



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de  
*Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica*  
para la obtención de bioplástico**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERA AMBIENTAL**

**AUTORAS:**

Bujahico Huertas, Karen Geanella (ORCID: 0000-0001-7132-092)

Flor Tipiana, Joselyn Dayana (ORCID: 0000-0002-0225-5504)

**ASESOR:**

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

**A Dios**, por cuidarme, guiarme y bendecirme.

**A mi madre Yolanda** por su apoyo incondicional, por nunca dejarme desistir en mis metas planteadas, por ser mi soporte emocional y haberme dado la vida.

**A mis abuelos Melanio y Alicia**, por ser los pilares de mi vida, gracias por su crianza, valores y haberme hecho la mujer que soy.

**A mi tía Matilde**, por ser mas mi amiga, a ella especialmente por el todo el apoyo brindado, por siempre creerme en mí y a toda mi familia que sabe que puedo llegar muy lejos.

**A mi Gia** hermosa, que me acompaño en todas las amanecidas y a mi mejor amigo Giampiero, por siempre impulsarme a crecer, gracias por brindarme tu hombro muchas veces cuando lo necesite, por celebrar cada logro obtenido y por tu apoyo constante.

Bujahico H.

**A Dios y a mi abuelito Alejandro**, que desde el lugar más hermoso del mundo me cuidan y guían mis pasos.

**A mis padres Rolando y Rosa**, por sus sabios consejos, por el amor incondicional y comprensión que siempre me han brindado.

**A mi esposo Jhonatan**, por su amor, paciencia y apoyo incondicional en todo momento, permitiéndome culminar con éxito el presente trabajo.

**A mi hijo Amir**, que desde su llegada soy inmensamente feliz, por su comprensión y apoyo siendo aún pequeño, porque te amo al infinito y más allá.

Flor T.

## **Agradecimiento**

A los docentes de la Universidad César Vallejo, quienes nos han brindado los conocimientos durante estos años, para poder desarrollar satisfactoriamente este trabajo.

Agradecemos enormemente al Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales por habernos orientado y guiado en este proceso, por la disposición tan amable de su tiempo para absolver cualquier duda, permitiéndonos enriquecer el trabajo y culminarlo con éxito.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	35
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	35
3.2. Variables y operacionalización .....	35
3.3. Población, muestra y muestreo .....	36
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	36
3.5. Procedimiento.....	36
3.6. Método de análisis de datos .....	64
3.7. Aspectos éticos .....	64
IV. RESULTADOS.....	65
V. DISCUSIÓN .....	81
VI. CONCLUSIONES.....	83
VII. RECOMENDACIONES .....	84
REFERENCIAS.....	85
ANEXOS .....	104
Anexo N° 1. Matriz de Consistencia .....	104
Anexo N°2. Matriz de Operacionalización de variable.....	105
Anexo N°3. Instrumentos.....	106
Anexo N°4. Validación de Instrumentos .....	109
Anexo N°5. Calibración del refractómetro y dinamómetro.....	112
Anexo N°6. Turnitin .....	120

## Índice de tablas

Tabla N°1. Georreferenciación del lugar de recojo de las muestras de plumas de pollo .....	39
Tabla N°2. Georreferenciación de la muestra de <i>Ipomoea batatas</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	40
Tabla N°3. Valores para la determinación de la densidad.....	50
Tabla N°4. Valores para cálculo de la densidad.....	51
Tabla N°5. Mediciones físicas de la formulación 1 .....	60
Tabla N°6. Mediciones físicas de la formulación 2 .....	61
Tabla N°7. Mediciones físicas de la formulación 3 .....	61
Tabla N°8. Caracterización del suelo agrícola. ....	62
Tabla N°9. Caracterización de agua de mar .....	62
Tabla N°10. Análisis cuantitativo por refractometría de plumas de pollo.....	65
Tabla N°11. Densidad de queratina de plumas de pollo (Método del Picnómetro) .....	66
Tabla N°12. Viscosidad de la queratina y del referente de agua destilada (Método de Ostwald) .....	66
Tabla N°13. Formulaciones del bioplástico .....	66
Tabla N°14. Rendimiento de almidón de <i>Ipomoea batatas</i> .....	67
Tabla N°15. Rendimiento de mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	67
Tabla N°16. Parámetros físico químico de las formulaciones .....	67
Tabla N°17. Formulación 1 Pruebas mecánicas .....	68
Tabla N°18. Formulación 1 Pruebas mecánicas .....	68
Tabla N°19. Formulación 2 Pruebas mecánicas .....	69
Tabla N°20. Formulación 2 Pruebas mecánicas .....	69
Tabla N°21. Formulación 3 Pruebas mecánicas .....	70
Tabla N°22. Formulación 3 Pruebas mecánicas .....	70
Tabla N°23. Pruebas de Normalidad de tracción .....	71
Tabla N°24. Correlación de Pearson de tracción .....	71
Tabla N°25. Análisis de varianza de tracción .....	72

Tabla N°26. Homogeneidad de varianzas de tracción .....	72
Tabla N°27. Análisis ANOVA de tracción .....	73
Tabla N°28. Análisis de Tukey de tracción.....	73
Tabla N°29. Elongación de las tres formulaciones .....	74
Tabla N°30. Prueba de normalidad de elongación .....	74
Tabla N°31. Correlación de Pearson de elongación.....	74
Tabla N°32. Comparaciones múltiples-elongación.....	75
Tabla N°33. Análisis Tukey de elongación .....	75
Tabla N°34. Estadística de la deformación en el proceso de pruebas mecánicas .....	76
Tabla N°35. Prueba de normalidad de la deformación .....	76
Tabla N°36. Correlación de Pearson de deformación .....	76
Tabla N°37. Biodegradación en suelo agrícola .....	77
Tabla N°38. Biodegradación en agua de mar .....	77
Tabla N°39. Tiempo de biodegradación en suelo agrícola (7días).....	78
Tabla N°40. Tiempo de biodegradación en suelo agrícola (14días).....	78
Tabla N°41. Tiempo de biodegradación en suelo agrícola (21días).....	78
Tabla N°42. Tiempo de biodegradación en agua de mar (7días).....	79
Tabla N°43. Tiempo de biodegradación en agua de mar (14días).....	79
Tabla N°44. Tiempo de biodegradación en agua de mar (21días).....	79

## Índice de figuras

Figura N°1. Estructura química de la amilosa .....	20
Figura N°2. Estructura química de la amilopectina.....	21
Figura N°3. Estructura de la pluma de pollo .....	22
Figura N°4. Propuesta de estructura parcial para el mucílago de <i>Opuntia ficus indica</i> .....	24
Figura N°5. Proceso general de biodegradación.....	25
Figura N°6. Estructura química de la glicerina .....	26
Figura N°7. Estructura secundaria de la queratina.....	27
Figura N°8. Estructura terciaria de la queratina .....	27
Figura N°9. Estructura cuaternaria de la queratina .....	28
Figura N°10. Viscosímetro Ostwald.....	34
Figura N°11. Etapas del trabajo de investigación.....	38
Figura N°12. Georreferenciación del lugar de recojo de las plumas de pollo ...	39
Figura N°13. Georreferenciación de <i>Ipomoea batatas</i> y <i>Opuntia ficus-indica</i> ..	40
Figura N°14. Lavado de plumas .....	41
Figura N°15. Secado de plumas con secadora manual .....	41
Figura N°16. Lavado de plumas con hipoclorito de sodio y detergente.....	42
Figura N°17. Amonio cuaternario en 6 litros de agua destilada .....	42
Figura N°18. Plumas secadas a sol .....	42
Figura N°19. Plumas secadas en horno microondas .....	42
Figura N°20. Separación de raquis y púas.....	43
Figura N°21. Licuado de raquis.....	43
Figura N°22. Método de Sulfuro de Sodio.....	43
Figura N°23. Muestras en el equipo rotacional .....	44
Figura N°24. Muestra en baño maría .....	44
Figura N°25. Adición de ácido sulfúrico.....	45
Figura N°26. Filtrado de la muestra.....	45
Figura N°27. Lectura de agua destilada .....	46
Figura N°28. Lectura de cloruro de sodio.....	47

Figura N°29. Lectura del raquis de la pluma de pollo.....	47
Figura N°30. Lectura de púas de la pluma de pollo.....	48
Figura N°31. Peso del picnómetro vacío .....	49
Figura N°32. Peso del picnómetro con agua destilada.....	49
Figura N°33. Peso del picnómetro con queratina .....	49
Figura N°34. Lectura de los tiempos de las soluciones.....	50
Figura N°35. Lavado de <i>Ipomoea batatas</i> .....	52
Figura N°36. Rayado de <i>Ipomoea batatas</i> .....	52
Figura N°37. Asentado de almidón.....	52
Figura N°38. Secado de almidón.....	53
Figura N°39. Almidón molido.....	53
Figura N°40. Cortado y licuado de la cáscara de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	54
Figura N°41. Extracción de mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	54
Figura N°42. Formulación 1 de bioplástico.....	55
Figura N°43. Formulación 2 de bioplástico.....	56
Figura N°44. Formulación 3 de bioplástico.....	57
Figura N°45. Mezcla de almidón a fuego lento.....	57
Figura N°46. Homogeneización de la mezcla .....	58
Figura N°47. Vertimiento de la mezcla en una olla a fuego lento .....	58
Figura N°48. Vertimiento de queratina .....	58
Figura N°49. Mediciones de las pruebas mecánicas del bioplástico .....	59
Figura N°50. Probetas de las 3 formulaciones .....	59
Figura N°51. Dimensión de la probeta .....	60
Figura N°52. Biodegradación del bioplástico en suelo agrícola y agua de mar .....	61
Figura N°53. Diagrama del proceso de obtención de bioplástico a partir de queratina de plumas de pollo, almidón de <i>Ipomoea Batatas</i> , y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> .....	63

## Resumen

La presente investigación tiene como objetivo obtener bioplástico a partir de la mezcla de queratina extraída de plumas de pollo, el almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica*, así como determinar las características físicas de la queratina, definir la dosis óptima, las propiedades mecánicas y la biodegradación del bioplástico. La investigación es de tipo aplicada, tiene un enfoque cuantitativo y el diseño es experimental. La extracción de la queratina se realizó mediante el método de sulfuro de sodio, ya que permite el rompimiento de los enlaces de disulfuro, que acompañado con un tratamiento con hidróxido de sodio NaOH genera la hidrólisis de la proteína, obteniendo un rendimiento del 22%, una densidad de 1,174 g/m y viscosidad de 2,5 Cp. Se realizaron 3 formulaciones con distintas proporciones de queratina, almidón y mucílago, siendo la formulación 3 la que presentó mejores propiedades mecánicas, teniendo así que la tracción del bioplástico fue de 0.429 MPa a una fuerza de 11.36 N, teniendo una deformación del 7.0278%. La biodegradación del bioplástico fue del 81,82% en suelo agrícola y 72,73% en agua de mar.

**Palabras clave:** bioplástico, queratina, almidón, mucílago

## **Abstract**

The present research aims to obtain bioplastic from the mixture of keratin extracted from chicken feathers, starch from *Ipomoea batatas*, and mucilage from *Opuntia ficus-indica*, as well as to determine the physical characteristics of keratin, to define the optimal dose, the mechanical properties and biodegradation of bioplastic. The research is applied, has a quantitative approach and the design is experimental. The extraction of the keratin was carried out using the sodium sulfide method, since it allows the breaking of the disulfide bonds, which accompanied with a treatment with sodium hydroxide NaOH generates the hydrolysis of the protein, obtaining a yield of 22%, a density of 1.174 g / m and a viscosity of 2.5 Cp. 3 formulations were made with different proportions of keratin, starch and mucilage, with formulation 3 that presented better mechanical properties, thus having the traction of the bioplastic was 0.429 MPa at a force of 11.36 N, having a deformation of 7.0278%. The biodegradation of the bioplastic was 81.82% in agricultural soil and 72.73% in seawater.

**Keywords:** bioplastic, keratin, starch, mucilage

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, los residuos sólidos se incrementan rápidamente debido a los altos niveles de vida que la población consumista ha logrado. Siendo el plástico uno de los desechos con mayor presencia y permanencia que han ido agravando la problemática ambiental, por su largo periodo de degradación al ser elaborados a partir de derivados de petróleo. Este es empleado por la gran asequibilidad de fabricarlos y la disponibilidad de adquirirlos, convirtiéndoles estos en aliados de la contaminación, ya que las personas lo desechan fácilmente por su bajo precio y estos terminan siendo un contaminante de diversos ecosistemas, como el suelo y océanos.

De este último, se sabe que la contaminación por el uso excesivo de plástico, pone en peligro la diversidad marina en todo el mundo. En el 2015, el 90% de aves marinas, ya habían ingerido plástico (MINAM). Asimismo, los investigadores de Algalita Marine Research Foundation, quienes monitoreando los océanos hallaron una gran isla de basura plástica, frente a las Costas de Perú y Chile, manifestaron que las toxinas liberadas del plástico destruyen el sistema endocrino de distintas especies, afectando su reproducción. De igual manera, tras un exhaustivo estudio encontraron que los mictofidos, peces pequeños que representan el alimento principal de varias especies marinas habían ingerido plásticos en cantidades considerables. Esto podría explicar la presencia de plástico en los organismos de las aves (Fundación Ellen MacArthur,2017).

Se estima que, por cada minuto transcurrido, se emplea 10 millones de bolsas en todo el mundo y 5 billones por año, llegando a los océanos más de 8 millones de toneladas de basura plástica cada año. (MINAM). Siguiendo este patrón de producción y consumismo, se estima que para el 2050, cerca del 99% de aves habrán consumido plástico, más de 600 especies marinas se verán afectadas, el océano tendrá más plástico que peces (Fundación Ellen MacArthur,2017).

El impacto ambiental que tendrá la creación y utilización de bioplásticos, elaborados a partir de residuos aprovechables, contribuirá a reducir los problemas ambientales, ya que al explotar el potencial que tienen estos residuos como lo son, las plumas de pollo, cáscara de camote y cáscara de fruta, se estará promoviendo y contribuyendo a mejorar el manejo de estos residuos, siendo este producto biodegradable en corto tiempo. Logrando poder reemplazar el plástico convencional por uno ecoamigable con el medio ambiente, eficiente y más económico para su elaboración.

Para el desarrollo de la siguiente investigación, se plantea el siguiente **problema general**: ¿la mezcla de queratina extraída de plumas de pollo, el almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica*, permitirá la obtención de bioplástico? También se plantean los siguientes **problemas específicos**: ¿cuáles serán las características físicas de la queratina extraída en la pluma de pollo para la obtención de bioplástico?, ¿cuál será la composición óptima de queratina de pluma de pollo, almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica*, en la elaboración del bioplástico?, ¿cuáles serán las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado mediante queratina de plumas de pollo y almidón obtenido de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica*?, ¿cuál será el porcentaje de reducción de la biodegradación del bioplástico, con queratina de pluma de pollo, almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica* en agua de mar y suelo agrícola?

Teniendo así, que la **justificación** de realizar esta investigación radica en desarrollar bioplásticos biodegradables que sustituyan o mengüen el uso de plásticos sintéticos, cuya elaboración derivada de combustible fósiles, hace de estos materiales cómplices del incremento de la contaminación ambiental, por su persistencia en los ecosistemas, al ser estos materiales no biodegradables.

Siendo los ecosistemas marinos, uno de los más perjudicados, ya que la basura plástica puede trasladarse por los ríos y océanos y acumularse en las playas, afectando la vida acuática e interfiriendo con actividades humanas de los medios fluviales y marinos. Varios estudios han demostrado que el plástico en medios

acuáticos puede adsorber y transportar en su superficie sustancias químicas, como el Tereftalato de polibutileno (PBT) y Bifenilos policlorados (PCB), contaminantes preocupantes en la cadena alimenticia, que se liberan por la descomposición del plástico, como consecuencia de la incidencia de la radiación ultravioleta y fuerzas mecánicas, siendo transferidos a los organismos cuando estos la consumen (EPA, 2015). Asimismo, el MINSA (2018), refiere que el PCB se acumula en el tejido graso, afectando gravemente a los humanos y animales y es un agente potencial de causar el cáncer.

Las consideraciones del desarrollo de investigación, tuvieron por finalidad la viabilidad del aprovechamiento de los residuos biogénicos de plumas de pollo, como los residuos de *Ipomoea batatas* y el mucílago de *Opuntia ficus-indica*, para obtener un bioplástico que es biodegradable y no ocasiona impactos en el medio ambiente, los que están propuestos en los siguientes niveles de beneficios:

En lo social, porque estos no generarían impactos de malos olores que hacen que se pierda la calidad de vida, económicamente porque su buena gestión y uso permitirá obtener ingresos a las municipalidades dándoles un valor agregado a los residuos que se generan en los mataderos de pollo. Generando el cumplimiento sanitario.

En lo ambiental, el buen manejo permitirá la conservación del suelo, aire y agua, donde se convertirá en un beneficio para obtener una buena calidad de vida humana, animal y vegetal, los que generan vectores patógenos. Como también solucionará el uso indiscriminado de los productos elaborados a base de hidrocarburos los están ocasionando un problema en el planeta por su degradación biológica que se da en muchos años.

En lo tecnológico, los avances tecnológicos se utilizó métodos viables y accesibles con la finalidad que no genere gastos ni equipos sofisticados en su elaboración.

Por lo antes mencionado, surge la necesidad de reemplazar el plástico convencional por bioplásticos, puesto que los productos que se elaboren con ellos, podrán cambiar la economía lineal a una circular, mejorando la eficiencia de los recursos, al reingresar

a la economía los residuos que se generen, convirtiéndose en elemento base para la elaboración de distintos productos. Esto debido, a que el bioplástico a generar estará elaborado de residuos orgánicos, como lo son, las plumas de pollo, almidón de camote (*Ipomoea batatas*) y mucílago de cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*), productos altamente consumidos que presentan características plásticas.

En base a ello, el **objetivo** general de la investigación es: obtener bioplástico a partir de la mezcla de queratina extraída de plumas de pollo, el almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica*, los **objetivos específicos** son: determinar las características físicas de la queratina extraída en la pluma de pollo para la obtención de bioplástico, definir la dosis óptima de queratina de pluma de pollo, almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica*, en la elaboración del bioplástico, analizar las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado mediante queratina de plumas de pollo y almidón obtenido de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica*, determinar el porcentaje de reducción de la biodegradación del bioplástico, con queratina de pluma de pollo, almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica* en agua de mar y suelo agrícola.

La **hipótesis general** de la investigación es: La mezcla de queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica* permitirá la obtención de bioplástico. Asimismo, las **hipótesis específicas** son: las características de la queratina extraída en la pluma de pollo tendrán un alto grado de relación en la obtención de bioplástico, la dosis óptima de queratina de pluma de pollo, almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica* de pluma de pollo, influirá en la mejora de las propiedades mecánicas del bioplástico, las propiedades mecánicas de la formulación 3 del bioplástico serán mejores que las otras formulaciones de bioplástico elaborado de queratina de plumas de pollo y almidón obtenido de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica*, el porcentaje de reducción de la biodegradación del bioplástico, con queratina de pluma de pollo, almidón de *Ipomoea batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica* en suelo agrícola y agua de mar será del 99%.

## II. MARCO TEÓRICO

Para la realización de esta investigación se tomaron en cuenta antecedentes internacionales, nacionales y locales que permitirán tener un mayor entendimiento del tema propuesto y nos permitirá compararlos con los resultados que se obtendrán en el presente estudio.

Para evaluar las propiedades químicas y mecánicas de los biopolímeros obtenidos del almidón de papa, Alarcón y Arroyo (2016), modificaron el almidón de papa a fin de mejorar las propiedades de este y pueda ser empleado como envase de alimentos. Para ello añadieron ácido acético (5%) modificando así el almidón extraído, logrando tener un polímero con un 38% de amilopectina y un 62% de amilosa. Además, para que la película optimice sus propiedades, a esta mezcla le agregaron Xathan y Chitosan a distintas concentraciones. Determinando que mediante este proceso se produce un mejoramiento de las propiedades del biopolímero.

De acuerdo a, Ramakrishnan et al. (2017), en su estudio, plantearon obtener bioplástico a partir de la extracción de queratina de las plumas de pollo, resaltando que estas son unas de las principales fuentes de proteínas renovables, numerosas y más baratas. Para la elaboración de la película de plástico, mezclaron la queratina extraída a distintas concentraciones de glicerol (2-10%), esta fue agitada a 60 °C durante 5 horas, con agitación magnética constante. Posteriormente las mezclas fueron vertidas en una báscula de aluminio y en el transcurso de 24 horas son secadas en un horno a 60°C. Determinando que el bioplástico con las mejores propiedades mecánicas y térmicas es el compuesto de queratina con 2% de glicerol.

El bioplástico se puede obtener a partir de almidón, que es un polisacárido sintetizado por plantas, mediante una mezcla polimérica empleando quitosano extraído del caparazón de camarones, glicerina y ácido acético, así lo señalan Cacique et al. (2017). Quienes observaron el efecto de los reactivos sobre el bioplástico, variando la dosis de glicerina entre 0-4 mL, la concentración de ácido acético y de quitosano entre 2-15% y 0-100% respectivamente. Indicando la importancia de la glicerina para que la

película sea flexible, mientras que el ácido acético le da solidez, elasticidad, y el quitosano le proporciona tiesura y grosor. Los resultados fueron favorables, ya que, evidenciaron que el bioplástico presentaba un buen color, densidad, olor y alta biodegradabilidad.

Según Sagnelli et al. (2017), en su investigación de bioplásticos totalmente naturales empleando compuestos de almidón y betaglucono, el almidón termoplástico se crea utilizando tecnologías plásticas convencionales tales como su fundición, moldeado y extrusión, recalcando que para adaptar el almidón de manera específica requiere mezclas con polímeros sintéticos como es la policaprolactona. Para la producción del bioplástico emplearon almidón de maíz, el glicerol como plastificante. Determinando que el almidón con otros polisacáridos naturales es un buen camino para la mejora de la creación de un bioplástico, mostrando menor fragilidad y una cohesión con altos valores de tensión y deformación en su rotura.

Como nos mencionan Mehdi, Turgut y Burak (2017), en su aporte sobre la degradación de bioplásticos, tiene como finalidad dar a conocer la producción extensiva del plástico convencional la cual amenaza al ecosistema ya que su tiempo de vida es muy largo. Por ello propone como alternativa de solución al bioplástico que es más ecoamigable con el medio ambiente y su tiempo de vida es más corto. Concluyen que la biodegradabilidad de plásticos se ven muy afectada por la estructura física y química del entorno donde se degradan, debido a eso juega un rol importante, también las comunidades microbianas ejercen en su degradación continua. Es un método de solución muy efectiva y costosa.

Para la creación de un envase biodegradable, LLerena y Monzón (2017), emplearon el almidón extraído del arroz, queratina de las plumas de pollo y lo fortificaron con cáscaras de mango, una vez extraída la queratina y almidón determinaron las proporciones adecuadas de estas para lograr generar el bioplástico, seguidamente fortificaron la mezcla queratina-almidón con distintas cantidades de cáscara de mango. Afirmando que 10g de cáscara de mango, 40g de almidón y 4ml de queratina son las dosis que favorecen la producción de bioplástico, asimismo le

añadieron agua destilada, ácido acético (5%) y glicerina, las primeras destruyen la amilopectina del almidón y la última realiza la función de plastificante.

