

# INFORME DE TESIS - DE LA CRUZ MONTOYA Y LOPEZ PAREDES

*por* DANY YASEIDY LOPEZ PAREDES

---

**Fecha de entrega:** 15-nov-2023 03:33p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2213103824

**Nombre del archivo:** INFORME\_DE\_TESIS\_-\_DE\_LA\_CRUZ\_MONTOYA\_Y\_LOPEZ\_PAREDES.pdf (905.34K)

**Total de palabras:** 18999

**Total de caracteres:** 105543

<sup>1</sup>**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO**

**BENEDICTO XVI**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA**

**INDUSTRIAL**



**“PROPORCIÓN IDEAL DE ALMIDÓN DE ARROZ, QUERATINA  
DE PLUMAS Y FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA ELABORAR  
UN ENVASE BIODEGRADABLE”**

<sup>1</sup>**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL EN  
INGENIERA INDUSTRIAL**

**AUTORES**

Br. Leslie Yahaira, De la cruz Montoya

Br. Dany Yaseidy Lopez Paredes

<sup>1</sup>**ASESOR**

Mg. Luis Alberto Alva Reyes

<sup>1</sup><https://orcid.org/0000-0003-2232-6784>

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Procesos y tecnología

**TRUJILLO-PERU**

**AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

Excmo. Mons. Héctor Miguel Cabrejos Vidarte, O.F.M.

**Arzobispo Metropolitano de Trujillo**

**Fundador y Gran Canciller de la**

**Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI**

Dr. Luis Orlando Miranda Díaz

**Rector de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI**

Dra. Mariana Geraldine Silva Balarezo

**Vicerrectora académica**

Mg, Ing., Breiner Guillermo Díaz Rodríguez

**Decano de la Facultad de Ingeniería.**

Dra. Ena Obando Peralta

**Vicerrectora de Investigación**

Dr. Winston Rolando Reaño Portal

**Director de la Escuela de Posgrado**

Dra. Teresa Sofía Reátegui Marín

**Secretaria General**

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD

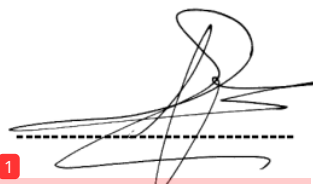
17

Señor(a) Decano(a) de la Facultad de Ingeniería:

Yo, Mg Luis Alberto Alva Reyes con DNI N° 42013371, como asesor del trabajo de investigación **“PROPORCIÓN IDEAL DE ALMIDÓN DE ARROZ, QUERATINA DE PLUMAS Y FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA ELABORAR UN ENVASE BIODEGRADABLE”** desarrollada por las bachilleres Br. Leslie Yahaira, De la cruz Montoya DNI N° 70983007 y Br. Dany Yaseidy Lopez Paredes DNI N° 71124059 respectivamente, egresada del Programa Profesional de Ingeniería Industrial, considero que dicho trabajo de titulación reúne los requisitos tanto técnicos como científicos y corresponden con las normas establecidas en el reglamento de titulación de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI y en normativa para la presentación de trabajos de titulación de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Por tanto, autorizo la presentación del mismo ante el organismo pertinente para que sea sometido a evaluación por la comisión de la clasificación designado por el Decano de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura.

Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es menor o igual al 20 %, estándar permitido por el Reglamento de grados y títulos de la Universidad Católica de Trujillo.



Mg. Luis Alberto Alva Reyes  
DNI: 42013371

## DEDICATORIA

A Dios

Gracias Señor *por la* oportunidad de poder ser la profesional con la mejor herencia que me pudieron dejar mis padres, la educación. Gracias por darme la fuerza de voluntad, la sabiduría y la perseverancia en este largo camino de seguir creciendo.

<sup>1</sup>  
A mis padres

*Por* contar con *su apoyo incondicional* y por lo valores brindados <sup>1</sup> *en todo el momento de mi formación académica* y personal. Gracias *a mi padre* que, con su ejemplo de vida, me enseñó a superarme siempre, y a alcanzar mis sueños. Gracias a mi madre por sus palabras de aliento en los momentos precisos y por ser mi soporte en cada circunstancia de mi vida.

<sup>1</sup>  
A mi familia

*Por ser mi motivación* y apoyo *para luchar día a día contra toda dificultad y adversidad*. Gracias por ser *mi* motor para alcanzar mis sueños.

Leslie Yahaira De la cruz Montoya

Autor

## DEDICATORIA

*A Dios*

<sup>1</sup> *Se lo dedico al forjador de mi camino, mi padre celestial, el que me ha guiado durante este largo camino. Quien ha estado conmigo en todo momento brindándome su ayuda en cada tropiezo que he tenido y permitirme darme cuenta de que cada obstáculo es una prueba para mejorar como persona. Este proyecto está dedicado a ti padre celestial, porque gracias a ti mi meta está cumplida.*

*A mis padres*

<sup>69</sup> *Quiero dedicar esta tesis a mis padres Elva y Manuel, por ser los principales promotores de mis sueños. Gracias por día a día hacer el esfuerzo*

<sup>1</sup> *A mi familia*

*Por ser mi motivo de vida.*

*Dany Yaseidy Lopez Paredes*

*Autor*

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Nosotras, De la cruz Montoya, Leslie Yahaira y Lopez Paredes, Dany Yaseidy con DNI N.º 70983007 y DNI N.º 71124059 respectivamente, estudiantes de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura y del Programa de Estudios Ingeniería Industrial de la Universidad Católica de Trujillo Benedicto XVI, damos fe que hemos seguido rigurosamente los procedimientos académicos y administrativos emanados por la citada Universidad para la elaboración y sustentación del trabajo de investigación titulado: “PROPORCIÓN IDEAL DE ALMIDÓN DE ARROZ, QUERATINA DE PLUMAS Y FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA ELABORAR UN ENVASE BIODEGRADABLE”, el cual consta de un total de 83 páginas, en las que se incluye 38 tablas y 10 figuras, incluyendo apéndices y/o anexos.

Dejamos constancia de la originalidad y autenticidad de la mencionada investigación y declaramos bajo juramento en razón a los requerimientos éticos, que el contenido de dicho documento corresponde a nuestra autoría respecto a redacción, organización, metodología y diagramación. Asimismo, garantizamos que los fundamentos teóricos están respaldados por el referencial bibliográfico, asumiendo un mínimo porcentaje de omisión involuntaria respecto al tratamiento de cita de autores, lo cual es de nuestra entera responsabilidad. Se declara también que el porcentaje de similitud o coincidencia es de 18 % el cual es aceptado por la Universidad Católica de Trujillo.

**Los Autores.**



.....

**FIRMA DIGITAL**

**Leslie Yahaira De la cruz Montoya**

**DNI: 70983007**



.....

**FIRMA DIGITAL**

**Dany Yaseidy Lopez Paredes**

**DNI: 71124059**

# **1** **INDICE**

<b>AUTORIDADES UNIVERSITARIAS</b> .....	ii
<b>APROBACIÓN DEL ASESOR</b> .....	iii
<b>DEDICATORIA</b> .....	iv
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b> .....	vi
<b>RESUMEN</b> .....	8
<b>ABSTRACT</b> .....	11
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	12
<b>II. METODOLOGÍA</b> .....	27
<b>III. RESULTADOS</b> .....	40
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	62
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	66
<b>VIII. ANEXOS</b> .....	73



**4**  
**INDICE DE TABLAS**

Tabla 1 .....	32
Tabla 2 .....	34
Tabla 3 .....	36
Tabla 4 .....	44
Tabla 5 .....	45
Tabla 6 .....	45
Tabla 7 .....	47
Tabla 8 .....	47
Tabla 9 .....	48
Tabla 10 .....	49
Tabla 11 .....	49
Tabla 12 .....	50
Tabla 13 .....	50
Tabla 14 .....	51
Tabla 15 .....	51
Tabla 16 .....	51
Tabla 17 .....	52
Tabla 18 .....	52
Tabla 19 .....	52
Tabla 20 .....	53
Tabla 21 .....	53
Tabla 22 .....	53
Tabla 23 .....	54
Tabla 24 .....	54
Tabla 25 .....	55
Tabla 26 .....	56
Tabla 27 .....	57
Tabla 28 .....	57
Tabla 29 .....	58
Tabla 30 .....	58
Tabla 31 .....	59
Tabla 32 .....	59

Tabla 33 .....	59
Tabla 34 .....	60
Tabla 35 .....	60
Tabla 36 .....	60
Tabla 37 .....	61
Tabla 38 .....	61

### **ÍNDICE DE FIGURAS**

Figura 1 .....	33
Figura 2 .....	35
Figura 3 .....	37
Figura 4 .....	38
Figura 5 .....	41
Figura 6 .....	41
Figura 7 .....	42
Figura 8 .....	43
Figura 9 .....	46
Figura 10 .....	47

### **ÍNDICE DE FICHAS**

Ficha 1 .....	73
Ficha 2 .....	74
Ficha 3 .....	75
Ficha 4 .....	76
Ficha 5 .....	77
Ficha 6 .....	78
Ficha 7 .....	79

12

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general <sup>32</sup> determinar la proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas y fibra del bagazo de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable con la finalidad de contribuir con nuevas alternativas para reemplazar el plástico convencional y minimizar la contaminación ambiental. Esta investigación se desarrolló con un enfoque cuantitativo, carácter aplicativo y experimental debido a que se trabajó con un grupo de datos, de forma post – prueba manipulando una determinada variable observándola a través de escenarios controlados. Después de determinar las proporciones ideales y elaborar probetas de los polímeros biodegradables, se investigaron sus propiedades físicas y mecánicas como la degradación y tracción obteniendo como resultados un 25% y 0,24 MPa respectivamente. Por último, se investigó <sup>41</sup> el proceso de fabricación a escala industrial para la comparación de los costos de los polímeros biodegradables encontrados en el mercado y del elaborado en el proyecto, concluyendo que este último es menos costoso que un polímero con otras materias primas y proporciones, sin perder un incremento del margen de ganancia anual. Esta investigación utilizó fuentes bibliográficas complementadas con artículos sobre el tema de investigación.

**PALABRAS CLAVE:** Envases biodegradables, arroz quebrado, plumas de las aves, bagazo de caña, almidón, queratina, fibra, degradación, tracción y costos.

1

## ABSTRACT

The general objective of this research was to determine the ideal proportion of rice starch, feather keratin and sugar cane bagasse fiber to produce a biodegradable polymer with the aim of contributing with new alternatives to replace conventional plastic and minimize environmental pollution. This research was developed with a quantitative approach, applicative and experimental in nature because we worked with a group of data, in a post-test manner, manipulating a certain variable by observing it through controlled scenarios. After determining the ideal proportions and making specimens of the biodegradable polymers, their physical and mechanical properties such as degradation and traction were investigated, obtaining results of 25% and 0.24 MPa respectively. Finally, the manufacturing process was investigated on an industrial scale to compare the costs of biodegradable polymers found on the market and those made in the project, concluding that the latter is less expensive than a polymer with other raw materials and proportions, without losing an increase in the annual profit margin. This research used bibliographic sources complemented with articles on the research topic.

**KEY WORDS:** Biodegradable packaging, broken rice, bird feathers, sugarcane bagasse, starch, keratin, fiber, degradation, traction and costs.

## I. INTRODUCCIÓN

Los polímeros sintéticos, más conocidos como los plásticos, son un material utilizado en todo el mundo en muchas ramas de la industria y la sociedad, ya que han ganado popularidad por características como: fuerza, durabilidad, flexibilidad y resistencia a los factores ambientales y circunstancias de uso cotidiano; sin embargo, su uso está asociado con el incremento cada vez mayor de residuos, lo cual se transforma en un grave problema al tener una lenta degradación generando que se acumulen <sup>34</sup> indiscriminadamente en hábitats terrestres, acuáticos y en ecosistemas de todo el planeta (Castañeta y otros, 2020); es por ello que, se enfatiza cada vez más en prestar atención a las iniciativas de reciclaje, así como también a la reducción de polímeros de un solo uso y en la búsqueda de otras opciones con características iguales o similares de las que pueden ofrecer los polímeros.

La contaminación por polímeros es una amenaza planetaria que afecta a casi todos los ecosistemas del mundo, es por ello que, Borrelle y otros (2020) en su estudio elaborado en New York, han evaluado el impacto de tres estrategias de mitigación y gestión de varios niveles, como son la reducción de desechos de polímeros, gestión de desechos y recuperación ambiental, con el fin de estimar las emisiones de estos hasta 2030 para 173 países, en un intervalo entre diecinueve y veintitrés millones de toneladas métricas, en otras palabras, el 11 % de los residuos de los polímeros que se han generado a nivel mundial en el 2016 ingresaron a los ecosistemas acuáticos, y <sup>61</sup> que las emisiones anuales pueden alcanzar hasta 53 millones de toneladas métricas por año para el 2030. La solución propuesta por los autores es reducir las emisiones a un nivel muy por debajo de esta predicción.

Así mismo, Geyer et al. (2017) estimó que hasta la actualidad ha sido producidas 8300 millones de toneladas métricas de polímeros y que en el 2015 se generó un <sup>62</sup> aproximado de 6300 toneladas de residuos poliméricos, de los cuales se ha reciclado aproximadamente el 9%, se ha incinerado el 12% y se ha acumulado en vertederos o medios naturales el 79%. Esto se debe a que las industrias buscan que los polímeros sean más baratos, más duraderos, atractivos y fáciles de transportar encontrándose en el consumo diario como en botellas de agua, vasos, tapas de alimentos, bolsas de transporte y contenedores <sup>22</sup> de un solo uso, todo ello sin considerar que es un constante problema con impactos en la salud humana y el medio ambiente degradado, lo cual no pasaría si estos fueron biodegradables por naturaleza. (Garg et al., 2020)

Según Spierling et al. (2018) en su investigación realizada en Alemania, la forma de reducir la cantidad de residuos duraderos; es decir, resistentes a los procesos de descomposición a comparación de los polímeros convencionales, puede ser la producción de los mismos, pero en condiciones biodegradables y oxo-biodegradables los cuales deben cumplir con las características de ya existentes o los que son de un solo uso. Por un lado, los materiales biodegradables deben descomponerse bajo la influencia de macro y microorganismos; y por el otro lado, los de tipo oxo-degradables también se descomponen con la participación de organismos vivos, pero la iniciación del proceso requiere un factor adicional como la energía térmica o radiación UV.

En el Perú, según Reyes (2021) se han generado más de siete millones y medio de toneladas de desperdicios sólidos en el año, de los cuales el 64% es derivado de los hogares y el promedio anual del consumo por cada ciudadano es de 30 kg de polímeros. Esto llevó al gobierno a aprobar la Ley N° 30884 denominada “Ley que regula el polímero de un solo uso y los recipientes o envases descartable”. Por otro lado, el Ministerio del Ambiente señala que el polímero representa el 10% de todos los residuos que genera el país, y que tan solo el 1 % de los residuos municipales se recuperan por economía circular (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2019); en tal sentido se estableció un “Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024.” (MINAM, 2017) reafirmando un compromiso con el medio ambiente incluyendo acuerdos internacionales para un desarrollo sostenible en beneficio social.

