distintas características al bioplástico, muchas veces se le adicionan distintos compuestos, como plastificantes o suavizador, colorantes, estabilizadores, entre otros, todo en relación del material que se quiere lograr. Sin embargo, los plastificantes son importantes porque pueden cambiar las propiedades del polímero. Para Seymour y Carraher (2014, p. 36), un suavizador es un material que se integra en un polímero para acelerar el procesamiento e incrementar la maleabilidad. La agregación de este puede minimizar la viscosidad de fusión, el módulo de elasticidad, la temperatura de transición vítrea del polímero y otras propiedades fisicoquímicas de los polímeros.

Por lo tanto, el suavizante constituye un factor de gran relevancia en la formulación de polímeros comestibles, ya que modifica las características mecánicas y la infiltración de las películas. Los suavizantes también cambian la distribución de la película, la vibración de la cadena y los coeficientes de difusión de gas o agua. El tipo de suavizante a utilizar y su proporción vienen dado según las características que se le quiera dar al bioplástico (Seymour y Carraher 2014, p. 38), entre los cuales se encuentran: alcohol polivinílico, glicerina y borato de sodio decahidratado (Núñez, 2014, p. 29).

Los residuos de pescado conforman un rango de 5% a 11% de la masa. Su constitución química media es 76,6% agua, 20,4% proteína, y 3% de minerales. El ensilado de desperdicios de pescado se ha utilizado como alternativa a la conservación de subproductos de pescado que pueden servir como fuente de proteínas en la alimentación de los cerdos. Cabe destacar que estos residuos son complejos, sin embargo, los mismos pueden tratarse por medio métodos biológicos o una combinación de tecnologías fisicoquímicas y biológicas (Churacutipa, 2016, p. 13). La epidermis de los peces adultos está formada por distintas regiones; la capa superficial está constituida por una capa celular que proporciona el color de la mancha exterior. La capa media de la piel consta de una capa variable de células unicelulares (Merciane

y Rojas, 2014, p. 66). A lo largo del crecimiento, estas células realizan actividades agregadas como: la generación primaria de colágeno de la piel y la interacción con la mesénquima subyacente para el desarrollo de las escamas (ver figura 1) (Le Guellec, 2014, p. 57).



**Figura 1.** Desarrollo de las escamas en la piel (Sáenz, 2017, p. 16)

Ahora bien, la Lisa (*Mugil cephalus*) es un pez de cuerpo cilíndrico y robusto, posee una Cabeza ancha, sus aletas dorsales poseen cuatro espinas, también posee un color del dorso azul/verdoso, flancos y abdomen pálido o plateado; escamas en el dorso y flancos alineadas para formar rayas longitudinales; mancha axilar pectoral oscura (FAO, 2013).

**Tabla 2.** Análisis Proximal de *Mugil cephalus*.

Componentes	Cantidad (%)
Calorías	149
Proteínas	20.8
Grasas	3.30
Sales	1.2
Humedad	74.6

**Fuente:** Instituto del Mar del Perú e Instituto Tecnológico Pesquero del Perú (1996), tomado de Neyra (2014, p. 9).

De acuerdo a lo anterior mencionado se plantea como problema general en siguiente: ¿De qué manera se podría elaborar bioplástico a través del reaprovechamiento residuos de pescado Lisa (*Mugil cephalus*)?; Terminal Pesquero de Villa María del Triunfo-2019?, Asimismo se plantearon como problemas específicos: 1. ¿Cuál es la cantidad de colágeno que se podrá obtener del procedimiento de desnaturalización a partir de los residuos de pescado?, 2. ¿Cuáles serán los valores de los parámetros fisicoquímicos de colágeno obtenido a partir de los residuos de pescado?, 3. ¿Cuál será la formulación óptima para la obtención de las biopelículas con el colágeno obtenido a partir de los residuos de pescado? y 4. ¿Cuáles serán los valores de elongación y resistencia del bioplástico óptimos para su utilización como material para elaboración de bolsas?

Es de suma importancia mencionar, que en las industrias pesqueras existen diferentes etapas de la cadena de valor de los bienes que involucran, desde la obtención del producto hasta la comercialización del mismo; todos estos eslabones generan desechos que luego son tirados directamente al mar. Con esta investigación se pretende reutilizar estos desechos para su aprovechamiento como bioplásticos que luego formen parte de bolsas biodegradables para el almacenamiento de distintos productos, no sólo en la industria pesquera si no por la población en general.

Como hipótesis de investigación se planteó que el reaprovechamiento del colágeno de residuos de Lisa (*Mugil cephalus*) permitirá la elaboración de bioplástico; Terminal Pesquero de Villa María del Triunfo -2019. Mientras que las hipótesis específicas fueron:

1. La aplicación de los procedimientos de desnaturalización permitirá obtener una concentración adecuada de colágeno de los residuos de pescado.

2. Los valores de los parámetros fisicoquímicos obtenidos del colágeno a partir de los residuos de pescado, serán proteína de 9%, humedad 50%, cenizas 10% y grasas totales de 10%.
3. La generación de las biopelículas más óptima depende del porcentaje de plastificante, tiempo de secado y temperatura de secado.
4. Las características de elongación será alta, con una alta resistencia.

Para poder contrastar las hipótesis anteriores, se planteó como objetivo general: evaluar el reaprovechamiento del colágeno de los residuos de Lisa (*Mugil cephalus*) para la elaboración de bioplástico; Terminal Pesquero de Villa María del Triunfo-2019.

Los objetivos específicos planteados fueron:

1. Aplicar el procedimiento de desnaturalización del colágeno partir de los residuos de pescado.
2. Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos del colágeno obtenido a partir de los residuos de pescado.
3. Generar la formulación óptima para la obtención de las biopelículas con el colágeno obtenido a partir de los residuos de pescado.
4. Analizar las características de elongación y resistencia del bioplástico obtenido a partir de los residuos de pescado.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y Diseño de investigación

La presente investigación tuvo un diseño de investigación experimental, además se enmarcó en un tipo de investigación diseño factorial 23 con dos repeticiones.

De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (20110, p 144) estos diseños tienen la finalidad de analizar el impacto que tienen las variables independientes sobre la variable dependiente. Estos diseños manipulan dos o más variables independientes, incluyendo dos o más niveles de presencia de cada variable.

**Tabla 3.**Diseño de la investigación.

<b>Variable</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Concentración de plastificante	30% m/v	50% m/v
Temperatura de baño	50 °C	90 °C
Tiempo de secado	25 °C	35 °C

**Fuente:** Elaboración propia.

El diseño mostrado en la tabla 2, hace referencia a los siguientes factores: porcentaje de plastificante, Temperatura de baño, y tiempo de secado, con su valores mínimos y máximo que se aplicaran para la obtención del colágeno.

#### 3.2. Variables y su operacionalización

La siguiente tabla muestra la operacionalización de las variables, mostrando las variables dependientes e independientes, así como las definiciones, dimensiones e indicadores operacionales de cada una de ellas, y los instrumentos a aplicar para manipularlas:

Variable independiente: colágeno de los residuos de Lisa (Mugil cephalus) Variable dependiente: Elaboración de bioplásticos

**Tabla 4.** Operacionalización de las variables

Variables	Tipo de variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala de Medición
Colágeno de los residuos de pescado	Independiente	La proteína fibrosa estructural insoluble más importante, que se encuentra en la matriz de piel extracelular con elastina y ácido hialurónico (Sibilla et al 2015)	Esta es una variable que se mide mediante la obtención de gelatina a partir de desechos de pescado, la aplicación de pruebas previas, procedimientos y controles de calidad, y el desarrollo de biopelículas por medio de la definición de factores y valores.	Desnaturalización de la gelatina de los residuos del pescado.	Aplicación de pruebas preliminares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hidróxido de sodio (NaOH)</li> <li>• Ácido acético (CH<sub>3</sub>COOH)</li> </ul>	Cuantitativa/ Razón
					Aplicación del procedimiento final	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Materia prima</li> <li>• Materiales de laboratorio</li> </ul>	
					Aplicación de pruebas de calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prueba de % humedad</li> <li>• Prueba de % ceniza</li> <li>• Prueba de % proteína</li> <li>• Prueba de % grasa</li> </ul>	
Elaboración de Bioplásticos	Dependiente	Se define como bioplástico si tiene una base biológica, si es biodegradable o si tiene ambas propiedades. (European bioplastics, 2015).	La obtención del bioplástico depende de la evaluación de la biodegradabilidad a través de ensayos físicos, mecánicos y de caracterización biodegradable	Preparación de bioplásticos.	Pruebas preliminares	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Volumen de gelatina</li> <li>• Molde</li> <li>• Tipo de plastificante</li> </ul>	Cuantitativa/ Razón
					Ensayos de caracterización física	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pie de rey de 0.002 cm</li> <li>• Balanza electrónica</li> <li>• Estufa</li> <li>• Agua desionizada</li> <li>• Tubos de ensayo</li> </ul>	
					Ensayo de caracterización mecánica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ensayo de tracción-deformación en un sentido</li> </ul>	

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Estuvo constituida por todos los residuos de pescado. Para efectos de este trabajo de investigación, la población fueron los residuos de pescados provenientes de la industria pesquera, ubicada en el Terminal Pesquero Villa María Del Triunfo.