La incineración de plásticos sintéticos genera problemas no solo en el ambiente sino en los seres vivos, ya que esta acción produce la liberación de gases tóxicos. Por tal razón Wahyuningtiyas y Suryanto (2018), sugirieron la elaboración de bioplástico para menguar la dependencia de los plásticos convencionales a base de combustibles fósiles. El bioplástico se realizó por medio del almidón de yuca, glicerina y fue fortificado con nanoarcilla. Determinando que el refuerzo con nanoarcilla mejoró la estructura del bioplástico, aumentando la fuerza de tracción, pasando de 5,2 MPa a 6,3 MPa y disminuyendo la absorción de agua. Asimismo, indicaron que el bioplástico se biodegradó a los 6 días.

Un desecho importante de la industria avícola son las plumas de pollo, que originan serios problemas al medio ambiente, así lo mencionan Sharma et al. (2018), quienes mediante el uso de un agente reductor (sulfuro de sodio) lograron la extracción de queratina de las plumas de pollo al cual se le adicionó celulosa microcristalina al 0,2%, glicerol al 3,5% e hidróxido de sodio a 60°C por 2 días, esto con la intención de generar una película biopolimérica. Previo a esto las plumas de pollo fueron lavadas, secadas, desengrasadas (éter de petróleo) y se les añadió CTAB para eliminar microorganismos presentes. Generando un bioplástico con fuerza de tracción de 3,62 MPa, destacando que la investigación mostró una metodología eficiente para la conversión del biomaterial de plumas en una película bioplástica que pueden ser empleadas en industrias farmacéutica, biomédica.

Los biopolímeros plásticos son una opción de sustitución de los plásticos convencionales, esto gracias a la biodegradabilidad que presentan y el bajo impacto al ecosistema, así lo señalan Villacrés, Herrera y Hernández (2018). Quienes, para la obtención de biopolímeros plásticos, emplearon derivados de furfural, el cual fue modificado en geles de pectina. Sintetizaron biopolímeros empleando pectina comercial, mezclándolo con  $\text{NH}_4\text{OH}$  (hidróxido de amonio) y glicerol. Mediante FTIR y espectroscopía ultravioleta-visible, fueron caracterizados 5 biopolímeros para su

posterior análisis. Determinaron que el bioplástico es elástico y soluble en medio acuoso.

Un residuo agrícola que difícilmente se recupera es la paja de arroz. Así lo indican Bilo et al. (2018) quienes sintetizaron bioplástico empleando este biomaterial y ácido trifluoroacético. Obteniendo un biomaterial que muestra buenas propiedades mecánicas, presentando una fuerza a la tracción de 45 MPa y 10 MPa de alargamiento a la rotura. Determinando que el bioplástico en su estado seco presenta propiedades mecánicas similares a la del poliestireno mientras que en estado húmedo es parecido al policloruro de vinilo. Demostrando que en ambos estados sea seco o húmedo el bioplástico generado evidencia un alto rendimiento de sus propiedades mecánicas. El bioplástico fue enterrado en suelo para determinar su biodegradabilidad, determinando que en 3 meses logra biodegradarse por completo.

Para la elaboración y caracterización de bioplásticos a base de camote (almidón), Dawam et al. (2019), emplearon el camote como material base para la fabricación de este. Ellos extrajeron el almidón de camote y los bioplásticos se generaron a partir de la mezcla del glicerol con almidón a distintas proporciones. Las interacciones intermoleculares y la microestructura de los bioplásticos fueron analizados mediante FTIR y SEM. La biodegradabilidad se determinó por la degradación enzimática de un hongo (*Aspergillus niger*). Destacando que las proporciones más altas empleadas de almidón - glicerol para la elaboración de bioplástico tuvieron propiedades físicas, mecánicas y de biodegradabilidad más óptimas.

Los problemas ambientales se han ido agravando por el consumo de plásticos provenientes del petróleo. Así lo señalan Bezirhan y Bilgen (2019), quienes plantearon el uso de la cáscara de papa para la fabricación de bioplástico. Centrifugaron los gránulos de cáscara y el sobrenadante fue filtrado para ser secado en un horno a 50°C, consiguiendo así el almidón. Seguidamente pesaron 13,5g de almidón adicionando vinagre (16,2ml), agua (135ml) y glicerina (10,8ml) calentando esta mezcla a 100°C y dejándola secar por 2 días al sol. Este bioplástico obtenido fue comparado con uno comercial. Encontrando que el bioplástico elaborado absorbe agua en mayor cantidad

que el bioplástico comercial, por consiguiente, no se podría usar en industrias alimenticias, pero sí como material de embalaje. Asimismo, hallaron que el bioplástico elaborado de cáscara en 28 días se biodegradó completamente mientras que no sucedió lo mismo con el bioplástico comercial.

La industria avícola genera grandes subproductos, siendo las plumas de pollo uno de los desechos que se generan con mayor cantidad, pero sola una cantidad pequeña de esta es aprovechada como fertilizante o harina. Para Tesfaye, Sithole y Ramjugernath (2017), la estructura de la pluma (púas y raquis) se puede emplear como fuente de proteína llamada queratina que pueden ser aprovechadas para convertirlas en bioproductos. Asimismo, señalan que se pueden emplear distintas tecnologías para sintetizar componentes biológicos de las plumas de pollo en productos de alto valor. Por tal razón, mencionan que las plumas de pollo son un recurso valioso e innovador que se implementa en la creación bioproductos, cabe resaltar que las industrias están aplicando a estas plumas como parte de creación de un producto sostenible.

Según Quintero, Huertas y Ortega (2017), el procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina se obtiene a través de sus proteínas que contienen polímeros, las cuales son muy eficientes para promover los enlaces intramoleculares e intermolecular haciendo de estos materiales de gran variación en sus propiedades funcionales. La queratina nata es insoluble al agua y a los solventes orgánicos, es por ello que se utilizan procedimientos químicos para obtener sus proteínas de manera líquida. Los métodos químicos que realizaron son del sulfuro de sodio y peróxido de hidrogeno para así determinar la cantidad extraída de queratina, sus características fisicoquímicas como son el pH, el índice de refracción y densidad.

Según Shavandi et al. (2017) en Queratina: disolución, extracción y aplicación biomédica dice que las plumas de pollo tienen una capacidad única para la autenticación de queratina que se puede lograr extraer dentro de sus tejidos, esto tiene un alto contenido de proteínas, las aplicaciones biomédicas en este caso son usadas como mecanismo en acción ya que cumplen roles fisiológicos de bordillos en su extracción, la extracción de estas tiene una ventaja muy limitante ya que cuentan con

impactos en su estructura y en sus propiedades. Resaltando que las plumas de pollo contienen queratina que al ser extraídas son comúnmente usada para la creación de bioplásticos ya sea en utensilios, botellas o bolsas plásticas, ya que son muy buenas al ser procesadas e incorporadas en el proceso físico de los bioplásticos.

Las propiedades estructurales, funcionales y filmógenas de la cáscara de tuna, fueron estudiadas por Gheribi, Habibi y Khwaldia (2019), quienes indican que es un valioso recurso de polisacárido de alto valor añadido, mencionando que la cáscara de *Opuntia ficus* tiene una propiedad de forma estructural y funcional de los polisacáridos extraídos. Estas son extirpadas a un 97% de carbohidratos donde se muestra la galactosa, arabinosa, xilosa y el ácido galacturónico, donde resultan los azúcares de mayor concentración. Una vez obtenido los biopolímeros la solubilidad del agua tiene una formación de espuma y emulsión, en la cual se llega a una estabilidad térmica. Por tal razón, indican que la solución de la cáscara de tuna tiene un comportamiento pseudoplástico gracias a sus propiedades y la flexibilidad que éstas poseen.

La Extracción de ADN de queratina y quitina, de acuerdo con Campos y Thomas (2019), refieren que la extracción de ADN de la queratina es muy eficaz para liberar los DTT, las proteínas de potasio y detergentes, es por ello que manifiestan que lo extraído del ADN son muy quitinosos y queratinosos, ya que estas son muy útil para la información genética de la fuente a tratar, con esto recalcan que es altamente recomendable analizar las enzimas del ADN de la queratina ya que estas van a resultar muy beneficiosas para llevar a cabo dicho proyecto o estudio que se realiza con una mejora y un resultado satisfactorio.

De acuerdo con Concetta et al. (2020), en su caracterización estacional de las propiedades nutricionales y antioxidantes del mucílago de *Opuntia ficus-indica* [(L.) Mill.] Tiene como finalidad dar a conocer los complejos de los carbohidratos tanto físicoquímicos y de industrias alimentarias, basadas a una variabilidad de composición para el medio ambiente ya que es importante para la industria. Tiene perfiles de ácidos grasos en la cual mostraron altos niveles de ácidos palmíticos, oleico y linoleico la cuales pertenecen a la clase de ácidos poliinsaturados las cuales muestran

crecimientos abundantes. Se concluye que los principales componentes ayudan a identificar los factores técnicos y nutrientes bioactivos de la calidad del ficus indica más adecuada.

El análisis de sostenibilidad ambiental de biocombustibles y bioproductos, como nos indica Dunn (2019), tiene como objetivo analizar el ciclo de vida de un producto que sea sostenible para el ecosistema, los avances con mayor crecimiento explícito en materia prima. Además, estudian los procesos de conversión de las biomasas y las tecnologías de conversión emergentes a la asignación de un bioproducto sustentable para el medio ambiente. Para finalizar indican que las materias primas son esenciales para el diseño de proceso y conservación del producto fabricado con metodologías LCA, las cuales son impulsadas a una asignación de coproductos continuos.

En los avances recientes en los enfoques sostenibles para la conversión y reutilización de desechos alimentarios en bioproductos valiosos, como mencionan Hui Suan et al. (2020), nos indican que el crecimiento de la población a nivel mundial es el problema ambiental más grande ya que somos nosotros que contaminamos nuestro planeta tierra de diversas maneras, una de ellas es cuando utilizamos utensilios descartables que están hechos de tecnopor y otros productos sumamente contaminantes y con años de vida muy largos que pueden durar de 5 años hasta los 1000 años sin poder degradarse, es por ellos que proponen un método de solución sostenible, ya que se debe a la creación de utensilios que son creados con nutrientes y sustratos de bioconservación en diversos bioproductos que se ven reflejados en los bioplásticos. Esto tiene un objetivo fundamental que es el de la bioeconomía circular dando así resultados muy beneficios para el medio ambiente y de mayor demanda en los mercados de bioproductos.

Como mencionan Scognamiglio et al. (2020) en su investigación sobre la caracterización mecánica, microestructural y térmica de las películas de almidón termoplástico a base de mucílago de Opuntia Ficus Indica, los cladodios de Opuntia son un residuo vegetal típico, del que se puede sustraer mucílago a modo de gel. El proceso de post maceración mecánica concluyó ser el más efectivo, no solo para el

rendimiento de la extracción, sino además para obtener una enorme deformación de las muestras con respecto a la permitida por las cintas de almidones termoplástico puro. Observaron un efecto de plastificación importante. Sin embargo, señalan que el comportamiento mecánico todavía no es enteramente satisfactorio, y el efecto esperado de las sales de calcio y magnesio contenidas en el mucílago para mejorar la rigidez de la cinta de almidones termoplásticos no se reveló realmente. Señalando que las mejoras previstas se relacionarían con el proceso de creación y la búsqueda de otros posibles procedimientos de carga y geometrías de muestra.

Según Senem et al. (2020), en su revisión de producción de bioplásticos a partir de microalgas mencionan que son nuevas oportunidades para explorar y mejorar nuestro medio, manifestando que su objetivo fundamental es dar a conocer las tecnologías de producción de un bioplástico con especies de microalgas y ver la optimización en las áreas de proceso y en su aplicación de estas en las pruebas mecánicas. Indicando que al realizar las pruebas de estos bioplásticos estas no tienen un rendimiento adecuado, debido a la baja consistencia de creación por ello indican que se emplea aditivos como plastificantes, compatibilizantes y diversos productos químicos para mejorar la calidad del bioplástico. Según la revisión de la literatura realizada en esta investigación, aún existe la necesidad de un mayor desarrollo de los procesos de producción de bioplásticos a partir de microalgas para superar los problemas de viabilidad económica en implementaciones a escala industrial, lo que impide un uso más amplio de productos bioplásticos de microalgas en el mercado.

Cómo nos mencionan Isobe, Shirasawa y Hirakawa (2019) en el estado actual de la secuenciación y análisis del genoma completo de *Ipomoea* spp., cuentan con 90 cromosomas diploides de *Ipomoea* batatas que hacen un mayor porcentaje de aparición en la creación de sus ADN progenitores, es allí donde se verifican al mejor gen para el uso del almidón. Tiene como finalidad un desarrollo enfocado a la bioinformación llevando así un recurso de transcripción del genoma públicamente con secuencias de disección en el gen de la batata, la cual cuenta con una serie de batatas que son *I. Trífida*, *I. Triloba* para su clasificación del gen en el ADN.

El desempeño ambiental de los plásticos de base biológica y biodegradables: el camino por delante, como nos dicen Lambert y Wagner (2017), que se denomina fuentes verdes a los bioplásticos ya que estos son fuentes renovables. Por lo que se dice que son fuentes de renovación en la degradación de estos ya que contiene polímeros naturales del ambiente, por ello es necesario evaluar las innovaciones de rendimientos de polímeros que se van dando con mayor frecuencia en el mundo, ya que estos buscan ser sustentables para el ecosistema especialmente en condiciones ambientales y en gestión de residuos llegando así a la liberación no deseada de los plásticos.

Como nos menciona Sánchez (2017), en su comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote mezclado con agua destilada, ácido acético y glicerina, en las pruebas mecánicas realizadas determinó que la fuerza de elongación de los bioplásticos producidos por el almidón de camote tuvo un valor de  $18,67 \pm 6,17$  %, siendo este el de mayor fuerza en su elongación, mientras que el producido por el almidón de la papa tuvo un valor de  $18,85 \pm 2,50$  %. Además, determinó la fuerza tracción de los bioplásticos teniendo así un valor de  $0,148 \pm 0,92$  MPa y la fuerza de elongación de  $18,67 \pm 6,17$  de los bioplásticos obtenidos por el almidón de camote, por ello concluyó que estos valores no son mayores a lo de un polietileno de baja densidad cuyo valor es  $6,98 \pm 0,095$  MPa y la fuerza de elongación es de  $51,25 \pm 0,95$  %.

Como nos indica Bomou et al. (2017) en la degradación y regeneración de la queratina de las plumas en solución NMMO (N- oxido N- metilmorfolina) utilizaron estas soluciones para la extracción de queratina de las plumas de pollo, la oxidación de estas tuvo un efecto de enlaces disulfuros que formaron una estructura tridimensional de la queratina, indicando que el peso de desecho de las plumas pierde su peso de valor real a un 75% obteniéndose así solo el 25,3% de estas para la obtención de queratina. Por tal razón manifiestan que la utilización de estas comprende una parte importante en el mecanismo y la regeneración de la queratina.

Según Endres (2019), dice que los bioplásticos se han desarrollado en aumento en estos últimos años ya que están hechos de materiales de polímeros y cada vez son más innovadores en el mercado de los plásticos. Como se sabe los bioplásticos están hechos de materiales de plásticos utilizados, es así donde hacemos el reciclaje de estos para luego transformarlos y sean menos contaminantes para el medio ambiente. Por la cual recomiendan que todos los plásticos sean transferidos a bioplásticos para así aumentar su rendimiento, su material y penetración de estos y sea un impulso grande en los mercados.

En cuanto a Meza, Quipuzco y Meza (2019), plantearon generar bioplásticos mediante almidón de papa y determinar su biodegradación. En primera instancia procedieron a la extracción del almidón y se mezcló con 3% de metabisulfito de sodio, proporcionando una considerable cantidad de almidón. Luego procedieron a la generación de bioplástico, a través de la hidrólisis química, la adición de agua y glicerol. Por último, emplearon compost como vía para determinar la biodegradabilidad del bioplástico. Precizando que el bioplástico que presenta mayor fuerza de tracción es el compuesto por 60ml de agua destilada, 3 ml de  $\text{CH}_3\text{COOH}$  (ácido acético), 10 gramos de almidón y 3ml de  $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$  (glicerol).

Como señalan Dick et al. (2019) en su trabajo de la valorización sobre el rendimiento físico, químico y funcional para obtener un mucílago con características hidrocoloides. Determinaron que el rendimiento de la extracción el mucilago fue un 12% la cual consistió en 80,12% de carbohidratos, 15,14% de cenizas, 3,55% de proteínas y 1,19% de lípidos, teniendo una viscosidad intrínseca de 9,02 dL/g. Destacando una buena capacidad de formación de espuma, aunque su estabilidad de espuma se ve afectada con el tiempo. Además, su mezcla con ovoalbúmina otorgó como consecuencia una optimización de la función de formación de espuma y una estabilidad de la espuma de forma notable más grande comparativamente con la ovoalbúmina sola. Dichos resultados respaldan que el mucílago de *O. monacantha* puede hallar aplicaciones potencialmente útiles en los sistemas alimentarios, especialmente como agente emulsionante, espumante y espesante.

Debido a la cantidad limitada de recursos fósiles Samer et al. (2019), señalan que no se puede depender de los petroplásticos y que estos deben ser sustituidos por plásticos de origen biológico. Por tal motivo decidieron emplear el almidón de la cáscara de papa y algunos aditivos como vinagre, agua, glicerina y colorantes a distintas concentraciones para la producción de bioplástico. Encontrando una gama de bioplásticos con distintas propiedades como dureza, textura y coherencia. Determinando que mientras mayor es la cantidad de glicerina empleada, el bioplástico es más flexible y resiste el esfuerzo de compresión de 0,5 MPa y viceversa cuando menor es la cantidad de glicerina, el bioplástico es duro y resiste el esfuerzo de compresión de 1,1 MPa.

El plástico al ser desechado en sus diferentes formas se ha vuelto una amenaza para los ecosistemas, así lo comentan Amin, Chowdhury y Kowser (2019) quienes sintetizaron bioplásticos mediante nanopartículas de dióxido de titanio y almidón de maíz, biomaterial que puede ser desechado sencillamente, reduciendo la contaminación ambiental. El bioplástico se generó en base de almidón, glicerol, vinagre y dióxido de titanio. De la adición de este último determinaron que los bioplásticos mejoraron la resistencia a la tracción pasando de 3.55 a 3.95 MPa, pero aminoró el alargamiento del 88% al 62%. Siendo estos productos una alternativa para reemplazar los plásticos convencionales por su gran biodegradabilidad, reduciendo así la dependencia de los polímeros derivados de petróleo.

La soja es ampliamente cultivada en todo el mundo para la producción de aceite, la parte desengrasada para el consumo humano y animal y el resto es desechado. Por tal razón Yamada et al. (2020) decidieron aprovechar estos residuos. La proteína de soja es compactada en gránulos que son sumergidos en formaldehído (0-37%), pasada las 24 horas son enjuagadas y secadas al sol por 12 horas para luego ser calentadas a 80°C por 2 horas. Determinando que el bioplástico elaborado en una disolución acuosa de formaldehído al 1% mostró la mayor resistencia de flexión, siendo este de 35 MPa igual que presenta el polietileno comercial. Por otro lado, indicaron que la biodegradabilidad se dio mediante el uso de enzimas preteolíticas, mostrando una pérdida del 30% de peso en un periodo de 6 días.

Dado que hoy en día, se ve la necesidad de crear materiales alternativos para que sustituyan los plásticos convencionales, López et al. (2020), emplearon un consorcio de microalgas que se cultivaron y recogieron de una planta de tratamiento para generar materiales amigables con el medio ambiente. Utilizando distintas cantidades de microalgas y glicerol, obtuvieron bioplásticos a través de moldeo por inyección. Siendo estos caracterizados por medio del análisis térmico mecánico dinámico, fuerza de tracción e inmersión en agua. Los resultados mostraron que mientras mayor era la cantidad de biomasa empleada, mejores eran las propiedades mecánicas de los bioplásticos, independientemente del origen de la biomasa. Destacando el potencial de las microalgas para la producción de bioplásticos.

Para mostrar un método ecológico en la síntesis de películas bioplásticas, como nos indica Liu et al. (2020), emplearon un subproducto de la elaboración del té. Utilizaron agua, ácido cítrico y residuos de té obteniendo así los bioplásticos, indicando ser una técnica sencilla, que no genera desperdicios y su proceso conlleva tiempos breves. Para la caracterización de las propiedades químicas del bioplástico emplearon el espectrómetro de electrones fotoemitidos y espectrometría de masas y para las propiedades mecánicas realizaron ensayos de tracción y microscopía electrónica de barrido. Determinando que el ácido cítrico actuó como plastificante higroscópico y la resistencia a la tracción de 6,16 MPa.

Debido a la gran preocupación que genera la recalcitrante degradación y la mala disposición final de los plásticos, Zhang et al. (2020) proponen realizar de manera sencilla y sostenible una película bioplástica a base de *Spirulina*, microalgas que presentan elevado contenido de sal. Determinando que las películas bioplásticas en medios alcalinos con 35% de polialcohol de vinilo alcanzaron una fuerza de tracción de 22 MPa, mientras que en medios ácidos lograron un 77% de elongación a la rotura. Asimismo, señalan que las sales inorgánicas presentes en las microalgas actuarían como relleno en medios alcalinos y en medios ácidos actuarían como reticulantes, optimizando la viabilidad de la investigación. Concluyendo ser un trabajo prometedor para la generación de bioplástico empleando residuos ecológicos que permitirán la reducción de la contaminación de los plásticos.

El plástico es una amenaza para los ecosistemas al ser estos no biodegradables. Por tal motivo, es necesario la creación de un material biodegradable, así lo menciona Rizwana et al. (2020) quienes a partir de la premisa sintetizaron bioplástico empleando cáscara de plátano y fécula de papa. El bioplástico elaborado tanto de la fécula como de la cáscara demostraron ser solubles en alcohol etílico, acetona, ácido acético, ácido sulfúrico, medianamente soluble en amoníaco e insoluble en agua. También demostraron que no hubo cambios significativos cuando los bioplásticos fueron sumergidos en metanol y cloroformo. Demostrando que tiene propiedades apropiadas como la insolubilidad al agua o la poca o nula congestión que presentan estos bioplásticos haciendo viable su comercialización.

La extracción de queratina de biomateriales de desecho como los son las plumas de pollo hacen favorables su beneficio. Así lo hacen saber Khumalo, Sithole y Tesfaye (2020), quienes extrajeron químicamente esta proteína empleando agentes reductores (dodecilsulfato de sodio, bisulfito de sodio y urea), almacenando la queratina extraída a 4°C para su posterior uso. Realizaron 29 experimentos con la finalidad de estudiar las consecuencias que tienen las variables independientes con el objetivo de optimizar el proceso de extracción de queratina. Determinando que el factor con mayor influencia en la extracción de queratina fue la temperatura y el más insignificante fue la concentración de dodecilsulfato de sodio.