Para disminuir su impacto ambiental, las empresas de consumo masivo en el Perú no se puede utilizar polímeros como tapers, sorbetes y bolsas a partir de 2018. Esto se debe a que el tiempo de degradación de los envases de polímero oscila entre 100 y 500 años. Esto último viene determinado por la composición del polímero, que normalmente está compuesto por derivados del petróleo como polipropileno, PVC, PET, etc. (Sanz, M. y Benigno, S., 2019.) Para ello, el Consejo Andino, Amazónico y Afroperuano de Ambiente y Ecología aprobó el 5 de junio una leve iniciativa para prohibir el uso de polímeros de uno solo uso como el Tecnopor, sorbetes, tapers, etc. en establecimientos de consumo masivo y lugares públicos. (MINAM, 2018)

De igual manera, frente a la posibilidad de la biodegradabilidad de los nuevos polímeros, en diciembre del 2021 se aprobó el Reglamento Técnico de Polímeros Biodegradable mediante el Decreto Supremo 025-2021-PRODUCE, en el cual se

<sup>39</sup> establecen los requisitos técnicos y de etiquetado que deben cumplir las bolsas de polímeros biodegradables partiendo desde los insumos concentrados que formarán parte de la elaboración de los mismos, concentración mínima de los sólidos volátiles y concentraciones máxima de metales. Esta norma se estableció con la finalidad de definir de forma objetiva e imparcial la biodegradabilidad de los polímeros, los cuales deben cumplir ciertas regulaciones establecidas por norma y con las características que ya cuentan los polímeros de un solo uso. (Ministerio de la Producción del Perú [PRODUCE], 2021)

<sup>55</sup> La Municipalidad Provincial de Trujillo, cuenta con una política de gestión ambiental <sup>55</sup> puesta en práctica con el Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo. En su último estudio de caracterización de residuos elaborado en el presente año manifiesta que “la generación total diaria de residuos sólidos municipales en el distrito de Trujillo fue de 273.185 Ton/día (domiciliarios 178.381 Ton/día + no domiciliarios 94.804 Ton/día), a ello se adiciona la generación diaria de barrido de calles que fue de 230 Tn/día, cuya composición física es el 90.19 % son residuos aprovechables (42.36 % materia orgánica y el 47.84 % residuos inorgánicos como: polímeros duros, polímeros PET, papel, metal, vidrio, etc.); solo el 9.81 % son residuos no aprovechables” (Servicio de Gestión Ambiental de Trujillo [SEGAT], 2022); esto nos indica que aproximadamente el 50% de los residuos producidos por Trujillo es de residuos inorgánicos: polímeros.

Por otro lado, actualmente es primordial encontrar una relación entre las actividades de la vida cotidiana y en acciones que sean favorables para el medio ambiente, la economía y el uso de la tecnología; es por ello por lo que, se busca unir los recursos que nos proporciona la naturaleza y los que también resultan del uso cotidiano para la elaboración de envases biodegradables que cuenten con las propiedades necesarias para proporcionar un producto de calidad siguiendo un proceso estandarizado y accesible. Este producto al obtener mejores propiedades que los polímeros que están dentro de la ley de polímeros de un solo uso, logrará reemplazar a los polímeros que tenemos en el mundo del empaque, ya que sería un aporte al desarrollo de la economía circular y, por ende, a la conservación de la flora y fauna mundial y de la vida humana también. <sup>57</sup>

Los polímeros biodegradables llevan ese nombre certificado debido a que para su producción existe la oportunidad de utilizar aquellos recursos agrícolas, forestales y animales como materia prima principal; a su vez permite reutilizar estos recursos, pero

en su condición de “residuos” que son fácil de descartar, sin embargo, con procedimientos técnicos y estándares especificados por ley, se puede transformar en polímeros biodegradables. Es así como, este nuevo procedimiento permitirá que los polímeros sean destruidos por microorganismos que estén biológicamente activos como los hongos y bacterias. De esta manera, no será necesario que las familias al elaborar sus propios polímeros biodegradables necesiten de una inversión extra para la descomposición de sus materias primas principales.

En el proyecto se buscó elaborar un polímero biodegradable a base de materias primas de uso común siendo accesibles para un proyecto de bajos recursos, tales como el arroz quebrado el cual fue adquirido en el mercado mayorista a un bajo costo, las plumas de las aves se consiguieron en una granja siendo este un residuo de fácil desecho para ellos y la fibra de caña de azúcar fue obtenido de los vendedores de jugo de caña de azúcar que se encontraban en el mercado. Así mismo, se evidenció que el producto también puede ser elaborado de forma artesanal, siendo esta una alternativa para reducir los costos en los equipos de fabricación. Estas son unas de las razones por las que podrá ser beneficioso económicamente y sobre todo como contribución a la reutilización de residuos de fácil desecho al ser transformados en un polímero biodegradable.

Dentro de las principales materias primas se encuentran los residuos de las aves como las plumas; estos son aprovechados en la elaboración de almohadas y cubrecamas con una previa selección, generando que los residuos de descarte queden sin uso; es por ello que, teniendo en cuenta el tiempo de su degradación de catorce días, fue utilizado en la presente investigación. De igual manera, el bagazo de caña posibilita el desarrollo de embalajes, recubrimiento de los alimentos, parches, empaque para frutas y verduras siendo su gran porcentaje de fibra lo que permite ser utilizado para la reducción del uso de químicos que alteren más el medio ambiente. Por último, se incluyó a la cáscara de arroz por su baja tasa de degradación, por ser liviano, ayudar al drenaje, ser sustituto de combustibles fósiles, y sobre todo mejorar la aireación y a la retención de la humedad generando que el uso del agua sea más eficiente.

Por lo expuesto, se puede apreciar que el excesivo consumo de polímeros de uso convencional acompañada de la irresponsabilidad en el cuidado del medio ambiente sin considerar el tiempo de descomposición genera acciones negativas al ecosistema, tanto como flora, fauna y la vida humana. Así mismo, este tipo de polímeros no cuentan con



materiales que contribuyan a la descomposición en menor tiempo posible, ni mucho menos a generar calidad de vida. Por tal motivo, una de las soluciones favorables a la presente situación, sería la utilización de residuos de recursos naturales con el fin de elaborar polímeros biodegradables o biopolímeros con proporciones ideales conservando las principales características que brinda un polímero convencional, tal como así se propuso, para facilitar su uso y consumo dentro de los parámetros permitidos.

Ramírez (2021) llevó a cabo su investigación en Guayaquil, titulada “Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*)”, con el objetivo de desarrollar un envase térmico biodegradable (ETB) como una de las mejores alternativas para reemplazar al polímero. Para llevar a cabo el estudio se contó con un total de cincuenta y seis muestras, siendo catorce tratamientos y cuatro repeticiones, tomando en cuenta las concentraciones de HCM, HCA y AY (de 15 a 30%) y un testigo (100% masa del biopolímero). Para la obtención de los resultados se tomaron en cuenta las mejores propiedades térmicas, mecánicas y de biodegradabilidad que cumplan con las normas. Concluyeron que los envases biodegradables cumplirán como uno de los mejores sustitutos para el polímero proveniente del petróleo.

Por otro lado, Idrobo et al. (2021) llevaron a cabo su investigación en Colombia denominada “Development of expanded matrix elaborated from starch and cassava flour by extrusion”, con el fin de obtener un material expandido por extrusión mono husillo a base de almidón y harina de yuca como materia prima. Para el estudio se desarrollaron dos diseños experimentales; el primero incluyó dos factores como la harina de yuca y porcentaje de humedad y el segundo diseño utilizó como factores al perfil de temperatura y velocidad del tornillo. Los resultados que se obtuvieron mostraron que se tuvo mejores propiedades mecánicas de las mezclas con 15% de harina y 22% de humedad, en condiciones de proceso de 100 rpm y 125°C. En conclusión, el material obtenido resultó en una matriz rígida, de alta densidad y baja resistencia a la compresión.

López et al. (2018), en su investigación en la ciudad de Tucumán, denominada “Biodegradable films based on thermoplastic starch and chitosan with antimicrobial activity employed as active packaging”, tuvo como objetivo producir películas activas a base de almidón de maíz termopolímero que incorpora oligosacáridos de quitosano. El material utilizado se obtuvo por compresión en caliente en una prensa hidráulica. Los

resultados microestructurales de las películas muestran la compatibilidad de la matriz termopolímera de almidón y los oligosacáridos de quitosano, así como una buena integridad del material final. En conclusión, fue posible obtener películas a base de almidón de maíz termopolimérico que contienen oligómeros de quitosano como agentes antimicrobianos, que podrían usarse en el desarrollo de envases tipo bolsa para frutas y verduras frescas, como fresas enteras.

Asimismo, Parra et al. (2019) desarrollaron su investigación en Colombia titulada “Evaluation of a biodegradable color concentrate in bags for coffee seedlings”, en ella se evaluaron diferentes concentrados a partir de almidón de yuca y negro de humo, con el fin de determinar las propiedades mecánicas, color y absorción de agua de una película para bolsas biodegradables para café. Los resultados muestran que el módulo de elasticidad, la resistencia a la tracción y las propiedades de alargamiento muestran cambios significativos dependiendo de la concentración de pigmento, plastificante y lubricante, con un 40% de pigmento y ningún tratamiento con plastificante y lubricante que muestra una mejor integridad característica. En resumen, las diferentes formulaciones de mezcla maestra evaluadas afectaron significativamente los cambios en los parámetros de color CIELAB.

Se puede citar también a De campo et al. (2017) desarrollaron su investigación en Porto Alegre, titulada “Gelatin capsule waste: new source of protein to develop a biodegradable film”, con el objetivo de desarrollar películas biodegradables utilizando una nueva fuente de gelatina derivada de la cápsula nutracéutica y residuos de coco con aceite de cártamo. Para el estudio, se evaluaron propiedades de barrera, ópticas, de biodegradación, térmicas y morfológicas. Los resultados manifestaron que todas las películas mostraron baja permeabilidad al vapor de agua, solubilidad en agua intermedia, alto alargamiento a la rotura y una excelente barrera frente a la luz ultravioleta. En conclusión, todas las películas biodegradables preparadas presentan las características apropiadas para ser utilizadas como sustituto de los envases sintéticos.

Ashok et al. (2018) en su estudio realizado en la India sobre la biodegradabilidad y las propiedades mecánicas de los biopolímeros de almidón, como la dureza y la resistencia al impacto, indican que el biodegradable obtenido a partir del almidón aislado o mezclado con algún material sintético, representa entre el 85 % y el 90 % del polímero de base biológicamente disponible en el mercado. Así mismo, es uno de los primeros

polímeros aplicados que es ecológico, inodoro, accesible, menos costoso que otros biopolímeros y debido su composición química es capaz de formar una red matricial ideal para estructuras de películas delgadas. Debido a la preocupación mundial por la seguridad alimentaria, la acumulación de desechos y la contaminación ambiental, la necesidad de convertir biomasa en biomaterial en lugar de utilizar almidón nativo es cada vez mayor.

Así mismo, tenemos a Costa et al. (2017), en su investigación en la Ciudad de Salvador, Brasil, se extrajeron nanocristales de celulosa de las fibras de coco y, fueron añadidas en películas de almidón de yuca y patata tomando en cuenta diversas concentraciones, de las cuales se evaluaron sus propiedades mecánicas y de barrera. Los resultados mostraron que todas las películas, independientemente de la concentración de nanocristales, presentaban baja solubilidad en agua, con mayor contenido de humedad particularmente observado en las películas con mayores concentraciones de nanocristales y se encontró que la película de almidón de patata con la concentración más baja de nanocristales exhibía las mejores propiedades mecánicas. En conclusión, la fuente del almidón y la concentración de nanocristales determinaron las propiedades de las películas de nanobio compuestos.

Del mismo modo Salomão et al. (2017) en su investigación en Brasil, denominada “Sericin as compatibilizer in starch/ polyester blown films”, se tuvo como objetivo el evaluar los efectos de las bajas concentraciones de sericina ( $\leq 1,5\%$  en peso) en películas de almidón-poli (butileno-adipato-co-tereftalato) (PBAT). Para el estudio, se utilizó el método de extrusión y soplado para la elaboración de las películas y determinar las propiedades mecánicas, de barrera y estructurales. Los resultados mostraron que las películas que contenían 1,0 y 1,5 % en peso de sericina mostraron mayor resistencia a la tracción (6,41 y 6,59 MPa) y módulo de Young (90,88 y 132,71 MPa) en comparación con la película sin sericina (4,76 MPa y 18,64 MPa). En conclusión, se propone un mecanismo de acción por el cual la sericina actúa en la interfase de los polímeros (almidón y PBAT), reduciendo la tensión interfacial y mejorando la compatibilidad.

López et al. (2017) desarrollaron su investigación en Chachapoyas, titulada “Evaluación de la vida útil de dos frutas usando un envase biodegradable de yuca (Manihot esculenta)”, con el objetivo de evaluar la capacidad de prolongar la vida útil de la fresa y zarzamora de un envase biodegradable elaborado a partir de almidón de yuca. Para fines de la investigación, se evaluaron tres factores con dos niveles cada uno (envase,

temperatura y tipo de fruta) y la variable respuesta fue el tiempo de vida útil, para lo cual se determinó: pH, °Brix, color (LAB\*) y energía calorífica. Como resultado se obtuvo, que la fresa y zarzamora cuando están en envase biodegradable, se conservan como máximo siete días a una temperatura ambiente y por nueve días en refrigeración. En conclusión, los envases biodegradables a base de almidón de yuca contribuyen a la preservación de las características de calidad de las fresas y moras a bajas temperaturas.

Otros investigadores como Añanca et al. (2020) desarrollaron su investigación en Piura, denominada “Diseño del proceso productivo de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz y hojilla de algarrobo en la región Piura”, el cual tuvo como objetivo esquematizar y modelar la fabricación de envases biodegradables considerando materias primas orgánicas. Para el estudio, se realizaron encuestas para determinar los productos más demandados por los clientes, los cuales determinaron que el público siempre adquiere tappers, bowls y vasos; luego se consideró el diseño y ubicación de la planta y se determinó la inversión en equipos, recursos humanos y materias primas. Se concluyó que el proyecto propuesto cuenta con factibilidad, dada la existencia de insumos en dicha zona.

Avalos y Torres (2018) llevaron a cabo su investigación en Piura, titulada “Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz”, con el objetivo de diseñar una fábrica de envases biodegradables a partir de la cascarilla de arroz. Para llevar a cabo el estudio, se realizaron pruebas de experimentación para determinar la mejor proporción de materia prima; además, se realizaron entrevistas, cotizaciones de maquinaria y equipos y determinación de la disposición y localización de la fábrica. Los resultados muestran que las características que más desean los clientes son: la forma, la resistencia y el color, tomando en cuenta que el espesor debe de estar entre 0.25 cm a 0.5 cm; en conclusión, se logró diseñar los 4 envases más preferidos por los clientes: CT5, domo, deli y salserito.

Por último, Llerena y Monzón (2017) en su investigación en Arequipa, denominada “Elaboración de envase biodegradable a partir de almidón obtenido de arroz quebrado (*Oryza Sativa*), queratina obtenida de residuos de las aves (plumas) fortificado con residuos de cáscaras de mango (*mangifera indica*)”, su principal objetivo fue elaborar un envase biodegradable de diversas actividades económicas. Los resultados obtenidos mostraron que las porciones óptimas para la elaboración de la lámina son de 40 gr de

almidón, 4 ml de queratina, 10 gr de cáscara de mago, glicerina, ácido acético al 5% y agua destilada. En resumen, el biopolímero tiene resistencia a la tracción, alta resistencia a la flexión y dureza moderada, lo que sugiere que es una excelente alternativa para la producción de envases biodegradables.

Para el desarrollo del presente estudio estos autores y otros han servido como base y referencia, teniendo también que revisar algunos términos como almidón, queratina, fibra de caña de azúcar y otros. A nivel molecular, el almidón está formado por dos componentes distintos, amilosa y amilopectina, los cuales se pueden aislar por fraccionamiento y ser estudiados de forma independiente (Villarroel et al., 2018). Estas moléculas se organizan en anillos concéntricos para originar la estructura granular (Agama et al., 2012). Ambos polisacáridos están constituidos de cadenas de D-glucosa unidos mediante enlaces  $\alpha$  (1-4) (Rivas et al., 2008). Además, estos polímeros forman estructuras con capas alternas de regiones amorfas y cristalinas de baja y alta densidad. (Martin y López, 2009).