#### **3.3.2. Muestra**

La muestra fue seleccionada de manera aleatoria empleando un muestreo al azar simple en los depósitos de residuos, se tomó una muestra de 5 kg de residuos de Lisa (*Mugil cephalus*) provenientes del Terminal Pesquero Villa María del Triunfo.

#### **3.3.3. Criterio de selección**

La cantidad seleccionada estuvo sustentada bajo el experimento realizado por Núñez para la extracción de la gelatina (2014, p. 29), el cual consistió en realizar extracciones de gelatina, con diferentes volúmenes de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico, a partir de diferentes cantidades de patas de pollo.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

La selección del material tratado se realizó en la línea de procesamiento del terminal pesquero de Villa María del Triunfo. Además, se determinó la determinación de humedad, grasa, cenizas y proteínas en residuos y colágeno. Por otra parte, la obtención y cuantificación del colágeno estuvo basado en los métodos aplicados por Solari y Córdova (2015, p 66).

El instrumento para el recojo de datos, fue la ficha de registro de cada uno de los datos parámetros evaluados: Humedad, grasa, cenizas, proteínas, cantidad de colágeno, resistencia y elongación, en los mismos se colora la fecha de la realización del ensayo y el nombre de analista, seguidamente cuenta con una tabla donde se colocó los datos obtenido en el ensayo. (ver anexo 1).

### 3.4.1 Validez

La validez de los instrumentos estuvo dada por la correspondiente calibración de los equipos empleados para los diferentes análisis. Bernal (2010, p. 247) refiere que un instrumento de medición es válido cuando mide aquello para lo cual está destinado.

### 3.4.2. Confiabilidad

Para este tipo de instrumentos de recolección de datos, no es aplicable el cálculo de la confiabilidad, sin embargo, los instrumentos para la recolección de datos elaborados son confiable porque permitieron recopilar los datos que se midieron.

## 3.5. Procedimiento

### 3.5.1. Extracción del colágeno

#### Materiales.

Balanza analítica

Cocinilla

Vasos precipitados 10 ml

Estufa

5 kg de pescado Lisa (*Mugil cephalus*) (Escamas 5.80 g / Huesos y aletas 3.100 g / Piel 1.200 g)

**Tabla 5.** Reactivos utilizados

Reactivos	Marca	Pureza (%)
Hidróxido de sodio (NaOH) 0.1 N	JT Baker	98
n-Butanol 10%	JT Baker	99
Cloruro de sodio (NaCl) 6 N	JT Baker	99

Ácido Acético 0.5 N	JT Baker	98
EDTA 0.5 N	JT Baker	99

**Fuente:** Elaboración propia.

### **Procedimiento.**

#### Tratamiento previo

Se realizó el método para el pretratamiento y extracción de colágeno que aplicó Solari y Córdoba (2015, p. 66), adecuado para los residuos de Lisa (*Mugil cephalus*), los residuos se picaron con unas dimensiones de 3 a 5 cm, tomando en cuenta huesos y piel (ver figura 2), estos fueron tratados con una solución de NaOH 0.1 N por un lapso de 6 horas (cambiando cada 2 hora la solución extractora) para la extracción de las proteínas no colagenosas. Seguidamente se realizaron lavados con agua destiladas para eliminar el exceso de base y neutralizar el pH. A continuación, efectuaron lavados sucesivos con una solución de EDTA 0.5 M para eliminar el calcio de la muestra, luego se dejó sumergido en una solución de n-butanol al 10% durante 6 horas para eliminar el exceso de lípidos y grasas.

#### **Extracción de colágeno.**

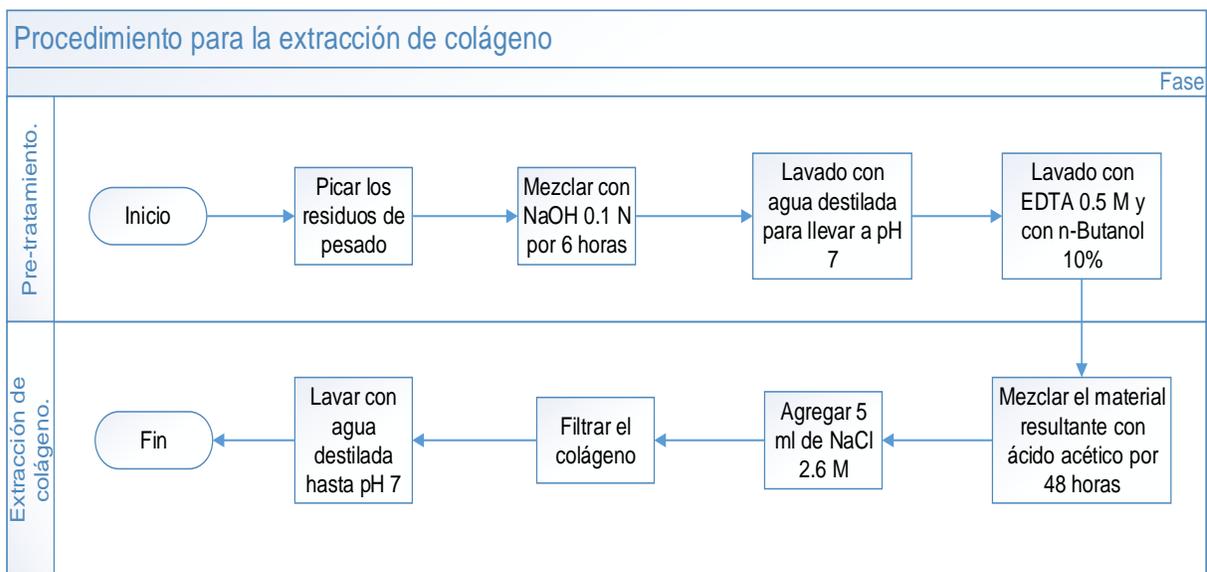
Para la extracción del colágeno, el material resultante del tratamiento previo (residuos de pescado tratados) se mezcló con una solución de ácido acético de 0.5 M con una duración de 48 horas. Seguidamente se agregaron 5 ml de solución de NaCl 2.6 M para precipitar el colágeno. Posteriormente la mezcla se filtró para separar el colágeno del líquido sobrenadante y fue lavado con agua destilada para neutralizar su pH, luego fue dializado y liofilizado (Solari y Córdoba, 2015, p. 66).

**Figura 2.** Desecho de pescado utilizado para la obtención de la gelatina



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 3.** Esquema de la primera fase en la elaboración del bioplástico: extracción del colágeno



**Fuente:** Elaboración propia.

### Procedimiento de liofilización

Se realizó el proceso de liofilizado para las etapas de liofilización precooling, primaria, secundaria y secado. Los parámetros utilizados para cada etapa fueron los correspondientes: 100 mmBar a -55 °C por 2 horas, 150 mmBar a -25°C por 4 horas, 200 mmBar a - 5°C por 3 horas y 200 mmBar a 20 °C por 4 horas (Deepak y Iqbal, 2015, p. 36).