La degradación del plástico derivado de combustibles fósiles es un gran reto por afrontar, como nos señala Listyarini et al. (2020), quienes propusieron la creación de bioplástico a base de cáscara de la fruta del dragón. La cáscara lavada, secada y licuada le añaden agua destilada y ácido clorhídrico para alcanzar pH 2, calentándolo a 50°C por una hora, luego es filtrado y le adicionaron 150ml de etanol. Seguidamente la mezcla es centrifugada precipitando la pectina que es secada para su trituración. Para la elaboración de bioplástico realizaron 2 experimentos en la primera utilizaron 0,23g de pectina, 4,5ml de agua destilada e hidróxido de sodio 1M y a la segunda se empleó lo antes mencionado añadiendo 0,5ml de etilenglicol, ambas se secaron a 50°C durante 2 horas. Determinando que el contenido de humedad de la primera mezcla es de 5,71 al 12% y la segunda mezcla es de 2,86 al 5,71%.

La relación entre la biodegradación de un bioplástico elaborado a partir de almidón de yuca y quitosano fue de gran interés para Syuhada, Sofa y Sedyadi (2020), quienes se enfocaron en comprender la biodegradabilidad del bioplástico fabricado en agua de río y suelo. Emplearon distintas variaciones de quitosano (45-30ml) y almidón (5-20ml). Los resultados del estudio determinaron que el bioplástico con mejores propiedades mecánicas se produjeron con 5ml de almidón de yuca y 45ml de quitosano, teniendo una fuerza de tracción de 49,93 MPa, resistencia al agua de 45,03%, alargamiento de 3,068%. La biodegradación se determinó mediante la disminución de la masa del bioplástico, teniendo así que en suelo llegó a biodegradarse hasta un 63% y en agua de río en un 54%.

Los plásticos de origen biológico para Mostafa et al. (2020) es una alternativa ecológica para la sustitución del plástico sintético. Por tal razón, mediante el empleo de un colorante identificaron bacterias en agua de mar productoras de poli-3-hidroxi-butirato (PHB). Teniendo así, que, dentro de las 56 bacterias aisladas, *Pseudomonas xiamenensis* fue la que produjo la mayor cantidad de PHB. La producción de PHB por esta bacteria se obtuvo mediante incubación por 4 días, a 35°C, pH de 7,5 en presencia de cloruro de sodio y la peptona como fuente de nitrógeno. Bajo las condiciones descritas determinaron la producción máxima de PHB, siendo de 15,54 g/L. Destacando que su hallazgo es el primer estudio sobre la generación de bioplástico por la bacteria *P. xiamenensis*.

Una correcta selección del plastificante a emplear en la elaboración de materiales plásticos es una parte importante para alcanzar las propiedades físicas y termomecánicas deseadas del producto final, así lo señalan Aguilar et al. (2020), quienes evaluaron la influencia de 4 polioles sobre las propiedades del bioplástico a base de proteína de soja, obtenido como un subproducto de la industria del aceite de soja. Se determinó que el bioplástico con el poliol trietilenglicol era oscuro, quebradizo y una alta capacidad de absorción de agua, mientras que el bioplástico de etilenglicol eran transparentes, dúctiles y de baja capacidad de absorción. Asimismo, determinaron que el trietilenglicol y el glicerol fueron los únicos que después de 9 días

a 50°C permanecieron en el bioplástico, mientras que el etilenglicol y dietilenglicol se volatilizaron causando un envejecimiento en el bioplástico.

Algunos alcances teóricos se describen a continuación, que servirán de sustento para el desarrollo del proyecto.

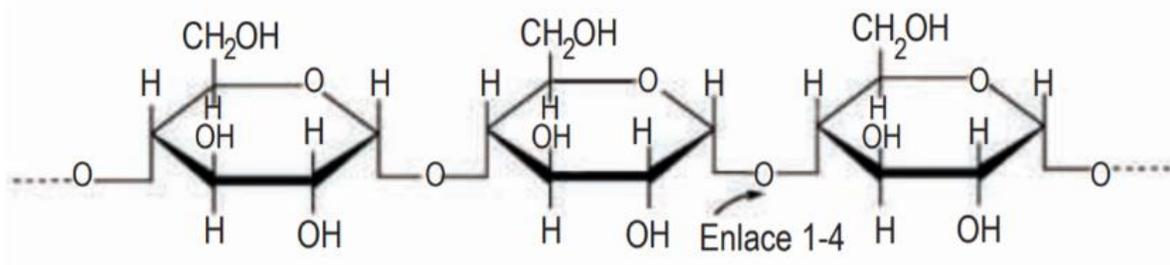
El **plástico**, según nos señala Rhodes Christopher (2018), es un contaminante nocivo para la salud humana, animal y ambiental. Dado que existen muchas toneladas de plásticos en los océanos, botaderos informales y rellenos sanitarios superficiales creados por las municipalidades. Sabemos que el plástico está comprendido de un material de resinas y otras sustancias tóxicas, es así como para moldearlo se necesita colocarlo a altas temperaturas, estas permiten una flexibilidad y elasticidad de deformación. Sin embargo, este material no es fácil de reciclar, llegando así a contaminar el medio ambiente durante miles de años.

El **bioplástico**, de acuerdo con Fai et al. (2019), son preparaciones de materias primas de pretratamientos realizados que proporcionan una modificación química y física dando así perspectiva de valoración de los residuos sólidos. Los bioplásticos son productos tratados para una sostenibilidad el ecosistema y así estas duren poco tiempo de lo que realmente dura un plástico, se trata de buscar soluciones ambientalmente sostenibles para nuestra biodiversidad y contra un mundo menos contaminado de plástico.

El **almidón**, de acuerdo con Ma y Boye (2018), es una capa de enzima formada por regiones cristalinas en algunos alimentos que generan varias condiciones de procesamientos resultantes de su estructura lineal y ramificada ya que es un polisacárido glucano. El almidón conserva la energía del vegetal y se localiza en las raíces de los tubérculos, semillas y frutas, ya que cuenta con propiedades y características funcionales del polisacárido. Ante ello los materiales creados con almidón es muy beneficioso al medio ambiente, gracias a su estructura ramificada al azar y su alta viscosidad cohesiva y filamentosa que posee para la degradación en los procesos de experimento haciendo las modificaciones rigurosas en ella.

El **almidón** está formado por 2 componentes, la amilosa y amilopectina, macromoléculas que se caracterizan por el grado de ramificación o polimerización que influyen en el proceso de degradación (Aristizábal, Sanchez y Mejía, 2007).

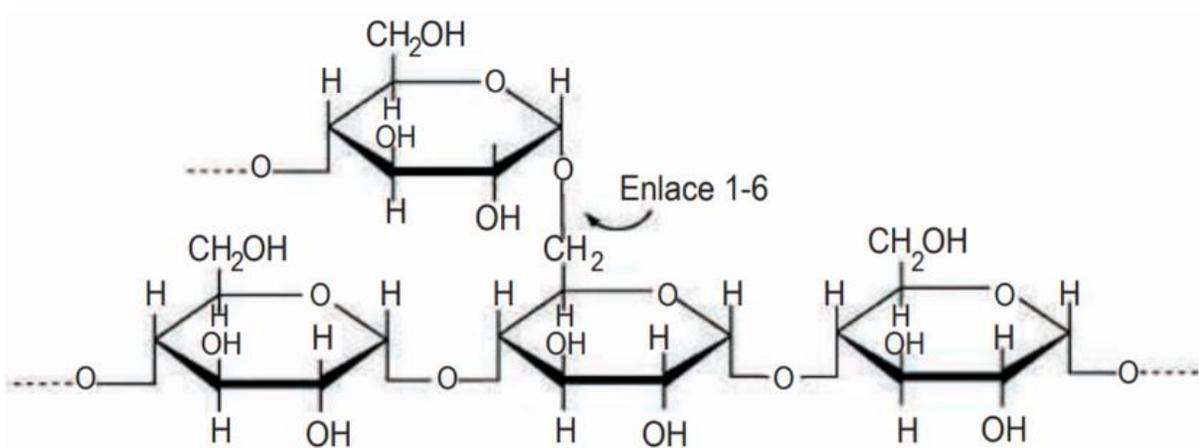
La **amilosa** es un polímero lineal formado por moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4), el número de unidades oscila entre 1000 unidades de glucosa por molécula de amilosa y tiene forma de espiral. La estructura lineal de la amilosa favorece la formación de películas fuertes (Aristizábal, Sanchez y Mejía, 2007) (véase en la Fig.N°1)



Fuente: Aristizábal, Sanchez y Mejía, 2007

**Figura N°1.** Estructura química de la amilosa

La **amilopectina** es un polímero ramificado que consta de cadenas lineales formadas por 15-35 moléculas de glucosa unidas por enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4). Estas cadenas están unidas entre ellas por enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6) que forman los puntos de ramificación. La amilopectina tiene 5-6 % de enlaces  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 6) y está constituida de alrededor de 100 000 moléculas de glucosa (Aristizábal, Sanchez y Mejía, 2007) (véase en la Fig. N°2). Por otro lado, Hernández et al. (2006), manifiestan que a mayor contenido de amilopectina aumenta el hinchamiento de los almidones y se producen geles más elásticos.



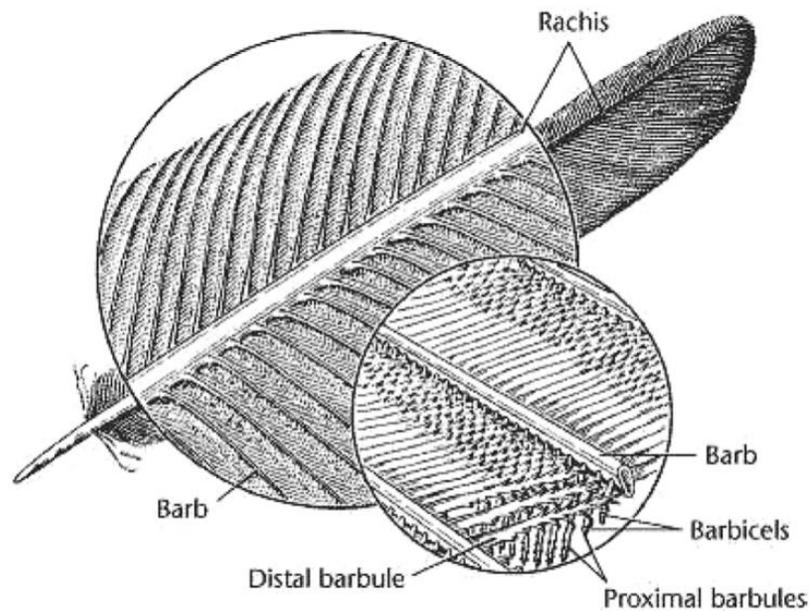
Fuente: Aristizábal, Sanchez y Mejía, 2007

**Figura N°2.** Estructura química de la amilopectina

El **micro plástico**, como nos mencionan Wright y Kelly (2017), son contaminantes de gran preocupación a nivel mundial, como se sabe esto afecta a la salud humana de manera paulatina ya que contienen grandes partículas químicas y microbianas. Estas al ser inhaladas se localizan en los pulmones afectando nuestras vías respiratorias y produciendo enfermedades crónicas. Los microplásticos son pequeñas proporciones de partículas de plásticos que permanecen en el aire, cabe recalcar que estas partículas no son visibles ya que su tamaño no lo permite y que solo se visualizan a través de microscopios, es por ellos que estas partículas y nanopartículas se alojan comúnmente en nuestros pulmones provocándonos ciertas enfermedades respiratorias.

Las **plumas de pollo**, tienen una variedad de funciones que incluyen vuelo, camuflaje, cortejo, aislamiento térmico y resistencia al agua. Las plumas se forman a partir de folículos en la epidermis que son reemplazados periódicamente por la muda (Mckittrick et al., 2012). Además, Tesfaye et al. (2017) señalan que las plumas están compuestas de raquis, barbas y púa. De este último indican que se encuentra en el grupo de fibras elásticas mientras que el raquis se incluye en el grupo de fibras rígidas. Teniendo así que la flexibilidad de las púas para doblarse, proporcionará buena resistencia, cohesión y capacidad de hilado de hilos y tejidos elaborados con ellas.

Asimismo, indican que las plumas tienen la capacidad de absorber la humedad del ambiente, teniendo implicaciones importantes para el procesamiento, almacenamiento, transporte y durabilidad de los materiales compuestos por las plumas, ya que la humedad puede influenciar el peso de los productos o deteriorarlos. Además, destacan que las plumas pueden ser provechosos en industrias como construcción, aeroespacial, automotriz y plásticos (véase la Fig. N°3)



Fuente: Tesfaye et al. (2017)

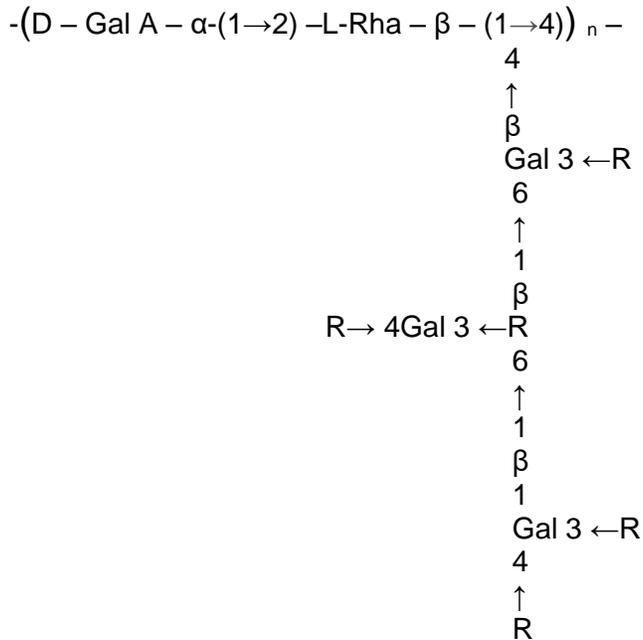
**Figura N°3.** Estructura de la pluma de pollo

***Ipomoea batatas***, de acuerdo a Hongxia Wang (2019), en el cultivo de camote existen dos genes de vía biosintética del almidón que son IbGBSSI está codifica la sintasa del gránulo de almidón e IbSBEII, esta otra codifica a la enzima ramificadora del almidón, ambas se transforman en vectores binarios para las delimitaciones de nucleótidos con una conductividad de aminoácidos en las líneas transgénicas de ambas, con un resultado de mejoramiento en los almidones de *Ipomoea Batatas*. Cabe

resaltar que en el Perú existen 400 variedades de camotes que pertenecen a la familia Convolvulácea que tienen dos hojas en su planta. El camote es muy beneficioso ya que contiene vitamina A, vitamina C y vitamina B6, estas con enzimas antioxidantes. Es por ello que decidimos al usar el almidón de camote pasteurizamos al plástico haciéndolo más biodegradable por su alto contenido de enzimas, ácidos y entre otros.

El **mucílago de *Opuntia ficus-indica***, como nos indica Jiménez (2014), es un hidrocoloide natural que se extrae de las plantas. Sustancia espesa y gomosa que le da la capacidad al cactus de almacenar gran cantidad de agua y al entrar en contacto con este tiende a hincharse similares a las propiedades tensoactivas de diversas gomas naturales.

De acuerdo a Sáenz, Sepúlveda y Matsuhira, 2004 (como se citó en McGarvie y Parolis, 1981) indicaron que el mucílago contiene cantidades variables de l-arabinosa, D-galactosa l-ramnosa, y D-xilosa, como los principales azúcares neutros. La presencia de D-También está indicado el ácido galacturónico. El mucílago de *Opuntia ficus indica* se compone de 24,6 a 42% de arabinosa; 21-40,1% de galactosa; 8-12,7% de ácido galacturónico; 7-13,1% de ramnosa y 22-22,2% de xilosa. La estructura describe la molécula como una cadena central repetida lineal de (1-4) enlazada  $\alpha$ -D-ácido galacturónico y (1-2) ligado  $\beta$ -L-ramnosa con cadenas laterales de (1-6)  $\beta$ -D-galactosa unida a O-4 de residuos de ramnosa. Los residuos de galactosa presentan sustituyentes en las posiciones O-3, o doble sustitución en O-3 y O-4 (véase la Fig. N°4).



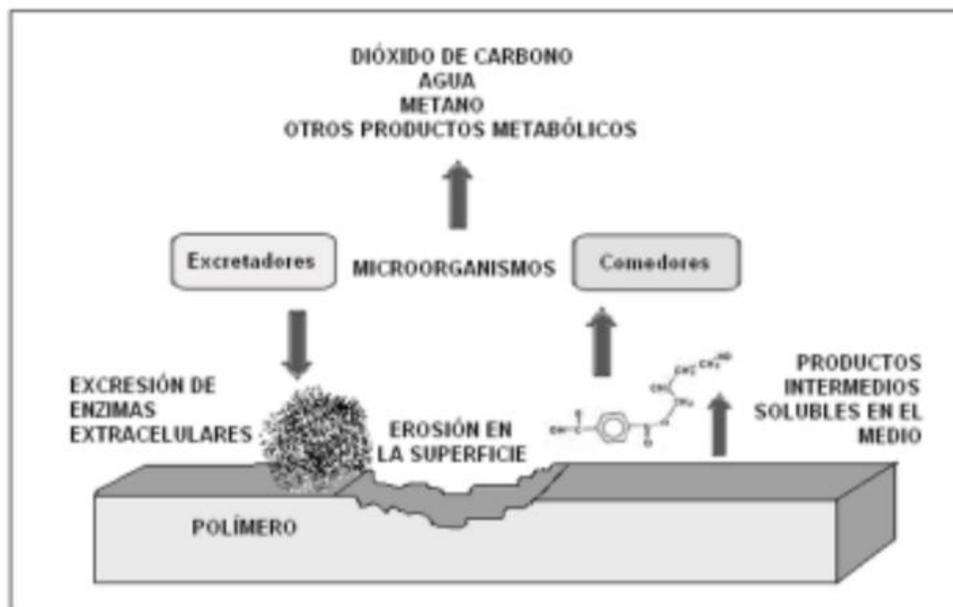
R= arabinose or xylose

Fuente: Sáenz, Sepúlveda y Matsuhira, 2004

**Figura N°4.** Propuesta de estructura parcial para el mucílago de *Opuntia ficus indica*

**La tensión y flexión**, como nos mencionan Navia, Villada y Ayala (2013), se realizan las pruebas de tensión para determinar el moldeado por comprensión sin adición de fibra obteniéndose así valores promedios de 1,1 MPa y 264 MPa, estos resultados también pueden variar dependiendo el uso de cáscaras a utilizar. Nos recalca que la flexión comprende de un comportamiento mayor a que se realizan ensayos de flexión para determinar las variables y errores. Es por ello que se dice que la tensión es la acción de las fuerzas opuestas que están sometidas los cuerpos, y la flexión es la deformación de los cuerpos estructurales que ya sean alargadas, anchas, angostas, etc.

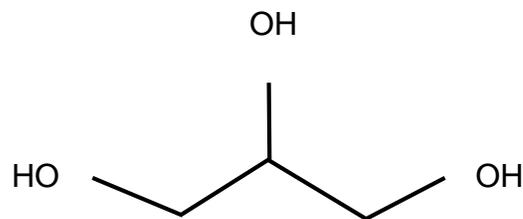
La **biodegradación**, para Raddadi y Fava (2019), la biodegradación es la descomposición de sustancias químicas de los organismos y microorganismos, la cual se caracterizan por tener energías metabólicas, en este caso las sustancias químicas inorgánica pasan por procesos físicos en su estructura para su degradación. Es por ello que indican que la biodegradación es un método más sostenible y accesible. Asimismo, Valero-Valdivieso, Ortegón y Uscategui (2013), señalan que en la industria de los polímeros hacen mención al ataque de organismos naturales a estos materiales, proceso mediante el cual el polímero se desintegra en pequeños fragmentos ocasionando la ruptura de enlaces en su cadena principal. Siendo un proceso complejo por ser insoluble en agua, los organismos naturales no pueden transportar el material polimérico a sus células donde la mayoría de procesos bioquímicos tienen lugar, por lo que inician excretando enzimas extracelulares que depolimerizan el material fuera de las células (véase la Fig. N°5). Teniendo agua, dióxido de carbono, metano (biodegradación anaerobia) y materia orgánica, como productos finales del proceso metabólico de estos.



Fuente: Valero-Valdivieso, Ortegón y Uscategui, 2013

**Figura N°5.** Proceso general de biodegradación

La **glicerina** es un alcohol con un grupo de hidroxilo, estos les permiten ser soluble en agua, pero no en aceites. Es un líquido espeso, de sabor dulce, neutro que al enfriarse se vuelve gelatinoso, con un punto de ebullición alto. Asimismo, varios productos se disuelven en glicerina con mayor facilidad en agua, convirtiéndole en un buen disolvente (Romero et al., 2012) (véase la Fig. N°6)



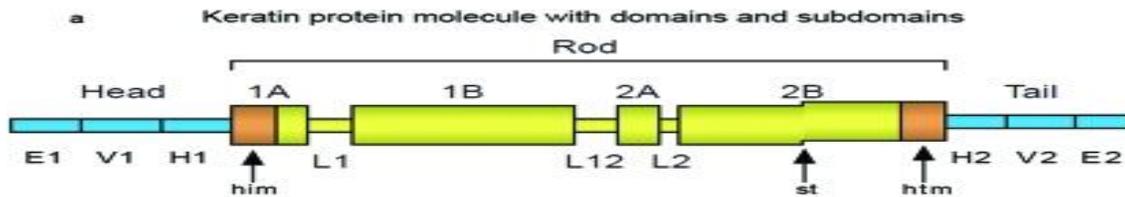
Fuente: Romero et al., 2012

**Figura N°6.** Estructura química de la glicerina

La **queratina**, de acuerdo con Shavandi et al. (2017), tiene cierta capacidad inherente para facilitar la adhesión celular, la proliferación y la regeneración del tejido, por lo que los biomateriales de queratina pueden proporcionar una matriz biocompatible para el recrecimiento y la regeneración del tejido defectuoso. Siendo el cabello, la uña, la lana, las plumas, los cuernos y las pezuñas productos biológicos que contienen proteínas, con una estructura fibrosa, ricos en azufre y son de material quitinosos. El proceso de disolución y extracción de la queratina es difícil, dado que contiene aminoácidos, la queratina se puede adaptar y ajustar con precisión para satisfacer los requisitos exactos de degradación.

La **estructura primaria de la queratina**, se caracteriza por una cadena de aminoácidos que puede variar en el número y secuencia, así como en carga, tamaño y polaridad. Las propiedades y funciones de la queratina son influenciados por la secuencia de aminoácidos. Asimismo, la posición de un aminoácido específico dentro de la cadena de aminoácidos influye en toda la arquitectura tridimensional de la molécula de queratina (Bragulla y Homberger, 2009).

La **estructura secundaria de la queratina**, se dividen en tres partes, el dominio de la cabeza, el dominio de la barra en el centro y el dominio de la cola. Estos a su vez se dividen en subdominios. Tanto dominios como subdominios están determinados por la secuencia de aminoácidos de la queratina y tienen distintas funciones en la unión de queratinas y filamentos de queratina a complejos de adhesión celular o moléculas de señalización (Bragulla y Homberger, 2009) (véase la Fig.Nº7)



Fuente: Bragulla y Homberger, 2009.