La amilosa, siendo uno de los elementos que constituyen el almidón es esencialmente un polímero lineal, el cual constituye típicamente entre el 15% al 20% de almidón (Villarroel et al., 2018). Además, la distribución de la amilosa dentro de los anillos concéntricos difiere entre el centro y la periferia del gránulo, ya que sólo ocupa los lugares disponibles que deja la amilopectina después de sintetizar (Agama et al., 2012). De manera similar, la amilosa es un polímero lineal que contiene hasta 6000 unidades de glucosa con enlaces  $\alpha$ -1,4; algunas ramas contienen de 3 a 20 cadenas de glucosa. (Mendoza et al., 2017); sin embargo, es necesaria la combinación con la amilopectina para dar la funcionalidad correcta del almidón y de cubrir con las principales características para lo que será utilizado.

La amilopectina, es el componente principal del polisacárido (Villarroel et al., 2018). También forma cristales polimórficos de formas A y B, que alteran su disposición de doble hélice. Cabe mencionar que los cristales de tipo A forman hélices relativamente compactas con bajo contenido de agua, mientras que los cristales de tipo B forman una estructura más abierta que contiene un núcleo helicoidal hidratado. (Rivas et al., 2008). Por otro lado, la amilopectina tiene una estructura altamente ramificada y consta de 3 glicanos: A, B y C. La cadena A es adyacente y está conectada al resto de la molécula a través de un grupo reductor potencial; B es similar, está unido a un grupo reductor y

también está unido a la posición 6 de uno o más residuos que tienen una o más cadenas A; C La cadena tiene grupos reductores libres. (Mendoza et al., 2017).

Dentro de las principales características del almidón es que presenta gránulos diminutos con forma poliédrica presentando ángulos agudos y sin estrías, los cuales miden aproximadamente 6  $\mu$  de diámetro. Asimismo, “el almidón que posee el grano de arroz es el polisacárido que hace parte de la reserva de energía” (Martínez et al., 2017). Presenta una composición aproximada de 80% de amilopectina y un 25% de amilosa, sin embargo, la proporción puede variar dependiendo de la variedad y el procesado. (Wiki, 2009) Por otro lado, el almidón de arroz presenta un 0.49% de ceniza, un 2.71% de proteínas y un 96.79% de carbohidratos, sin embargo, en su composición química el arroz posee 62.6% de maíz y 70.4% de almidón. Este es utilizado para la elaboración de películas biodegradables los cuales son los sustitutos de los polímeros, pues presenta un bajo costo y buenas propiedades mecánicas (Pescoran, 2018).

Los beneficios del almidón son mejorar la estabilidad de los alimentos de los bebés por su viscosidad y mayor duración. También se utiliza para recubrir productos de confitería, como chicles, caramelos, grageas, etc. Se emplea como sustituto de la gelatina en los productos lácteos permitiendo obtener yogures bebibles sin fermentarse con una textura suave, bajos en grasa y sin perder el sabor afrutado. Asimismo, se puede reemplazar a la caseína del queso sin leche, lo que permite que con el paso del tiempo conserve su forma y sus propiedades de rallado y fundición. Afina la dureza, el crujido, la fragilidad y la suavidad de los productos horneados. Permite controlar el rendimiento y la jugosidad de las carnes, los pescados y las verduras procesadas. Y, por último, mejora la cremosidad y la estabilidad en salsas y sopas.

Por otro lado, existen dos tipos de queratina según su composición y estructura. La queratina alfa es una estructura altamente resistente que se encuentra en la lana, el cabello, las uñas y la piel, tiene fuertes puentes disulfuro y es insoluble en agua y solventes orgánicos. (Quintero et al., 2017). La queratina beta, se puede encontrar en la tela de araña, plumas, garras y picos de aves. (Quintero et al., 2017). Oviedo (2019) indica que la queratina es impenetrable; pertenece al grupo de las escleroproteínas (fibras); contiene una gran cantidad de azufre y cisteína (que proporciona durabilidad); no se disuelve en ácidos y bases débiles; tiene la capacidad de girar para formar puentes intrapeptídicos juntos en una hélice, y sus puentes disulfuro deben romperse antes de

cualquier procesamiento. Finalmente, es de naturaleza hidrófila, no inflamable, no tóxica, biocompatible y biodegradable.

Para la presente investigación se considerará la queratina tipo  $\beta$  y como materia prima con su composición se eligió a las plumas de las aves. La composición y complejidad estructural de las plumas incluye una estructura cuticular que consta de un tallo central duro llamado raquis y hojas más suaves a cada lado que constan de muchas ramas laterales llamadas antenas queratinizadas. (Nelino, 2019). Se compone de un 83 % de proteína y la queratina constituye del 85 al 90 % de la proteína total de las plumas. La queratina es una proteína estructural fibrosa insoluble que es difícil de digerir para humanos y animales. Debido a su estructura y estructura molecular, la proteína es resistente a la degradación por enzimas proteolíticas como tripsina, pepsina y papaína y contiene varias aminos.

Por otra parte, otra materia prima utilizada en el estudio fue el bagazo de caña de azúcar. Según los componentes principales, la celulosa, la hemicelulosa y la lignina son los compuestos principales. La celulosa es un polisacárido (el término se refiere a su molécula de carbohidrato) formado a partir de unidades repetidas de monómeros de glucosa y es el componente principal de la fibra de bagazo y es insoluble en agua. La hidrólisis de la celulosa produce únicamente D-glucosa, que es el único azúcar simple. Se estima que el número de unidades de D-glucosa en la estructura molecular de la celulosa es de al menos 150, lo que le otorga un peso molecular extremadamente alto de 250.000 a 1.000.000 g/mol, y su fórmula molecular es (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>).

Asimismo, la celulosa y la lignina de las paredes vegetales están unidas por una mezcla de polisacáridos llamados hemicelulosas. A diferencia de la celulosa, las hemicelulosas son polímeros más cortos o ramificados de sacarosa (azúcares pentosas) (como la xilosa) o de seis carbonos (azúcares hexosas) y tienen un peso molecular más bajo que la celulosa. La hemicelulosa es de naturaleza amorfa y se forma a partir de un sustrato sobre el que se fusionan fibras de celulosa y lignina. Además, las paredes celulares vegetales están compuestas de celulosa y hemicelulosa entrelazadas con lignina. Esta es la parte de la verdura sin carbohidratos que tiene dos funciones: actúa como pegamento para las fibras de celulosa y les da la capacidad de resistir el ataque microbiano.

Cabe mencionar que, el bagazo de caña es <sup>71</sup> uno de los materiales más empleados para la elaboración de los envases biodegradables, esto se debe a sus características fortalecedoras y fibrosas contribuyendo como soporte al ser añadido a una mezcla previamente equilibrada. El bagazo, al ser un residuo <sup>10</sup> del proceso de extracción de jugo de caña, es de fácil desecho y sobre descartado por muchas empresas, vendedores de caña y por los mismos consumidores ya que hasta hace poco no se conocían sobre sus usos de segundo nivel o las características con los que cuenta; no obstante, este residuo también es empleado para la comercialización de combustible, dado que tiene un fuerte poder calorífico y por ser residuo con un bajo costo (Gordo Trujillo y Grosso Galindo, 2019)

<sup>13</sup> En cuanto a la biodegradabilidad, la norma ASTM D 5488-944 la define como la capacidad que tiene un material de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos o biomasa, donde el mecanismo primario es la acción enzimática de los <sup>15</sup> microorganismos (Meneses et al., 2007). Para realizar un envase biodegradable solo basta que algún componente en la elaboración cuente con almidón en su estructura para lograr el principal objetivo de la mezcla. Uno de los tipos de materiales que se pueden utilizar son las fibras de plantas, ya que presentan características similares a las del bagazo de caña, como la apariencia, textura y comportamiento; dentro de las fibras más conocidas y utilizadas son la paja de trigo, bambú y hoja de palmera.

Con respecto a su nivel de biodegradabilidad, los envases biodegradables se dividen en las siguientes categorías como compostables, foto degradables y oxo degradables. En primer lugar, se le considera material compostable <sup>51</sup> porque se llega a degradar de manera biológica mediante las bacterias que genera el dióxido de carbono, los compuestos inorgánicos y el agua, tomando en cuenta <sup>11</sup> que este material no deja restos tóxicos en el medio ambiente. En el caso de los envases fotodegradables, se van degradando poco a poco a causa <sup>33</sup> de los rayos ultravioletas y exposición amplia al sol. Por último, son considerados oxo degradables porque para lograr el deterioro del material su fuente primaria es la Oxidación (O<sub>2</sub>), sin embargo, también <sup>42</sup> intervienen otros elementos como los rayos ultravioletas.

<sup>42</sup> Entonces, los polímeros compostables son materiales biodegradables que también pueden biodegradarse en el entorno de compostaje y degradarse a tasas cercanas a las <sup>42</sup> de los materiales compostables. Sin embargo, es importante comprender <sup>42</sup> que se requieren condiciones ambientales específicas, como un cierto nivel de pH, humedad, etc.



para que ocurra la biodegradación; si estas condiciones no existen, el proceso de biodegradación no ocurrirá. Este comportamiento no es exclusivo de los biopolímeros, ya que los informes sobre vegetales y periódicos permanecen intactos en los vertederos después de 10 años porque no existen las condiciones necesarias para la biodegradación, por lo tanto, es importante considerar estas condiciones ambientales para lograr la biodegradación de este tipo. (Advanced Plastic Technologies [ADAPT], 2020).

Las consideraciones técnicas de la Norma ASTM D 5488-944, indica que hay degradación física, cuando el material debe descomponerse en un 90% en piezas más pequeñas (2 x 2 mm) dentro del período de tiempo (12 semanas) (ADAPT, 2020). En segundo lugar, considera biodegradable (degradabilidad química) cuando, según la norma, la descomposición del 90 % del compost industrial se da en 180 días a 58 °C (ADAPT, 2020) Y por último se considera ecotoxicidad (efecto sobre las plantas) cuando al comparar el crecimiento de las plantas en un compost de control (derivado de desechos orgánicos sin material de prueba) con una muestra de compost del mismo desecho orgánico que contenga un 10 % del material de prueba con la adición de Compost Start., no debe haber diferencias significativas en el crecimiento y desarrollo de las plantas en ambos medios (ADAPT, 2020).

Otro punto considerado dentro de la investigación es la Norma ASTM D638-10. La finalidad de esta norma es que, con los métodos de prueba propuestos se logren determinar adecuadamente las propiedades de tracción, que presentan los polímeros reforzados y no reforzados. (Buñay Guaman et al., 2023) Esta norma es aplicada en aquellos materiales que cuentan con espesor entre el intervalo de 1,00 mm y 14,00 mm, en el caso de que no se encuentre dentro de estos parámetros, es recomendable utilizar otra norma. El funcionamiento de esta norma se basa en medir la deformación que tiene un polímero al aplicarle una fuerza con el fin de lograr su rotura. Cabe mencionar que para realizar estos métodos de prueba se emplea una maquinaria universal de ensayo o también conocida como máquina de prueba de tracción. (Rodríguez Mármol, 2015)

La determinación de la resistencia a la tracción se basa en aplicar y medir las cargas, deformaciones, la relación cuantitativa de las cargas y de formación y el ensayo de probetas con los parámetros establecidos por la norma. Es preciso tener en cuenta que la norma no recomienda probar el material sin antes haber probado el método de preparación de este, ya que al realizar las pruebas comparativas entre las probetas se debe

trabajar con un material homogéneo para que los resultados no se vean afectados por un factor externo de variación desconocida. Así mismo, este método se realiza en probetas estándar en forma de una pesa o tiras cuando se realizan pruebas bajo condiciones previas como la temperatura, humedad y velocidad de la máquina de prueba. (Buñay Guaman et al., 2023)

Luego de la revisión bibliográfica, se identificó que la proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar fue la variable independiente, y que los polímeros biodegradables fueron la variable dependiente. Se planteó como problema general el siguiente: ¿Cuál es la proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable?, y los problemas específicos según el siguiente detalle: ¿Cuál será el resultado de elaborar polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar?, ¿Existen diferencias en las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar?, ¿Existen diferencias en las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a la Norma ASTM D638-10 (tensión) y la Norma ASTM D 5488-944 (degradación)? y ¿Existen diferencias en los costos de los envases biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los polímeros biodegradables que se encuentran en el mercado?

<sup>28</sup> El objetivo general de la presente investigación fue determinar la proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable desarrollando los siguientes objetivos específicos: elaborar polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar; comparar las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar; comparar las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a la Norma ASTM D638-10 (tensión) y la Norma ASTM D 5488-944 (degradación); comparar los costos de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los polímeros biodegradables que se encuentran en el mercado.

Finalmente, conllevó a plantear las siguientes hipótesis generales: H0: Existe una proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable y es de 1:1:2 y H1: No existe una proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable.

## **II. METODOLOGÍA**

### **2.1. Enfoque, tipo y diseño de investigación.**

El enfoque de la presente investigación fue cuantitativo, debido a que se extraen valores numéricos para investigar, analizar y comprobar información que permitirán análisis estadísticos enfocados al resultado. (Reyes y Sandoval, 2021)

Es de carácter aplicada, ya que se desarrollan conocimientos teóricos y prácticos que permiten ver y conocer la realidad de forma óptima con la evidencia necesaria. (Vargas, 2009)

Es de tipo experimental, puesto que se manipula una o más variables para medir si aumenta o disminuyen las variables y su efecto en las conductas observadas. (Sánchez, Reyes y Mejía, 2018)

La investigación tiene un diseño experimental, debido a que se experimentó con un grupo de datos, de forma post – prueba, y a su vez, es un estudio que se desarrolló manipulando una determinada variable donde el investigador la observa a través de escenarios controlados.

### **2.2. Población, muestra y muestreo.**

Los envases biodegradables con las diferentes proporciones de almidón de la cascarilla de arroz quebrado, queratina de las plumas de las aves y fibra de la caña de azúcar después de ser obtenidos de los desechos de comerciantes en el mercado y de la comunidad, son la población.

Para fines del estudio, se realizaron 4 diferentes concentraciones con 3 repeticiones en cada una de ellas, lo cual generó doce muestras de biopolímeros.

La determinación del tamaño de la muestra fue realizada mediante el muestreo no probabilístico influenciado por la comodidad del investigador, considerando las fichas de observación considerando los diferentes escenarios de investigación. (Arroyo-Mantilla y Carrión-Mieles, 2021)

### **2.3. Técnicas e instrumentos de recojo de datos y equipos de laboratorio**

Para llevar a cabo este estudio utilizamos técnicas e instrumentos que nos permitieron generar información para responder a los objetivos planteados mediante la manipulación de variables para probar si los supuestos son correctos.

Para el presente proyecto, se utilizaron dos técnicas de recolección de datos, las cuales serán la observación y el análisis del registro de datos, debido a que facilitó la toma de

datos confiables que se presenta en el desarrollo del proyecto, y de esta forma poder registrarlos, evaluarlos y analizarlos. A continuación, se detallarán los conceptos más precisos.

La observación, según Pérez, manifiesta que (Pérez, 2021) la observación experimental es aquella en la que se manipula de manera indirecta al objeto de estudio, en otras palabras, no existe participación de quien observa.

El registro de fatos se define como “aquella vinculación de consignar determinadas informaciones en un soporte. El registro de datos puede desarrollarse tanto en un papel como en formato digital” (Pérez y Merino, 2014)

Por otro lado, el instrumento de recolección de datos es aquel “instrumento que se utiliza para recolectar y registrar los datos o descripciones detalladas de las fuentes que forman parte de la investigación”. (Ojanama Hualinga, 2018)

Para el presente proyecto de investigación se utilizaron instrumentos de recolección de datos los cuales permitieron un ágil registro y almacenamiento de datos congruentes con la investigación. Estos instrumentos están adjuntos en los anexos del presente trabajo de investigación y son los siguientes:

- Ficha N° 01 - Características físicas de los residuos del arroz quebrado.
- Ficha N° 02 - Características físicas de los residuos de plumas de las aves.
- Ficha N° 03 - Características físicas de los residuos de caña de azúcar.
- Ficha N° 04 - Propiedades del biopolímero.
- Ficha N° 05 - Composición de la muestra del biopolímero base.
- Ficha N° 06 - Composición de la muestra del biopolímero base más queratina
- Ficha N° 07 - Composición de la muestra del biopolímero base más queratina y fibra

## ***Materia prima***

- Residuos de Arroz quebrado
- Residuos de Plumas de pollo
- Residuos de Fibra de caña de azúcar

## ***Material de Vidrio***

- Pipetas

- Vaso precipitado
- Matraces
- Termómetro
- Probeta
- Embudo de vidrio
- Varilla de agitación
- Mortero y mazo 40
- Placas Petri.