**Figura 4.** Proceso de liofilizado del colágeno extraído.

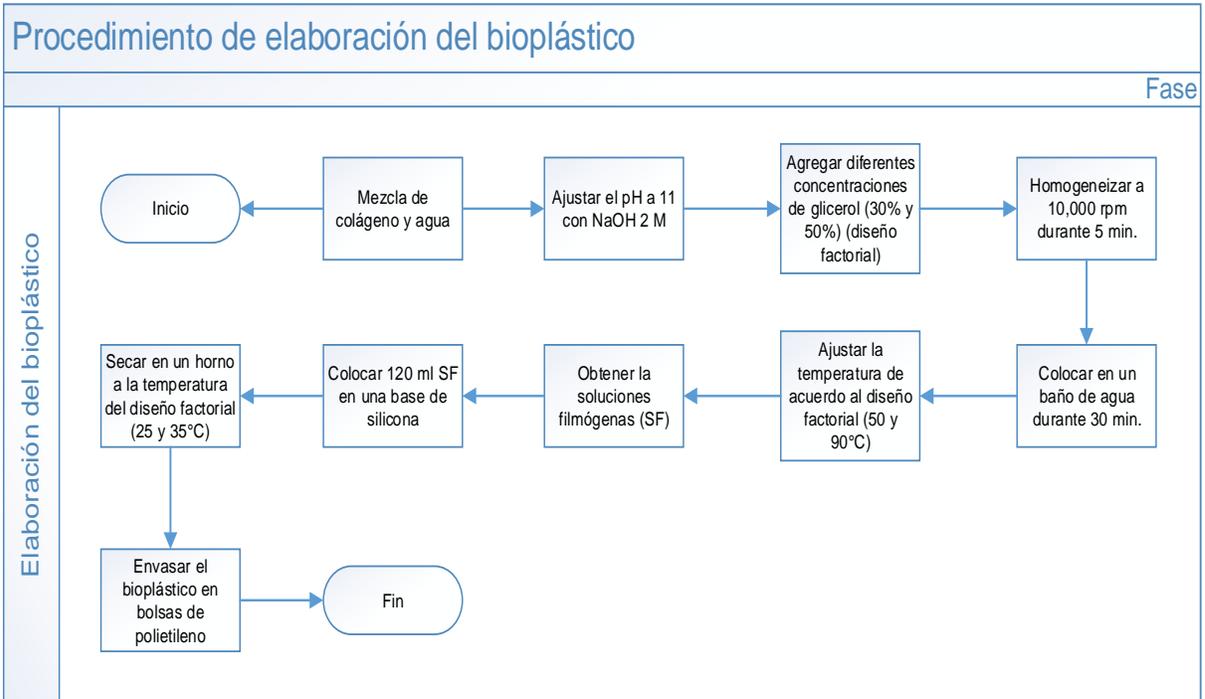


**Fuente:** Elaboración propia.

### **3.5.2. Elaboración de los bioplásticos**

Los bioplásticos se prepararon utilizando un método aplicado por Araújo et al. (2018). Se prepararon mezclas de colágeno con agua destilada (m/v) en suspensión, y se ajustó el pH a 11 con una solución de NaOH 2 M. A esta mezcla se le agregaron diferentes concentraciones de plastificante (30 y 50% m/v de glicerol) con respecto a la masa de colágeno seco, de acuerdo con el diseño fraccionado descrito en la Tabla 4. La solución final fue homogeneizada a 10,000 rpm durante 10 min (ver figura 6) y colocada en un baño de agua durante 30 min, además de una temperatura de 50 y 90 °C, para obtener soluciones filmógenas (SF) (Ver figura 7). Utilizando el método de fundición, se colocaron 120 mL de las soluciones SF en una base de silicona y se secaron en un horno de incubación (ver figura 8) a temperaturas 25 y 35°C (Tabla 4). Después del secado, los bioplásticos se envasaron en bolsas de polietileno a temperatura ambiente.

**Figura 5.** Procedimiento de elaboración del bioplástico



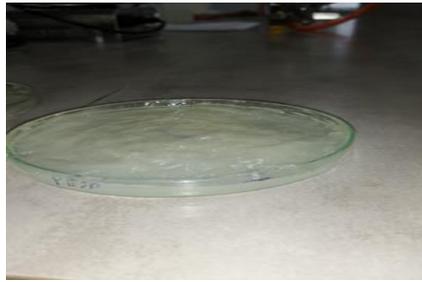
**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 6.**Agitación del colágeno con la solución de NaOH 2 M y el plastificante.



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 7.** Soluciones filmógenas



**Fuente:** Elaboración propia.

**Figura 8.** soluciones filmógenas en el horno de incubación.



**Fuente:** Elaboración propia.

El proceso de elaboración de las biopelículas siguió el método de moldeado «casting», a través de la mezcla y el calentamiento del almidón (PVA = 30 % de base), glicerol, agua y extracto de yerba mate, en el caso de TPS-PVA-VM. La caracterización de los materiales se realizó mediante un análisis termogravimétrico (TGA), en un equipo Shimadzu DTG-60 desde una temperatura ambiente hasta los 400 °C durante 10 minutos, bajo un flujo de nitrógeno de 30 mL/min. Asimismo, la temperatura de fusión de las biopelículas se determinó empleando calorimetría diferencia de barrido (DSC) usando un equipo Mettler Toledo Schwerzenbach, a temperatura ambiente hasta 200 °C por 10 minutos, bajo un flujo de nitrógeno de 30 mL/min.

### 3.6. Métodos de análisis y procesamiento de los datos

En este estudio se efectuará un análisis ANOVA, el cual consiste en demostrar la hipótesis de igualdad de los tratamientos en reciprocidad a la media de la variable respuesta estudiada:

**H<sub>0</sub>:**  $t_1 = t_2 = \dots = t_k = 0$

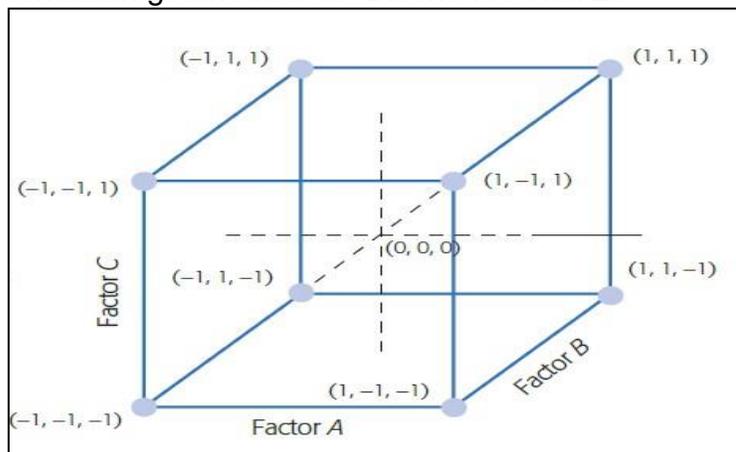
**H<sub>A</sub>:**  $t_i \neq 0$

Donde  $t_i$  es la consecuencia del tratamiento  $i$  sobre la variable de respuesta. Si  $H_0$  es aceptada, esto demuestra que los efectos sobre la respuesta de los  $k$  tratamientos son nulos estadísticamente, en caso contrario, al ser rechazada se puede concluir que por lo menos efecto es distinto a cero por lo que influyen en la respuesta (Gutiérrez y De la Vara, 2008, p. 170).

Luego se aplicará un diseño factorial  $2^3$ , con este diseño se estudian tres factores en dos niveles cada uno. Conformado por  $2^3 = 2 \times 2 \times 2$ , siendo igual a 8 tratamientos diferentes.

Los tratamientos del diseño  $2^3$  y su representación geométrica se muestran en la figura 5. La zona experimental es un cubo regular centrado en el origen  $(0, 0, 0)$ , cuyos puntos son los ocho tratamientos. La matriz de diseño está constituida alternando el signo menos y el signo más en la primera columna, dos menos y dos más en la segunda columna, y cuatro menos y cuatro más en la tercera; el diseño resulta acomodado en el orden estándar (Ver tabla 3) (Gutiérrez y De la Vara, 2008, p. 183).

**Figura 9.** Representación geométrica del Diseño factorial 23



**Fuente:** Gutiérrez y De la Vara (2008)

**Tabla 6.** Diseño factorial 23.

A	B	C
-1	-1	-1
1	-1	-1
-1	1	-1
1	1	-1
-1	-1	1
1	-1	1
-1	1	1
1	1	1

**Fuente:** Elaboración propia.

Para el procesamiento de los datos obtenidos se empleará el programa de Microsoft Excel para los cálculos de promedios y desviación estándar, además para los cálculos

del análisis ANOVA y el análisis factorial 2<sup>3</sup>, se utilizará el programa estadístico Statgraphics en su versión 19.

En función a esto, el diseño factorial que se aplicó fue de 2<sup>3</sup>, donde se consideran los siguientes factores: porcentaje de plastificante, Temperatura de baño (TWB, °C), y tiempo de secado (DT, horas). Obteniendo así, ocho posibles combinaciones. La tabla 7 se detalla los valores mínimos y máximos de los parámetros a ser evaluados durante el proceso de síntesis del biopolímero:

**Tabla 7.** Factores de evaluación de los biopolímeros.

<b>Factor</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
Plastificante (%)	30	50
TWB (°C)	50	90
DT (h)	25	35

**Fuente:** Araújo et al. (2018)

La estructura para el experimento, según la aplicación del diseño factorial se presenta en la tabla 8.

**Tabla 8.** Aplicación del diseño factorial 2<sup>3</sup>.

<b>Muestra (g)</b>	<b>ITEM</b>	<b>Parámetros</b>		
		<b>Plastificante (%)</b>	<b>TWB (°C)</b>	<b>DT (h)</b>
5	1	30	50	25
5	2	50	50	25
5	3	30	90	25
5	4	50	90	25
5	5	30	50	35
5	6	50	50	35

5	7	30	90	35
5	8	50	90	35

**Fuente:** Elaboración propia.

Se realizaron dos réplicas de este modelo, al bioplástico resultante se ejecutaron los análisis físico-químicos y, en función de los resultados que arrojaron, se calculó el error relativo de los valores con respecto a lo obtenido en el experimento realizado por Araújo **et al. (2018)**.

### **3.7. Aspectos éticos**

Este proyecto de investigación estuvo enmarcado en el Código de Ética del Colegio de Ingenieros del Perú (2018), específicamente en los Artículos N° 43, inciso e, el cual menciona la falta grave al apropiarse de investigaciones o documentación de personas terceras para su uso propio en trabajos.

En este mismo sentido, el Artículo N° 37, inciso h, el cual nombra la importancia de respetar la auditoría de la realización y obras de otros colegas docentes y alumnos, tratando de evitar el usar en propio beneficio o el de terceros, los trabajos, investigaciones, trabajos de grado, entre otros.

#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Aplicar el procedimiento de desnaturalización del colágeno a partir de los residuos de pescado.