**Figura Nº7.** Estructura secundaria de la queratina

Representación esquemática de la estructura secundaria de una molécula de queratina (a), el heterodímero (b) y los diferentes modos de alineación de heterodímeros para formar tetrámeros (c). El dominio principal de una molécula de queratina consta de tres subdominios, es decir, el subdominio final (E1), el subdominio variable (V1) en el medio y el subdominio homólogo (H1) (Bragulla y Homberger, 2009).

La **estructura terciaria de la queratina** es un heterodímero que está formado por los dominios de barra de una queratina ácida y una básica en orientación paralela. Los heterodímeros de las queratinas aún son solubles en el citoplasma, pero esta solubilidad depende del tipo de queratina y de las características fisicoquímicas del citoplasma (véase la Fig.Nº8)



Fuente: Bragulla y Homberger, 2009.

**Figura Nº8.** Estructura terciaria de la queratina

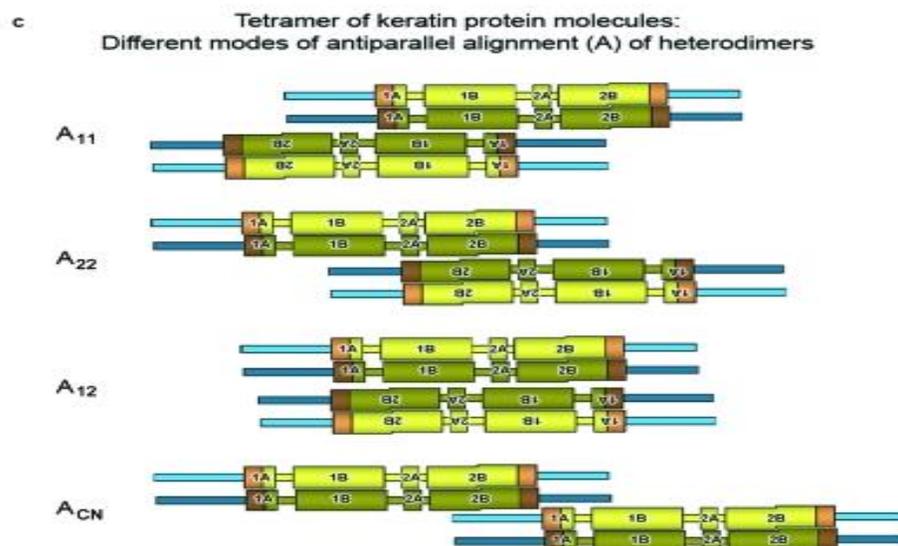
La **estructura cuaternaria de la queratina**, se caracterizan por la capacidad de formar filamentos de queratina con una estructura cuaternaria compleja, incluyendo la formación de un tetrámero. Hay 4 modos para la formación de tetrámeros:

**A 11** (alineación de los subdominios  $\alpha$ -helicoidales 1 de los dominios de barras adyacentes),

**A 22** (alineación de los subdominios  $\alpha$ -helicoidales 2 de los dominios de barras adyacentes),

**A 12** (alineación del subdominio  $\alpha$ -helicoidal 1 subdominio 2 de un dominio de barra adyacente) y

**A CN** (conexión entre el extremo de cola, es decir, el C-terminal, de un dominio de barra y el extremo de cabeza, es decir, N-terminal, de otro dominio de barra) (véase la Fig.Nº9)

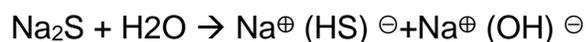


Fuente: Bragulla y Homberger, 2009.

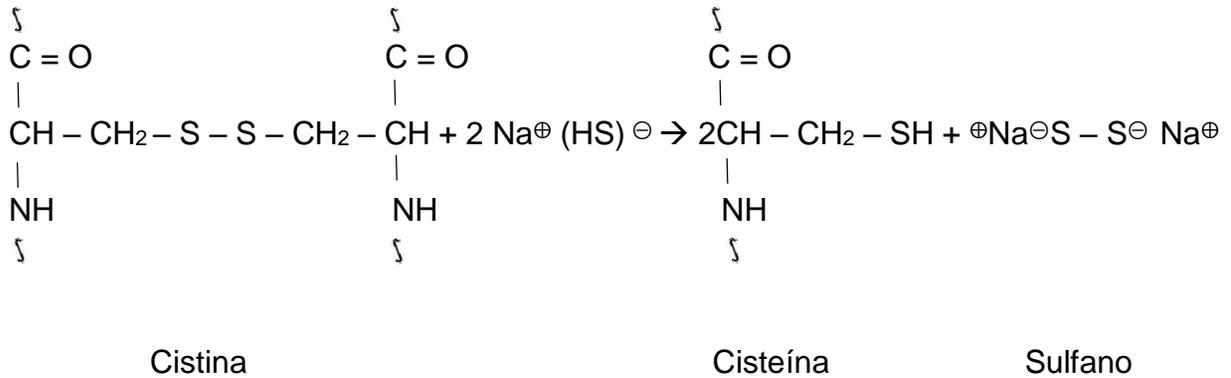
**Figura N°9.** Estructura cuaternaria de la queratina

**Reducción de la queratina con sulfuro de sodio**, con el Na<sub>2</sub>S se favorece la degradación de la queratina, mediante las siguientes reacciones consecutivas:

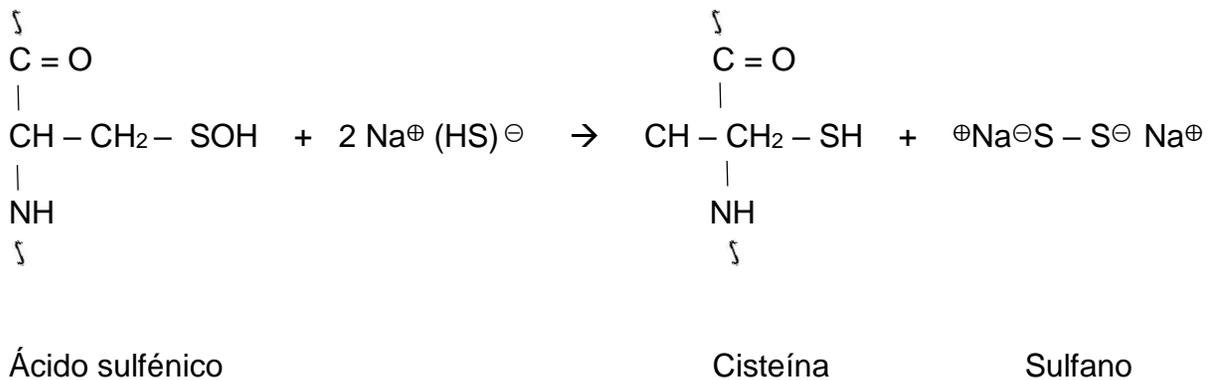
Cuando el Na<sub>2</sub>S se disuelve en agua, se produce el NaHS y el medio es básico.



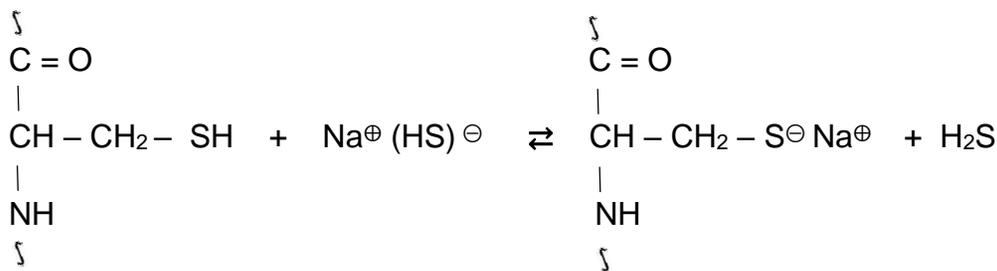
El NaHS reduce la cistina a cisteína.



También el NaHS reduce a los ácidos sulfénicos, ayudando a la hidrólisis.

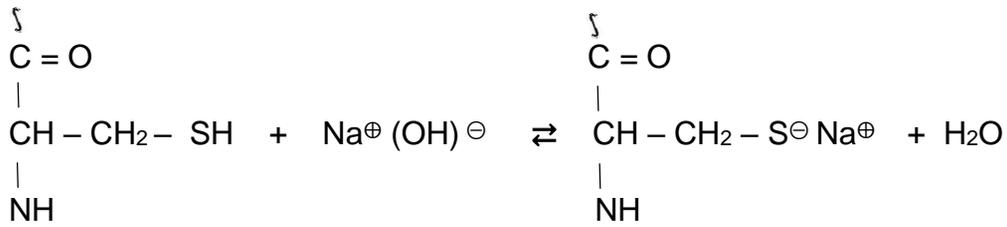


El NaHS propicia al equilibrio siguiente, pero como el H<sub>2</sub>S es gas y sale del sistema, el equilibrio se desplaza hacia la derecha, produciendo un mayor gasto del NaHS.

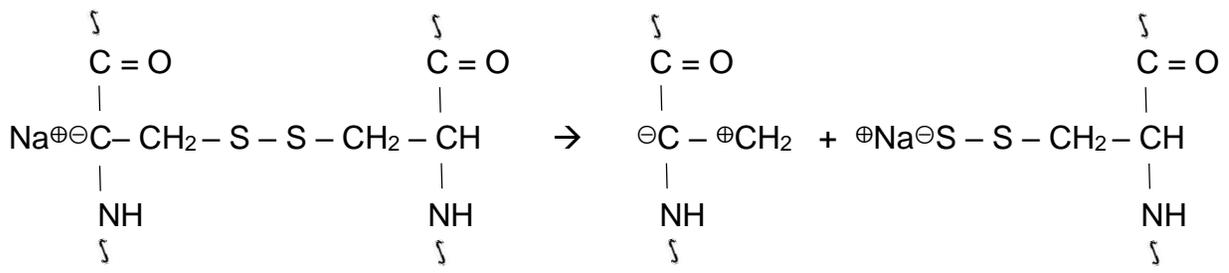
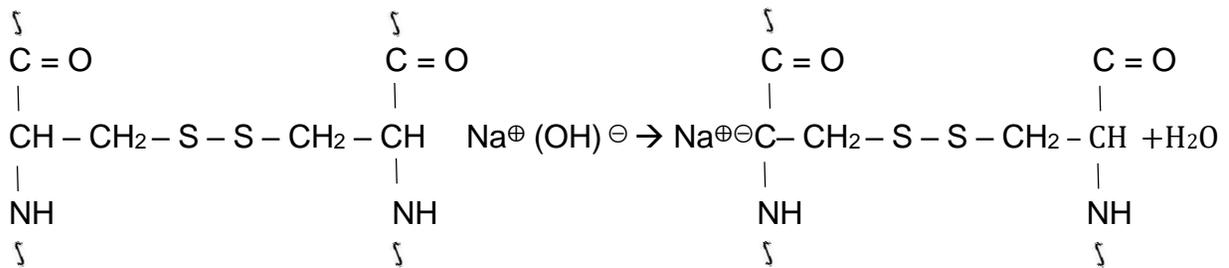


Cisteína

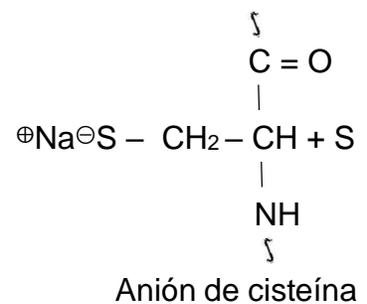
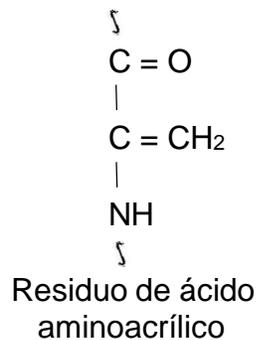
Además, el medio básico favorece la siguiente neutralización.



Por otro lado, la presencia de la base hidróxido da otras reacciones, que corresponden al mecanismo de Swan, en el rompimiento de los grupos disulfuro de la queratina.



Unión inestable



Según Salazar (como se citó en OFI, 1996), los puentes de disulfuro forman los retículos entre las cadenas polipeptídicas, la estructura reticulada de la queratina es insoluble en agua. Con la solución acuosa de  $\text{Na}_2\text{S}$  existen 3 maneras de romper los puentes de disulfuro, mediante reducción con sulfhidrato de sodio, por acción del agua, es decir por hidrólisis o por la reacción ácido-base con el hidróxido de sodio generado en la hidrólisis del  $\text{Na}_2\text{S}$ .

**La tracción**, como nos indica Alves et al. (2017), está sometida a esfuerzos internos con magnitudes físicas de las mismas direcciones con dimensiones contrarias al cuerpo estudiado. Cabe precisar que la tracción es una magnitud física de un cuerpo predeterminado que estudia su estado estructural para realizar estiramientos y encogimientos del producto que es sometido a procesos físicos con deformaciones positivas y transversales del cuerpo sólido del plástico para ver el resultado de tracción, si esto es satisfactorio el cuerpo vuelve a su longitud original.

**La dureza**, de acuerdo con Nanang et al. (2018), nos recalca que es la unión de moléculas que conforman un objeto predeterminado que requiere de la capacidad de medidas de resistencias en los cuerpos estudiados. Esto se demostró con las concentraciones obtenidas en los bioplásticos. Ante ello mencionan que la dureza es la magnitud de las propiedades físicas que comprende un cuerpo por la unión de sus moléculas, ya que tiene la capacidad de resistir deformaciones y fricciones de su superficie.

**La temperatura**, como nos mencionan Appeheimer y Evans (2018), es la magnitud escalar de la energía interna de un cuerpo termodinámico que es generado por movimientos de las partículas presentes en el organismo o partículas del objeto. Teniendo que a mayor movimiento es mayor la temperatura y a menor movimiento es menor la temperatura de manera directamente proporcional.

**La elongación**, como nos indican Zhang (2018), es la distancia mecánica que hay en la separación de unas partículas o cuerpos que están sometidos a la oscilación en equilibrio, es la propiedad mecánica de una magnitud física que sirve para diferenciar el valor y el estado en equilibrio en el que se encuentre el cuerpo.

Según Machuca, et al. (2016), nos dice que **la hidrólisis** es la destrucción, descomposición o alteración de una sustancia química por el agua. Es decir, esta es empleada en reacciones de solutos con solventes, produciéndose así soluciones acuosas con variaciones en sus aniones y cationes. Existen cuatro tipos de hidrolisis, una de ellas es la hidrolisis de ácido fuerte con base fuertes dando esta un pH neutro ya que no hay reacción de agua, otra es la de ácido débil con base fuertes dando un pH básico acá tampoco ahí reacción de agua, la hidrolisis de ácido fuerte y base débil el pH será ácido y por último tenemos el ácido débil y base débil aquí el pH es neutro.

Como nos menciona Trinidad y Velasco (2016), la **materia orgánica** está elaborada de compuestos orgánicos provenientes de los restos orgánicos que alguna vez estuvieron vivos tales como plantas y animales, que son productos de residuos en el medio ambiente. Está formada por materia inerte y energía, la cuales tienen estructuras de básicas en forma celulosa junto con proteínas, lípidos y azúcares. Está compuesta químicamente por carbono ya que estas son sus átomos fundamentales, geológicamente la materia orgánica es la primera capa del suelo ya que, tiene a ser más fértiles por sus compuestos.

Según Flores, et al. (2019), recalca que la **permeabilidad** tiene la capacidad de permitir a un fluido atravesar sin alterar su composición a dicho material, es decir que el material es permeable si este deja pasar a través de él una cantidad favorable de fluido dado un tiempo determinado, como también puede ser impermeable o no permeable si la cantidad de fluido es despreciable. Para ser permeable el material tiene que ser poroso, es decir, tiene que contener espacios vacíos o poros que permitan en paso fácil al fluido dentro del material, a la vez estos espacios deben de estar interconectados para que así el fluido disponga de un camino para pasar a través del material.

Como nos mencionan Rose, Funk y Neiger (2016), la **refractometría** es el método que determina la medición del índice de refracción que proporciona la información sobre las diversas propiedades de la muestra, como concentraciones y estructura molecular. Se basa en el cambio de dirección, que sufre la luz al pasar de un medio a

otro, a causa de un cambio de velocidad en su propagación. Este cambio de velocidad es por la interacción entre el campo eléctrico de la radiación y los electrones de enlace del medio, mientras más concentrada esta una solución, con sólidos disueltos, cambia más la dirección de la luz. Se ha establecido un índice para cada uno de estos ángulos de refracción, y se puede utilizar. Esto sirve para identificar o evaluar una muestra de líquido dada. Se sabe que el valor resultante es entre 1.300 a 1.700 sin unidades, esto se determina en diez milésimas.

El índice de refracción se determina:

**Ecuación:**

$$n = v_0 / v_s \quad (1)$$

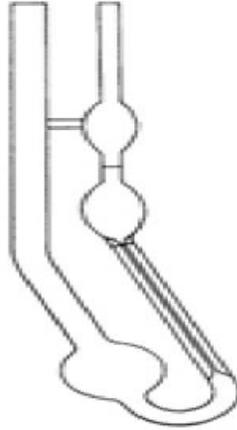
n: índice de refracción

v<sub>0</sub>: velocidad de la luz en un vacío

v<sub>s</sub>: velocidad de la sustancia

Según Salazar, 2013 (como se citó en Hatschek, 1998) la **viscosidad** es la resistencia de un líquido a fluir. A medida que aumentan las fuerzas intermoleculares aumenta la viscosidad y el líquido fluirá más lentamente. Cuanto más concentrado es un líquido mayor es su viscosidad.

**El método de Ostwald**, como nos recalca Orcini, Torres y Arellano (2020), consiste en utilizar el viscosímetro con cavidades y marcas distintas, para así, cronometrar el tiempo que tarda en caer un fluido desde una marca a otra. La duración de este lapso dependerá de la viscosidad ya sea mayor o menor el tiempo a calcular. Dado a estas medidas con este tipo de viscosímetros deben realizarse junto a un cronometro y termómetro, para medir así la temperatura de la muestra, ya que esta influye en su viscosidad y hay que tener cuidado en tomar el tiempo de la muestra. (véase la Fig.N°10)



Fuente: Orcini, Torres y Arellano, 2020

**Figura N°10.** Viscosímetro Ostwald

La **densidad**, según Castillo (2015), es la relación entre la masa y volumen de una masa, la cual es determinada por una propiedad intrínseca ya que no dependen de una cantidad de sustancia requerida. Esta es expresada en kilogramos /metros cúbicos ( $\text{kg/m}^3$ ) o gramos/ centímetros cúbicos ( $\text{g/cm}^3$ ), estas presentan variabilidad en presión y temperatura dado a sus condiciones variables.

El **picnómetro**, como nos menciona Torres (2017), es un instrumento el cual sirve para determinar densidades de líquidos que se coloque dentro de él. Este método es muy puntual en sus obtenciones de resultados ya que se verifican en una balanza de precisión en miligramos, también mide con exactitud el volumen que ocupa una cierta cantidad de líquido en su interior. El **método del picnómetro** consiste en medir con precisión el peso del picnómetro vacío, el peso del picnómetro lleno de líquido y el peso del picnómetro lleno de un líquido referencia, el cuál presenta una densidad conocida. El diseño de este permite que las burbujas de aire asciendan y se concentren en la parte superior para luego dar expulsadas del interior del picnómetro, este proceso es primordial ya que gracias a este los resultados son sumamente confiables, porque si no se realiza adecuadamente el proceso las burbujas de aire pueden variar en el peso y en la densidad del líquido que se quiere medir. En este método se puede medir todo tipo de densidades ya sean sólidas, semisólidas o viscosas.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, ya que se basa en buscar conocimientos de implementación y sistematización de la investigación utilizando los conocimientos adquiridos (Vargas, 2009, p. 159). Tiene un enfoque cuantitativo, debido a que se recolectarán datos para demostrar la hipótesis, esta recolección de datos se argumenta en la medición, donde se medirán las variables descritas en la hipótesis (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.4).

El diseño del presente trabajo de investigación es experimental, ya que se manipulan deliberadamente las variables, con la finalidad de estudiar dicha manipulación sobre las mismas (Hernández et al., 2014, p. 130).

#### 3.2. Variables y operacionalización

##### **Variables**

**Independiente:** Queratina extraída de plumas de pollo, almidón obtenido de *Ipomoea batatas*, fortificado con cáscara de *Opuntia ficus-indica*

La queratina, de acuerdo con Shavandi et al. (2017), tiene cierta capacidad inherente para facilitar la adhesión celular, la proliferación y la regeneración del tejido, por lo que los biomateriales de queratina pueden proporcionar una matriz biocompatible para el recrecimiento y la regeneración del tejido defectuoso.

**Dependiente:** Bioplástico

El bioplástico, de acuerdo con Fai et al. (2019), son preparaciones de materias primas de pretratamientos realizados que proporcionan una modificación química y física dando así perspectiva de valoración de los residuos sólidos. Los bioplásticos son productos tratados para una sostenibilidad el ecosistema y así estas duren poco tiempo de lo que realmente dura un plástico, se trata de buscar soluciones ambientalmente sostenibles para nuestra biodiversidad y contra un mundo menos contaminado de plástico.

**Operacionalización** (véase en el Anexo N° 2)

### **3.3. Población, muestra, muestreo**

#### **Población**

La población constó del conjunto de residuos de plumas de pollos que genera una empresa avícola ubicada en el mercado de Huaral, los residuos de *Ipomoea batatas* (camote) y de *opuntia ficus-indica* (tuna) que se generaron en el mercado Huamantanga.

#### **Muestra**

La muestra recolectada en la empresa avícola, tuvo un peso de 4.650 kilogramos y de los residuos orgánicos de 4 y 2 kilogramos de *Ipomoea batatas* (camote) y *opuntia ficus-indica* (tuna) respectivamente.