### ***Equipos de laboratorio***

- Estufa
- Triturador
- Refrigeradora
- Cocina eléctrica
- Agitador magnético
- Mechero bunsen
- Balanza Analítica
- Centrífuga
- Bomba de vacío de alto rendimiento

**2**

### ***Reactivos:***

- Sulfuro de sodio 0.5M (QP)
- Hidróxido de sodio (QP)
- Ácido Acético 5% (QP)
- Glicerina (PA)
- Sulfato de sodio
- Agua destilada (QP)

### ***Otros:***

- Bandas de pH
- Tamizadores (<1.45mm, >1.45<1.75mm y >1.75 <2mm)
- Espátula

- Placas para estufa
- Guantes para calor
- Lavadores
- Bolsas
- Desinfectante

17

#### 2.4. Técnicas de procesamiento y análisis de la información.

Para este estudio se describen detalladamente las siguientes etapas, combinando diferentes procedimientos de extracción de almidón, queratina, fibra de caña de azúcar y su posterior procesamiento en biopolímeros.

##### *Etapas 1: Determinación de principales fuentes de materia prima para la extracción correspondiente*

Se identificó dentro del mercado mayorista de la ciudad de Trujillo a los principales proveedores de las materias primas necesarias para este estudio. Para el arroz quebrado se coordinó un recojo semanal. En el caso del bagazo de caña de azúcar, se recolectó de los vendedores de jugo de caña, coordinando también un recojo de manera semanal. Por último, para las plumas de pollo, se gestionó el recojo con los principales puestos de las aves en el mercado de forma semanal.

La recolección se realizó en un periodo de cuatro semanas. La data obtenida fue colocada en el instrumento respectivo (Ficha N°1, N°2 y N°3).

##### *Etapas 2: Características de las materias primas recolectadas*

En el caso del arroz quebrado, se anotaron los datos en la Ficha N°1, en donde se observa el peso neto de materia prima, el porcentaje de almidón obtenido, disponibilidad y biodegradabilidad. Para el cálculo del almidón se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ almidón} = \frac{\text{peso final del almidón}}{\text{peso de la muestra}} * 100\%$$

Para los residuos de las plumas de las aves se consideraron como características al peso neto de materia prima, porcentaje de queratina obtenida y biodegradabilidad. (Ficha N°2)

Por último, en el caso del bagazo de caña de azúcar, se anotó el peso neto de materia prima, peso de fibra después de haberlo tamizado, el porcentaje de fibra obtenida y la biodegradabilidad en la Ficha N°3

La biodegradabilidad se refiere a la degradación y destrucción provocada por la acción de hongos y bacterias bajo determinadas condiciones ambientales. Generalmente, un material puede considerarse biodegradable si se descompone dentro de 28 a 60 días en un

ambiente húmedo o dentro de 90 días en un ambiente seco o compost natural; es por ello, que a través de este método se determinará la biodegradabilidad de cada materia prima anotando los datos obtenidos en cada ficha correspondiente.

### ***Etapa 3: Extracción del almidón del arroz quebrado***

#### **Obtención de materia prima**

Se obtuvieron los residuos de arroz quebrado una vez por semana durante cuatro semanas en el mercado mayorista en bolsas de papel con el fin de conservar el estado de los residuos.

#### **Preparación de la muestra**

Una vez recolectada la materia prima, se procedió a lavarla con agua destilada con el fin de retirar todas las impurezas y no afectar el resultado. Luego se secó para retirar todo el exceso de agua.

#### **Trituración**

Después de quitar el exceso de agua por lavado, se procedió a triturar en una licuadora industrial considerando 100 gr de residuos de arroz quebrado con 500 ml de agua destilada.

#### **Filtración**

Con la ayuda de una malla de gasa se procedió a filtrar lo que se obtuvo del licuado en un recipiente de aluminio.

#### **Reposo**

Después de haber filtrado, se dejó reposar por un periodo de 24 horas, con el fin de lograr separar el líquido del almidón.

#### **Decantación**

Transcurridas las 24 horas, se verificó que la capa de encima se vea lo más transparente posible, para proceder a separar con cuidado el agua de la capa blanquecina del fondo del recipiente.

#### **Lavado**

Luego de obtener la mezcla blanquecina, se realiza el lavado con agua destilada con el fin de llegar a un PH menor e igual de 7,0.

#### **Secado**

La pasta insoluble se separó en placas Petri para ser llevada a la estufa a una temperatura de 45°C para no dañar la muestra por 24 horas con revisiones periódicas de 12 horas.

#### **Molienda**



Se procedió a moler el almidón secado para obtener una granulometría uniforme y después pasó a un tamiz de 2000 mm y se pesó el almidón en polvo obtenido.

Después de haber realizado la extracción de almidón fue de arroz quebrado, permitió obtener el siguiente rendimiento en cada una de las muestras realizadas, que se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 1**

*Rendimiento de almidón extraído del arroz quebrado*

Muestra	Peso del Arroz quebrado (gr)	Peso del almidón Obtenido (gr)	Rendimiento
1	105	35	33%
2	102	34	33%
3	105	36	34%
4	104	35	34%
Promedio	104	35.0	34%

*Nota.* Datos obtenidos experimentalmente

Cabe mencionar que para lograr un óptimo resultado del almidón se realizó un proceso de tamizado, tomando como punto de partida el tamizado con la malla #100 y finalizando con la malla #200, dado que permite tener una partícula más pequeña del almidón. Aquellas partículas que aún eran grandes fueron retornadas a ser molidas para minimizar su tamaño, logrando optimizar el almidón que fue extraído del arroz quebrado.

## Figura 1

*Almidón obtenido a partir del arroz quebrado*



### ***Etapa 4: Extracción de la queratina de las plumas de las aves***

#### **Recolección de materia prima**

Las plumas de pollo fueron recolectadas en el Mercado La Hermelinda, tomando en cuenta que de manera preferente no esté mezclado con los residuos de sangre y desperdicios de piel del pollo.

#### **Pretratamiento de las plumas**

Para la eliminación de los residuos de sangre, pieles y grasas, las plumas se dejaron reposar 5 minutos en una solución jabonosa. Luego se procedió a hacer un primer lavado, procurando retirar las pieles, residuos de sangre y algunos pedazos de alimento de ave. Finalmente se procedió a hacer 2 lavados repetitivos para eliminar las impurezas.

#### **Acondicionamiento y rotura de plumas.**

Para lograr una fácil rotura de las plumas, se le adiciona nitrógeno líquido, esta sustancia permite que los raquis tengan mayor fragilidad y permitan ser molidas.

#### **Método sulfuro de sodio**

En un vaso de precipitación se le adiciona 2 litros <sup>2</sup> de una solución de sulfuro de sodio 0.5M con 50 gramos de las plumas ya preparadas en los pasos anteriores. A continuación, la mezcla fue colocada en un agitador magnético para ser homogeneizado por 24 horas, tomando en cuenta que el pH debe ser alcalino en un intervalo de 10 - 13.

#### **Agregar sulfato de amonio**

Luego de <sup>2</sup> las 24 horas las plumas llegan al punto de disolverse parcialmente, por lo cual se realizó una centrifugación de 10000 RPM por 5 minutos. Seguidamente se obtiene el líquido sobrenadante, el cual lo pasamos a filtrar para poder eliminar las impurezas y luego se mantiene en un vaso de precipitación, y se le adiciona la solución de sulfuro de

amonio al 70%, cabe mencionar que esta solución se le adiciona gota a gota y en un proceso de agitación.

A continuación, la solución es centrifugada a 10000 RPM por 5 minutos, recuperándose el precipitado cuidadosamente, cabe recalcar que para maximizar la recuperación el centrifugado se repite 3 a 4 veces.

Para terminar, con 100 ml de agua desionizada se procede a lavar el líquido precipitado, logrando eliminar el exceso de reactivo. Luego es centrifugado a 10000 RPM x 5 min. Seguidamente se le añade 2 M de hidróxido de sodio para solubilizar el precipitado y luego nuevamente ser centrifugado y finalmente, el sobrenadante se añade a botellas de polímeros y es almacenado en 3 °C.

Cabe mencionar que se realizó una clasificación de plumas, con el objetivo de maximizar el rendimiento de la queratina, logrando obtener los resultados según el siguiente detalle:

**Tabla 2**

Rendimiento de la queratina extraída <sup>49</sup> de las plumas de pollo

N° de Muestra	Plumas de pollo (Gr)	Queratina (ml)	Rendimiento
1	50	4.22	8%
2	52	4.6	9%
3	51	4.4	9%
4	50	4.28	9%
Promedio	50.75	4.4	9%

*Nota.* Datos obtenidos experimentalmente

Como se mencionó anteriormente, para un mejor rendimiento se clasificaron las plumas, este proceso consiste en separar las plumas que presentaban unos raquis gruesos de los delgados, puesto que al obtener la materia prima aún estaba mezclado con aquellas plumas que aún están en desarrollo y si se empleaba sólo permitían hacer volumen y disminuir el <sup>2</sup> rendimiento de la extracción de queratina.

**Figura 2**

*Queratina de plumas de las aves*



**14**  
*Etapa 5: Extracción de la fibra del bagazo de la caña de azúcar*

**Obtención de la materia prima**

El bagazo de caña de azúcar ya estrujado fue obtenido como residuos de las carretillas dedicadas a la venta de jugo de caña, las cuales realizan sus ventas dentro y fuera de los mercados, como es el caso del Mercado Central Palermo y Mercado La Hermelinda.

**Pretratamiento del bagazo de caña de azúcar**

Como primer procedimiento, se procedió a descascarar el bagazo ya exprimido y luego realizar un lavado para poder eliminar las impurezas que se encuentran adheridas a la fibra.

Luego del lavado, el bagazo es extendido a mantos de polímeros para dejarlo secar a temperatura ambiente durante 24 horas.

**Trituración del bagazo de caña**

Pasado las 24 horas, teniendo el bagazo ya seco se procede a deshilarlo para ser más fácil la molienda, luego de ello; el bagazo fue triturado mediante un molino manual.

**Modificación de la superficie**

Luego de la molienda se hace una modificación de la superficie realizando un tratamiento alcalino, el cual consta en preparar 2 litros de agua destilada y 10 gr de Hidróxido de sodio (NaOH) en un vaso precipitado.

Posteriormente, a la solución obtenida se le añadió 100 gramos de fibra de caña y se dejó reposar por 2 horas.

Pasado las 2 horas, se le adiciono 1.5 ml de ácido clorhídrico con el objetivo de obtener un pH neutro, y esto se tiene que remover para que el ácido se adjunte a toda solución.

#### **Secado de fibra de caña**

Luego de obtener el pH neutro, la fibra pasa a ser filtrada mediante un colador para quitar el exceso de la solución líquida, seguidamente fue añadida a una bandeja que se encontraba envuelta con papel aluminio y se dejó secar en la estufa por 24 horas a 70 °C.

#### **Tamizado de la fibra de caña**

Al tener la fibra seca, pasamos a tamizar para obtener partículas pequeñas, las cuales fueron conservadas en un envase de polímeros.

Después de haber culminado con la obtención de la fibra de caña se logró obtener un máximo rendimiento, detallado en la tabla 3.

**Tabla 3**

*Rendimiento de la fibra extraída de la caña de azúcar*

N° de muestra	Peso inicial (gr)	Peso final (gr)	Rendimiento
1	100	20	20%
2	100	25	25%
3	102	28	27%
4	101	25	25%
Promedio	100.75	24.5	24%

*Nota.*

obtenidos experimentalmente

Datos

Cabe mencionar que el rendimiento que hemos logrado obtener se basa principalmente en la cantidad de fibra molida obtenida, pues cabe mencionar que, al ser molido en un molino común, se obtiene una gran cantidad de bagazo y poca cantidad de fibra molida

con respecto del tamaño de una molécula, la cual permite tener una mejor homogeneidad en el proceso de la elaboración del polímero.

### Figura 3

Fibra del bagazo de caña de azúcar



#### Etapa 6: Elaboración del biopolímero

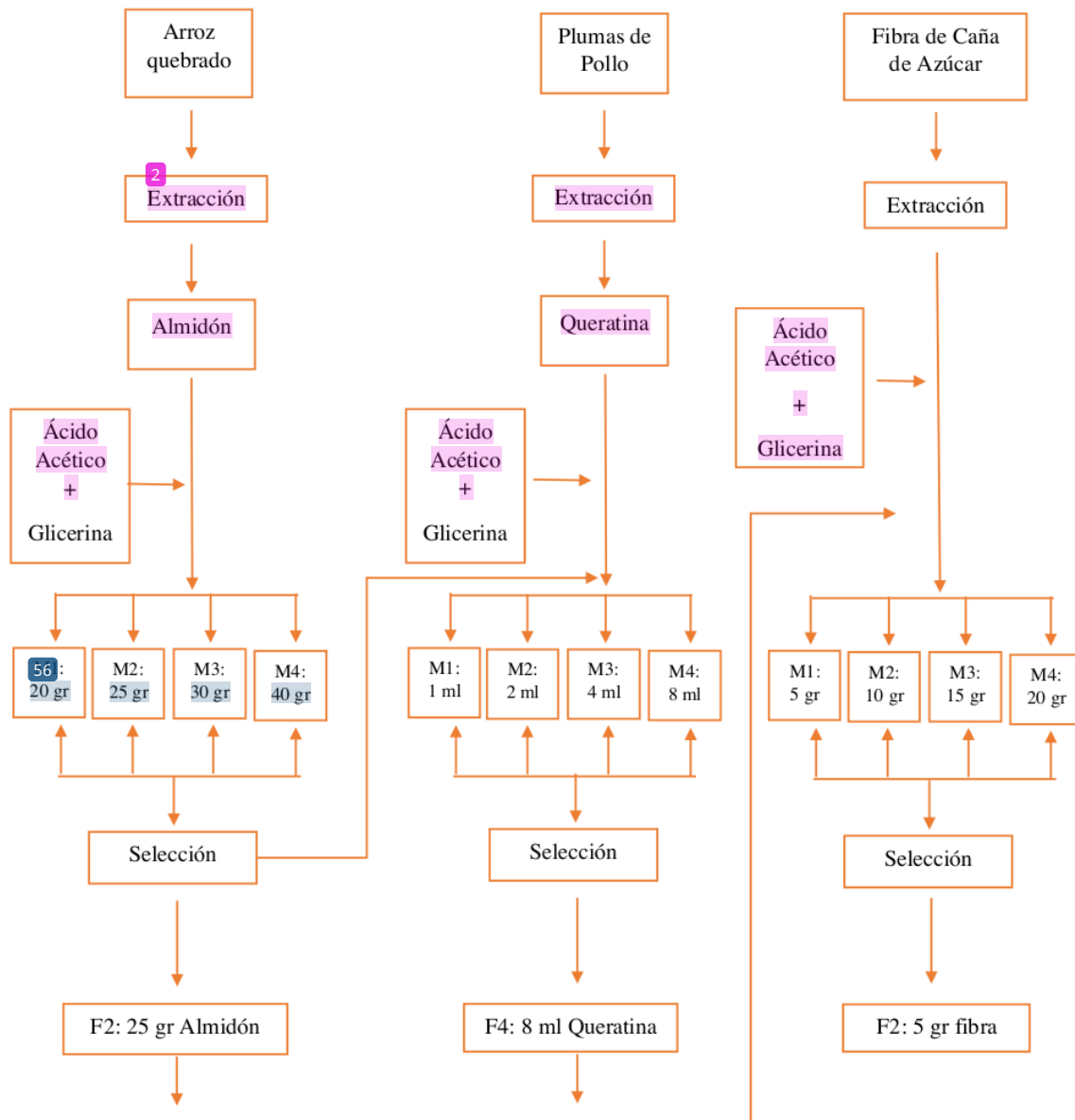
Para poder obtener la proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar para elaborar un envase biodegradable, se ejecutó diferentes mezclas con diferentes cantidades de los componentes mencionados anteriormente, con el fin de obtener un envase biodegradable adecuado a las necesidades del cliente.