**Tabla 9.** Obtención de colágeno a partir de residuos de pescado.

Número de repeticiones	Peso de residuos de pescado procesado (kg)	Peso de colágeno obtenido (kg)
1	5.00 ± 0.01	3.10 ± 0.01
2	5.00 ± 0.01	3.00 ± 0.01
3	5.00 ± 0.01	3.00 ± 0.01
Promedio	5.00 ± 0.01	3.30 ± 0.01

**Fuente:** Elaboración propia.

$$\%R_1 = \frac{\text{Peso de la colágeno obtenida}}{\text{Peso de residuo de pescado procesado}} * 100$$

$$\%R_1 = \frac{3.10 \text{ kg}}{5.00 \text{ g}} * 100$$

$$\%R_1 = 62\%$$

$$S_y = y * \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2}$$

$$= 62 * \sqrt{\left(\frac{0.01}{3.00}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{5.00}\right)^2}$$

$$S_y = \pm 0.1$$

**Tabla 10.** Rendimiento obtenido de colágeno a partir de residuos de pescado.

Número de repeticiones	Rendimiento de colágeno obtenido (%)
1	62.0± 0.2
2	60.0± 0.2
3	60.0± 0.2
Promedio	60.7± 0.2

**Fuente:** Elaboración propia.

La obtención del colágeno a partir de los residuos de pescado tuvo un valor promedio de  $60.67 \pm 0.2\%$ , lo que indica, que se puede extraer una cantidad considerable de colágeno de los residuos de pescado con el método empleado. Ahora bien para obtener un mayor rendimiento empleando este método, se debería aumentar la masa de la piel (para este experimento fue de 1.200 g), ya que la misma, de acuerdo Liu, et al., (2015, p. 528) constituye aproximadamente el 30% de la materia proteica animal, dado que el colágeno es una proteína del tejido conectivo primario, cuya función es la de garantizar la regeneración y la elasticidad en los huesos, pieles y cartílagos, por lo cual, se considera que se puede incrementar el rendimiento de la extracción de colágeno aumentan la proporción de la piel en la muestra ensayar.

#### 4.1.1. Proceso de liofilizado

Seguidamente, se muestran los resultados obtenidos del proceso de liofilizado aplicado a las muestras de colágeno hidratado obtenido.

**Tabla 11.** Obtención de colágeno a partir de residuos de pescado.

Número de muestras	Peso del colágeno hidratado (L)	Peso de colágeno deshidratado (kg)
1	3.00 ± 0.01	0.40 ± 0.01
2	3.00 ± 0.01	0.41 ± 0.01
3	3.00 ± 0.01	0.39 ± 0.01
Promedio	3.00 ± 0.01	0.40 ± 0.01

**Fuente:** Elaboración propia.

$$\%R^1 = \frac{\text{Peso de la colágeno deshidratado}}{\text{Peso de colágeno hidratado}} * 100$$

$$\%R^1 = \frac{0.40 \text{ kg}}{3.00 \text{ g}} * 100$$

$$\%R_1 = 13.3333\%$$

$$S_y = y * \sqrt{\left(\frac{S_a}{a}\right)^2 + \left(\frac{S_b}{b}\right)^2}$$

$$S_y = 13.3333 * \sqrt{\left(\frac{0.01}{0.40}\right)^2 + \left(\frac{0.01}{3.00}\right)^2}$$

$$S_y = \pm 0.3$$

**Tabla 12.** Rendimiento obtenido de colágeno a partir de residuos de pescado.

Número de repeticiones	Rendimiento de colágeno obtenido (%)
1	13.3± 0.3
2	13.7± 0.3
3	13.0± 0.3
Promedio	13.3± 0.3

**Fuente:** Elaboración propia.

La obtención del colágeno deshidratado mediante el proceso de liofilizado tuvo un valor promedio de 13.3± 0.3%, lo que indica, que se eliminó una humedad excesiva proveniente del proceso de extracción del colágeno de los residuos de pescado con el método empleado.

#### 4.2. Determinar los valores de los parámetros fisicoquímicos para la obtención del colágeno a partir de los residuos de pescado.

Una vez obtenido el colágeno a partir de los residuos de pescados, se procedió a realizar el procedimiento de liofilización para eliminar el exceso de humedad presente en el colágeno extraído y posteriormente se realizó el análisis de sus propiedades físicas y químicas. Estos fueron realizados por el laboratorio Inspection & Testing Services del Perú S.A.C, en la fecha 05/10/2019. Los resultados se muestran en la tabla 7.

**Tabla 13.** Parámetros fisicoquímicos del colágeno obtenido.

Parámetros	Resultados (%)		
	1	2	Promedio
Replicas			
Proteína	78.8	79.6	79.2
Humedad	4.8	3.4	4.1
Cenizas	11.7	10.5	11.1
Grasas Totales	3.2	3.1	3.15

**Fuente:** Laboratorio del instituto tecnológico de la producción (2019).

Para la obtención de estos resultados, el : Laboratorio del instituto tecnológico de la producción, utilizó como método análisis de proteínas y grasas, la edición 19 del año 2012 de Official Methods Analysis de AOAC International, cap 4 y cap 45 respectivamente. En el caso del análisis de humedad, se utilizó el procedimiento de la Norma Oficial Mexicana 166-SSA1-1994, mientras que, para la determinación de cenizas, se utilizó la Norma Mexicana F-066-S-1978.

Los valores de fisicoquímicos evaluado para el colágeno obtenido fueron proteína 11.1%, lo cual es un valor alto, mientras que el valor de la humedad fue 4.1%, lo que indica que la eficiencia del secado de colágeno obtenido fue alta. La cantidad de cenizas obtenido fue de 78.8%, este es un valor bajo, para finalizar, el contenido de grasa totales fue de 3.15%, el cual es un contenido bajo, demostrando la eficiencia que tiene el método empleado para la remoción de grasas totales.

### 4.3. Elaboración del bioplástico y evaluación de sus propiedades

En cuanto a las propiedades mecánicas del colágeno obtenido, las muestras se analizaron en el Instituto Tecnológico de la Producción en 03/12/2019, utilizando la norma D 882-97 (ASTM, 1999) y la metodología de Wu et al. (2013). En la siguiente tabla 14 se muestran los resultados promedios obtenidos según el porcentaje de glicerol utilizado (plastificante), temperatura de mezclado y tiempo de secado.

**Tabla 14.** Resultados promedios obtenidos de propiedades mecánicas del bioplástico obtenido

Plastificante (%)	TWB (°C)	DT (h)	Elongación al corte (%)	Resistencia tracción (MPa)
30	50	25	100.40	0.11
50	50	25	137.88	0.20
30	90	25	138.74	0.13
50	90	25	153.64	0.21
30	50	35	127.08	0.12
50	50	35	131.57	0.14
30	90	35	130.61	0.17
50	90	35	141.32	0.15

**Fuente:** Instituto Tecnológico de la Producción (2019).

Ahora, para la determinación del porcentaje óptimo de plastificante, la temperatura del baño y el tiempo de secado óptimos, se realizaron cálculos del diseño de experimento empleando Statgraphics versión 18. A continuación se presentan los resultados del diseño de experimento planteado.

**Tabla 15.** Análisis de Varianza para Resistencia

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón n-F	Valor-P
A:Plastificante	0,0015125	1	0,0015125	121,00	0,0577
B:Temp_secado	0,0001125	1	0,0001125	9,00	0,2048
C:Tiempo_secado	0,0001125	1	0,0001125	9,00	0,2048
AB	0,0021125	1	0,0021125	169,00	0,0489
AC	0,0010125	1	0,0010125	81,00	0,0704
BC	0,0045125	1	0,0045125	361,00	0,0335
Error total	0,0000125	1	0,0000125		
Total (corr.)	0,0093875	7			

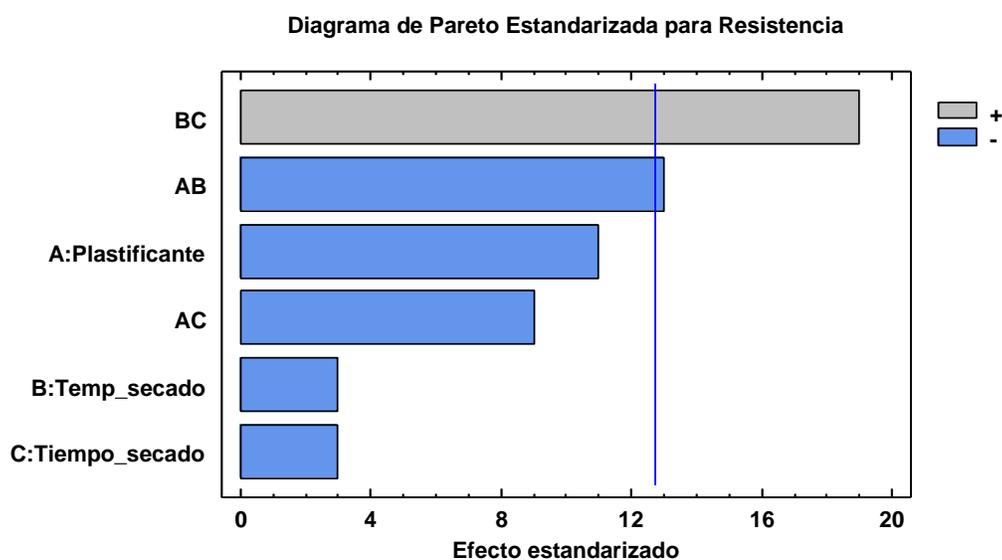
**Nota:** R-cuadrada = 99,8668 por ciento. R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 99,0679 por ciento. Error estándar del est. = 0,00353553. Error absoluto medio = 0,00125. Estadístico Durbin-Watson = 2,5. Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,375

Utilizando el StatAdvisor, con los datos en la tabla ANOVA, particiona la variabilidad de resistencia en piezas separadas para cada uno de los efectos. De esta forma se prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 2 efectos tienen un valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

El valor estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 99,8668% de la variabilidad en Resistencia. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 99,0679%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 0,00353553. El error medio absoluto (MAE) de 0,00125 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos

para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo.