#### **Muestreo**

Las plumas de pollos fueron vertidas en un recipiente amplio mezclándolas para su homogeneización hasta obtener mediante el método de cuarteo una muestra representativa. Asimismo, este método se empleó para los residuos orgánicos que se recolectaron del área de expendio de tubérculos y de frutas. (*Opuntia ficus-indica* e *Ipomoea batatas*)

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica de la investigación fue la observación experimental y los instrumentos que se emplearon fueron formatos sobre la ubicación de la recolección de muestra, caracterización de la queratina, dosis óptima, pruebas mecánicas y biodegradación del bioplástico (véase en Anexo N°3)

### **3.5. Procedimiento**

#### **Materiales y equipos**

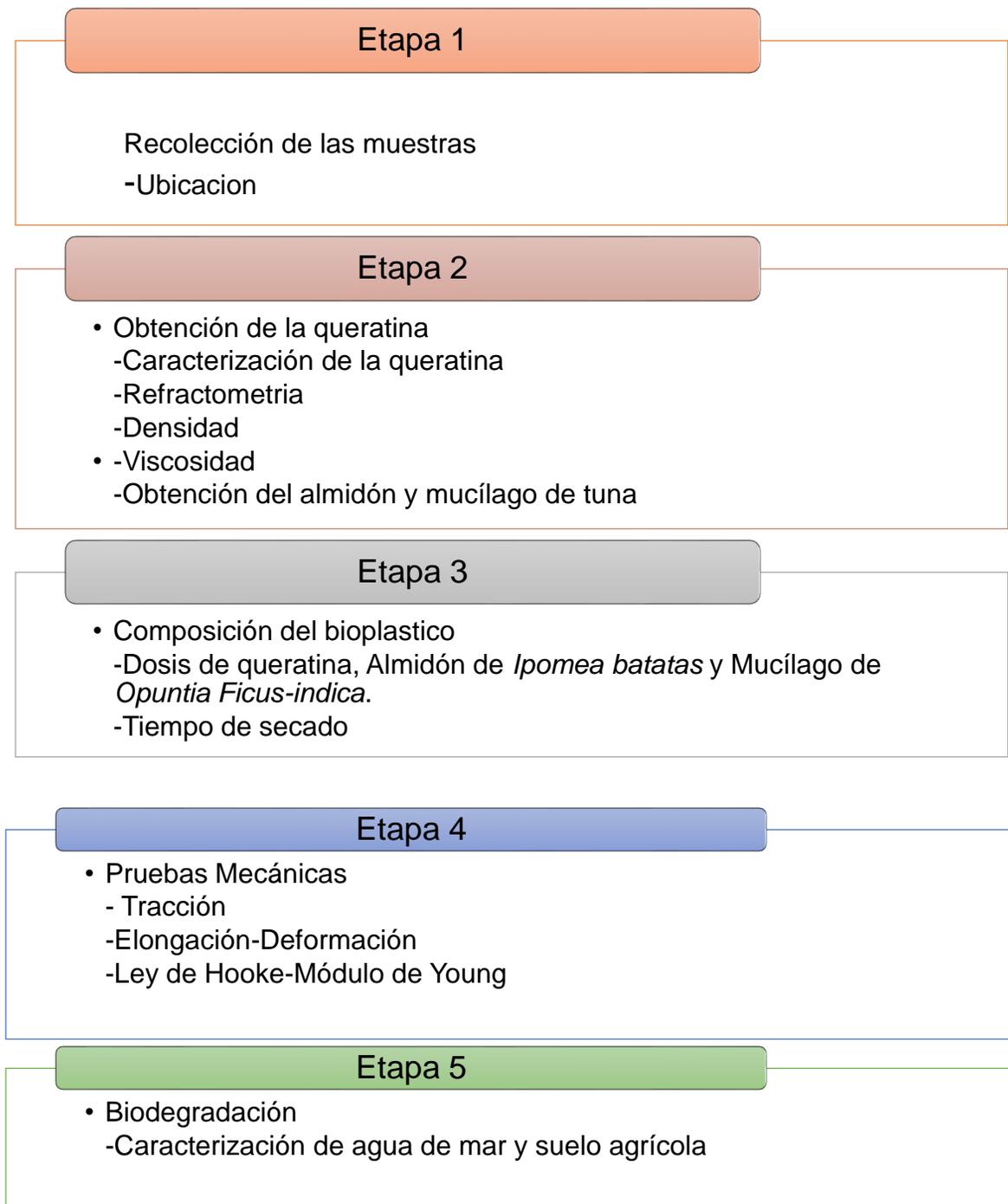
- ✓ Báscula digital
- ✓ Vasos de precipitado 250 ml

- ✓ Vidrio de reloj
- ✓ Equipo rotacional
- ✓ Licuadora
- ✓ Colador
- ✓ Bolsas de polietileno
- ✓ Refractómetro
- ✓ Mortero
- ✓ Cuchara espátula
- ✓ Embudo
- ✓ Papel Whatman
- ✓ Matraz de Erlenmeyer 500 ml
- ✓ Probeta 5, 10 y 1000 ml
- ✓ Frascos de plástico
- ✓ Refractómetro
- ✓ Dinamómetro
- ✓ Viscosímetro de Ostwald
- ✓ Picnómetro
- ✓ Horno microondas
- ✓ Estufa

### **Insumos**

- ✓ Sulfuro de Sodio (0.5M)
- ✓ Hidróxido de Sodio (1N)
- ✓ Agua destilada
- ✓ Ácido acético
- ✓ Mucílago de *Opuntia ficus-indica*
- ✓ Almidón de *Ipomoea batatas*
- ✓ Glicerina
- ✓ Queratina
- ✓ Canela y clavo de olor

Para la realización del trabajo de investigación se llevó a cabo 5 etapas, siendo las que se muestran en la Fig. N°11



**Figura N° 11.** Etapas del trabajo de investigación

De acuerdo a las etapas planteadas, la investigación se desarrolló como se indica a continuación:

## ETAPA 1: Recolección de las muestras

### Muestra de plumas de pollo

**Ubicación:** Las muestras de plumas de pollo fueron recolectadas en la empresa avícola del mercado de Huaral (véase la Fig.N°12)

**Tabla N°1.** Georreferenciación del lugar de recojo de las muestras de plumas de pollo

Código	Coordenadas UTM – WG84	
RPP	X: 18L 259681	Y: 8727529

RPP: Recolección de plumas de pollo



**Figura N° 12.** Georreferenciación del lugar de recojo de las plumas de pollo

### Muestra de *Ipomoea batatas* y *Opuntia ficus-indica*

**Ubicación:** Las muestras de residuos orgánicos como la *Ipomea batas* y *Opuntia ficus-indica* fueron recolectados en el mercado de Huamantanga- Puente Piedra (véase la Fig.N°13)

**Tabla N°2.** Georreferenciación de la muestra de *Ipomoea batatas* y *Opuntia ficus-indica*

<b>Código</b>	<b>Coordenadas UTM – WG84</b>	
<i>RROIB</i>	X: 18L273980	Y: 8688016
<i>RROOFI</i>	X: 18L273980	Y: 8688016

RROIB: Recolección de residuos orgánicos de *Ipomoea batatas*

RROOFI: Recolección de residuos orgánicos de *Opuntia ficus-indica*



**Figura N° 13.** Georreferenciación de *Ipomoea batatas* y *Opuntia ficus-indica*

## ETAPA 2: Obtención de la Queratina

Para la obtención de la queratina se realizaron los siguientes pasos:

**Primer paso:** Fue importante realizar el lavado de las plumas de pollo reiteradas veces, con la finalidad de retirar los restos cárnicos y sangre impregnada en estos. Luego fueron secadas con una secadora manual (véase en la Fig. N° 14 y 15)



**Figura N°14.** Lavado de plumas



**Figura N°15.** Secado de plumas con secadora manual

**Segundo paso:** Se realizó la desinfección de las plumas utilizando 2L de hipoclorito de sodio al 2% y detergente, luego fueron enjuagadas 2 veces con agua de grifo y 1 vez más con agua destilada. Posteriormente se agregó 60 mililitros de amonio cuaternario al 1% en 6 litros de agua destilada, dejando reposar las plumas de pollo unos 15 minutos para poder eliminar los patógenos existentes en estas. Seguidamente se procedió al secado de las plumas con la secadora manual para eliminar la mayor cantidad de agua presente. Finalmente, las plumas fueron expuestas al sol durante un día y secadas en un horno microondas. (véase en las Fig. N° 16, 17, 18 y 19)



**Figura N° 16.** Lavado de plumas con hipoclorito de sodio y detergente



**Figura N° 17.** Amonio cuaternario en 6 litros de agua destilada



**Figura N°18.** Plumaz secadas a sol



**Figura N° 19.** Plumaz secadas en horno microondas

**Tercer paso:** Estando seca la muestra y desinfectada, se procedió a la separación de las púas con el raquis, cortándolos en trozos pequeños. De este último se llevó a licuar para reducir su volumen. Esto con la finalidad de dar a conocer de que parte de la pluma de pollo se obtiene una mayor cantidad de queratina. Posteriormente se

tomaron 54 gramos del raquis de las plumas de pollo que se dividieron en 3 frascos de 18 gramos cada uno, vertiendo en cada frasco 250 mililitros de sulfuro de sodio (0.5 Molar en 1L). (Machuca-Loja et al. ,2016 y Ramakrishnan et al. 2017). De igual forma, se procedió con las púas de pollo (véase en las Fig. N° 20, 21 y 22).

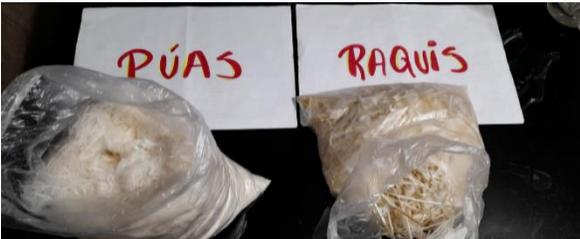


Figura N°20. Separación de raquis y púas



Figura N°21. Licuado de raquis

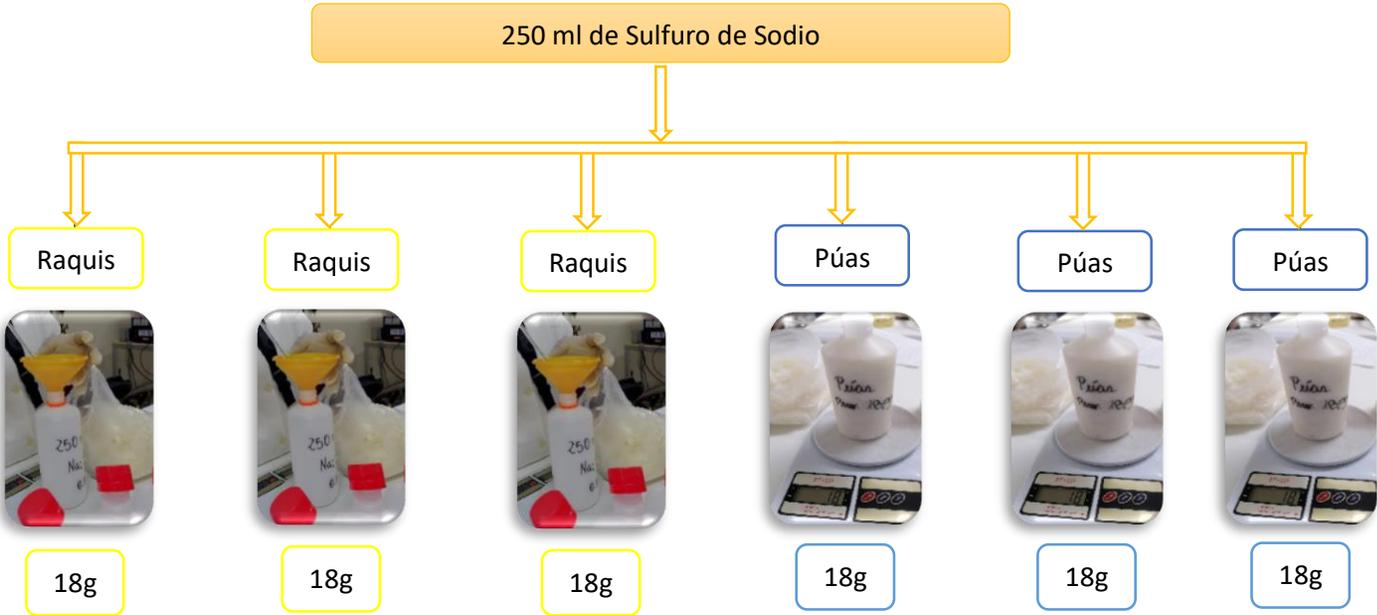


Figura N°22. Método de Sulfuro de Sodio

**Cuarto Paso:** Las plumas de pollo sumergidas en sulfuro de sodio (Paso anterior) fueron llevadas a un equipo rotacional de 30rpm por 120 horas para la homogeneización de las muestras. Luego estas soluciones fueron vertidas en matraces de Erlenmeyer siendo llevadas a baño maría durante 30 minutos, dejándose enfriar durante 1 hora. Posteriormente el pH se ajustó a 3.5 mediante la adición de 20 ml de ácido sulfúrico para la precipitación de la proteína. Observándose la separación sólido-líquido (véase en las Fig. N° 23, 24 y 25)



**Figura N°23.** Muestras en el equipo rotacional



**Figura N°24.** Muestra en baño maría



**Figura N°25.** Adición de ácido sulfúrico

**Quinto Paso:** La solución fue filtrada empleando un embudo y papel Whatman N° 40, el filtrado se recogió en vasos de precipitado de 500 mililitros. Seguidamente para solubilizar la solución se llevó a un pH 13 utilizando hidróxido de sodio 1N, obteniendo la queratina. (véase en la Fig. N°26)



**Figura N°26.** Filtrado de la muestra

## Caracterización de la Queratina

### REFRACTOMETRÍA

El refractómetro está calibrado por una empresa acreditada por INACAL, donde se observa el código de barra que indica calibración normal. El refractómetro se utiliza para realizar mediciones de fluidos, su análisis es cuantitativo dando en porcentajes

las lecturas tomadas dentro de la escala del refractómetro (0 a 80), con una temperatura de 20°C.

### **Primera Medición:**

Primero calibramos el equipo con agua destilada para poder llevarlo a cero (0), temperatura del trabajo 20°C.

Continuamos abriendo el prisma del refractómetro para calibrar con agua destilada 0,1 ml (es igual a 2 gotas) introducidas al lente, luego cerramos el prisma y tratamos de homogeneizar o distribuir las dos gotas de agua destilada y el índice de refracción nos arrojó 0% (cero) en la escala del refractómetro con temperatura 20 °C. Luego se procedió a limpiar el equipo con un pañuelo (véase en la Fig. N° 27)

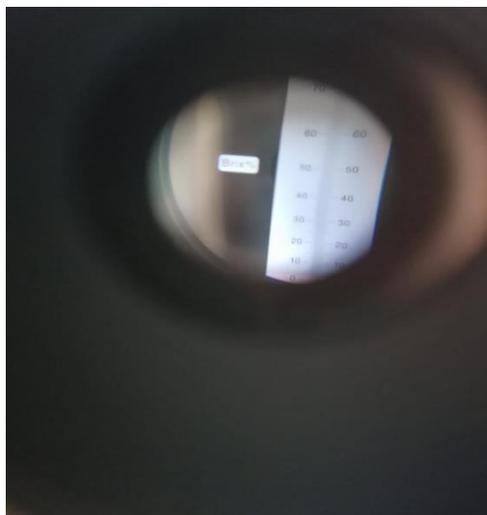


**Figura N°27.** Lectura de agua destilada

### **Segunda Medición:**

Se midió el Cloruro de Sodio 0.9 % (NaCl), se agitó y se procedió a introducir la jeringa de 10 ml por un lado de la botella para poder extraer el cloruro de sodio 0,9 % (NaCl) de 1 ml.

Seguidamente se abrió el prisma y se calibró con 0.1 ml (es igual a 2 gotas) de NaCl 0,9 % introducidas al lente, luego lo cerramos y distribuimos el NaCl 0,9 % en todo el prisma, el índice de refracción nos arrojó 0,1 % en la escala del refractómetro con temperatura de 20 °C. Luego se procedió a limpiar el equipo con un pañuelo (véase la Fig.N°28)

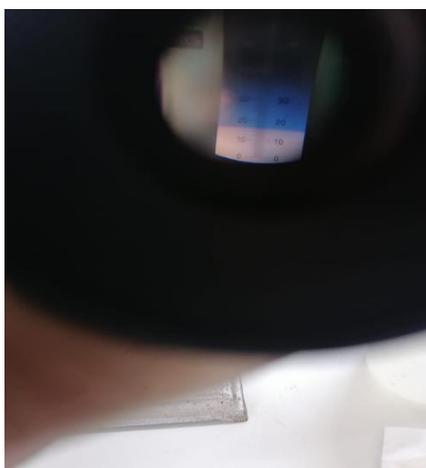


**Figura N°28.** Lectura de cloruro de sodio

### **Tercera Medición:**

Se midió la queratina de las plumas del raquis. Para ello se agitó la botella que contenía la queratina de las plumas del raquis y se procedió a introducir la jeringa de 10 ml por un lado de la botella para poder extraer la queratina de las plumas del raquis de 1 ml.

Seguidamente se abrió el prisma y se calibró con 0.1 ml (es igual a 2 gotas) de queratina de las plumas del raquis introducidas al lente, luego lo cerramos y distribuimos la queratina de las plumas del raquis en todo el prisma, a una temperatura de 20 °C. Luego se limpió el lente (véase la Fig.N°29)



**Figura N°29.** Lectura del raquis de la pluma de pollo

#### **Cuarta Medición:**

Se midió la queratina de las plumas de las púas. Para ello se agitó la botella de la queratina de las plumas de las púas y se procedió a introducir la jeringa de 10 ml por un lado de la botella para poder extraer la queratina de las plumas de las púas de 1 ml.

Seguidamente se abrió el prisma y se calibró con 0.1 ml (es igual a 2 gotas) de queratina de las plumas de las púas introducidas al lente, luego lo cerramos y distribuimos la queratina de las plumas de las púas en todo el prisma, a una temperatura de 20 °C. Luego se limpió el equipo abriendo el prisma y se limpió el lente (véase la Fig.N°30)



**Figura N°30.** Lectura de púas de la pluma de pollo

#### **DENSIDAD (MÉTODO DE PICNÓMETRO)**

**Primer Paso:** Se pesó el picnómetro de volumen de 100ml vacío a 20°C de temperatura, en una balanza analítica ( $P_{\text{vacío}} = 54,162\text{g}$ ) (véase la Fig.N°31)



**Figura N°31.** Peso del picnómetro vacío

**Segundo Paso:** Se agregó agua destilada hasta el enrase del picnómetro y se llevó a pesar ( $P_{\text{picnómetro+agua}}=163,836\text{g}$ ) (véase la Fig.N°32 y la Tabla N°3)



**Figura N°32.** Peso del picnómetro con agua destilada

**Tercer Paso:** Se enrasó el picnómetro con queratina y se llevó a pesar ( $P_{\text{picnómetro+queratina}}=171,595\text{g}$ ) (véase la Fig.N°33)



**Figura N°33.** Peso del picnómetro con queratina

**Tabla N°3.** Valores para la determinación de la densidad

Solución	P <sub>picnómetro+agua/queratina</sub>
Agua destilada	163,836g
Queratina	171,595g

Para la determinación de la densidad se empleó la siguiente ecuación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (2)$$

Donde:

$\rho$  =densidad

m=masa

v=volumen

### **VISCOSIDAD (MÉTODO DE OSTWALD)**

En las pruebas utilizamos el viscosímetro Ostwald que es de vidrio, la que posee un ensanchamiento en forma de ampolla provistos de enrases, conectados a un tubo capilar vertical que nos sirvió para succionar el agua destilada y la queratina tomando el tiempo que estas demoraron en pasar (véase la Fig.N°34)



**Figura N°34.** Lectura de los tiempos de las soluciones

**Primer Paso:** Se tomaron 5 lecturas del tiempo que demora en pasar el agua destilada en el Ostwald, teniendo un volumen de 100ml.

**Segundo Paso:** Se tomaron 5 lecturas del tiempo que demora en pasar la queratina en el Ostwald, teniendo un volumen de 100ml (véase la Tabla N°4)

**Tabla N°4.** Valores para cálculo de la viscosidad

Agua destilada	Tiempo (s)	Promedio (s)	Queratina	Tiempo (s)	Promedio (s)
T1	12	12,2	T1	23	23,4
T2	13		T2	25	
T3	12		T3	23	
T4	12		T4	23	
T5	12		T5	23	

Para la determinación de la viscosidad se aplicó la ecuación:

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{P_1 T_1}{P_2 T_2} \quad (3)$$

Donde:

n1= viscosidad del agua destilada

n2= viscosidad de la queratina extraída de la pluma de pollo

ρ1= densidad del agua destilada

ρ2= densidad de la queratina extraída de la pluma de pollo

T1= tiempo que pasa el agua destilada por el Ostwald

T2= tiempo que pasa la queratina por el Ostwald

#### **Obtención de almidón de *Ipomoea batatas***

Para la obtención del almidón de *Ipomoea batatas* (camote) se siguieron los siguientes pasos:

**Paso 1:** Los residuos de *Ipomoea batatas* fueron lavados para retirar las impurezas impregnadas en su superficie, seguidamente se les retiró la cáscara (véase la Fig.N°35)



**Figura N°35.** Lavado de *Ipomoea batatas*

**Paso 2:** Una vez limpios y pelados fueron rayados manualmente, llevándolos a un recipiente con agua (véase la Fig.N°36)



**Figura N°36.** Rayado de *Ipomoea batatas*

**Paso 3:** Pasada las horas se procedió a filtrar el preparado, retirando la parte sólida. Dejándola reposar durante 5 horas, para el asentado del almidón. El almidón obtenido fue lavado reiteradamente, quedando el agua transparente. Estando la mezcla ya asentada se procedió al retiro manual del agua, quedando en la base del recipiente el almidón (véase la Fig.N°37)



**Figura N°37.** Asentado de almidón

**Paso 7:** Obtenido el almidón se dejó secar en papel toalla durante 6 días al sol (véase la Fig.N°38)



**Figura N°38.** Secado de almidón

**Paso 8:** Seco el almidón se procedió a molerlo en un mortero, para reducir su tamaño (véase la Fig.N°39)



**Figura N°39.** Almidón molido

### **Obtención del mucílago de *Opuntia ficus-indica***

Se utilizó 2 kg de desecho de tuna (las cascavas del fruto), cortamos en pedazos pequeños, para luego ser licuadas en la licuadora con una potencia mínima (véase la Fig.N°40)



**Figura N°40.** Cortado y licuado de la cáscara de *Opuntia ficus-indica*

Se procedió a retirar de la licuadora el mucílago de *Opuntia ficus-indica* para ser coladas con la ayuda de un colador y una cucharita, luego es colocada en un recipiente (véase la Fig.N°41)



**Figura N°41.** Extracción de mucílago de *Opuntia ficus-indica*

### **ETAPA 3: Composición del bioplástico**

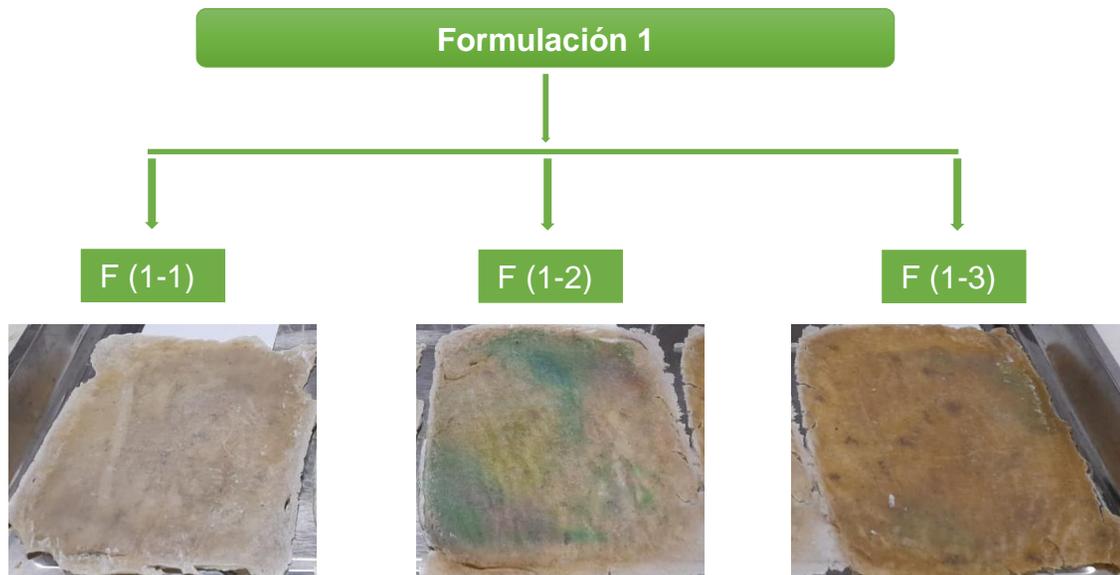
#### **Formulación 1: Bioplástico de queratina de pluma de pollo almidón de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica***

Se colocó en una olla 20 gramos de almidón de *Ipomoea batatas* con 200 ml de agua destilada, la cual es calentada a fuego lento en la cocina, se procedió a mover con un cucharón de madera hasta que este tomó un estado pastoso deseado, luego esta mezcla fue llevada a la licuadora junto con 5 gramos de mucílago de tuna, 5 ml de

glicerina, 5 ml ácido acético, canela y clavo de olor molido 0.5 gramos respectivamente licuados para homogeneizar la mezcla.