Primero, se extrae el almidón de arroz quebrado, luego se obtuvo la queratina de las plumas de pollo y finalmente se recuperó la fibra de caña de azúcar.

Luego de tener todos los materiales listos se procedió a la elaboración del material biodegradable. Primero, se elaboró el biopolímero solo con el almidón para determinar la proporción ideal del almidón que cumpla con las especificaciones adecuadas, tomando en cuenta que se le añadió ácido acético y glicerina, después de determinar la cantidad adecuada se procedió a mezclar con la queratina, la cual se realizó varias pruebas con diferente cantidad para determinar la proporción idónea. Finalmente, se elaboró el biopolímero de almidón con queratina fortificado con fibra de caña.

Por último, se realizaron pruebas de tracción, degradación, evaluación de costos y la elaboración de un envase biodegradable.

**Figura 4**  
*Biopolímeros con diferentes concentraciones de almidón*



## **2.5. Técnicas de análisis de datos**

Para los análisis en función a los datos obtenidos se utilizó los programas como Microsoft Excel y Desing Expert.

Cabe mencionar que Microsoft Excel, permitió tener los datos organizados de tal manera que se realizaron tablas de las diferentes cantidades utilizadas en la elaboración de biopolímeros, y llevar un control de las proporciones en la elaboración; por otro lado, el Desing Expert permitió realizar diseños de mezclas y combinaciones.

## **2.6. Aspectos éticos en investigación.**

Conforme a los lineamientos establecidos por la gestión de la Universidad Católica de Trujillo, se elaboró un comité responsable de la integridad que se encontró presente en todo el proceso de investigación, y en el momento que fue necesaria su cooperación universitaria; este comité fue nominado por las autoridades universitarias.

Así mismo, toda la información que se publicó es de autoría propia y con la fidelización obtenida.



### III. RESULTADOS

#### 3.1. Elaborar polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar

Para obtener las proporciones ideales de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar en la elaboración del biopolímero, se consideraron tres etapas. En la primera etapa, se buscó determinar la cantidad óptima de almidón, en gramos, que será necesario para la mezcla del biopolímero, esta etapa se llamó: biopolímero de almidón; en la segunda etapa, se buscó determinar la cantidad óptima de queratina soluble, en mililitros, el cual fue obtenido y explicado en el capítulo anterior, esta etapa se llamó: biopolímero del almidón y queratina; y, por último, en la tercera etapa se buscó <sup>28</sup> determinar la cantidad de fibra del bagazo de caña, en gramos, con el fin de fortificar la mezcla antes mencionada, esta fase se llamó: biopolímero con almidón, queratina soluble y fibra.

##### Biopolímeros con almidón

En primer lugar, primero se obtuvo el almidón a partir del arroz quebrado, lo cual fue explicado en el capítulo anterior. Para la elaboración del biopolímero con almidón se pesó 20, 25, 30 y 40 gr de almidón en una balanza analítica teniendo <sup>3</sup> el cuidado necesario al momento de pesar. Seguidamente, se colocó en una olla 100 ml de agua destilada añadiendo 5 ml de ácido acético previamente pesado y 10 ml de glicerina, después de mezclar bien se añadió 20 gr de almidón de arroz y se removió de manera constante a fuego lento con ayuda de una espátula para poder eliminar algún grumo en la mezcla.

Al inicio la mezcla estaba líquida. Cuando la mezcla empezó a tener una consistencia pastosa, se retiró y colocó en una placa Petri para dejar secar en la estufa a 40 °C por 24 horas. Se realizó el mismo procedimiento para los 25, 30 y 40 gramos de almidón de arroz considerando los cuidados antes mencionados.

Luego de haber culminado con las anteriores mezclas y de haber dejado secar <sup>40</sup> en la estufa, se obtuvieron los siguientes resultados respecto a las diferentes proporciones de almidones, las cuales se pueden observar en la figura 5.

**Figura 5**

*Biopolímeros con diferentes concentraciones de almidón*



Seguidamente, se realizaron observaciones directas a las 4 formulaciones de biopolímero con almidón, obtenidas luego del proceso aplicado, y se consideró realizar una segunda prueba con la proporción de almidón de la cual se obtuvo mejor resultado: 25 gr, la cual se observa en la figura 6.

**Figura 6**

*Biopolímero con 25 gr de almidón*



*Nota.* Esta figura es de autoría propia y muestra el resultado del biopolímero con 25 gr almidón.

### **Biopolímeros con almidón y queratina de plumas de las aves**

Para preparar biopolímeros de almidón con queratina, se pesó 25 g de almidón y colocó en un vaso de precipitados de 500 ml, se agregó otros 5 ml de ácido acético al 5% y 10 ml de glicerina. Luego se puso a fuego lento por menos de 3 minutos, hasta que se formó la consistencia pastosa obtenida anteriormente, e inmediatamente se agrega 1, 2, 4 y 8 ml de queratina soluble junto con almidón a cada composición de biopolímero, se vertió el polímero y se llevó secar en estufa a 40°C durante 24 horas.

Luego del secado se observaron de cerca las 4 formulaciones de biopolímero con almidón y queratina obtenidas a partir del proceso aplicado. Se llegó a la conclusión que el mejor resultado se obtuvo con 8 ml de queratina, el cual se observa en la figura 7.

### **Figura 7**

*Biopolímeros con almidón y queratina soluble*



*Nota.* Esta figura es de autoría propia y muestra el resultado del biopolímero con almidón y 8 ml de queratina soluble.

### **Biopolímeros con almidón, queratina soluble y fibra**

Para la preparación del biopolímero de almidón a partir de queratina soluble reforzada con fibra del bagazo de caña de azúcar, se prepararon 4 composiciones de fibra, 5, 10, 15 y 20 gr. Para ello se pesó 25 gramos de almidón junto con 5 ml de acético al 5% ácido y 8 ml de glicerina en un vaso de precipitados de 500 ml. Luego se obtuvo la consistencia pastosa y se licuó con las cantidades de fibra antes mencionada junto con 150 ml de agua destilada. Se vertió en mallas de serigrafía y se dejó secar por 24 horas al sol.

Después del secado se observaron las 4 formulaciones de biopolímero con almidón queratina y fibra obtenidas a partir del proceso aplicado. Se llegó a la conclusión que el mejor resultado se obtuvo con 5 gr de fibra del bagazo de caña de azúcar.

Entonces, para la elaboración del polímero biodegradable se mezclaron 25 gramos de almidón junto con 5 ml de acético al 5% ácido y 10 ml de glicerina en un vaso de precipitados de 500 ml fortificado con 5 gr de fibra licuadas con 150 ml de agua destilada y secadas por 24 horas, obteniendo lo siguiente:

**Figura 8**

*Biopolímeros con almidón, queratina soluble y fibra*



### 3.2. Comparar las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar

Las pruebas de resistencia a la tracción fueron evaluadas en el laboratorio con el equipamiento necesario. Se sabe que esta resistencia es el máximo esfuerzo de tensión que un cuerpo puede resistir antes de su rompimiento, es por ello que, se estableció una escala de fuerzas para medir esta resistencia en la investigación, según el detalle siguiente:

- Fuerza 1: Muy baja (0.5 kg)
- Fuerza 2: Baja (1 kg)
- Fuerza 3: Intermedia (1.5 kg)
- Fuerza 4: Fuerte (2 kg)
- Fuerza 5: Muy fuerte (2.5 kg)

Para las pruebas se consideraron diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar que se pueden visualizar en la siguiente tabla:

**Tabla 4**

*Detalle de pruebas experimentales para pruebas de tracción*

Prueba experimental	Materia prima	Cantidad
Prueba 1	Almidón	25 gr
	Queratina	8 ml
	Fibra	10 gr
Prueba 2	Almidón	25 gr
	Queratina	8 ml
	Fibra	5 gr
Prueba 3	Almidón	20 gr
	Queratina	5 ml
	Fibra	5 gr

Para cada prueba experimental se midió la resistencia a la tracción y se midió el tiempo requerido para la liberación de cada biopolímero cuando se aplicó una fuerza intermedia.

**Tabla 5**

*Medición del tiempo transcurrido antes de romperse el biopolímero*

10 Prueba experimental	Fuerza aplicada	Tiempo transcurrido antes de romperse
1	Baja	11 seg
2	Baja	17 seg
3	Baja	5 seg

Se concluyó que la prueba inicial 2 alcanzó la mayor resistencia a la tracción cuando se rompió luego de 17 segundos de aplicación de fuerza.

Para las pruebas de degradación se consideraron las pruebas experimentales detalladas en la Tabla 4 pero expuestas a diferentes condiciones ambientales.

**Tabla 6**

*Tiempo de degradación frente a diferentes condiciones ambientales*

Prueba experimental	Condición ambiental	Tiempo transcurrido antes de degradarse
1	En agua caliente expuesto a temperatura ambiente (18°C a 28°C)	8 horas
2	En agua fría expuesto a temperatura ambiente (18°C a 28°C)	12 horas
3	En agua tibia expuesto a temperatura ambiente (18°C a 28°C)	10 horas

Respecto a los obtenido, se concluye que el biopolímero tiene una mejor resistencia a la degradación cuando está expuesto a temperaturas frías en vez de calientes.

**3.3. Comparar las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a la Norma ASTM D638-10 (tensión) y la Norma ASTM D 5488-944 (degradación)**

Las pruebas de resistencia a la tracción o también conocida como tensión, fueron evaluadas de acuerdo con la norma ASTM D638-10. Se determinó el esfuerzo en la rotura (sT) en muestras pre acondicionadas durante cinco días a  $23 \pm 1$  °C y  $50 \pm 1\%$  de humedad relativa. Se evaluaron tres tratamientos de muestra. Para evaluar los ensayos de tracción se utilizó una máquina de tracción adecuada para fibras y polímeros equipada con una celda de carga de 25 N.

Para el cálculo de la tensión se aplicó la siguiente relación:

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{\text{Fuerzas aplicadas para romper la tensión (N)}}{\text{Área de la sección transversal (m}^2\text{)}}$$

**Figura 9**

*Máquina de tracción adaptada para fibras y polímeros*



Antes de iniciar con las pruebas de tracción, se ajustaron tres probetas según la norma ASTM-D 638, los cuales se pueden apreciar en la siguiente imagen.

**Figura 10**

*Probetas de polímeros para las pruebas de tracción*



Se registró el ancho y espesor de las probetas antes mostradas para determinar el área transversal según fórmula, Los resultados se pueden visualizar en la Tabla 6.

**Tabla 7**

*Cálculo de área transversal de las probetas de biopolímeros*

Prueba experimental	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3
Ancho (mm)	6.02	5.98	6.08
Espesor (mm)	1.16	1.09	1.11
Área (mm <sup>2</sup> )	6.98	6.52	6.75

Con los datos obtenidos se procedió con los ensayos en la máquina de tracción adaptada para fibras y polímeros, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 8**

*Cálculo de la resistencia a la tensión de las probetas de biopolímeros*

Prueba experimental	Fuerza (N)	Área transversal (m <sup>2</sup> )	Tensión (Mpa)
Probeta 1	10.00	6.98	0.21
Probeta 2	10.00	6.52	0.24
Probeta 3	10.00	6.75	0.22
Área	10.00	6.75	6.37



En la Tabla 7, se observa que aquellas pruebas experimentales elaboradas con menos fibra presentaron mayor sT comparado con las otras pruebas, con 0,24 MPa en sT. La prueba experimental 1 obtuvo un sT de 0,21MPa y el otro estudio mostró 0.22 MPa.

<sup>25</sup> La resistencia que determina la norma ASTM D 638 para plásticos es de 14 a 140 MPa, es por ello que la prueba experimental 2 no cumple con lo establecido, siendo un biopolímero no resistente a la tracción con un carácter blando y no rígido, a pesar de tener un mejor resultado.

Para el cálculo de la biodegradación se utilizará la siguiente fórmula con una diferenciación entre el peso teórico y el peso práctico.

$$Tasa\ de\ degradación\ (\%) = \frac{W_o\ (g) - W_f\ (g)}{W_o\ (g)} * 100$$

Según la aplicación de la fórmula anterior y con las pruebas experimentales utilizadas para la presente investigación se obtuvo la siguiente información:

**Tabla 9**

*Tasa de degradación según ASTM*

Prueba experimental	Peso teórico	Peso práctico	Tasa de degradación
1	5 gr	4 gr	20%
2	8 gr	6 gr	25%
3	7 gr	6 gr	14%

Respecto a los obtenidos, se concluye que el biopolímero de la prueba experimental 2 tiene una mejor tasa de degradación.

**3.4. Comparar los costos de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los envases biodegradables que se encuentran en el mercado.**

Para efectos de la presente investigación se realizó un total de doce (12) muestras desarrolladas. Sin embargo, con el fin de comparar y determinar el costo de elaborar un polímero biodegradable a escala industrial, los cuales se encuentran en el mercado, se consideraron los cálculos de referencia de una investigación basada en la elaboración de biopolímeros.

En primer lugar, consideraron realizar un estudio de mercado con el fin de determinar la demanda aproximada del biopolímero:

**Tabla 10**

*Resumen de la demanda del biopolímero modelo: bowls*

Público de estudio	2020	2021	2022	2023	2024
Distritos de Lima	10,653	11,080	11,523	11,984	12,463

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

**Tabla 11**

*Capacidad de producción del horno industrial*

Horno industrial	Cantidad por bandeja	Cantidad por 6 bandejas	Cantidad por 12 bandejas	En cientos x 12 bandejas	En cientos x 6 bandejas
Bolws	26	156	312	3.12	1.56

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

5

La capacidad instalada y la utilización de la capacidad instalada para la elaboración del biopolímero fue la siguiente:

**Tabla 12**

*Capacidad de la maquinaria requerida*

Maquinaria requerida	Capacidad
Molino de cascarilla de arroz	300 kg / h
Molino de arroz	100kg/h
Tanque de cocción	0.1 m <sup>3</sup>
Mezcladora	0.150 m <sup>3</sup>
Prensa	30 segundos
Horno industrial	12 bandejas (2.949 cm <sup>2</sup> ) /h
Lijadora de banda y espacio	450 un/h

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

**Tabla 13**

*Capacidad instalada*

Modelo de biodegradable	2020	2021	2022	2023	2024
Bowls biodegradables	5391	8087	8087	8087	8087

*Nota.* Construcción propia a partir de diversas fuentes.

**Tabla 14***Utilización de la capacidad instalada.*

Porcentajes (%)	2020	2021	2022	2023	2024
% utilización de la capacidad instalada	79%	71%	73%	76%	79%
% Capacidad ociosa	21%	29%	27%	24%	21%

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

Conforme al cálculo de la capacidad instalada y su utilización, se procedió a calcular la capacidad utilizada de las maquinarias y la capacidad máxima en el caso de que se usen todo el día, todo el mes y todo el año:

**Tabla 15***Capacidad utilizada de las maquinarias*

Horno industrial	Bowls	Unidad de medida
Capacidad diaria (ud.)	3.12	ud/hora
Capacidad diaria (6 horas operativas)	18.72	ud/día
Capacidad mensual (24 días laborales)	449.28	ud/mes
Capacidad anual (12 meses)	5391.36	ud/año

*Nota.* Construcción propia a partir de diversas fuentes.