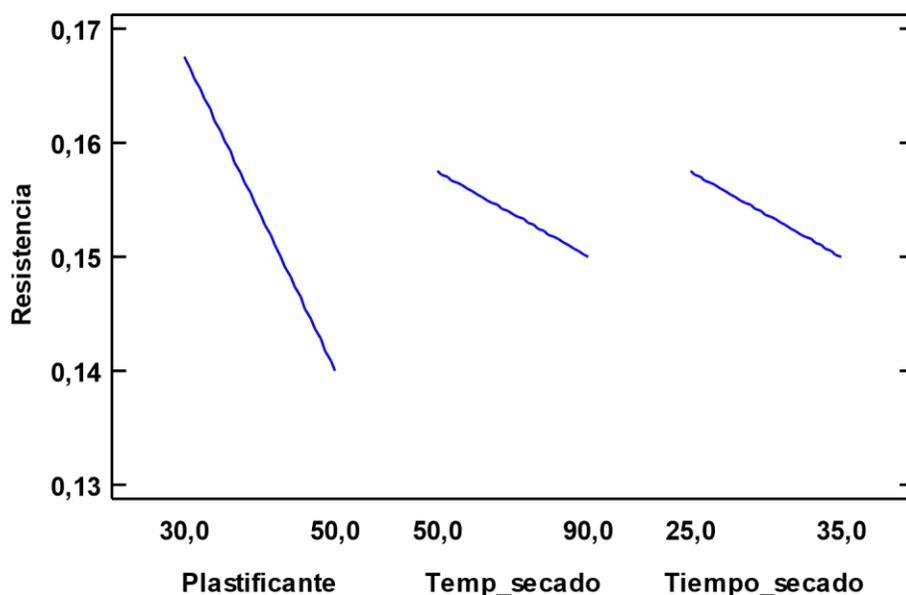
De acuerdo con lo anterior, en el análisis de varianza muestran los factores principales y sus interacciones para la obtención la variable resistencia a la tracción, los valoresP que se encuentra por debajo de 0,05, los cuales son la interacción entre los factores BC con un valor de 0,0335 y la interacción AB con un valor de 0,0489, esto quiere decir que los mismo tienen una influencia significativa sobre la resistencia.



**Figura 10.**Diagrama de Pareto Estandarizada para Resistencia

Al observar el Diagrama de Pareto estandarizada para la resistencia, se evidencia el efecto significativo de ambas interacciones de factores, ya que sobrepasan la línea azul que indica el límite de influencia de efecto de los factores y sus interacciones. Asimismo se puede evidencia que la interacción BC tiene un efecto positivo sobre la variable respuesta, mientras que la interacción AB tiene un efecto contrario, esto quiere decir que existe una interacción significativa de la temperatura de secado y el tiempo de secado, cuando estos valores tienen un nivel alto, la resistencia del producto

aumentará. Por otro lado cuando el concentración del plastificante tiene un nivel alto y la temperatura de secado tiene un nivel bajo, la resistencia del bioplástico desciende.



**Figura 11.** Efectos principales para resistencia vs Plastificante / Tiempo de secado

Aunque los factores estudiados, de forma individual, no demuestran tener una influencia significativa en la resistencia del bioplástico, con la figura de los efectos principales se observa una tendencia negativa, es decir cuando los niveles de estos factores son altos, la resistencia disminuye, se observa una tendencia muy marcada en el factor del plastificante (valor-P=0,0577), el cual a medida que aumenta su concentración, la resistencia del bioplástico disminuye, esto se debe a él glicerol empleado como plastificante, afecta la estructura molecular de bioplástico a concentraciones elevada, haciendo menos resistente a la tracción.

**Tabla 16.** Análisis de Varianza para Elongación

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A:Plastificante	351,655	1	351,655	1,97	0,3940
B:Temp_secado	6,0552	1	6,0552	0,03	0,8840
C:Tiempo_secado	208,284	1	208,284	1,17	0,4754

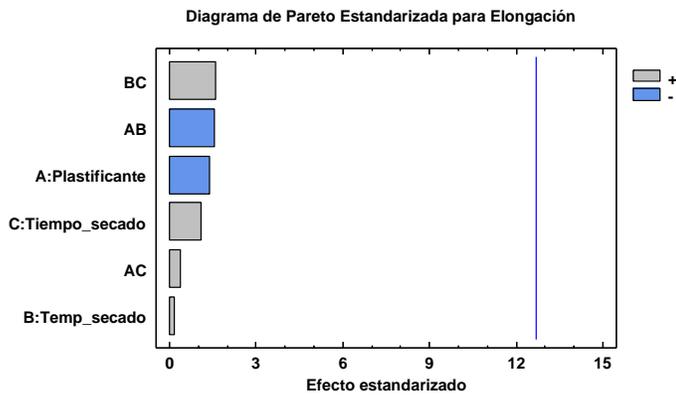
AB	429,245	1	429,245	2,41	0,3646
AC	25,4185	1	25,4185	0,14	0,7702
BC	457,531	1	457,531	2,56	0,3554
Error total	178,416	1	178,416		
Total (corr.)	1656,61	7			

**Nota:** R-cuadrada = 89,23 por ciento. R-cuadrada (ajustada por g.l.) = 24,6101 por ciento. Error estándar del est. = 13,3572. Error absoluto medio = 4,7225. Estadístico Durbin-Watson = 2,5. Autocorrelación residual de Lag 1 = -0,375

Realizando los cálculos en el StatAdvisor con la tabla ANOVA particiona la variabilidad de Elongación en piezas separadas para cada uno de los efectos. De esta forma prueba la significancia estadística de cada efecto comparando su cuadrado medio contra un estimado del error experimental. En este caso, 0 efectos tienen una valor-P menor que 0,05, indicando que son significativamente diferentes de cero con un nivel de confianza del 95,0%.

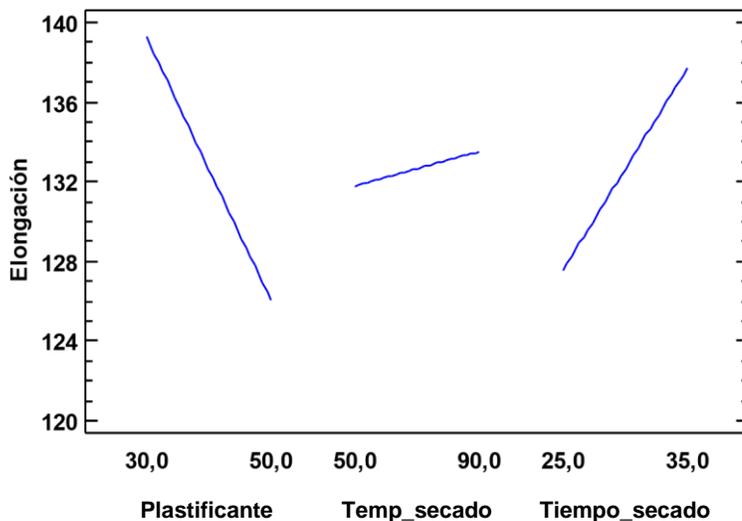
El estadístico R-Cuadrada indica que el modelo, así ajustado, explica 89,23% de la variabilidad en Elongación. El estadístico R-cuadrada ajustada, que es más adecuado para comparar modelos con diferente número de variables independientes, es 24,6101%. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos es 13,3572. El error medio absoluto (MAE) de 4,7225 es el valor promedio de los residuos. El estadístico de Durbin-Watson (DW) prueba los residuos para determinar si haya alguna correlación significativa basada en el orden en que se presentan los datos en el archivo.

De acuerdo con lo anterior, en el análisis de varianza muestran los factores principales y sus interacciones para la obtención la variable resistencia a la tracción, todos los valores-P se encuentra por encima de 0,05, esto quiere decir que los mismo no tienen una influencia significativa sobre la variable respuesta, es decir sobre la elongación.



**Figura 12.** Diagrama de Pareto Estandarizada para Elongación

Al observar el Diagrama de Pareto estandarizada para la elongación, se evidencia que no existe efecto significativo de ninguno de los factores, ya que no sobrepasan la línea azul que indica el límite de influencia de efecto de los factores y sus interacciones.



**Figura 13.** Efectos principales para Elongación

Aunque los factores estudiados, de forma individual, no demuestran tener una influencia significativa en la resistencia del bioplástico, con la figura de los efectos principales se observa una tendencia negativa para el plastificante, es decir cuando el nivel de este factor está alto, la elongación disminuye, mientras que la temperatura de

secado y el tiempo de secado tienen un comportamiento positivo, al ubicarse estos factores en niveles altos aumenta la elongación del bioplástico.

Una vez realizado estos cálculos, se puede realizar la estimación de condiciones óptimas para la obtención de la biopelícula, en la tabla 17 se muestra la optimización de la respuestas realidad por el software antes mencionado.