Seguidamente la mezcla fue vertida en una olla, donde se le agregó 20 ml de queratina por 5 minutos a fuego lento.

Luego de haber sido retirado la mezcla del fuego, se colocó en un recipiente plano que estuvo envuelto con papel platino y untado con glicerina. Esta se dejó en reposo por 7 días a temperatura ambiente (véase la Fig.N°42)



**Figura N° 42.** Formulación 1 de bioplástico

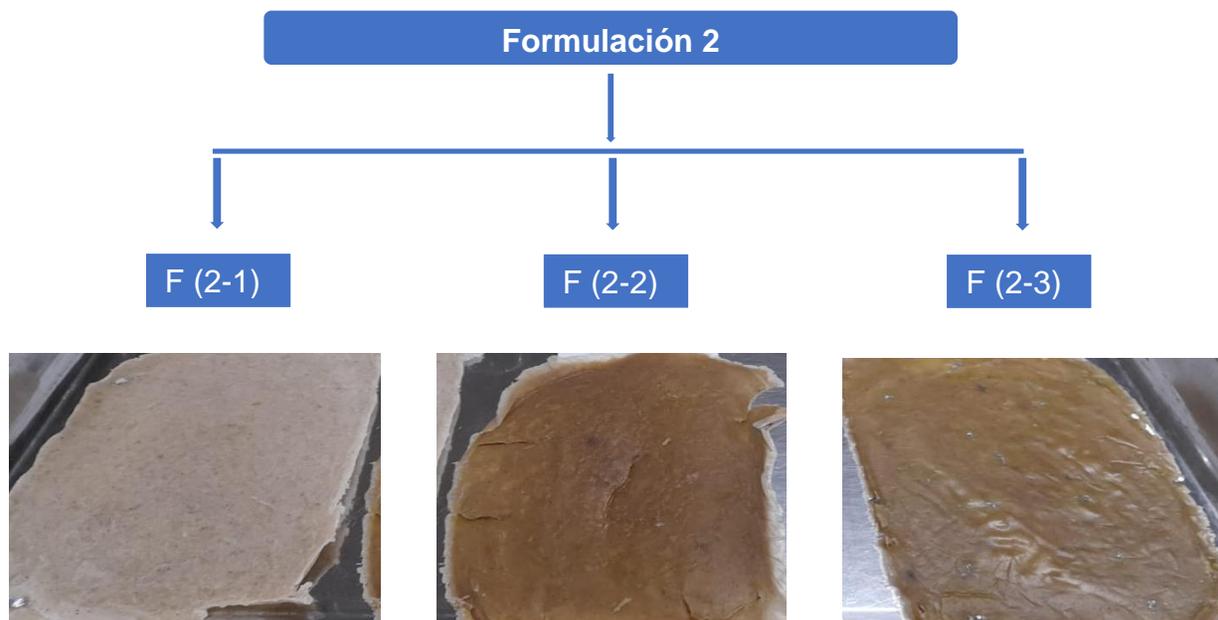
**Formulación 2: Bioplástico de queratina de pluma de pollo almidón de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica***

Se colocó en una olla 20 gramos de almidón de *Ipomoea batatas* con 200 ml de agua destilada, la cual es calentada a fuego lento en la cocina, se procedió a mover con un cucharón de madera hasta que este tomó un estado pastoso deseado, luego esta mezcla fue llevada a la licuadora junto con 5 gramos de mucílago de tuna, 5 ml de

glicerina, 5 ml ácido acético, canela y clavo de olor molido 0.5 gramos respectivamente licuados para homogeneizar la mezcla.

Seguidamente la mezcla fue vertida en una olla, donde se le agregó 25 ml de queratina por 5 minutos a fuego lento.

Luego de haber sido retirado la mezcla del fuego, se colocó en un recipiente plano que estuvo envuelto con papel platino y untado con glicerina. Esta se dejó en reposo por 7 días a temperatura ambiente (véase la Fig.N°43)



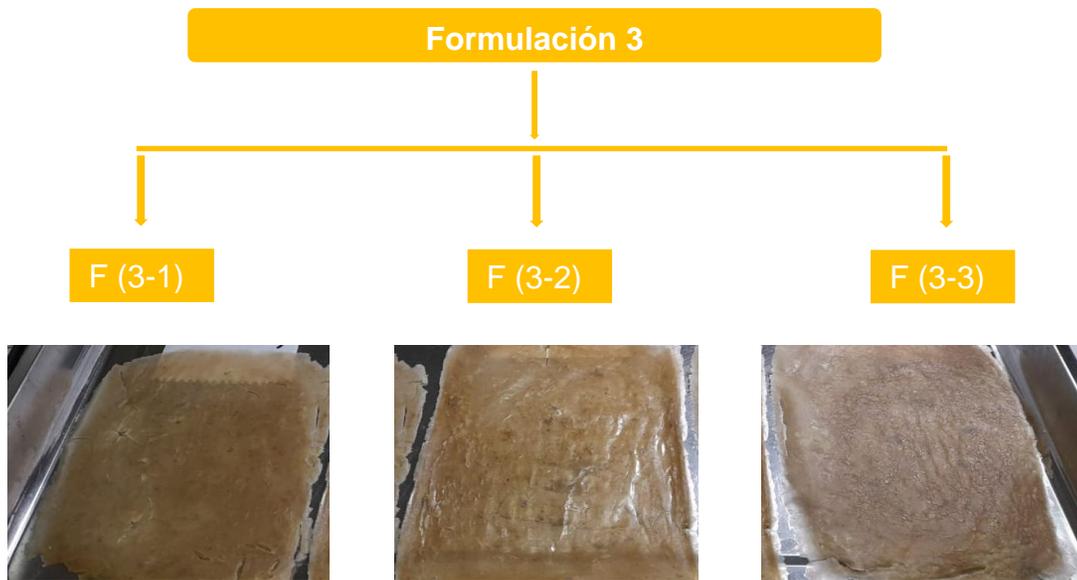
**Figura N° 43.** Formulación 2 de bioplástico

**Formulación 3: Bioplástico de queratina de pluma de pollo almidón de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica***

Se colocó en una olla 25 gramos de almidón de *Ipomoea batatas* con 200 ml de agua destilada, la cual es calentada a fuego lento en la cocina, se procedió a mover con un cucharón de madera hasta que este tomó un estado pastoso deseado, luego esta mezcla fue llevada a la licuadora junto con 5 gramos de mucílago de tuna, 5 ml de glicerina, 5 ml ácido acético, canela y clavo de olor molido 0.5 gramos respectivamente licuados para homogeneizar la mezcla.

Seguidamente la mezcla fue vertida en una olla, donde se le agregó 30 ml de queratina por 5 minutos a fuego lento.

Luego de haber sido retirado la mezcla del fuego, se colocó en un recipiente plano que estuvo envuelto con papel platino y untado con glicerina. Esta se dejó en reposo por 3 días a temperatura ambiente (véase la Fig.N°44, 45, 46, 47 y 48)



**Figura N° 44.** Formulación 3 de bioplástico



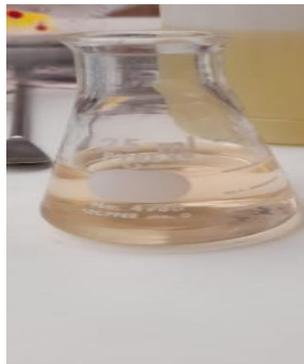
**Figura N° 45.** Mezcla de almidón y agua destilada a fuego lento



**Figura N° 46.** Homogeneización de la mezcla



**Figura N° 47.** Vertimiento de la mezcla en una olla a fuego lento



**Figura N° 48.** Vertimiento de queratina

### **Tiempo de secado de los bioplásticos**

Los bioplásticos fueron secados a temperatura ambiente durante 3 días. Posteriormente se terminaron de secar en la estufa durante 4 días (4 horas diarias) a 20°C.

#### **ETAPA 4: Pruebas Mecánicas**

El bioplástico fue caracterizado a través de pruebas mecánicas, siendo las siguientes: tracción, elongación, deformación, ley de Hooke, módulo de Young.

#### **Tracción**

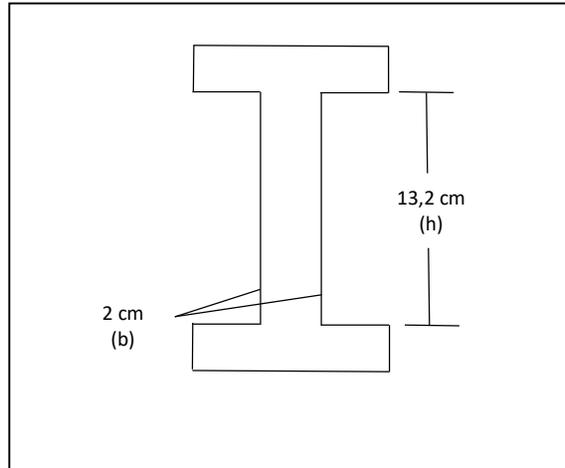
Para la prueba de tracción, se generó 9 probetas por cada formulación. Obteniendo un total de 27 probetas. Se generó un molde para realizar las probetas con una sola medida. Determinándose el espesor, peso, ancho y largo de cada una de las probetas (véase Fig. N°49, 50 y 51)



**Figura N°49.** Mediciones de las pruebas mecánicas del bioplástico



**Figura N°50.** Probetas de las 3 Formulaciones



**Figura N°51.** Dimensiones de la probeta

Se empleó la siguiente fórmula para hallar el área de las probetas:

$$\text{Área} = b * h \quad (4)$$

b= base

h= altura

En la Tabla N°5, 6 y 7 se muestran las mediciones físicas de las probetas de las 3 formulaciones

**Tabla N°5.** Mediciones físicas de la Formulación 1

Probeta	Peso de Probetas (g)	Espesor de Probetas (mm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de Probetas (cm <sup>2</sup> )
F (1-1)	5.075	2.80	13,2	2	26.4
F (1-2)	5.785	2.90	13,2	2	26.4
F (1-3)	5.845	3.00	13,2	2	26.4
F (1-4)	5.575	2.85	13,2	2	26.4
F (1-5)	5.060	2.75	13,2	2	26.4
F (1-6)	5.503	2.78	13,2	2	26.4
F (1-7)	5.118	2.77	13,2	2	26.4
F (1-8)	5.423	2.80	13,2	2	26.4
F (1-9)	5.673	2.98	13,2	2	26.4

**Tabla N°6.** Mediciones físicas de la Formulación 2

Probeta	Peso de Probetas (g)	Espesor de Probetas (mm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de Probetas (cm <sup>2</sup> )
F (2-1)	6.441	2.80	13,2	2	26.4
F (2-2)	6.365	2.88	13,2	2	26.4
F (2-3)	6.700	2.98	13,2	2	26.4
F (2-4)	6.624	2.85	13,2	2	26.4
F (2-5)	6.026	2.69	13,2	2	26.4
F (2-6)	6.070	2.70	13,2	2	26.4
F (2-7)	6.837	3.00	13,2	2	26.4
F (2-8)	6.235	2.80	13,2	2	26.4
F (2-9)	6.248	2.83	13,2	2	26.4

**Tabla N°7.** Mediciones físicas de la Formulación 3

Probeta	Peso de Probetas (g)	Espesor de Probetas (mm)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Área de Probetas (cm <sup>2</sup> )
F (3-1)	6.864	3.02	13,2	2	26.4
F (3-2)	6.945	3.05	13,2	2	26.4
F (3-3)	6.789	3.01	13,2	2	26.4
F (3-4)	6.856	3.00	13,2	2	26.4
F (3-5)	6.912	3.06	13,2	2	26.4
F (3-6)	6.799	3.03	13,2	2	26.4
F (3-7)	6.980	3.07	13,2	2	26.4
F (3-8)	6.960	3.06	13,2	2	26.4
F (3-9)	6.954	3.04	13,2	2	26.4

## ETAPA 5: Biodegradación

Se colocaron 11 gramos de bioplástico en suelo agrícola y agua de mar, para determinar la biodegradación de estos (véase Fig. N°52).



**Figura N°52.** Biodegradación del bioplástico en suelo agrícola y agua de mar

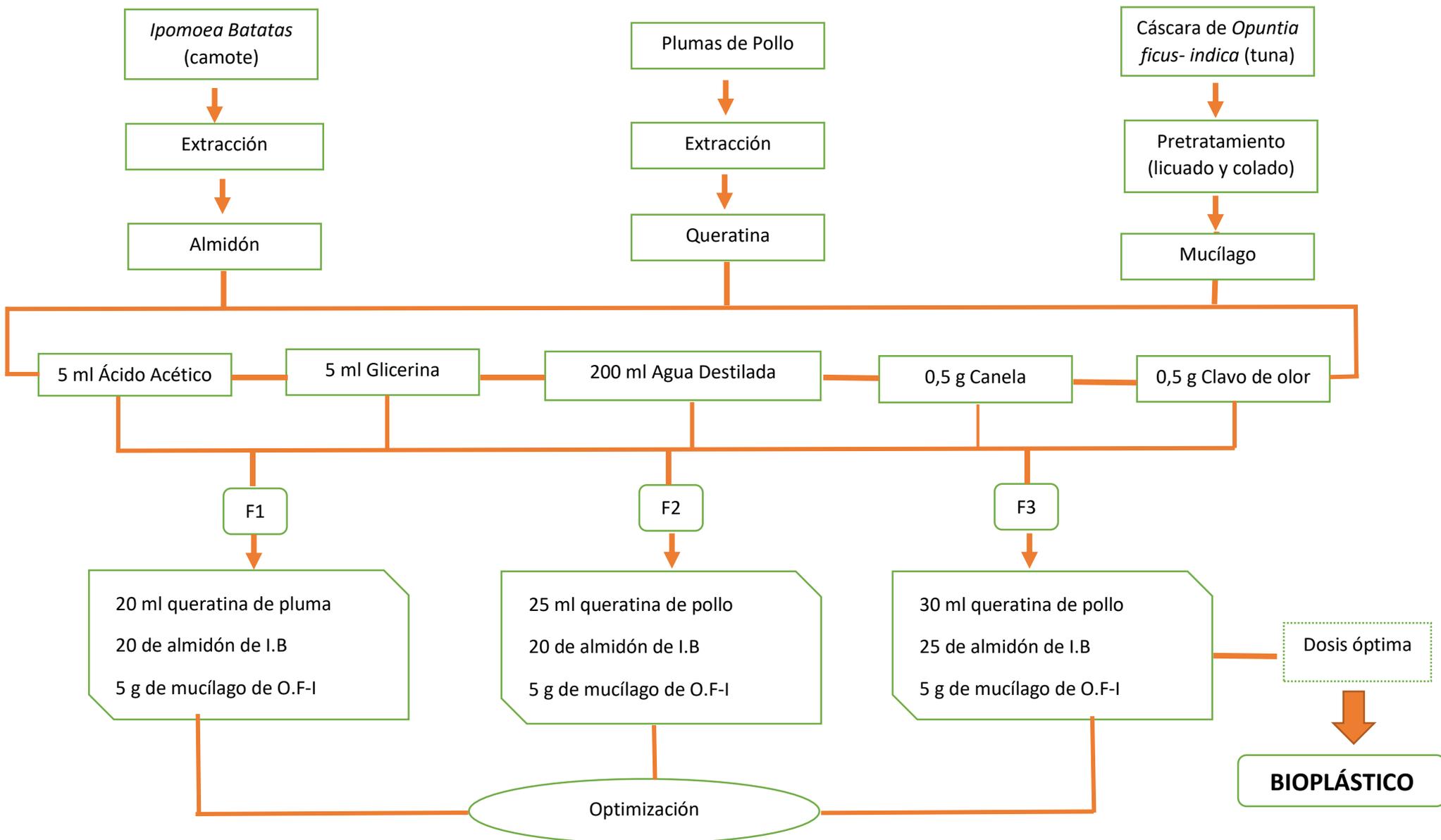
## Caracterización de agua de mar y suelo agrícola (véase la Tabla N°8 y 9)

**Tabla N°8.** *Caracterización de suelo Agrícola*

Muestra De Suelo	Temperatura °C	Conductividad eléctrica μS/cm	Potencial Redox mv	Potencial de Hidrógeno Acido/base
CSA	20	480	-55.3	7.25

**Tabla N°9.** *Caracterización de Agua de mar*

Muestra Agua de Mar	Temperatura °C	Conductividad eléctrica μS/cm	Potencial Redox mv	Potencial de Hidrógeno Acido/base	Turbidez NTU
CAM	18.6	50,480	215	8.2	16



**Figura N°53.** Diagrama del proceso de obtención de bioplástico a partir de queratina de plumas de pollo, almidón de *Ipomoea Batatas*, y mucílago de *Opuntia ficus-indica*.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El método de análisis de datos se empleó un modelo estadístico inferencial, para aceptar o rechazar las hipótesis planteadas, que se desarrollaron utilizando el programa SPSS24, para el almacenamiento de datos recogidos durante los procesos de elaboración de pruebas mecánicas elaborados en Microsoft Excel 2016.

### **3.7. Aspectos éticos**

La presente investigación respeta la propiedad intelectual, citando a los autores y la ética en investigación de la universidad, RCU N° 0126-2017/UCV. Además, se ajusta a la Resolución Rectoral N° 0089 -2019/UCV, Reglamento de investigación de la Universidad César Vallejo y mediante Disposición N° 7.4 de la Resolución de Vicerrectorado de Investigación N° 008-2017-VI/UCV, la cual se verificará mediante el turnitin la evidencia de no copia de la investigación.

#### IV. RESULTADOS

### ANÁLISIS DE REFRACTOMETRÍA

**Tabla N°10.** *Análisis Cuantitativo por Refractometría de Plumas de Pollo*

MUESTRA	VOLUMEN	TEMPERATURA	% DE RENDIMIENTO	OBSERVACIÓN
H <sub>2</sub> O Destilada	0,1 ml	20 °C	0 %	Calibración del equipo refractómetro.
NaCl 0,9 %	0,1 ml	20 °C	0,1 %	Se visualiza en el equipo del refractómetro la variación del índice de la escala.
Queratina de las Plumas de Pollo (Raquis)	0,1 ml	20 °C	17 %	Se visualiza en el equipo del refractómetro que las plumas de pollo de la clasificación de raquis tienen menor concentración de queratina.
Queratina de las Plumas de Pollo (Púas)	0,1 ml	20 °C	22%	Se visualiza en el equipo del refractómetro y se concluye que las plumas de pollo de clasificación de púas, tiene mayor concentración de queratina.

**Fuente:** Elaboración Propia

Como se aprecia en la Tabla N°10 el análisis por refractometría permitió la determinación del rendimiento de queratina presente tanto en el raquis como las púas de las plumas de pollo. Determinándose una mayor cantidad de queratina en las púas con un 22%, mientras que la queratina presente en el raquis fue del 17%. Por tanto, para la elaboración de los bioplásticos se trabajó con la queratina de las púas de pollo.

**Tabla N°11. Densidad de Queratina de pluma de Pollo (Método del Picnómetro)**

Muestra	W <sub>picnometro</sub> Vacio g	W <sub>picnometro + agua/queratina</sub> g	Volumen del Picnómetro ml	Densidad del agua Destilada g/ml	Densidad de la Queratina g/ml
DRA	54.162	163.836	100	1.096	
DQP	54.162	171.595	100		1.174

**DRA:** Densidad del referente agua destilada

**DQP:** Densidad de queratina de pluma de pollo

**Tabla N°12. Viscosidad de la Queratina y referente agua Destilada (Método de Ostwald)**

Muestra	Densidad del agua Destilada g/ml	Densidad de Queratina g/ml	Tiempo del agua Destilada seg	Tiempo de queratina seg	Viscosidad de Queratina CP
VMR	1.096		12.2		1.0019
VQPP		1.174		23.4	2.05

**CP:** Centipoise

**VMR:** Viscosidad de muestra referencial

**VQPP:** Viscosidad de queratina de pluma de pollo

**Formulación del bioplástico de queratina almidón de *Ipomoea batatas*  
fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica***

**Tabla N°13. Formulaciones del bioplástico**

Bioplástico	Queratina ml	Almidón g	Ácido Acético ml	Glicerina ml	Agua destilada ml	Mucílago de <i>Opuntia ficus- indica</i> g
F1	20	20	5	5	200	5
F2	25	20	5	5	200	5
F3	30	25	5	5	200	5

**F:** Formulación

**Tabla N°14. Rendimiento de almidón de *Ipomoea batatas***

<i>Muestra</i>	Peso inicial s/c de <i>Ipomoea batatas</i> (g)	Peso almidón de <i>Ipomoea batatas</i> (g)	Rendimiento del almidón (%)
<b>R. <i>Ipomoea batatas</i></b>	3100	258	8.32

**s/c:** sin cáscara

**Tabla N°15. Rendimiento mucílago de *Opuntia ficus-indica***

<i>Muestra</i>	Peso inicial de la cáscara <i>Opuntia ficus-indica</i> (g)	Peso mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> (g)	Rendimiento (%)
<b>M. <i>Opuntia ficus-indica</i></b>	480	100	20.83

**c/c:** con cáscara

### Ecuación de Rendimiento

Peso neto final

$$\%R = \frac{\text{Peso neto final}}{\text{Peso inicial}} \times 100 \quad (5)$$

Peso inicial

**Tabla N°16. Parámetros físico químico de las formulaciones**

<i>Muestra</i>	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno Ácido/base	Conductividad Eléctrica µS/cm
<b>F1</b>	20.1	6.4	870
<b>F2</b>	20.1	7.9	920
<b>F3</b>	20.1	8.2	1020

En la Tabla N°16 se observa que las muestras de bioplásticos se trabajaron a una temperatura de 20.1 °C en laboratorio, determinando que la formulación 1, 2 y 3

tuvieron un pH de 6.4, 7.9 y 8.2, mientras que las conductividades eléctricas fueron de 870, 920 y 1020  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , respectivamente.