**Tabla 16***Capacidad máxima de las maquinarias*

Horno industrial	Bowls	Unidad de medida
Capacidad diaria (ud.)	3.12	ud/hora
Capacidad diaria 24 horas operativas)	74.88	ud/día
Capacidad mensual (30 días laborales)	2246.40	ud/mes
Capacidad anual (12 meses)	26956.80	ud/año

*Nota.* Construcción propia a partir de diversas fuentes.

Este cálculo se vería reflejado en los años consecutivos, siendo 2021, 2022, 2023 y 2024, de la siguiente manera:

**Tabla 17**

*Capacidad máxima (crecimiento del 4% en ventas)*

Modelo de biodegradable	2020	2021	2022	2023	2024
Bowls biodegradables (ud.)	26957	28035	29156	30323	31536

Se calculó el requerimiento de materia prima para el cálculo de costos posterior. Para consideraciones prácticas se tomó como referencia un lote de 100 unidades de biopolímeros, según el siguiente detalle:

**Tabla 18**

*Requerimiento de materias primas para 100 unidades de bowls*

Ingredientes	Cantidad	Unidad de medida	%	Merma
Cascarilla del arroz	13.87	Kg	33%	0.69%
Arrocillo	6.93	Kg	17%	0.35%
Agua	20.80	Li	50%	0.00%
Ácido clorhídrico	0.12	MI	0%	0%
Etiqueta	1.00	Unid	0%	0%
Film	2.00	Unid	0%	0%

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

El plan de producción que se consideró según la capacidad instalada, utilizada y materia prima requerida se distribuyó en años, usando de referencia el 2024:

**Tabla 19**

*Plan de producción anual*

Modelo	Dic-19	2020	2021	2022	2023	2024
Bowl biodegradable	6	7825	10557	10979	11418	11875

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

Basados en la demanda estimada, se determinó la mano de obra que será requerida para la elaboración del biopolímero:

**Tabla 20**

*Cálculo de mano de obra directa*

Producción mes/día	Dic-19	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Producción mes del</b>						
Bowl biodegradable	6	652.08	879.75	914.92	951.50	989.58
<b>Producción día del</b>						
Bowl biodegradable	1.00	108.68	146.63	152.49	158.58	164.93

*Nota.* Construcción propia a partir de diversas fuentes.

**Tabla 21**

*Horas hombres requerida*

Producción mes/día	Dic-19	2020	2021	2022	2023	2024
Bowl biodegradable	0.00	10.00	14.00	15.00	15.00	16.00

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

**Tabla 22**

*Requerimiento MOD*

Producción mes/día	Dic-19	2020	2021	2022	2023	2024
Jornada laboral	8	8	8	8	8	8
Número de operarios	1	1	2	2	2	2

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

Conforme al plan de producción anual, se determinó la necesidad de compra en unidades y costos según el siguiente detalle en la Tabla 17 y 18.

**Tabla 23***Cantidad de compra*

Ingredientes	5 Dic- 19	2020	2021	2022	2023	2024
Cascarilla de arroz	83.22	108532.75	146425.59	152278.73	158367.66	164706.25
Arrocillo	41.58	54227.25	73160.01	76084.47	79126.74	82293.75
Ácido clorhídrico	0.72	939.00	1266.84	1317.48	1370.16	1425.00
Etiqueta	6.00	7825.00	10557.00	10979.00	11418.00	11875.00
Film	12.00	15650.00	21114.00	21958.00	22836.00	23750.00

*Nota.* Construcción propia a partir de diversas fuentes.

**Tabla 24***Costo de compra para bowls biodegradables*

Ingredientes	9 Dic -19	2020	2021	2022	2023	2024
Cascarilla de arroz	S/ 5.58	S/ 6,525.60	S/ 8,785.54	S/ 9,136.72	S/ 9,502.06	S/ 9,882.38
Arrocillo	S/ 46.31	S/ 54,337.60	S/ 731,600.97	S/ 76,084.39	S/ 79,126.68	S/ 822,936.60
Ácido clorhídrico	S/ 68.01	S/ 77,939.02	S/ 105,150.58	S/ 109,356.20	S/ 113,720.50	S/ 118,260.19
Etiqueta	S/ 2.93	S/ 3,141.69	S/ 4,222.84	S/ 4,391.63	S/ 4,567.20	S/ 4,750.06
Film	S/ 11.89	S/ 15,650.09	S/ 21,113.83	S/ 21,958.15	S/ 22,835.98	S/ 23,749.94
Total	S/ 134.71	S/ 157,594.01	S/ 870,873.76	S/ 220,927.09	S/ 229,752.42	S/ 979,579.17

*Nota.* Construcción propia a partir de diversas fuentes.

Después de los cálculos previos, se procedió a realizar el cálculo en costos unitarios juntos con el precio y margen de ganancia

**Tabla 25***Cálculo de margen operacional*

Cálculo de margen operaciona l	2020	2021	2022	2023	2024
Cantidad para venta (unid/100)	8209.00	11075.00	11518.00	11979.00	12458.00
Ingreso de ventas unitario	S/ 72.09	S/ 72.54	S/ 72.09	S/ 71.80	S/ 71.56
Ingreso de ventas total	S/ 591,746.84	S/ 803,423.44	S/ 830,382.81	S/ 860,120.63	S/ 891,483.87
Costo de ventas	S/ 53,317.00	S/ 54,071.00	S/ 54,086.00	S/ 54,102.00	S/ 54,118.00
Utilidad bruta	S/ 538,429.84	S/ 749,352.44	S/ 776,296.81	S/ 806,018.63	S/ 837,365.87
Gastos de administra ción	S/ 77,089.00	S/ 50,517.00	S/ 50,809.00	S/ 51,071.00	S/ 51,341.00
Utilidad operaciona l	S/ 461,340.84	S/ 698,835.44	S/ 725,487.81	S/ 754,947.63	S/ 786,024.87
Margen operaciona l	78%	87%	87%	88%	88%

*Nota.* Construcción propia a partir de diversas fuentes.



**Tabla 26***Cantidad de compra*

Detalle de fabricación de bowls biodegradables		2020	2021	2022	2023	2024
Cantidad de unidades para Venta	Ventas (unidades /100)	8209.00	11075.00	11518.00	11979.00	12458.00
Costos de producción	Material directo	S/ 158,093.00	S/ 212,798.00	S/ 221,310.00	S/ 230,162.00	S/ 239,369.00
	Mano de obra directa	S/ 41,878.00	S/ 48,858.00	S/ 55,837.00	S/ 55,837.00	S/ 55,837.00
	Costos indirectos	S/ 137,103.00	S/ 147,947.00	S/ 149,403.00	S/ 150,704.00	S/ 152,055.00
	Gastos administrativos	S/ 77,089.00	S/ 50,517.00	S/ 50,809.00	S/ 51,071.00	S/ 51,341.00
	Gastos de ventas	S/ 53,317.00	S/ 54,071.00	S/ 54,086.00	S/ 54,102.00	S/ 54,118.00
	Total, de costos	S/ 467,480.00	S/ 514,191.00	S/ 531,445.00	S/ 541,876.00	S/ 552,720.00
	Costo unitario promedio	S/ 56.95	S/ 46.43	S/ 46.14	S/ 45.24	S/ 44.37
	Margen de contribución unitario	S/ 15.14	S/ 26.12	S/ 25.95	S/ 26.57	S/ 27.19
	Margen ganancia (%)	21%	36%	36%	37%	38%

*Nota.* Datos tomados de Delgado Lara et al. (2019)

Para la respectiva comparación de costos, a continuación, se detalla el cálculo de costos de aquellos elementos que fueron necesarios para elaboración del biopolímero en el presente proyecto.

**Tabla 27***Materia prima base para la elaboración del biopolímero*

Materia prima	Cantidad	Costo unitario	Costo total
<sup>2</sup> Residuos de Arroz quebrado	5 kg	S/ 3.00	S/ 15.00
Residuos de Plumas de pollo	5 kg	S/ 3.00	S/ 15.00
Residuos de cáscara de caña de azúcar	5 kg	S/ 3.00	S/ 15.00
Subtotal			S/ 45.00

**Tabla 28***Material de vidrio para la elaboración del biopolímero*

Material de vidrio	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Costo total
<sup>2</sup> Pipetas	03	S/ 6.67	S/ 20.00
Vaso precipitado	03	S/ 16.00	S/ 48.00
Matraces	03	S/ 26.00	S/ 78.00
Termómetro	01	S/ 15.00	S/ 15.00
Probeta	03	S/ 37.00	S/ 111.00
Embudo de vidrio	01	S/ 50.00	S/ 50.00
Fiola	03	S/ 15.00	S/ 45.00
Varilla de agitación	03	S/ 15.00	S/ 45.00
Mortero y mazo	02	S/ 25.00	S/ 50.00
Tubos falcon	01	S/ 58.50	S/ 58.50
Placas Petri	09	S/ 10.00	S/ 90.00
Subtotal			S/ 610.50

**Tabla 29***Equipos para la elaboración del biopolímero*

Equipos	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Costo total
<sup>2</sup> Estufa -Marca: Fisher-Modelo: 516 G	01	S/ 399.00	S/ 399.00
Triturador - Marca: Molinex-Modelo: D56	01	S/ 139.00	S/ 139.00
Refrigeradora -Marca: LG - Modelo:GT32BPW	01	S/ 2,000.00	S/ 2,000.00
Cocina eléctrica- Marca: GE – Modelo: s/m	01	S/ 150.00	S/ 150.00
Agitador magnético -Marca: Biosan- Modelo: MSH3001	01	S/ 282.00	S/ 282.00
Mechero bunsen- Marca: Stiran- Modelo: s/m	01	S/ 110.00	S/ 110.00
Balanza Analítica - Marca: Kern - Modelo: Scout Pro Chavp SP202	01	S/ 640.00	S/ 640.00
Centrífuga - Marca: Hettich-Modelo: EBA 20	01	S/ 320.00	S/ 320.00
Subtotal			S/ 4489.00

**Tabla 30***Reactivos para la elaboración del biopolímero*

Reactivos	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Costo total
<sup>2</sup> Sulfuro de sodio 0.5M (QP)	01	S/ 200.00	S/ 200.00
Hidróxido de sodio (QP)	01	S/ 400.00	S/ 400.00

<sup>2</sup> Acido Acético 5% (QP)	01	S/ 45.00	S/ 45.00
Glicerina (PA)	01	S/ 57.00	S/ 57.00
Sulfato de amonio (PA)	01	S/ 15.00	S/ 15.00
Agua destilada (QP)	01	S/ 22.00	S/ 22.00
Sulfato de amonio (PA)	01	S/ 15.00	S/ 15.00
Subtotal			S/ 739.00

**Tabla 31**

*Detalle de otros productos utilizados en el proyecto*

Producto (otros)	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Costo total
<sup>2</sup> Bandas de pH	01	S/ 50.00	S/ 50.00
Propipetas	01	S/ 400.00	S/ 400.00
Tamizadores (<1.45mm, >1.45<1.75mm y >1.75 <2mm)	01	S/ 35.00	S/ 35.00
Espátula	03	S/ 12.00	S/ 36.00
Marco de serigrafía	01	S/ 27.00	S/ 27.00
Subtotal			S/ 548.00

**Tabla 32**

*Producción en el proyecto*

Producción mes/día	2023
Producción mes del Bowl biodegradable	12
Producción día del Bowl biodegradable	3

**Tabla 33**

*Requerimiento MOD proyecto*

Producción mes/día	2023
Número de días por semana	1
Número de veces por mes	4
Jornada laboral	3
Número de operarios	2

**Tabla 34**

*Requerimiento MOD proyecto*

Costo	2023
Mano de obra S/	120.00

**Tabla 35**

*Contratación de servicios*

Servicios	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Costo total
Pasajes y gastos de transporte	20	S/ 20.00	S/ 400.00
Luz en casa	12	S/ 40.00	S/ 480.00
Internet en casa	12	S/ 90.00	S/ 1,080.00
Servicios de impresiones, encuadernación y empastado	5	S/ 120.00	S/ 600.00
Subtotal			S/ 2,560.00

**Tabla 36**

*Cálculo de costo de producción proyecto*

Costos	Costo total
Costo unitario S/	31.64
Costo por ciento S/	3,163.72
Total S/	3,237.35

Para fines comparativos se buscó el precio final de venta en el mercado para diferentes modelos de biopolímero

**Tabla 37***Costo de compra de productos encontrados en el mercado local*

Modelo	Componente	Precio unitario	Cantidades	Precio final
Bowl biodegradable	Bambú	S/ 1.42	100	S/ 141.95
Envases CT1 biodegradables	<sup>48</sup> Fibra de caña de azúcar	S/ 0.99	100	S/ 98.60
Envases CT4 biodegradables	Fibra de caña de azúcar	S/ 0.53	100	S/ 52.70
		S/ 0.00	100	S/ 0.25
Promedio		100.75	24.5	0.24

Finalmente, para comparar los costos de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los envases biodegradables que se encuentran en el mercado se detalla lo siguiente:

**Tabla 38***Comparación de costos del modelo: bowl biodegradable*

Modelo	Mercado	Proyecto	Referencia
Bowl biodegradable	S/ 98.60	S/ 3,163.72	S/ 71.80

Según lo calculado previamente, se concluye que el polímero con las <sup>13</sup>proporciones ideales de almidón de arroz quebrado, queratina de las plumas de pollo y la fibra del bagazo de caña de azúcar, es menos costoso que un polímero con otras materias primas y proporciones.

#### IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Llerena y Monzón (2017) en su investigación en Arequipa, indicaron que las proporciones óptimas para la elaboración de un polímero es de la siguiente manera: 40 gr de almidón, 4 ml de queratina, 10 gr de cáscara de mago, glicerina, ácido acético al 5% y agua destilada, sin embargo, en la presente investigación se encontró que la proporción ideal es de 25 gr de almidón, 8 ml de queratina y 5 gr de fibra, ya que el almidón favorece en la absorción de agua, reduciendo la humedad en el polímero y generando una estructura mucho más firme.

Ramírez (2021) en su investigación hecha en Guayaquil concluyó que los envases biodegradables cumplen como uno de los mejores sustitutos para el polímero proveniente del petróleo, con lo que coincidimos ya que el biopolímero obtenido en escala pequeña cumple con las características de un plástico convencional.

Idrobo et al. (2021) en su investigación en Colombia concluyó que el material obtenido resultó en una matriz rígida, de alta densidad y baja resistencia a la compresión. En el caso de la matriz rígida difiere con la presente investigación, ya que de la tabla 8 se concluye que polímero con carácter blando y no rígido. Por otro lado, se coincide con la baja resistencia a la compresión, ya que de la tabla 8 se concluye que los resultados de la tensión no se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la norma ASTM D 638.

Añanca et al. (2020) en su estudio desarrollado en Piura, logró determinar a través de una encuesta que los productos más demandados por los clientes son los tappers, bowls y vasos, es por ello que en la presente investigación se consideró como modelo base y análisis a los bowls. Asimismo, concluyó que el proyecto propuesto cuenta con factibilidad, dada la existencia de insumos en dicha zona, lo cual coincide con los resultados obtenidos en la comparación de los costos en la tabla 38 donde se observa que el costo de referencia es mucho menor que el costo encontrado en el mercado teniendo un margen creciente de ganancia anual según lo que se puede observar en la tabla 26, logrando tener un margen de ganancia del 37% a comparación de la etapa inicial que fue un 21%.