**Tabla 17.** Valores de respuesta y óptimos

Respuesta	Optimizado	Predicción	Inferior 95,0% Limite	Superior 95,0% Límite	Deseabilidad
Resistencia	si	0,21125	0,169228	0,253272	1,0
Elongación	si	158,362	-0,395944	317,121	1,0

(Deseabilidad optimizada = 1,0)

Por último, se presentan los resultados de factores establecidos y óptimos

**Tabla 18.** Factores óptimos obtenidos

Factor	Establecimiento
Plastificante (%)	30,0
Temperatura de secado (°C)	90,0
Tiempo de secado (h)	35,0

## V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La obtención del colágeno a partir de los residuos de pescado tuvo un valor promedio de  $60.67 \pm 0.2\%$ , lo que indica, que se puede extraer una cantidad considerable de colágeno de los residuos de pescado con el método empleado. Ahora bien para

obtener un mayor rendimiento empleando este método, se debería aumentar la masa de la piel (para este experimento fue de 1.200 g), ya que la misma, de acuerdo Liu, et al., (2015, p. 528) constituye aproximadamente el 30% de la materia proteica animal, dado que el colágeno es una proteína del tejido conectivo primario, cuya función es la de garantizar la regeneración y la elasticidad en los huesos, pieles y cartílagos, por lo cual, se considera que se puede incrementar el rendimiento de la extracción de colágeno aumentando la proporción de la piel en la muestra ensayar.

La obtención del colágeno deshidratado mediante el proceso de liofilizado tuvo un valor promedio de  $13.3 \pm 0.3\%$ , lo que indica, que se eliminó una humedad excesiva proveniente del proceso de extracción del colágeno de los residuos de pescado con el método empleado.

Según investigaciones previas mencionadas en este proyecto, los resultados obtenidos en cuanto al rendimiento de la extracción de colágeno a partir de residuos de pescado, están dentro del rango promedio de obtención. Un ejemplo de esto, es el proyecto de Blanco, Vásquez, Pérez-Martín y Sotelo (2017), donde su promedio de obtención de colágeno estuvo de entre 14.16% y 61.17%.

Los valores fisicoquímicos evaluado para el colágeno obtenido fueron: proteínas un 79.2%, mientras que el valor de la humedad fue de 4.1%. Esto indica que la eficiencia del secado por liofilización del colágeno obtenido fue alta. La cantidad de cenizas obtenida fue de 11.11% y, por último, el contenido de grasas totales fue de 3.15%, el cual es un contenido bajo, demostrando la eficiencia que tiene el método empleado para la remoción de grasas totales.

Tomando en consideración los resultados de estos parámetros fisicoquímicos obtenidos por otros investigadores como por ejemplo Barrenechea (2019) y Lee, Pranata, Ustunol y Almenar (2013), se comparan con los obtenidos en este estudio en la siguiente tabla.

**Tabla 19.**Tabla comparativa de resultados de propiedades fisicoquímicas obtenidas de colágeno extraído de residuos de pescado

<b>Parámetros</b>	<b>Barrenechea (2019)</b>	<b>Lee, Pranata, Ustunol y Almenar (2013)</b>	<b>Godiño (2019)</b>
%Proteínas	90	N/A	79.2
%Humedad	10	13.8 - 15.6	4.1
%Cenizas	0	N/A	11.1
%Grasas totales	0	N/A	3.15

**Fuente:** Elaboración propia

Como se puede observar, en cuanto al porcentaje de humedad, el obtenido en este proyecto fue menor, lo que indica que el procedimiento de liofilización es más eficiente para eliminar la humedad del colágeno obtenido. Esto es importante para el almacenamiento del colágeno como materia prima, ya que esto evita la proliferación de hongos.

## VI. CONCLUSIONES

Se aplicó el procedimiento de desnaturalización del colágeno a partir de los residuos de Lisa (*Mugil cephalus*), obteniéndose un rendimiento de 60.7% en base húmeda, mientras que se obtuvo un rendimiento de 13.3% luego de la liofilización (colágeno deshidratado).

Se determinó que el % de humedad, % de ceniza, % de proteína y % de grasas del colágeno obtenido fueron: 4.1, 11.1, 79.2, 3.15 respectivamente.

Se generó una formulación óptima para la obtención de una biopelícula con el colágeno obtenido. Se encontró que el procedimiento más óptimo para la obtención de una biopelícula con mejores propiedades mecánicas de elongación y resistencia a la tracción, fue el número 7 con valores iguales a 30% de glicerol, con una temperatura de secado de 90°C y un tiempo de secado de 35 hrs.

Se analizaron sus propiedades mecánicas de elongación y resistencia de los bioplásticos, obtenidos y se verificó que la elongación variaba de 100.4 a 153.64 %, mientras que la resistencia a la tracción iba de 0.11 a 0.21 MPa, siendo el resultado con la combinación de factores más óptimo de 130.61% elongación y 0.17 MPa resistencia a la tracción.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda emplear otra especie de pes para evaluar el reaprovechamiento de sus residuos.

Es necesario realizar una optimización por superficie de respuesta para obtener una ecuación matemática que permita predecir el resultado de la resistencia a la tracción y elongación.

Se recomienda evaluar otras propiedades mecánicas para observar si los factores estudiados presentan una influencia significativa en su obtención.

Se recomienda aplicar el procedimiento de liofilización para eliminar todo resto de humedad del colágeno.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ArgenBio. Consejo Argentino para la Información y el Desarrollo de la Biotecnología. 10 de mayo de 2019. Disponible en <http://www.argenbio.org/index.php?action=novedades&note=200>
2. BARRENECHEA, Ernesto. Aprovechamiento de la piel de Paiche (*Arapaima gigas*) para la obtención de colágeno. Tesis (Ingeniería pesquera). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Pesquería, 2019. 86 pp. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3945/barrenechea-cisneros-ernesto-joel.pdf?sequence=1>
3. BERNAL, César. Metodología de la investigación administración, economía, humanidades y ciencias sociales. 3.<sup>a</sup> ed. Bogotá D.C.: Pearson Educación, 2010. 322 pp. ISBN: 978-958-699-129-2
4. Biopolímeros: avances y perspectiva por Valero [et al]. Bogotá: Universidad de La Sabana. 80 (181): 171-180, junio 2014. ISSN: 0012-7353.
5. BUEHLER, M. Designs tough collagen: explaining the nanostructure of collagen fibril. PNAS. 2006, 103 (33). ISSN: 12285-12290.
6. CALLISTER, Williams. Introducción a la Ciencia e [ingeniería](#) de los materiales. 2<sup>a</sup> ed. Barcelona: Reverte, 2015. 119 pp. ISBN: 978-84-291-7251-5.
7. CHURACUTIPA, Marisol. Obtención de un ensilado biológico a partir de residuos de trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Tesis (Ingeniero Agroindustrial). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias, 2016. 103 pp.
8. CÓDIGO de ética del Colegio de Ingenieros del Perú (2018).
9. COLLAGEN and Gelatin por Dasong Liu [et al.]. Santa Barbara: University of California, 6:527–57, 2015.
10. CONDE ORTIZ, Mónica Paloma. Manual para identificación de plásticos. 2016.

11. CRUZ, Dalila. Desarrollo de un producto elaborado con escamas de pescado como alternativa al uso de materiales plásticos. Tesis (Magister en Diseño e Innovación). Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro, Facultad de ingeniería, 2018. 90 pp. Disponible en: <http://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/1069>
12. CULTURED aquatic species fact sheets. Mugil cephalus (Linnaeus, 1758). FAO 2013. Disponible en [http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil\\_cephalus/es](http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Mugil_cephalus/es)
13. DEEPAK, Bisht y IQBAL, Zeenat. Lyophilization-Process and Optimization for Pharmaceuticals. IJDRA, 3 (1): 30-40, 2015. ISSN: 2321- 6794.
14. Desarrollo de la piel y sus anexos en vertebrados por Merciane [et al]. Temuco: Internation Journal of Morphology. 30 (4): 22-47, 2014. ISSN: 1422-1433.
15. EXTRACCIÓN de colágeno a partir de pieles de tilapia por Velarde-Rodríguez, María [et al].Bolivia: Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias, 2(4): 631-639, 2015. ISSN -2410-356X.
16. GUTIÉRREZ, Hurtado y DE LA VARA, Román. Análisis y diseño de experimentos.2.<sup>a</sup> ed. México, D.F.: Mc Graw-Hill Interamericana, 2008.545 pp. ISBN: 99701065263
17. HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología Investigación. 6.<sup>a</sup> ed. México D.F.: McGraw-Hill / Interamericana Editores, 2010. 656 pp. ISBN 9786071502919.
18. Hydrolysates of fish skin collagen: An opportunity for valorizing fish industry byproducts por Blanco [et al]. Galicia: Instituto de investigaciones Marinas (IIM-CSIC), 15(5): 1-15, mayo 2017. ISSN: 1505-0131.
19. HUANCA, María. Recuperación de colágeno de desechos de sábalo, Especie de pescado consumido en la ciudad de la paz, con fines cosmetológicos. Tesis (Ingeniero agroindustrial). La Paz: Universidad Mayor San Andrés, 2014. 79 pp. Disponible en [https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/7864/discover?filtertype=author&filter\\_relational\\_operator=equals&filter=Duchen+Uriarte%2C+Patricia+%5BTutor%5D](https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/7864/discover?filtertype=author&filter_relational_operator=equals&filter=Duchen+Uriarte%2C+Patricia+%5BTutor%5D)