**Tabla N°17. Formulación 1 Pruebas Mecánicas**

Muestra	Área Inicial cm <sup>2</sup>	Fuerza Aplicada N	Tracción MPa	Elongación	Deformación %
F (1-1)	26.4	2.648	0.010022	0.0334	3.334
F (1-2)	26.4	2.667	0.010100	0.0283	2.833
F (1-3)	26.4	2.628	0.009953	0.0299	2.991
F (1-4)	26.4	2.658	0.010061	0.0341	3.417
F (1-5)	26.4	2.687	0.010179	0.0350	3.500
F (1-6)	26.4	2.707	0.010247	0.0375	3.750
F (1-7)	26.4	2.756	0.010434	0.0400	4.000
F (1-8)	26.4	2.884	0.010767	0.0458	4.583
F (1-9)	26.4	2.756	0.010434	0.0583	5.834
<b>F1 <math>\bar{x}</math></b>	26.4	2.71	0.010244	0.0380	3.804

En la Tabla N°17 se aprecia que el bioplástico elaborado en la formulación 1, tuvo una fuerza aplicada de 2.71 N, tracción de 0.010244 MPa, una elongación de 0.0380 y deformación del 3.804%.

**Tabla N°18. Formulación 1 Pruebas Mecánicas**

Muestra	Reducción	Ley Hooke MPa	Módulo de Young MPa
F (1-1)	0.2575	0.000 261	0.007 826
F (1-2)	0.9265	0.000 223	0.007 898
F (1-3)	0.9253	0.000 233	0.007 807
F (1-4)	0.9250	0.000 262	0.007 843
F (1-5)	0.9246	0.000 277	0.007 930
F (1-6)	0.9234	0.000 297	0.007 936
F (1-7)	0.9231	0.000 321	0.008 042
F (1-8)	0.9227	0.000 375	0.008 207
F (1-9)	0.9250	0.000 452	0.007 765
<b>F1 <math>\bar{x}</math></b>	0.8503	0.000 300	0.071 254

En la Tabla N°18 se aprecia que el bioplástico elaborado en la formulación 1 la reducción es de 0.8503%, 0.000300 MPa en la ley de Hooke y el módulo de Young 0.071254 MPa.

**Tabla N°19. Formulación 2 Pruebas Mecánicas**

Muestra	Area Inicial cm <sup>2</sup>	Fuerza Aplicada N	Tracción MPa	Elongación	Deformación %
F (2-1)	26.4	4.119	0.015601	8.334x10 <sup>-3</sup>	0.8334
F (2-2)	26.4	4.148	0.015712	3.334x10 <sup>-3</sup>	0.3334
F (2-3)	26.4	4.168	0.015786	9.167x10 <sup>-3</sup>	0.9167
F (2-4)	26.4	4.187	0.015861	5.833x10 <sup>-3</sup>	0.5834
F (2-5)	26.4	4.217	0.015973	6.667x10 <sup>-3</sup>	0.6667
F (2-6)	26.4	4.099	0.015527	4.167x10 <sup>-3</sup>	0.4167
F (2-7)	26.4	4.197	0.015898	5.000x10 <sup>-3</sup>	0.5000
F (2-8)	26.4	4.207	0.015935	9.166x10 <sup>-3</sup>	0.9167
F (2-9)	26.4	4.187	0.015861	6.667x10 <sup>-3</sup>	0.6667
F2 $\bar{x}$	26.4	4.169	0.015794	6.482x10 <sup>-3</sup>	0.6482

En la Tabla N°19 se aprecia que el bioplástico elaborado en la formulación 2, tuvo una fuerza aplicada de 4.169 N, tracción de 0.015794 MPa, una elongación de 0.006482 y deformación del 0.6482%.

**Tabla N°20. Formulación 2 Pruebas Mecánicas**

Muestra	Reducción	Ley Hooke MPa	Módulo de young MPa
F (2-1)	0.9261	0.000106	0.012786
F (2-2)	0.9265	0.000042	0.012756
F (2-3)	0.9257	0.000118	0.012917
F (2-4)	0.9268	0.000075	0.012935
F (2-5)	0.9253	0.000086	0.013004
F (2-6)	0.9276	0.000052	0.012683
F (2-7)	0.9261	0.000064	0.012966
F (2-8)	0.9280	0.000118	0.012953
F (2-9)	0.9272	0.000086	0.012914
F2 $\bar{x}$	0.9266	0.000083	0.012879

En la Tabla N°20 se aprecia que el bioplástico elaborado en la formulación 2 la reducción es de 0.9266%, 0.000083 MPa en la ley de Hooke y el módulo de Young 0.012879 MPa.

**Tabla N°21. Formulación 3 Pruebas Mecánicas**

Muestra	Area Inicial cm <sup>2</sup>	Fuerza Aplicada N	Tracción MPa	Elongación	Deformación %
F (3-1)	26.4	11.42	0.432	0.0716	7.1667
F (3-2)	26.4	11.38	0.431	0.0750	7.5000
F (3-3)	26.4	11.36	0.429	0.0758	7.5834
F (3-4)	26.4	11.40	0.431	0.0734	7.3334
F (3-5)	26.4	11.30	0.427	0.0708	7.0834
F (3-6)	26.4	11.33	0.428	0.0667	6.6667
F (3-7)	26.4	11.27	0.426	0.0650	6.5000
F (3-8)	26.4	11.37	0.431	0.0658	6.5834
F (3-9)	26.4	11.41	0.432	0.0683	6.8334
<b>F3 <math>\bar{x}</math></b>	26.4	11.36	0.429	0.0702	7.0278

En la Tabla N°21 se observa que el bioplástico elaborado en la formulación 3, tuvo una fuerza aplicada de 11.36 N, tracción de 0.429 MPa, una elongación de 0.0702 y deformación del 7.0278%.

**Tabla N°22. Formulación 3 Pruebas Mecánicas**

Muestra	Reducción	Ley Hooke MPa	Módulo de young MPa
F (3-1)	0.9446	0.002251	0.031448
F (3-2)	0.9431	0.002330	0.031072
F (3-3)	0.9477	0.002354	0.031066
F (3-4)	0.9511	0.002291	0.031222
F (3-5)	0.9439	0.002201	0.031097
F (3-6)	0.9469	0.002095	0.031423
F (3-7)	0.9473	0.002038	0.031357
F (3-8)	0.9492	0.002078	0.031581
F (3-9)	0.9462	0.002159	0.031618
<b>F3 <math>\bar{x}</math></b>	0.9466	0.002199	0.031321

En la Tabla N°22 se aprecia que el bioplástico elaborado en la formulación 3 la reducción es de 0.9466%, 0.002199 MPa en la ley de Hooke y el módulo de Young 0.031321 MPa.

**Planteamiento de hipótesis**

Ho: Los datos tienen una distribución normal

H1: Los datos no tienen una distribución normal

**Nivel de significancia**

Confianza 95%

Significancia 5%

**Prueba estadística a emplear**

Análisis de la prueba (SPSS)

**Criterio de decisión**

Si  $p < 0.05$  RECHAZAMOS la Ho y aceptamos H1 (alterna)

Si  $p > 0.05$  ACEPTAMOS la Ho y rechazamos H1

**Tabla N°23. Pruebas de Normalidad de tracción**

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
F1_1	,162	9	,200*	,912	9	,332
F2_1	,222	9	,200*	,920	9	,391
F3_1	,190	9	,200*	,923	9	,414

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

La estadística se realizó por Shapiro wilk para determinar la normalidad de la tracción de los bioplásticos donde se observó que la significancia de la prueba mecánica su  $p > 0.05$ , lo que nos demostró que el tratamiento tiene una distribución normal.

**Tabla N°24. Correlación de Pearson de tracción**

Correlaciones				
		F1_1	F2_1	F3_1
F1_1	Correlación de Pearson	1	,437	-,001
	Sig. (bilateral)		,240	,999
	N	9	9	9
F2_1	Correlación de Pearson	,437	1	-,169
	Sig. (bilateral)	,240		,664
	N	9	9	9
F3_1	Correlación de Pearson	-,001	-,169	1
	Sig. (bilateral)	,999	,664	
	N	9	9	9

La formulación 2 y la formulación 3 son correlacionales, también se puede observar que la formulación 2 tiene correlación con la formulación 1 y la formulación 3, finalmente se observó que la formulación 3 tiene correlación con la formulación 1 y 2. Todas estas correlaciones tienen correlación positiva muy alta.

**Tabla N°25. Análisis de varianza de tracción**

Descriptivos								
VAR00001								
	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error	95% del intervalo de confianza para la media		Mínimo	Máximo
					Límite inferior	Límite superior		
F1	9	,00104467	,000026443	,000008814	,00102434	,00106499	,001015	,001098
F2	9	,00161068	,000015583	,000005194	,00159870	,00162266	,001583	,001629
F3	9	,04385556	,000218581	,000072860	,04368754	,04402357	,043500	,044100
Total	27	,01550363	,020431458	,003932036	,00742122	,02358605	,001015	,044100

La Tabla N°25, contiene el análisis descriptivo de la prueba mecánica de tracción por formulaciones, así como los límites superior e inferior para la media de cada formulación al 95% de confianza.

**Tabla N° 26. Homogeneidad de varianzas de tracción**

Prueba de homogeneidad de varianzas					
		Estadístico de			
		Levene	gl1	gl2	Sig.
VAR00001	Se basa en la media	23,689	2	24	,000
	Se basa en la mediana	15,890	2	24	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	15,890	2	8,498	,001
	Se basa en la media recortada	22,796	2	24	,000

La Tabla N°26, basándose en la mediana como valor central tenemos un valor de sig. ( $p=0,001 < 0,05$ ), se rechaza la hipótesis nula. Teniendo que las medias de fuerzas de tracción de los bioplásticos son diferentes en las tres formulaciones.

**Tabla N°27. Análisis ANOVA de tracción**

ANOVA					
VAR00001					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,011	2	,005	334150,307	,000
Dentro de grupos	,000	24	,000		
Total	,011	26			

En los resultados de ANOVA, el valor de  $F=334150,307$  y una significancia de 0.000 menor a 0.05, es decir existe una diferencia significativa de medias de la fuerza de tracción.

**Tabla N°28. Análisis Tukey de tracción**

HSD Tukey <sup>a</sup>				
		Subconjunto para alfa = 0.05		
Pruebas_Mecanicas	N	1	2	3
F1	9	,00104467		
F2	9		,00161068	
F3	9			,04385556
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

De acuerdo a Tukey, se observa que cada media se encuentra en un subconjunto distinto, indicando que las diferencias entre todos los pares de medias son estadísticamente significativas. Podemos afirmar que la prueba mecánica de tracción de la formulación 3 es mayor que de las otras formulaciones.

**Tabla N°29. Elongación en las tres formulaciones**  
**Resumen de procesamiento de casos- Elongación**

	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
EL_1	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
EL_2	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
EL_3	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

En la Tabla N°29, se puede apreciar que los datos de elongación en las tres formulaciones fueron validados.

**Tabla N°30. Prueba de normalidad de elongación**

Pruebas de normalidad en la Elongación						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
EL_1	,193	9	,200*	,876	9	,143
EL_2	,142	9	,200*	,940	9	,579
EL_3	,146	9	,200*	,934	9	,517
*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.						
a. Corrección de significación de Lilliefors						

En la Tabla N°30, se puede observar que el análisis de normalidad en la prueba de elongación fue evaluado con Shapiro – Wilk, observando que la significancia tiene un  $p > 0.05$ , demostrando que el tratamiento tiene una distribución normal y fueron evaluados por Levene, y homogeneidad.

**Tabla N°31. Correlación de Pearson de elongación**

Correlaciones en la Elongación				
		EL_1	EL_2	EL_3
EL_1	Correlación de Pearson	1	,157	-,654
	Sig. (bilateral)		,688	,056
	N	9	9	9
EL_2	Correlación de Pearson	,157	1	,057
	Sig. (bilateral)	,688		,884
	N	9	9	9
EL_3	Correlación de Pearson	-,654	,057	1
	Sig. (bilateral)	,056	,884	
	N	9	9	9

En la Tabla N° 31, el análisis de correlación para las pruebas mecánicas de elongación con la prueba 2 tiene correlación positiva muy alta, a diferencia que con la prueba 3 es una correlación moderada.

**Tabla N°32. Comparaciones múltiples-elongación**

Comparaciones múltiples-Elongación							
HSD Tukey							
Variable dependiente	(I) EL_BP	(J) EL_BP	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
EL_1	1	2	,0315667*	,0028013	,000	,024571	,038562
		3	-,0322333*	,0028013	,000	-,039229	-,025238
	2	1	-,0315667*	,0028013	,000	-,038562	-,024571
		3	-,0638000*	,0028013	,000	-,070796	-,056804
	3	1	,0322333*	,0028013	,000	,025238	,039229
		2	,0638000*	,0028013	,000	,056804	,070796

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**Tabla N°33. Análisis Tukey de elongación**

EL_1,2,3- Elongación				
HSD Tukey <sup>a</sup>				
EL_BP	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
2	9	,006467		
1	9		,038033	
3	9			,070267
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 9,000.

En la Tabla N°33, se observa que cada media se encuentra en un subconjunto distinto, indicando que las diferencias entre todos los pares de medias son estadísticamente significativas. Podemos afirmar que la prueba mecánica de elongación de la formulación 3 es mayor que de las otras formulaciones.

**Tabla N°34.** Estadística de la deformación en el proceso de pruebas mecánicas

Resumen de procesamiento de casos- Deformación						
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
DF_1	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
DF_2	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%
DF_3	9	100,0%	0	0,0%	9	100,0%

**Tabla N°35.** Prueba de normalidad de la deformación

Pruebas de normalidad en la deformación						
	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DF_1	,194	9	,200*	,876	9	,141
DF_2	,143	9	,200*	,938	9	,561
DF_3	,411	9	,000	,642	9	,000

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.  
a. Corrección de significación de Lilliefors

En la Tabla N°35, la estadística se realizó por Shapiro wilk para determinar la normalidad de la deformación de los bioplásticos donde se observó que la significancia de la prueba mecánica de elongación  $p > 0.05$ , lo que nos demostró que el tratamiento tiene una distribución normal.

**Tabla N°36. Correlación de Pearson de deformación**

Correlaciones- Deformación				
		DF_1	DF_2	DF_3
DF_1	Correlación de Pearson	1	,160	,167
	Sig. (bilateral)		,681	,667
	N	9	9	9
DF_2	Correlación de Pearson	,160	1	,638
	Sig. (bilateral)	,681		,064
	N	9	9	9
DF_3	Correlación de Pearson	,167	,638	1
	Sig. (bilateral)	,667	,064	
	N	9	9	9

En la Tabla N°36, se puede apreciar que tiene una correlación positiva alta el proceso en la deformación de las pruebas mecánica que se realizó.

**Datos de Biodegradación de Bioplástico de Queratina de pollo y Almidón de *Ipomoea batatas* fortificado con Mucílago de *Opuntia ficus-indica***

**Tabla N°37. Biodegradación en suelo Agrícola**

Muestra	Peso de suelo Agrícola	Humedad Inicial de suelo	Peso de bioplástico inicial	Humedad final de suelo
	g	%	g	%
BDS – F1	2000	9.29	11	16.45
BDS – F2	2000	9.29	11	18.10
BDS – F3	2000	9.29	11	17.35

En la Tabla N°37, se puede apreciar que el peso inicial del bioplástico fue de 11 gramos en las tres formulaciones colocados en suelo agrícola que presentó una humedad inicial del 9.29% mejorando el porcentaje de humedad al cabo de 21 días.

**Tabla N°38. Biodegradación en agua de mar**

Muestra	Volumen de agua de mar ml	Cloruros en agua de mar mg/LCl <sup>-</sup>	Peso de bioplástico inicial g
BDS – F1	2000	19,850	11
BDS – F2	2000	19,850	11
BDS – F3	2000	19,850	11

Como se observa en la Tabla N°38, el peso inicial del bioplástico a biodegradarse fue de 11 gramos en un volumen de agua de mar de 2000ml.

**Tabla N°39. Tiempo de biodegradación en suelo Agrícola (7 días)**

Muestra	Tiempo Días	Pesos del Proceso g	%Reducción	Fecha de control
BDS – F1	7	6	54,55	12/06/21
BDS – F2	7	6	54,55	12/06/21
BDS – F3	7	7	63,64	12/06/21

En la Tabla N°39 se puede observar que pasado 7 días de estar el bioplástico en suelo agrícola las formulaciones 1 y 2 reducen el bioplástico en un 54,55%, mientras que para la formulación 3 fue del 63,64%.

**Tabla N°40. Tiempo de biodegradación en Suelo Agrícola (14 días)**

Muestra	Tiempo Días	Pesos del Proceso g	%Reducción	Fecha de control
BDS – F1	14	3	72,73	19/06/21
BDS – F2	14	3	72,73	19/06/21
BDS – F3	14	4	63,64	19/06/21

En la tabla N°40 se aprecia que para las formulaciones 1 y 2 el bioplástico se reduce en un 72,73 %, mientras que para la formulación 3, solo lo hace en un 63,64%.

**Tabla N°41. Tiempo de biodegradación en suelo Agrícola (21 días)**

Muestra	Tiempo	Pesos del Proceso	%Reducción	Fechas de control
	Días	g		
BDS – F1	21	2	81,82	26/06/21
BDS – F2	21	2	81,82	26/06/21
BDS – F3	21	3	72,73	26/06/21

En la Tabla N°41 se observa que al cabo de 21 días de estar el bioplástico en suelo agrícola para las formulaciones 1 y 2 se biodegrada al 81,82% y al 72,73% para la formulación 3.

**Tabla N°42. Tiempo biodegradación en agua de mar (7 días)**

Muestra	Tiempo	Pesos del Proceso	%Reducción	Fechas de control
	Días	g		
BDAM – F1	7	7	36,36	12/06/21
BDAM – F2	7	7	36,36	12/06/21
BDAM – F3	7	8	27,27	12/06/21

En la tabla N°42 se observa que pasado los 7 días de estar el bioplástico en agua de mar se biodegrada en un 36,36% para las formulaciones 1 y 2, mientras que para la formulación 3, solo lo hace en un 27,27%.

**Tabla N°43. Tiempo biodegradación en agua de mar (14 días)**

Muestra	Tiempo	Pesos del Proceso	%Reducción	Fechas de control
	Días	g		
BDAM – F1	14	5	54,55	19/06/21
BDAM – F2	14	5	54,55	19/06/21
BDAM – F3	14	6	45,45	19/06/21

En la Tabla N°43 muestra la biodegradación del bioplástico transcurrido 14 días, teniendo un 54,55% de reducción para las formulaciones 1 y 2 mientras que la formulación 3 se reduce en un 45,45%.

**Tabla N°44.** *Tiempo biodegradación en agua de mar (21 días)*

Muestra	Tiempo Dias	Pesos del Proceso g	%Reducción	Fechas de control
BDAM – F1	21	3	72,73	26/06/21
BDAM – F2	21	3	72,73	26/06/21
BDAM – F3	21	5	54,55	26/06/21

En la Tabla N°44 se aprecia que el bioplástico en agua de mar después de 21 días logra biodegradarse al 72,73% para las formulaciones 1 y 2 y un 54,55% para la formulación 3.

## V. DISCUSIÓN

Para la extracción de queratina se empleó las púas de las plumas de pollo ya que estas presentan un área mayor que la de los raquis, de este modo la interface entre las plumas y los reactivos es más grande aumentando la rapidez de la reacción y el rendimiento, como lo señalan Ortega, Quintero y Huertas (2017). Asimismo, Tesfaye et al (2017) mencionan que estas se encuentran en el grupo de fibras elásticas, mientras que la del raquis se encuentra en el grupo de fibras rígidas. En el presente trabajo se obtuvo una densidad de queratina de 1,174 g/ml, similar a la investigación por Salazar (2013) quienes obtuvieron una densidad de 1,1687 g/ml. Además, se encuentra en el rango de la densidad comercial de queratina que oscila entre 1,15 – 1,20 g/ml como lo señalan Ortega, Quintero y Huertas (2017). Por otro lado, la viscosidad obtenida fue de 2,5 Cp mayor a la reportada por Salazar (2013) quienes señalaron una viscosidad de 0,6152 Cp.

Para la reducción de queratina se empleó el método de sulfuro de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}$ ) de acuerdo con Ortega, Quintero y Huertas (2017), Machuca-Loja et al. (2016), Ramakrishnan et al. (2017) y Llerena y Monzón (2017) este método facilita el rompimiento de los enlaces de disulfuro, que acompañado con un tratamiento con hidróxido de sodio (NaOH) genera la hidrólisis de la proteína. Al romper los enlaces de la estructura de la queratina esta se puede solubilizar. El rendimiento de la queratina extraída de plumas de pollo del presente trabajo fue del 22%, mayor que el rendimiento obtenido por Llerena y Monzón (2017) de 8,29% y Machuca-Loja et al. (2016) de 9,4%, semejante al rendimiento indicado por Bomou et al. (2017) de 25,3% pero menor al señalado por Ramakrishnan et al. (2017) quienes alcanzaron un rendimiento del 79,8%.

Llerena y Monzón (2017), emplearon diferentes formulaciones de almidón de arroz quebrado (20, 30, 40, 50 g), queratina de plumas de pollo (1, 2, 4, 8 ml) y cáscara de mango (5, 10, 20 g) determinando que la dosis óptima fueron las de mayores proporciones, siendo 40g de almidón, 4ml de queratina y 10g de cáscara, dado que

los bioplásticos presentaron mejores características. De la misma forma para esta investigación se determinó que los bioplásticos elaborados con mayor proporción de almidón de *Ipomoea batatas*, queratina de pluma de pollo y mucílago de *Opuntia ficus-indica* presentaron mejores propiedades.

Las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado en esta investigación de queratina, almidón y mucílago mostraron una tracción de 0.429 MPa, valor que supera a la tracción indicada por Sanchez (2017) en su investigación de comparación de la calidad de bioplásticos a partir de almidón de papa y camote, siendo estos valores de  $0,125 \pm 0,14$  y  $0,148 \pm 0,92$  MPa. Mientras que, para Meza, Quipuzco y Meza (2019) la tracción fue de 1.47 MPa. Cabe recalcar que el procedimiento y la dosis de almidón de papa, ácido acético y glicerina fueron diferentes a las empleadas en la presente investigación.

El proceso de biodegradación del bioplástico elaborado en la presente investigación durante 21 días fueron de 72,73% y 81, 82% en suelo agrícola, mayor que la presentada por Syuhada, Sofa y Sedyadi (2020) en su investigación sobre la biodegradación del bioplástico a base de quitosano con almidón de cáscara de yuca quienes obtuvieron un 63% de reducción en suelo del bioplástico, Bezirhan y Bilgen (2019) en su trabajo de producción de bioplástico empleando almidón de patata y su biodegradabilidad, mostraron una reducción en suelo húmedo del 71%, Meza, Quipuzco y Meza (2019) en su investigación de elaboración de bioplásticos y determinación de la biodegradabilidad alcanzaron un 63,21% de reducción en compost.

## **VI. CONCLUSIONES**

Las características físicas de la queratina extraída de plumas de pollo obtuvieron un rendimiento del 22%, una densidad de 1,174 g/m y viscosidad de 2,5 Cp.