## V. CONCLUSIONES

- La proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable es de 25 gr, 8 ml y 5 gr respectivamente, junto con 5 ml de ácido acético y 10 ml de glicerina. La proporción ideal de almidón fue determinada en la fase de “elaboración del biopolímero con almidón”, la proporción ideal de la queratina se determinó en la fase de “elaboración del biopolímero con almidón y queratina”, y, por último, la proporción ideal de fibra para fortificar el polímero fue determinada en la fase “elaboración del biopolímero con almidón, queratina y fibra de caña de azúcar”. Cabe mencionar que se logró elaborar un biopolímero en pequeña escala con las proporciones ideales antes mencionadas concluyendo que es posible utilizarlo como una opción reemplazable ante los plásticos convencionales.
- El resultado de elaborar polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar fue estudiado para determinar sus propiedades físicas y mecánicas, como la degradación y tracción respectivamente. En el caso de la degradación según la tabla 6, se concluye que el biopolímero tiene una mejor resistencia a la degradación cuando está expuesto a temperaturas frías en vez de calientes, ya que el estudio se realizó con diferentes condiciones ambientales como agua caliente, agua tibia y agua fría a una temperatura ambiente de 18°C a 28°C. Para el caso de la resistencia a la tracción, según la tabla 5, se concluyó que la prueba inicial 2 alcanzó la mayor resistencia a la tracción cuando se rompió luego de 17 segundos de aplicación de fuerza aplicada con nivel bajo (10 N).
- Se encontró que existen diferencias en las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar, ya que a partir de lo obtenido en la tabla 5 se concluyó que la prueba dos alcanzó mayor resistencia a la tracción porque se rompió luego de 17 segundos de la aplicación de fuerza, siendo un tiempo mayor que las otras dos probetas. Para las pruebas de degradación se consideraron las pruebas experimentales detalladas en la Tabla 4, las cuales fueron evaluadas en diferentes condiciones ambientales como agua caliente, agua tibia y agua fría expuestas a una temperatura ambiente entre 18°C y 28°C, concluyendo que el biopolímero de la prueba 2 con 5 gr de fibra, tiene una mejor resistencia a la degradación cuando



está expuesto a temperaturas frías en vez de calientes., lo cual quiere decir que el biopolímero final puede ser usado para sustancias frías pero también calientes.

- Se encontró que existen diferencias en las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a la norma ASTM D638-10 y la Norma ASTM D 5488-944, ya que después del cálculo de la propiedad mecánica basada en la norma ASTM D638-10, que estudia la tracción, se determinó que no se cuenta con resistencia a la tracción, porque el rango establecido para plásticos es de 14 a 140 MPa, y se obtuvo como resultado un 0,24 MPa en sT (esfuerzo de rotura) teniendo en cuenta el cálculo del área transversal con el ancho y espesor de las 3 probetas en tiras y una aplicación de fuerzas de nivel bajo (1 kg). Asimismo, del estudio guiado por la Norma ASTM D 5488-944, que estudia la degradación, la segunda probeta obtuvo un 25% de degradación siendo esta la de mejor resultado comparado con las otras dos probetas.
- Por último, se concluye que existen diferencias en los costos de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los polímeros biodegradables que se encuentran en el mercado, ya que según la tabla 38 donde se tomó como referencia un producto del mercado (modelo: bowl biodegradable), el proyecto a una escala minorista y un proyecto a escala industrial, se concluye que el polímero con las proporciones ideales de almidón de arroz quebrado, queratina de las plumas de pollo y la fibra del bagazo de caña de azúcar a escala industrial (tipo 3) es menos costoso que un polímero con otras materias primas y proporciones (tipo 1), sin perder el incremento del margen de ganancia anual según la tabla 26.

## VI. RECOMENDACIONES

- Cuando se realiza la extracción de almidón de arroz, se deberá dejar secar 24 horas al aire libre y luego en la estufa a 40°C como máximo, dependiendo del porcentaje para poder pasar por el tamiz y lograr una textura ultrafina, con el fin de obtener una mezcla de polímero con mejores resultados.
- Para la extracción de queratina de las plumas de pollo, es necesario tener guantes para cada prueba y mascarillas con doble filtro, ya que las emisiones de gases pueden resultar dañinos para la salud.
- Cuando se va a preparar la fibra de caña de azúcar se recomienda llevar guantes al momento de realizar la mezcla y filtro.
- Es recomendable contar con instrumentos de medición calibrados para que las mezclas cuenten con las cantidades exactas.
- Se recomienda tener el laboratorio completamente ventilado para evitar la contaminación in situ.
- Cuando se está elaborando el biopolímero, se recomienda homogeneizar la mezcla para evitar variaciones en las pruebas de las propiedades físicas y mecánicas, así como también el secado previo.
- El secado del biopolímero final deberá hacerse al aire libre y no en la estufa.
- Para el secado del biopolímero, deberá hacerse en una malla de serigrafía, ya que en placas de metal, vidrio o plástico no se logra un secado al 100% por ciento y puede quebrarse con mayor facilidad.
- Cuando se realice la caracterización del biopolímero se recomienda escoger zonas estables, con luminosidad y que las probetas sean lo más consistentes posibles para no afectar a los resultados.
- Se sugiere añadir canela en polvo para reducir la humedad en el polímero.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Advanced Plastic Technologies. (2020, 02, 28). Normativas Y Regulaciones Para Polímeros Biodegradables Y Compostables. <http://adapt.mx/es/normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables/>
- Añanca, P., Córdova, D., Correa, J., Palacios, E. y Pascual, D. (2020). Diseño del proceso productivo de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz y hojilla de algarrobo en la región Piura. [Tesis de Título: Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4619>
- Agama, E., Juárez, E., Evangelista, S., Rosales, O. y Bello, L. (2013). Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia*, 47(1), 1 – 12. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30225619001.pdf>
- Arroyo-Mantilla, MV, & Carrión-Mieles, JE (2021). Estrategias de lectoescritura para el desarrollo de la escritura creativa. *Polo del Conocimiento* , 6 (12), 468–483. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i12.3378>
- Ashok, A., Abhijith, R. y Rejeesh, CR (2018). Caracterización de materiales de plásticos biodegradables derivados del almidón y estimación de sus propiedades mecánicas. *Materiales hoy: Actas* , 5 (1), 2163–2170. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.214>
- Avalos, A. y Torres, I. (2018). Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz. [Tesis de Licenciatura: Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://hdl.handle.net/11042/3459>
- Borrelle, SB, Ringma, J., Law, KL, Monnahan, CC, Lebreton, L., McGivern, A., Murphy, E., Jambeck, J., Leonard, GH, Hilleary, MA, Eriksen, M., Possingham, HP, De Frond, H., Gerber, LR, Polidoro, B., Tahir, A., Bernard, M., Mallos, N., Barnes, M. y Rochman, CM (2020). El crecimiento previsto de los desechos plásticos supera los esfuerzos para mitigar la contaminación plástica. *Science* (Nueva York, NY) , 369 (6510), 1515–1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>

- Buñay Guaman, J. S., Caicedo Reyes, J. I., Choto Chariguaman, L. S., & Cevallos Silva, S. J. (2023). Diseño y validación de una máquina para ensayos a tracción de probetas de resinas poliméricas impresas en 3D. <https://doi.org/10.23857/pc.v8i7>
- Castañeda, G., Gutiérrez A., Nacaratte, F. y Manzano, C. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista Boliviana de Química*, 37(3), 160-175. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/html/> [LD1]
- Costa, J., Da Silva, J., Santos, R., Nani, L., Da Silva, P., Dantas, J. y Souza, B. (2017). Production of biodegradable starch nanocomposites using cellulose nanocrystals extracted from coconut fibers. *Polímeros: ciencia y tecnología*, 27(4), 320 - 329. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.05316>
- De Campo, C., Pagno, C., Hass, T., De Oliveira, A. y Hickman, S. (2017). Gelatin capsule waste: new source of protein to develop a biodegradable film. *Polímeros: ciencia y tecnología*, 27(02), 100 – 107. <https://doi.org/10.1590/0104-1428.2371>
- Delgado Lara, O. R., Samillán Sara, R. A., Cobeñas Bernal, H. M., Corcuera Salcedo, C. A., & Linares Vasquez, J. G. (2019). ENVASES BIODEGRADABLES EN BASE A CASCARILLA DE ARROZ. UNIVERSIDAD SAN IGNACIO DE LOYOLA.
- Idrobo, Y., Arboleda, G., Delgado, K y Villada, H. (2021). Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial. *Universidad del Cauca*, 19(1), 1692 – 3561. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(19\)139-152](https://doi.org/10.18684/bsaa(19)139-152)
- Garg, A., Somani, P., Gaur, A., & Swami, B. L. (2020). Gainful utilization of plastic waste in dense bituminous macadam. *IOP Conference Series. Materials Science and Engineering*, 872(1), 012129. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/872/1/012129>
- Geyer, R., Jambeck, JR y Law, KL (2017). Producción, uso y destino de todos los plásticos jamás fabricados. *Avances científicos*, 3 (7). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>

- Gordo Trujillo, C. P., & Grosso Galindo, L. A. (2019). Desarrollo de un producto nuevo y sus procesos con base en los procesos con base en la transformación artesanal de la caña de azúcar en la vereda Lagunilla del Municipio de Tarqui-Huila. Bogotá. Obtenido de [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1115&context=ing\\_industrial](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1115&context=ing_industrial)
- Llerena Gonzales, J. L., & Monzón Martínez, L. J. (2017). Elaborar un envase biodegradable a partir de almidón obtenido de residuos de arroz quebrado. Obtenido de <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6667/42.0158.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Lopez, S., Chavez, S. y Chuquizuta, T. (2017). Evaluación de la vida útil de dos frutas usando un envase biodegradable de yuca (Manihot esculenta). Revista Investigación AltoAndin, 19(4), 373 - 380. <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v19n4/a02v19n4.pdf>
- López, O., Castillo, L.; Farenzena, S., Pintos, E. Rodriguez, M., Garcia, M. y Villar, M. (2018). Película biodegradable de almidón de maíz termoplástico y quitosano con actividad antimicrobiana empleada como envase activo. Scielo, 23(02). <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180002.0423>
- Martin, J. y López, E. (2009). Modificación física del almidón de yuca y evaluación de la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática por una alfa amilasa. Revista Colombiana de Química, 38(3). [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042009000300005](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042009000300005)
- Meneses, J., Corrales, C. y Valencia, M. (2007). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. Revista EIA: Escuela de Ingeniería de Antioquia, 8, 57 - 67. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1794-12372007000200006](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006)

Mendoza, G., Ricalde, M. y Hernandez, G. (2017). Estructura del almidón. Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano. [https://www.produccion-animal.com.ar/tablas\\_composicion\\_alimentos/150-Estructura\\_del\\_Almidon.pdf](https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/150-Estructura_del_Almidon.pdf)

<sup>14</sup> MINAM (2018). Decreto Supremo que aprueba la reducción del plástico de un solo uso y promueve el consumo responsable del plástico en las entidades del Poder Ejecutivo-DECRETO SUPREMO-N° 013-2018-MINAM. Elperuano.Pe. Retrieved August 24, 2023, from <sup>10</sup> <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-la-reduccion-del-plastico-de-un-decreto-supremo-n-013-2018-minam-1708562-2/>

Ministerio del Ambiente. (2021). Peruanos generamos 21 mil toneladas diarias de basura. Diario El Peruano. <https://elperuano.pe/noticia/120825-peruanos-generamos-21-mil-toneladas-diarias-de-basura#:~:text=En%20el%20Per%C3%BA%2C%20se%20genera,org%C3%A1nica%20como%20alimentos%20o%20vegetales>

Ministerio del Ambiente. (2017). Plan Nacional de Gestión Integral de Residuos Sólidos 2016-2024. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/plan-nacional-gestion-integral-residuos-solidos-2016-2024>

Nelino, R. (2019). Plumas: Implicancia ambiental y uso en la industria agropecuaria. Revista Investigación Altoandin, 21(3), 225 – 237. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2019.480>

Oviedo, C. (2019). Análisis del uso de la queratina como biomaterial. [Trabajo de Investigación: Universidad Católica San Pablo]. Repositorio Institucional UCSP. [https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16565/1/OVIEDO\\_ZEGARRA\\_CAR\\_QUE.pdf](https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16565/1/OVIEDO_ZEGARRA_CAR_QUE.pdf)

Ojanama Hualinga, L. T. (2018). Aplicación de Lean Service para mejorar la calidad de servicio en el Área de Ventas de la botica El Conquistador S.A.C, San Martin de Porres, 2018. Lima. Recuperado el 17 de Julio de 2023.

- Parra, A., Albán, P. y Villada, H. (2019). Evaluation of a biodegradable color concentrate in bags for coffee seedlings. Universidad Nacional de Colombia, 87(212). <https://doi.org/10.15446/dyna.v87n212.79307>
- Pescoran, Y. (2018). Evaluación del rendimiento y la calidad de almidón obtenido a partir del plátano bellaco (musa paradisiaca.). [Tesis de Título: Universidad Nacional de Tumbes]. Repositorio Institucional UNTUMBES. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12874/246/TESIS%20-%20PESCORAN%20SANCHEZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- PRODUCE (2021). Decreto Supremo que aprueba el Reglamento Técnico sobre Bolsas de Plástico Biodegradables-DECRETO SUPREMO-N° 025-2021-PRODUCE. Elperuano.Pe. Retrieved August 24, 2023, from <https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/decreto-supremo-que-aprueba-el-reglamento-tecnico-sobre-bols-decreto-supremo-n-025-2021-produce-2017203-5/>
- Quintero, G., Huertas, W. y Ortega, E. (2017). Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina. UG Ciencia, 23, 81 – 87. <https://core.ac.uk/download/pdf/268087879.pdf>
- Ramírez, C. (2021). Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (Oryza sativa), cáscara de mango (Mangifera indica) y almidón de yuca (Manihot esculenta). [Tesis de Título: Universidad Católica de Santiago de Guayaquil]. Repositorio Digital UCSG. <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/16139/1/T-UCSG-PRE-TEC-CIA-77.pdf>
- Reyes, F. A. L. (2021). Influence of the plastic law on the consumption of Biodegradable containers in the Peruvian Population [Educación Influencia de la ley de plásticos en el consumo de envases biodegradables en la población peruana]. Journal of Energy & Environmental Sciences, 5(1), 10–19. <https://www.journals.cincader.org/index.php/eesj/article/view/45>
- Reyes Escalante, Aida Yarira y Sandoval Chávez Diego Adiel (2021) Metodologías, enfoques y estructuras de trabajos de investigación en las Ciencias

Administrativas. Edu.Mx. Retrieved September 14, 2023, from <http://www.colech.edu.mx/cont/descargables/metodologias.pdf>

Rivas, M., Méndez, M., Sanchez, M., Núñez, M. y Bello, L. (2008). Caracterización morfológica, molecular y fisicoquímica del almidón de plátano oxidado y linternizado. *Agrociencia*, 42(5), 487 - 497. <https://www.redalyc.org/pdf/302/30211234001.pdf>

Rodríguez Mármol, F. (2015). Caracterización De Materiales Termoplásticos: Polipropileno [Universidad de Sevilla]. [https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/60332/fichero/POLIPROPILENO\\_FINAL2.pdf](https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/60332/fichero/POLIPROPILENO_FINAL2.pdf)

Salomão, P., Barbosa, F., Machado, A., Luis, G., Alves, M., Yamashita, F., Eiras, D. y Eiras, M. (2018). Sericin as compatibilizer in starch/ polyester blown films. *Polímeros: ciencia y tecnología*, 28(05). <https://www.redalyc.org/journal/470/47058505002/html/>

Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. Lima. Obtenido de <https://www.urp.edu.pe/pdf/id/13350/n/libro-manual-de-terminos-en-investigacion.pdf>