20. Influence of glycerol and water activity on the properties of compressed egg white-based bioplastics por Lee [et al]. Michigan: Michigan State University, 118 (1). 132-140, 2013. ISSN: 48824-1223.
21. Instituto nacional de Estadística e Informática. Anuario de Estadísticas Ambientales: Residuos Sólidos [en línea]. Lima: Oficina de Impresiones del Instituto Nacional de Estadística e Informática. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2019]. Disponible en [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1342/libro.pdf)
22. Instituto del Mar del Perú e Instituto Tecnológico Pesquero del Perú. Compendio biológico tecnológico de las principales especies hidrobiológicas comerciales del Perú [en línea]. 1.<sup>a</sup> ed. Callao, Perú: Editorial Stella, 1996 [fecha de consulta: 06 de noviembre de 2019]. Disponible en <http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe/handle/123456789/1387>
23. LÓPEZ, Agustín, BRITO, Edmundo y GALINDO, Enrique. Biotecnología Alimentaria. 7<sup>a</sup> ed. Ciudad de México: Limusa, 2014. 852 pp.
24. MAMANI, Condori. Obtención del colágeno en la curtiembre Macubol Ltda. Tesis (Ingeniero Industrial). Bolivia: Universidad Mayor de San Andrés, 2015. 95 pp. Disponible en [repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/.../PG-1392-Huanca,%20Maria%20Tatiana.pdf?](http://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/.../PG-1392-Huanca,%20Maria%20Tatiana.pdf?)
25. Ministerio de Medio Ambiente (Perú). Cuarto informe nacional de residuos sólidos municipales y no municipales: Gestión 2010–2011. Lima: MINAM, 2012. 12 pp.
26. Montero, P. 2014. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: A comparative study. *Food Hydrocolloids* 16 (1): 25-34
27. NEYRA Montoya, Yousi. Obtención de gelatina para consumo humano directo a partir de huesos y piel de Lisa (*mugil cephalus*) y Caballa (*scomber japonicus*). Tesis (Ingeniero Pesquero). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ciencias Biológicas, 2014. 153 pp.
28. NÚÑEZ, Andrea. Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo. Tesis (Ingeniero químico). Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de ingeniería química, 2014. 113 pp. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/2879/1/T-UCE-0017-90.pdf>

29. Optimizing process parameters to obtain a bioplastic using proteins from fish byproducts through the response surface methodology por Araújo [et al]. Pará: Universidad Federal de Pará. 12 (16): 23-30, enero 2018.  
ISSN: 2214-2894. Cambiar.
30. PLASTIC waste inputs from land into the ocean por Jambeck Jenna [et al]. Science [en línea]. Febrero 2015, n.o 347. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2019]. Disponible en <https://science.sciencemag.org/content/347/6223/768.full>  
ISSN: 6223
31. Physicochemical properties and film-forming ability of fish skin collagen extracted from different freshwater species por Tang [et al]. Xiamen: El Sevier, 50: 148-155, 2015.  
ISSN: 1359-5113.
32. SYNTHESIS and characterization of concrete mortars reinforced with thermostable polymer from industrial waste por Rodríguez-García, José [et al]. Revista de la Construcción [en línea]. Diciembre 2018, no 3. [Fecha de consulta: 06 de noviembre de 2019]. Disponible en [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2018000300465&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-915X2018000300465&script=sci_arttext)  
ISSN: 0718-915X
33. ROMERO, Renzo. Obtención de gelatina de piel de perico (*Coryphaena hippurus*) y caracterización de sus propiedades fisicoquímicas. Tesis (Ingeniería ambiental). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina, escuela de Ingeniería Ambiental, 2016. 98 pp.
34. SÁENZ SERRANO, Nancy. Obtención de material colagenoso de escamas de pescado y su esterilización con radiación gama. Tesis (Licenciado en biotecnología). Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Ciencias, 2017. 64 pp.
35. SEYMOUR, Raymond y CARRAHER Charles. Introducción a la Química de los Polímeros. 4<sup>a</sup> ed. Barcelona: Reverte S.A. 2014. 459 pp.  
ISBN: 8429179267
36. Skin development in bony fish with particular emphasis on collagen deposition in the dermis of the zebrafish (*Danio rerio*) by Le Guellec [et al]. Kansas: Int. J. Dev. Biol, 22 (48): 217-31, 2014.  
ISSN: 2278-9654.

37. Sobre la población y muestra en investigaciones empíricas. [Aula Magna 2.0]. Madrid: Serrano, J., (13 de marzo de 2017). [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2019]. Recuperado de <https://cuedespyd.hypotheses.org/2353>
38. [SOLARI, Armando y CÓRDOVA, Javier. Extracción de Colágeno Proveniente de Residuos del Procesamiento de Engraulis Ringens “Anchoveta”. Ciencia e Investigación, 18\(2\): 65-68, 2015. ISSN: 1609-9044](#)
39. [SOLCHEM \(2015\). Todo sobre el colágeno. España](#)
40. SOSA, Carmen. Elaboración de ensilado biológico a partir de residuos de paiche (arapaima gigas). Tesis (Ingeniero pesquero). Lima: Universidad Agraria La Molina, Facultad de Pesquería, 2017. Disponible en <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3272/sosa-espinoza-carmen-fiorella.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
41. STRUCTURAL and physical properties of gelatin extracted from different marine species: A comparative study por Gómez-Guillén [et al]. Madrid: Departamento de ciencias y tecnología de carne y pescado. Instituto del Frío, 16 (1): 25-34, january 2002.
42. Sustainable Fish Gelatin Films: from Food Processing Waste to Compost por Etxabide [et al]. San Sebastián: BIOMAT Research, 10 (2): 22-34, julio 2016. ISSN: 1708-9325.
43. The free dictionary. Pennsylvania: Farlex, 2003. 1000 pp. ISBN: 4569789513.
44. TRUJILLO, Cinthya. Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. Tesis (Ingeniero agroindustrial). Puerto Maldonado: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios, Escuela Académica Profesional De Ingeniería Agroindustrial, 2014. Disponible en <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
45. WADE, Leroy. Química orgánica. 7.<sup>a</sup> ed. Naucalpan de Juárez, Estado de México: Pearson Educación, 2012. 1400 pp. ISBN: 978607320794-2

## ANEXOS

### *Anexo 1. Fichas de registro*



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

#### Ficha de registro de los datos del análisis de humedad

Fecha:	
Analista:	

N° de muestra	Peso inicial de la gelatina (g)	Peso final de la gelatina seca (g)
1		
2		
3		
Valor Promedio		

Fuente: Elaboración propia

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Ficha de registro de los datos del análisis de grasas

Fecha:	
Analista:	

N° de muestra	Peso del matraz con el extracto (g)	Peso del matraz vacío (g)	Peso inicial de la gelatina (g)
1			
2			
3			
Valor Promedio			

Fuente: Elaboración propia

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de registro de los datos del análisis de proteína

Fecha:	
Analista:	

N° de muestra	Volumen gastado en muestra en blanco (ml)	Volumen gastado en muestra (ml)	Concentración de NaOH
1			
2			
3			
Valor Promedio			

Fuente: Elaboración propia

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de registro de los datos del análisis de cenizas

Fecha:	
Analista:	

N° de muestra	Peso de la capsula con la muestra (g)	Peso de la capsula con la cenizas (g)	Peso de la capsula vacía (g)
1			
2			
3			
Valor Promedio			

Fuente: Elaboración propia

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Ficha de registro de los datos de la resistencia a la tracción

Fecha:	
Analista:	

N° de muestra	Fuerza máxima a la rotura (N)	área de la sección transversal del bioplástico (m <sup>2</sup> ).
1		
2		
3		
Valor Promedio		

Fuente: Elaboración propia

---

Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

---

Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:

---

Nombre y apellido  
Grado académico  
DNI:



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## Ficha de registro de los datos de la elongación

Fecha:	
Analista:	

N° de muestra	Distancia total en el punto de rotura (mm)	Distancia de separación inicial de la empuñadura (mm).
1		
2		
3		
Valor Promedio		

Fuente: Elaboración propia

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido

Grado académico

DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido

Grado académico

DNI:

\_\_\_\_\_  
Nombre y apellido

Grado académico

DNI:

## **Anexo 2. Formatos de validación por juicio de experto**

### Ficha de evaluación global del instrumento

Apreciado(a) Juez:

Por favor responda si el instrumento de investigación cumple con los siguientes criterios descrito abajo. De responder de manera negativa a algunos de ellos, por favor especifique en la columna de observaciones sus razones.

No.	Ítems	Si	No	Observaciones
1	El instrumento contribuye a lograr los objetivos que se han propuesto.			
2	La definición teórica que se ha asumido es coherente con la definición operativa que se ha construido (dimensiones e ítems) y está fundamentada en la ciencia.			
3	El instrumento esta organizado de forma lógica y coherente.			
4	El lenguaje apropiado es adecuado para la población a la cual va dirigido.			
5	Las instrucciones son fáciles de seguir.			
6	Las alternativas de respuestas son pertinentes.			
7	Las puntuaciones asignada a las respuesta son pertinentes.			
8	Las definiciones de las dimensiones están fundamentadas en la ciencia.			
9	Las dimensiones son pertinentes y suficiente para medir la variable.			
10	Existe coherencia entre las dimensiones e ítems.			
11	Los ítems son suficientes para medir cada indicador.			

*Anexo 3. Procedimiento de extracción del colágeno.*



## Anexo 4. Reporte de análisis de laboratorio certificados.



### LABORATORIO DEL INSTITUTO TECNOLÓGICO DE LA PRODUCCIÓN

Página 1 de 1

#### INFORME DE ENSAYO N° 0608/19

**Solicitante** : YOSSELIN JANETH GODIÑO ROJAS.  
**Dirección** : Calle Madre Selva N° 0168, Santa Anita – Lima.  
**Producto declarado** : COLAGENO DE PESCADO: "A" y "B".  
**Presentación y Condiciones de la Muestra** : En bolsa plástica transparente sellada y rotulada. A temperatura ambiente.  
**Cantidad de muestras** : 100g Aprox.  
**Fecha de recepción de la muestra** : 03.12.19  
**Fecha de Ejecución de Análisis** : 03.12.19  
**Referencia de la muestra** : Comunicación del cliente.  
**N° de Solicitud de Servicio de Ensayo** : 0283-19

ENSAYO	NORMA O REFERENCIA	UNIDADES	RESULTADOS	
			COLAGENO DE PESCADO "A"	COLAGENO DE PESCADO "B"
Determinación de Humedad	FAO, Food and Nutrition Paper pp 205 T 14/7, 1986	%	4,8	3,4
Determinación de Cenizas	FAO, Food and Nutrition Paper pp 228 T 14/7, 1986	%	77,8	79,6
Determinación de Grasa cruda	LABS-ITP-FQ-003-2009 Rev. 00, 2009*	%	3,2	3,1
Determinación de Proteína cruda <sup>(1)</sup>	LABS-ITP-FQ-001-2009 Rev. 00, 2009*	%	11,7	10,5

**Observaciones:** <sup>(1)</sup>Factor usado para la Determinación de Proteína: 5,5  
\*Método validado por el Laboratorio LABS-ITP.

Callao, 10 de Diciembre del 2019

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DESARROLLO  
INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA

QUIM. GARY ALVAREZ GUZMÁN  
RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE FISIQUÍMICA

CARRETERA A VENTANILLA KM 5,200 – TELFS. 5770116 – 5770118 – CASILLA 360 – CALLAO I PERU  
TELEFAX: 5773130 E-mail: [clientelab@itp.gob.pe](mailto:clientelab@itp.gob.pe)

Queda prohibida la reproducción total o parcial del presente documento sin la autorización de LABS-ITP. Los resultados emitidos en el presente informe solo se refieren a la muestra analizada y no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El nombre del producto declarado es de responsabilidad del cliente.

EACI-F01- P22, Rev 05

Fecha: 11/12/15

Cambio: Cambio de estructura del formato.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, DECANA DE AMÉRICA)  
FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS  
LABORATORIO DE EQUIPAMIENTO ESPECIALIZADO



## REPORTE SERVICIO DE LIOFILIZADO

MICROSCOPIO ELECTRONICO DE BARRIDO (MEB)

MARCA: THERMO SCIENTIFIC

MODELO: LABCONCO 2020

FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS: 26/11/2019

FECHA DE EJECUCIÓN DEL SERVICIO: 27/11/2019 al 28/11/2019

FECHA DE EMISION DE INFORME: 28/11/2019

MUESTRA: Colágeno de pescado

---

Se informa que entre los días miércoles 27 y jueves 28 de noviembre del presente año. Se realizó la el servicio de liofilizado a las tesista Godino Rojas Yosselin Janeth de la Universidad César Vallejo. En la cual, se liofilizaron 5 muestras de colágeno de pescado que estaban suspendidas en solución acuosa con un volumen aproximado de 500 mL. Se realizó el proceso de liofilizado para las etapas de liofilización precooling, primaria, secundaria y secado. Los parámetros utilizados para cada etapa fueron los correspondientes: 100 mmBar a -55 °C por 2 horas, 150 mmBar a -25°C por 4 horas, 200 mmBar a -5°C por 3 horas y 200 mmBar a 20 °C por 4 horas. Se tomo punto de referencia el articulo publicado por Deepak. Se obtuvieron resultados de 80 gramos seco por muestra.

Deepak, B., & Iqbal, Z. (2015). Lyophilization-Process and Opitimization for Pharmaceuticals. IJDR, 3(1), 30-40.

---

Atentamente,

Diego Macedo Prada  
Biólogo  
C.B.P. 14367

---

Blgo. Diego Macedo Prada - LOCADOR  
Laboratorio de Equipamiento Especializado (LEE)  
N° Colegiatura: 143671



Fig. 1. Inicio de liofilización primaria.



Fig. 2. Finalización de la liofilización primaria.

 Instituto Tecnológico de la Producción	<b>DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO, INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA</b>	Cód.: LT-FO-002
	<b>Informe Técnico de Servicio Tecnológico</b>	
	Versión: 01 Página 1 de 2	

<b>N° de informe:</b>	1106-19.01
<b>Fecha:</b>	12/12/2019

CLIENTE		
<b>SOLICITANTE</b>		<b>DNI</b>
Yosselin Godíño Rojas		48734787
<b>TELÉFONO</b>	<b>DIRECCIÓN</b>	<b>EMAIL</b>
+51 941 831 456	Calle Madre Selva 108 – Santa Anita – Lima - Lima	Yossi.godino@gmail.com

REFERENCIAS		
<b>COTIZACIÓN</b>	<b>PROPUESTA ECONÓMICA</b>	<b>FECHA DE INICIO</b>
281119-2	1106-19	03/12/2019

Este informe técnico corresponde a la realización de análisis de resistencia a la tracción y elongación al corte para el servicio de asistencia técnica en muestras formuladas a partir de colágeno de piel de lisa, según el servicio contratado.

Se recibieron 8 muestras y 3 códigos (A, B, C) por muestra. De cada muestra se cortaron 2 tiras rectangulares de 2 x 7 cm. Se hicieron 6 mediciones de espesor a cada tira utilizando el micrómetro (Mitutoyo series 700, model MFG Co. 149 Ltd., Kawasaki, Japan) para la obtención del espesor promedio por cada código. Luego se sometió a cada tira a un esfuerzo de tensión utilizando el analizador de textura (Brookfield 135 Engineering Laboratories, Inc. Middleboro, MA, USA) acoplado a un sistema de rodillos. El análisis consistió en sujetar la tira utilizando el sistema de rodillos y aplicar una fuerza constante hasta registrar el rompimiento de la muestra.

El resultado que dio este análisis es la máxima fuerza que soportó el material hasta antes de la rotura y la distancia recorrida. Las fórmulas utilizadas fueron las siguientes:

Resistencia a la tracción (MPa) =  $F_{\text{máxima}} / \text{área de la sección transversal}$

Elongación al corte (%) =  $\text{distancia recorrida} / \text{separación de las tiras} \times 100 \%$

Los análisis se realizaron bajo la norma D 882-97 (ASTM, 1999) y utilizando la metodología de Wu *et al.* (2013) con algunas modificaciones.

Las muestras recibidas mostraron las siguientes características:

Todas las muestras fueron heterogéneas, opacas, con gránulos en su composición y de una consistencia aceitosa.

También se evidenció presencia de cristales en la superficie. Esta característica dificultó la lectura ya que se pegaban a los rodillos.

La muestra 1 fue muy delgada y presentó mayor cantidad de cristales que las otras muestras.

La muestra 2 fue extremadamente aceitosa.

En la Tabla 1 se muestran los resultados obtenidos.



**Tabla 1. Resultados de resistencia a la tracción y elongación al corte en muestras codificadas del 1- 8**

Código	Espesor promedio	Resistencia a la tracción (MPa)	Elongación al corte (%)
1A	0.24	0.06	92.53
1B	0.20	0.11	84.20
1C	0.25	0.12	120.53
Promedio 1		<b>0.11</b>	<b>100.40</b>
2A	0.21	0.18	131.70
2B	0.18	0.22	156.10
2C	0.22	0.19	125.83
Promedio 2		<b>0.20</b>	<b>137.88</b>
3A	0.28	0.15	146.70
3B	0.26	0.12	135.90
3C	0.30	0.12	133.63
Promedio 3		<b>0.13</b>	<b>138.74</b>
4A	0.28	0.28	170.27
4B	0.30	0.21	171.17
4C	0.27	0.14	119.50
Promedio 4		<b>0.21</b>	<b>153.64</b>
5A	0.29	0.13	131.10
5B	0.29	0.12	113.80
5C	0.27	0.12	136.33
Promedio 5		<b>0.12</b>	<b>127.08</b>
6A	0.27	0.10	102.77
6B	0.28	0.18	155.23
6C	0.29	0.13	136.70
Promedio 6		<b>0.14</b>	<b>131.57</b>
7A	0.24	0.12	94.47
7B	0.28	0.23	170.63
7C	0.30	0.16	126.73
Promedio 7		<b>0.17</b>	<b>130.61</b>
8A	0.19	0.13	129.47
8B	0.15	0.12	89.80
8C	0.27	0.17	173.00
Promedio 8		<b>0.15</b>	<b>141.32</b>



**Antoine Geneste**  
Responsable de SSTT  
DIDITT – ITP