Sanz, M., & Benigno, S. (2019.). FACULTAD DE INGENIERÍAS Y COMPUTACIÓN ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL PLAN DE TESINA: “ANÁLISIS Y USO DE PRODUCTOS ALTERNATIVOS A BASE DE MAÍZ Y CÁSCARA DE ARROZ PARA EL PROCESO DE ENVASES BIODEGRADABLES.” Presentado por: RAÚL GUSTAVO POSTIGO MÁRQUEZ Para optar el grado académico de Bachiller en: INGENIERÍA INDUSTRIAL. Edu.Pe. Retrieved August 22, 2023, from <https://repositorio.ucsp.edu.pe/backend/api/core/bitstreams/8788e4f5-6a62-4b8b-a8bb-b101bdad3792/content>

SEGAT. (2022). SEGAT. Obtenido de <http://sial.segat.gob.pe/novedades/cada-trujillano-genera-0559-kilos-basura->






**1**  
**VIII. ANEXOS**

**Anexo 1: Instrumentos de recolección de la información**


**Ficha 1**

*Características de los residuos del arroz quebrado*

 <b>UCT</b> <small>UNIVERSIDAD CATEDRAL DE TRUJILLO</small>		<b>FICHA N° 01</b>		
		<b>Características de los residuos del arroz quebrado</b>		
<b>Investigador (es)</b>		De la cruz Montoya, Leslie Yahaira		
		Lopez Paredes, Dany Yaseidy		
<b>Laboratorio</b>				
<b>Fecha de ejecución</b>		<b>Hora</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Peso neto</b>	<b>Porcentaje de almidón obtenido (%)</b>	<b>Disponibilidad (Baja, Media, Alta, Muy alta)</b>	<b>Biodegradabilidad (Poco, regular, bueno)</b>
01				
02				
03				
04				

25


**Ficha 2***Características de los residuos de plumas de aves*

 UNIVERSIDAD CAYSHUJA DE TRUJILLO	<b>FICHA N° 02</b>		
	<b>Características de los residuos de plumas de aves</b>		
<b>Investigador (es)</b>	De la cruz Montoya, Leslie Yahaira		
	Lopez Paredes, Dany Yaseidy		
<b>Laboratorio</b>			
<b>Fecha de ejecución</b>		<b>Hora</b>	
<b>Muestra</b>	<b>Peso neto</b>	<b>Porcentaje de queratina obtenida (%)</b>	<b>Biodegradabilidad (Poco, regular, bueno)</b>
01			
02			
03			
04			

**Ficha 3**

50


*Características de los residuos de caña de azúcar*

	50 <b>FICHA N° 03</b>			
	<b>Características de los residuos de caña de azúcar</b>			
<b>Investigador (es)</b>	De la cruz Montoya, Leslie Yahaira			
	Lopez Paredes, Dany Yaseidy			
<b>Laboratorio</b>				
<b>Fecha de ejecución</b>			<b>Hora</b>	
<b>Muestra</b>	<b>Peso neto</b>	<b>Peso de fibra neto (después de tamizar)</b>	<b>Porcentaje de fibra obtenida (%)</b>	<b>Biodegradabilidad (Poco, regular, bueno)</b>
01				
02				
03				
04				


**Ficha 4**

3


*Características de las propiedades del bioplástico*

 <b>UCT</b> <small>UNIVERSIDAD CATÓLICA DE TRUJILLO</small>	<b>FICHA N° 04</b>		
	<b>Características de las propiedades del bioplástico</b>		
<b>Investigador (es)</b>	De la cruz Montoya, Leslie Yahaira		
	Lopez Paredes, Dany Yaseidy		
<b>Laboratorio</b>			
<b>Fecha de ejecución</b>		<b>Hora</b>	
<b>Muestra</b>	<b>Tiempo de degradación (días)</b>	<b>Resistencia a la tracción</b>	<b>Costo de elaboración</b>
01			
02			
03			
04			
05			
06			
07			
08			
09			
10			
11			
12			


**Ficha 5****Composición de la muestra del bioplástico base**

 UNIVERSIDAD CATHOLICA DE TRUJILLO	<b>FICHA N° 05</b>			
	<b>Composición de la muestra del bioplástico base</b>			
<b>Investigador (es)</b>	De la cruz Montoya, Leslie Yahaira			
	Lopez Paredes, Dany Yaseidy			
<b>Laboratorio</b>				
<b>Fecha de ejecución</b>		<b>Hora</b>		
<b>Muestra</b>	<b>Cantidad de almidón (gr)</b>	<b>Cantidad de glicerina (ml)</b>	<b>Cantidad de agua destilada (ml)</b>	<b>Cantidad de ácido acético (ml)</b>
01				
02				
03				
04				

**Ficha 6***Composición de la muestra del bioplástico base más queratina*

 UCT <small>UNIVERSIDAD CAYMANA DE TROPIQUEL</small>	FICHA N° 06				
	Composición de la muestra del bioplástico base más queratina				
Investigador (es)	De la cruz Montoya, Leslie Yahaira				
	Lopez Paredes, Dany Yaseidy				
Laboratorio					
Fecha de ejecución		Hora			
Muestra	<sup>12</sup> Cantidad de almidón (gr)	Cantidad de glicerina (ml)	Cantidad de agua destilada (ml)	Cantidad de ácido acético (ml)	Cantidad de queratina (ml)
01					
02					
<sup>3</sup> 03					
04					

**Ficha 7***Composición de la muestra del bioplástico base más queratina*

	<b>FICHA N° 07</b>					
	<b>Composición de la muestra del bioplástico base más queratina y fibra</b>					
<b>Investigador (es)</b>	De la cruz Montoya, Leslie Yahaira					
	Lopez Paredes, Dany Yaseidy					
<b>Laboratorio</b>						
<b>Fecha de ejecución</b>			<b>Hora</b>			
<b>Muestra</b>	<b>Cantidad de almidón (gr)</b>	<b>Cantidad de glicerina (ml)</b>	<b>Cantidad de agua destilada (ml)</b>	<b>Cantidad de ácido acético (ml)</b>	<b>Cantidad de queratina (ml)</b>	<b>Cantidad de fibra (gr)</b>
01						
02						
03						
04						



**1**  
**Anexo 2: Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Escala de medición</b>
Proporción ideal de almidón de arroz, queratina de caña de azúcar.	Relación equilibrada que existe entre los componentes del almidón de arroz (polímero), queratina de plumas (proteína) y fibra de caña de azúcar (sustancia lignocelulósica)	Se pesarán diferentes cantidades de almidón de arroz, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar, para realizar diversas combinaciones que permitirán determinar la proporción ideal de los materiales.	Cantidad del material	Porcentaje en volumen.	Formato	Intervalo.
Polímero biodegradable	Los polímeros biodegradables son una opción viable en reemplazo de los envases a base de petróleo, debido a que su desintegración es naturalmente.	Se elaborará los polímeros biodegradables con la proporción ideal de materiales, los cuales serán sometidos a ensayo de tracción, ensayo de degradación y evaluación de costos.	Propiedades	Resistencia a la tracción  Porcentaje de degradación  Costos	Formatos	Intervalo.

## Anexo 3: Matriz de consistencia

TÍTULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGÍA
	<p><b>Problema general:</b> ¿Cuál es la proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable?</p>	<p><b>Hipótesis general:</b>  <b>H0:</b> La proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un envase biodegradable, es de 1:1:2.  <b>H1:</b> No existe una proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable.</p>	<p><b>Objetivo general:</b>  Determinar la proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas de las aves y fibra de caña de azúcar para elaborar un polímero biodegradable</p>	<p><b>Variable Independiente:</b>  Proporción ideal de almidón de arroz, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar.</p>	<p><b>Cantidad de materiales:</b>  Volumen en gramos.</p>	<p><b>Tipo:</b> Cuantitativa  – Experimental</p> <p><b>Diseño:</b> Post prueba.</p>
<p>“PROPORCIÓN IDEAL DE ALMIDÓN DE ARROZ, QUERATINA DE PLUMAS Y FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR PARA ELABORAR UN ENVASE BIODEGRADABLE”</p>	<p><b>Problemas específicos:</b>  • ¿Cuál será el resultado de elaborar polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar?  • ¿Existen diferencias en las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar?  • ¿Existen diferencias en las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a la norma ASTM D638-10 (tensión) y la Norma ASTM D 5488-944 (degradación)?  • ¿Existen diferencias en los costos de los envases</p>	<p><b>Hipótesis específicas</b>  <b>Hipótesis específica 1:</b>  No aplica.  <b>Hipótesis específica 2</b>  • H0: No existen diferencias entre las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar.  • H1: Existen diferencias entre las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar  <b>Hipótesis específica 3</b>  • H0: No existen diferencias entre las propiedades de</p>	<p><b>Objetivo específico:</b>  • Elaborar polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar.  • Comparar las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar.  • Comparar las propiedades de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a la norma ASTM D638-10 (tensión) y la Norma ASTM D 5488-944 (degradación)</p>	<p><b>Variable Dependiente:</b>  Polímeros biodegradables</p>	<p><b>Propiedades físicas:</b>  degradación.  <b>Propiedades mecánicas:</b>  tracción.</p>	<p><b>Técnicas de recolección de datos:</b> Observación y registro de datos o fichaje.</p> <p><b>Métodos de análisis de investigación:</b>  Excel</p>

biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los polímeros biodegradables que se encuentran en el mercado?

los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a la Norma ASTM D638-10 (tracción) y la Norma ASTM D 5488-944 (degradación).

**Hipótesis**

**específica 4**

• H0: Existen diferencias entre los costos de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los envases biodegradables que se encuentran en el mercado.  
• H1: No existen diferencias entre los costos de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los envases biodegradables que se

• Comparar los costos de los polímeros biodegradables con diferentes proporciones de almidón, queratina de plumas y fibra de caña de azúcar con respecto a los polímeros biodegradables que se encuentran en el mercado.

encuentran en  
el mercado.



# INFORME DE TESIS - DE LA CRUZ MONTOYA Y LOPEZ PAREDES

## INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="http://repositorio.uct.edu.pe">repositorio.uct.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
2	<a href="http://tesis.ucsm.edu.pe">tesis.ucsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
3	<a href="http://vsip.info">vsip.info</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="http://repositorio.una.ac.cr">repositorio.una.ac.cr</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="http://repositorio.usil.edu.pe">repositorio.usil.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="http://www.scielo.org.pe">www.scielo.org.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="http://repositorio.ucsg.edu.ec">repositorio.ucsg.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1%
9	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola	<1%

10

[pirhua.udep.edu.pe](http://pirhua.udep.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

11

[repositorio.ucsp.edu.pe](http://repositorio.ucsp.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

---

12

[dspace.esPOCH.edu.ec](http://dspace.esPOCH.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

---

13

Submitted to Universidad Nacional de San  
Cristóbal de Huamanga

Trabajo del estudiante

<1 %

---

14

Submitted to Pontificia Universidad Católica  
del Perú

Trabajo del estudiante

<1 %

---

15

[hdl.handle.net](http://hdl.handle.net)

Fuente de Internet

<1 %

---

16

Submitted to Universidad Católica San Pablo

Trabajo del estudiante

<1 %

---

17

Submitted to Universidad Católica de Trujillo

Trabajo del estudiante

<1 %

---

18

[www.investigarmqr.com](http://www.investigarmqr.com)

Fuente de Internet

<1 %

---

19

[ri.ues.edu.sv](http://ri.ues.edu.sv)

Fuente de Internet

<1 %

---

20

Submitted to Universidad de Costa Rica

Trabajo del estudiante

<1 %

---

21	<a href="http://www.scielo.org.co">www.scielo.org.co</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://www.uttt.edu.mx">www.uttt.edu.mx</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://ciencia.lasalle.edu.co">ciencia.lasalle.edu.co</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://journals.cincader.org">journals.cincader.org</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://www.journals.cincader.org">www.journals.cincader.org</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://core.ac.uk">core.ac.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://www.engormix.com">www.engormix.com</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://www.scielo.br">www.scielo.br</a> Fuente de Internet	<1 %
31	<a href="http://dspace.ucuenca.edu.ec">dspace.ucuenca.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
32	<a href="http://www.slideshare.net">www.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %

33	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
34	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
35	repositoriotec.tec.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
36	search.scielo.org Fuente de Internet	<1 %
37	documents.mx Fuente de Internet	<1 %
38	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
39	sigla.regionlambayeque.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
40	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
41	repository.ean.edu.co Fuente de Internet	<1 %
42	www.plastico.com Fuente de Internet	<1 %
43	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
44	adapt.mx	



Fuente de Internet

<1 %

45

[repositorio.unasam.edu.pe](http://repositorio.unasam.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

46

[dspace.unitru.edu.pe](http://dspace.unitru.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

47

[revistas.unal.edu.co](http://revistas.unal.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

48

[envanature.com](http://envanature.com)

Fuente de Internet

<1 %

49

[repositorio.espe.edu.ec](http://repositorio.espe.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

50

Submitted to Institución Tecnológica  
Metropolitana de Medellín

Trabajo del estudiante

<1 %

51

[idoc.pub](http://idoc.pub)

Fuente de Internet

<1 %

52

[repositorio.ug.edu.ec](http://repositorio.ug.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

53

[repositorio.uide.edu.ec](http://repositorio.uide.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

54

[repositorio.unal.edu.co](http://repositorio.unal.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

55

[sial.segat.gob.pe](http://sial.segat.gob.pe)

Fuente de Internet

<1 %

56

[docplayer.me](http://docplayer.me)

Fuente de Internet

<1 %

57

[dspace.ups.edu.ec](http://dspace.ups.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

58

[www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co](http://www.cienciasagrarias.bogota.unal.edu.co)

Fuente de Internet

<1 %

59

[www.executivebs.org](http://www.executivebs.org)

Fuente de Internet

<1 %

60

[ausquianovi.wixsite.com](http://ausquianovi.wixsite.com)

Fuente de Internet

<1 %

61

[www.publimetro.co](http://www.publimetro.co)

Fuente de Internet

<1 %

62

[oceanfdn.org](http://oceanfdn.org)

Fuente de Internet

<1 %

63

[philpapers.org](http://philpapers.org)

Fuente de Internet

<1 %

64

Submitted to Universidad Privada del Norte

Trabajo del estudiante

<1 %

65

[repositorio.upn.edu.pe](http://repositorio.upn.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

66

SANDRA CECILIA ACOSTA DAVILA.  
"PROPIEDADES DE FILMS DE ALMIDÓN DE

<1 %

# YUCA Y GELATINA. INCORPORACION DE ACEITES ESENCIALES CON EFECTO ANTIFUNGICO.", Universitat Politecnica de Valencia, 2014

Publicación

---

67	<a href="http://mldata.ria.ch">mldata.ria.ch</a> Fuente de Internet	<1 %
68	<a href="http://prezi.com">prezi.com</a> Fuente de Internet	<1 %
69	<a href="http://repositorio.puce.edu.ec">repositorio.puce.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
70	<a href="http://repositorio.usfq.edu.ec">repositorio.usfq.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
71	<a href="http://uvadoc.uva.es">uvadoc.uva.es</a> Fuente de Internet	<1 %
72	<a href="http://worldwidescience.org">worldwidescience.org</a> Fuente de Internet	<1 %
73	<a href="http://www.researchgate.net">www.researchgate.net</a> Fuente de Internet	<1 %
74	<a href="http://www.truthquesthistory.com">www.truthquesthistory.com</a> Fuente de Internet	<1 %
75	Submitted to Escuela Nacional Superior de Arte Dramatico Trabajo del estudiante	<1 %
76	<a href="http://doku.pub">doku.pub</a> Fuente de Internet	

---

<1 %

77

[dspace.utb.edu.ec](https://dspace.utb.edu.ec)

Fuente de Internet

<1 %

78

[palestraweb.com](https://palestraweb.com)

Fuente de Internet

<1 %

79

[pesquisa.bvsalud.org](https://pesquisa.bvsalud.org)

Fuente de Internet

<1 %

80

[tesis.ipn.mx](https://tesis.ipn.mx)

Fuente de Internet

<1 %

81

[www.x-mol.com](https://www.x-mol.com)

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 10 words

Excluir bibliografía

Activo