La dosis óptima para la generación de bioplástico fue de 25 gramos de almidón, 30 ml de queratina, 5 ml ácido acético, 5 ml de glicerina, 200 ml de agua destilada, 0,5 gramos de canela y 0,5 gramos de clavo de olor molido.

Las propiedades mecánicas del bioplástico de tracción fue de 0.429 MPa a una fuerza de 11.36 N y una deformación del 7.0278%.

El porcentaje de reducción de la biodegradación del bioplástico fue de un 72,73% y 81,82% en suelo agrícola y en agua de mar un 72,73% y 54,55%.

Se obtuvo un bioplástico que permite su biodegradación en 21 días.

## VII. RECOMENDACIONES

Emplear una máquina de extrusión para obtener láminas de bioplásticos del mismo grosor y realizar mediciones más objetivas de sus propiedades mecánicas.

Para futuras investigaciones emplear diferentes dosis de los componentes empleados para la elaboración del bioplástico, así como emplear otros aditivos plastificantes para aumentar la calidad del mismo.

Optimizar distintas dosis de sulfuro de sodio para la extracción de queratina, así como tener en cuenta la variable climatológica para el secado de los bioplásticos.

Se debe evaluar el almidón obtenido de la pulpa de *Ipomoea Batatas* por el análisis de espectrofotometría infrarroja por transformada de Fourier para determinar la composición porcentual de amilosa y amilopectina en las condiciones experimentales seleccionadas.

## REFERENCIAS

ALARCON, Hugo y ARROYO, Edmundo. Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 82 (3): 315-323, julio 2016.

ISSN: 1810-634X

ALL-natural bio-plastics using starch-betaglucan composites por Dominico Sagnelli [et al]. *Carbohydrate Polymers*. [en línea], 172. Setiembre 2017. [Fecha de consulta: 23 de mayo del 2021].

Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28606531/>

ISSN: 1879-1344

AMIN, Ruhul, CHOWDHURY, Mohammad y KOWSER Arefin. Characterization and performance analysis of composite bioplastics synthesized using titanium dioxide nanoparticles with corn starch. *Heliyon* [en línea], 5 (8). Agosto 2019. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2020].

Disponible en en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019356646>

ISSN: 2405-8440

AN efficient conversion of waste feather keratin into ecofriendly bioplastic film por Sharma Swati [et al]. *Clean Technologies and Environmental Policy* [en línea], 20 (10). Diciembre 2018. [Fecha de consulta: 05 de septiembre de 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1498-2>

ISSN: 1618-9558

APPENHEIMER, Michelle y EVANS, Sharon. Temperature and adaptive immunity. *Handbook of clinical neurology* [en línea]. (156), 2018. [Fecha de consulta 14 de noviembre del 2020].

Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444639127000242?via%3Dihub>  
ISSN: 30454603

ARISTIZÁBAL, Johanna, SÁNCHEZ, Teresa y MEJÍA, Danilo. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca [en línea]. Roma. FAO, 2007 [fecha de consulta: 20 de mayo de 2021].

Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

ISBN: 978-92-5-305677-4

A sustainable bioplastic obtained from rice straw por Bilo Fabjola [et al]. *Journal of Cleaner Production* [en línea], 200. Noviembre 2018. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2020].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85050981035&origin=resultslist&sort=plf->

[f&src=s&st1=A+sustainable+bioplastic+obtained+from+rice+straw&st2=&sid=0fd5c7a33d18f4c8ff45b23f02b73703&sot=b&sdt=b&sl=64&s=TITLE-ABS-KEY%28A+sustainable+bioplastic+obtained+from+rice+straw%29&relpos=2&citeCnt=24&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85050981035&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=A+sustainable+bioplastic+obtained+from+rice+straw&st2=&sid=0fd5c7a33d18f4c8ff45b23f02b73703&sot=b&sdt=b&sl=64&s=TITLE-ABS-KEY%28A+sustainable+bioplastic+obtained+from+rice+straw%29&relpos=2&citeCnt=24&searchTerm=)

ISSN: 09596526

A sustainable solution to plastics pollution: An eco-friendly bioplastic film production from high-salt contained *Spirulina* sp. Residues por Zhang, Chaofan [et al]. *Journal of Hazardous Materials* [en línea], 388. April 2020. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2020].

Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389419317273>

ISSN: 0304-3894

BEZIRHAN, Ezgi y BILGEN, Duygu. Production of bioplastic from potato peel waste and investigation of its biodegradability. *International Advanced Researches and Engineering Journal* [en línea]. Agosto 2019. [Fecha de consulta: 05 de septiembre de 2020].

Disponible en <http://dergipark.org.tr/doi/10.35860/iarej.420633>

ISSN: 2618-575X

BIODEGRADABLE thermoplastic starch of peach palm (*Bactris gasipaes* kunth) fruit: Production and characterisation por Alves de Melo Neto Bianco [et al]. *International Journal of food properties* [en línea]. Agosto 2017. [Fecha de consulta: 25 de septiembre del 2020].

Disponible en <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1372472>

ISSN: 1094-2912

BIOPLASTIC from Pectin of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*) Peel por Listyarini Risnita Vicky [et al]. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi* [en línea], 23 (06). Junio 2020. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2020].

Disponible en [https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=bda6cd8c-3965-4ced-8554-](https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=bda6cd8c-3965-4ced-8554-13d8eea52ffe%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsdoj.69a02cc5f65f41958cfbf1c77f4533e7&db=edsdoj)

[13d8eea52ffe%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsdoj.69a02cc5f65f41958cfbf1c77f4533e7&db=edsdoj](https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=bda6cd8c-3965-4ced-8554-13d8eea52ffe%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsdoj.69a02cc5f65f41958cfbf1c77f4533e7&db=edsdoj)

[13d8eea52ffe%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsdoj.69a02cc5f65f41958cfbf1c77f4533e7&db=edsdoj](https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=bda6cd8c-3965-4ced-8554-13d8eea52ffe%40sessionmgr103&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=edsdoj.69a02cc5f65f41958cfbf1c77f4533e7&db=edsdoj)

ISSN: 1410-8917

BIOPLASTIC (poly-3-hydroxybutyrate) production by the marine bacterium *Pseudodonghicola xiamenensis* through date syrup valorization and structural assessment of the biopolymer por Mostafa Yasser [et al]. *Nature Research* [en línea], 10 (1). 2020. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2020]

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085855156&origin=resultslist&sort=plf->

f&src=s&st1=bioplastic&nlo=&nlr=&nls=&sid=ae315a336f929fc4d59640700aa87f17&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubtype%2c%22ar%22%2ct&sl=25&s=TITLE-ABS-KEY%28bioplastic%29&relpos=12&citeCnt=1&searchTerm=ISSN: 20452322

BIOPLASTICS production from agricultural crop residues por Samer Mohamed [et al]. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal* [en línea], 21 (3). Octubre 2019. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85073474288&origin=resultslist&sort=plf->

f&src=s&st1=bioplastics+production&nlo=&nlr=&nls=&sid=cc3ad34a2c257202663770ab309088e0&sot=b&sdt=cl&cluster=scosubtype%2c%22ar%22%2ct&sl=37&s=TITLE-ABS-

KEY%28bioplastics+production%29&relpos=85&citeCnt=0&searchTerm=

ISSN: 16821130

BIOPLASTICS production from starch and chitosan blends por Cacique Paloma [et al]. *Revista Eletrônica Perspectivas da Ciência e Tecnologia* [en línea]. Noviembre 2017. [Fecha de consulta: 06 de septiembre de 2020].

Disponible en <https://revistascientificas.ifrj.edu.br/revista/index.php/revistapct/article/download/791/508>

ISSN: 984-5693

BIOPLASTIC synthesis using banana peels and potato starch and characterization por Rizwana Beevi [et al]. *International Journal of Scientific and Technology Research* [en línea], 9 (1). Enero 2020. [Fecha de consulta: 08 de septiembre de 2020].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078803230&origin=resultslist&sort=plf->

f&src=s&st1=Bioplastic+synthesis+using+banana+peels+and+potato+starch+and+characterization&st2=&sid=4e2cdb1b4093da09e1c1665cf32c4792&sot=b&sdt=b&sl=93&s=TITLE-ABS-KEY%28Bioplastic+synthesis+using+banana+peels+and+potato+starch+and+characterization%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=ISSN: 22778616

BRAGULLA, Hermann y HOMBERGER, Dominique. Structure and functions of keratin proteins in simple, stratified, keratinized and cornified epithelia. *Journal of Anatomy* [en línea], 214 (4). Abril 2009. [Fecha de consulta: 05 de mayo de 2021].

Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2736122/>  
ISSN: 0021-8782

CAMPOS, Paula y THOMAS, M. DNA extraction from keratin and chitin. *Methods in molecular biology*. [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2020].

Disponible en  
[https://link.springer.com/protocol/10.1007%2F978-1-4939-9176-1\\_7](https://link.springer.com/protocol/10.1007%2F978-1-4939-9176-1_7)  
ISSN: 30875044

CARACTERIZACIÓN fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México por Hernández Medina Marilyn [et al]. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [en línea], 28 (3). Setiembre 2008. [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2021].

Disponible en  
<https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNJk9Yf/?format=pdf&lang=es>  
ISSN: 0101-2061

CASTILLO, Florianne. Líquidos iónicos: métodos de síntesis y aplicaciones. *Conciencia Tecnológica*. [en línea], 49. Junio 2015. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2021].

Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=94438997007>

ISSN: 1405-5597

CRISPR/Cas9-Based Mutagenesis of Starch Biosynthetic Genes in Sweet Potato (*Ipomoea Batatas*) for the Improvement of Starch Quality por Hongxia Wang [et al]. *International Journal of Molecular Sciences*. Septiembre del 2019. [Fecha de consulta 24 de septiembre de 2020].

Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31547486/>

ISSN: 31547486

DEGRADATION and regeneration of feather keratin in NMMO solution por Bomou Ma [et al]. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea], 24 (21). Junio 2017. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020].

Disponible en <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-9410-x>

ISSN: 28601997

DEVELOPMENT of bioplastics from a microalgae consortium from wastewater por López Rocha César Javier [et al]. *Journal of Environmental Management*. [en línea], 263. Junio 2020. [Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2020].

Disponible en

[https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=f07e3645-fd47-44b1-](https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=f07e3645-fd47-44b1-8fae-48a9b36ae8f5%40pdc-v-)

[8fae-48a9b36ae8f5%40pdc-v-](https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=f07e3645-fd47-44b1-8fae-48a9b36ae8f5%40pdc-v-)

[sessmgr05&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=edsel](https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=f07e3645-fd47-44b1-8fae-48a9b36ae8f5%40pdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=edsel)

[p&AN=S0301479720302887](https://eds.b.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=6&sid=f07e3645-fd47-44b1-8fae-48a9b36ae8f5%40pdc-v-sessmgr05&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#db=edsel)

ISSN: 0301-4797

DUNN Jenifer. Biofuel and bioproduct environmental sustainability análisis. Current Opinion in Biotechnology. [en línea]. Marzo 2019. [ Fecha de consulta: 15 de setiembre de 2020].

Disponible en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958166918300806?via%3Dihub>

ISSN: 30928828

EFFECT of different polyols as plasticizers in soy based bioplastics por Aguilar JM [et al]. *Industrial Crops and Products* [en línea], 153. Octubre 2020. [Fecha de consulta: 04 de octubre de 2020].

Disponible en <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085491218&origin=resultslist&sort=plf->

[f&src=s&st1=bioplastics+production&nlo=&nlr=&nls=&sid=12493b6c02917f5e4c2c0dda0b6ae71d&sot=b&sdt=b&sl=37&s=TITLE-ABS-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085491218&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bioplastics+production&nlo=&nlr=&nls=&sid=12493b6c02917f5e4c2c0dda0b6ae71d&sot=b&sdt=b&sl=37&s=TITLE-ABS-)

[KEY%28bioplastics+production%29&relpos=22&citeCnt=0&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085491218&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bioplastics+production&nlo=&nlr=&nls=&sid=12493b6c02917f5e4c2c0dda0b6ae71d&sot=b&sdt=b&sl=37&s=TITLE-ABS-)

ISSN: 09266690

ELLEN MacArthur Foundation. New Plastics Economy report offers blueprint to design a circular future for plastics. 19 de enero de 2016. Disponible en: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/news/new-plastics-economy-report-offers-blueprint-to-design-a-circular-future-for-plastics>

ENDRES, Hans. Bioplastics. *Adv Biochem Eng Biotechnol.* [en línea].2019:166. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020].

Disponible en [https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F10\\_2016\\_75](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F10_2016_75)

ISSN: 28374047

EPA, US EPA. 19 de noviembre de 2015. Disponible en: <https://www.epa.gov/trash-free-waters/impacts-mismanaged->



HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la Investigación. 6ª ed. México: Mc Graw-Hill, 2014. 4 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0 Disponible en <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

IMPROVEMENT of Hardness and Biodegradability of Natural Based Bioplastic - Effect of Starch Addition during Synthesis por Nanang Eko Wahyuningtiyas [et al]. *Advanced Engineering Forum* [en línea]. Junio 2018. [Fecha de consulta 25 de septiembre de 2020] Disponible en <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AEF.28.67> ISSN: 2234991X

INFLUENCE of unsaturated soil permeability on the slopes of earth dams por Flores Berenguer Isaida [et al]. *Magazine Hydraulic and Environmental Engineering* [en línea], 40(3). Setiembre del 2019. [Fecha de consulta: 12 de abril de 2021]. Disponible en [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1680-03382019000300086](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382019000300086) ISSN: 1680-0338

ISOBE Sachiko, SHIRASAWA Kenta y HIRAKAWA Hideki. Current status in whole genome sequencing and analysis of *Ipomoea* spp. *Plan Cell Rep.* [en línea]. (38) 11: 2019. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00299-019-02464-4> ISSN: 31468128

JIMENEZ, Evelyn. Obtención del mucílago de la cáscara de la tuna (*Opuntia ficus indica*) a partir de diferentes métodos de extracción. Tesis (Ingeniería de Alimentos). Santiago de Chile: Universidad de Chile, 2014.  
Disponibile en <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/130028>

KERATIN based bioplastic film from chicken feathers and its characterization por Ramakrishnan Navina [et al]. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea]. Noviembre 2017. [Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2020].  
Disponibile en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813017344288>

KERATIN: dissolution, extraction and biomedical application por Shavandi Amin [et al]. *Biomaterials Science* [en línea]. Agosto 2017. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2020].  
Disponibile en <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/BM/C7BM00411G#!divAbstract>  
ISSN: 28686242

KHUMALO, Mduduzi, SITHOLE, Bruce y TESFAYE, Tamrat. Valorisation of waste chicken feathers: Optimisation of keratin extraction from waste chicken feathers by sodium bisulphite, sodium dodecyl sulphate and urea. *Journal of Environmental Management* [en línea], 262. Mayo 2020. [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2020].  
Disponibile en <https://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=2&sid=9c744328-70ec-4f98-9832-583975ed2d8e%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbm9bmwmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=S0301479720302644&db=edselp>  
ISSN: 0301-4797

LAMBERT, Scott y WAGNER, Martin. Environmental performance of bio-based and biodegradable plastics: the road ahead. *Chemical Society Reviews* [en línea]. Noviembre, 2017. [Fecha de consulta: 15 de octubre del 2020].

Disponible en:  
<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2017/CS/C7CS00149E#!divAbstract>

ISSN: 28932844

LLERENA, José y MONZÓN, Lalo. Elaboración de un envase biodegradable a partir de almidón obtenido de arroz quebrado (*oryza sativa*), queratina obtenida de residuos avícolas (plumas) fortificado con residuos de cáscaras de mango (*mangifera indica*). Tesis (Ingeniero Biotecnólogo). Arequipa: Universidad Católica de Santa María, 2017.

Disponible en  
<http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6667/42.0158.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MA, Zhen y BOYE, I Joyce. Research advances on structural characterization of resistant starch and its structure-physiological function relationship: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* [en línea], 58 (7). Mayo 2018. [Fecha de consulta: 22 de septiembre de 2020].

Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27646607/>

ISSN:27646607

MEHDI, Emadian, TURGUT, Onay y BURAK, Demirel. Biodegradation of bioplastics in natural environments. *Waste Management* [en línea], 59. Enero 2017. [Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2020]

Disponible en  
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1630561X>

ISSN: 0956-053X

MEZA, Paola, QUIPUZCO, Lawrence y MEZA, Victor. Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio. *Revista Del Instituto De Investigación De La Facultad De Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica Y Geográfica* [en línea], 22 (43). Junio 2019. [Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2020].

Disponible en  
<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16691/14254>

ISSN: 2311-2212

MINAM. Cifras del mundo y el Perú. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

ORCINI, Carolina, TORRES, Jelvin y ARELLANO, Merivette. Caracterización de Productos Petroleros mediante las normas ASTM. Tesis (Ingeniero Químico). Venezuela: Universidad de Los Andes, 2020.

Disponible en <https://es.scribd.com/document/365781930/CrudoslyII>

ORTEGA, David, QUINTERO, Gina y HUERTAS, William. Processing of chicken feathers to obtain keratin. *Magazine UGCiencia* [en línea] 23. Diciembre 2017. [Fecha de consulta: 08 de mayo de 2021].

Disponible en

<https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/767>

ISSN:1018634

PREPARATION of bioplastic using soy protein por Yamada Masanori [et al].  
*International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 149. Abril 2020.  
[Fecha de consulta: 07 de septiembre de 2020].

Disponible en

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813019398265>

ISSN: 0141-8130

PROCESO integral de obtención de glicerol como subproducto de la producción de biodiésel, a partir del aceite de higuera por Romero Leonel [et al]. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D* [en línea], 12 (2). Octubre 2012. [Fecha de consulta: 08 de abril de 2021].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6096209>

ISSN: 2422-4324, 1900-771X

PRODUCTION from Microalgae: A Review por Senem Onen Cinar [et al.]. *Int J Environ (Res Public Health)*. [en línea], 17(11). Mayo 2020. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2021].

Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32481700/>

ISSN: 32481700

PRODUCTION of bioplastic through food waste valorization por Fai Tsang Yiu [et al].  
*Environment International* [en línea]. Junio 2019. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2020].

Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30991219/>

ISSN: 30991219

QUERATINA a partir de la hidrólisis enzimática de harina de plumas de pollo, utilizando queratinasas producidas por *Bacillus subtilis* por Machuca-Loja Geanina [et al]. *Revista Ciencia Unemi* [en línea]. 2016, 9 (20), 50-58 [Fecha de consulta 12 de abril de 2021].

Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=582663826007>

ISSN: 2528-7737

RECENT advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts por Hui Suan Ng [et al]. *Bioresource Technology*. [en línea]. Abril 2020 [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020].  
Disponble en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420301589>  
ISSN: 122889

ROSE, Alexandra, FUNK, Deborah y NEIGER, Reto. Comparison of refractometry and biuret assay for measurement of total protein concentration in canine abdominal and pleural fluid specimens. Magazine J Am Vet Med Assoc [en línea], 248 (7). Abril del 2016. [ Fecha de consulta: 12 de mayo de 2021].  
Disponble en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27003020/>  
ISSN:27003020

RHODES, Christopher. Plastic pollution and potencial solutions. *Science Progress* [en línea], 101(3). Setiembre 2018. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2020].  
Disponble en [https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30025551//](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30025551/)  
ISSN: 30025551

Resolución Ministerial n.º 683-2018/MINSA. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 20 de julio de 2018.

SÁENZ, Carmen, SEPÚLVEDA, Elena y MATSUHIRO, Betty. Opuntia spp mucilage's: a functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments* [en línea], 57 (3). Mayo 2004. [Fecha de consulta: 09 de abril de 2021]

Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014019630300106X?via%3Dihub>  
ISSN: 0140-1963

SALAZAR, Marcela. Determinación del método para la obtención de queratina cosmética a partir de plumas gallináceas. Tesis (Ingeniero Químico-Farmacéutico). Quito: Universidad Central del Ecuador, 2013.  
Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1088>

SANCHEZ, Kevin. Comparación de la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de los residuos de papa y camote de restaurantes del mercado central del distrito de independencia, 2017. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017.  
Disponible en [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12651/Sanchez\\_HKR.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/12651/Sanchez_HKR.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

SEASONAL characterization of nutritional and antioxidant properties of *Opuntia ficus-indica* [(L.) Mill.] mucilage por Concetta Maria Messina [et al]. *Food Hydrocolloids* [en línea]. Octubre 2020 [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020]  
Disponible en  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X20318154?via%3Dihub>  
ISSN: 106398

SYUHADA, Mahfud, SOFA, Sintia y SEDYADI, Endaruji. The Effect of Cassava Peel Starch Addition to Bioplastic Biodegradation Based On Chitosan On Soil and

River Water Media. *Biology, Medicine & Natural Product Chemistry* [en línea], 9 (1). Abril 2020. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2020].

Disponible en

<http://sciencebiology.org/index.php/BIOMEDICH/article/view/101/93>

ISSN: 2540-9328

TESFAYE, Tamrat, SITHOLE, Bruce y RAMJUGERNATH, Deresh. Valorisation of chicken feathers: a review on recycling and recovery route—current status and future prospects. *Clean Techn Environ Policy* [en línea]. Octubre 2017. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2020].

Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/320542465\\_Valorisation\\_of\\_chicken\\_feathers\\_a\\_review\\_on\\_recycling\\_and\\_recovery\\_route-current\\_status\\_and\\_future\\_prospects](https://www.researchgate.net/publication/320542465_Valorisation_of_chicken_feathers_a_review_on_recycling_and_recovery_route-current_status_and_future_prospects)

ISSN: 1618-954X

THERMOPLASTIC Starch (TPS) Films Added with Mucilage from *Opuntia Ficus Indica*: Mechanical, Microstructural and Thermal Characterization por Fabrizio Scognamiglio [et al]. *Materials (Basel)* [en línea], 13 (4). Febrero 2020. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2021].

Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32102225/>

ISSN: 1996-1944

THE STRUCTURE, FUNCTIONS, AND MECHANICAL PROPERTIES OF KERATIN por Mckittrick Joanna [et al]. *JOM: the journal of the Minerals, Metals & Materials Society* [en línea], 64 (4). Abril 2012. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2021]

Disponible en

[https://www.researchgate.net/publication/236965650\\_The\\_Structure\\_Functions\\_and\\_Mechanical\\_Properties\\_of\\_Keratin](https://www.researchgate.net/publication/236965650_The_Structure_Functions_and_Mechanical_Properties_of_Keratin)

TORRES, Tamara. Validación de los métodos de ensayo para la determinación de densidad relativa y viscosidad dinámica en asfaltos en el laboratorio de la refinería esmeraldas. Tesis (Ingeniera Química). Quito: Universidad Central de Ecuador, 2017.

Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/12940>

TRINIDAD, A y VELASCO, J. Importancia de la materia orgánica en el suelo. Magazine Agro Productivity [en línea], 9(8). Agosto de 2016. [Fecha de Consulta: 12 de abril de 2021].

Disponible en

[https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:LwBI8BfKMn4J:scholar.google.com/&hl=es&as\\_sdt=0,5&as\\_ylo=2016&as\\_yhi=2021](https://scholar.googleusercontent.com/scholar?q=cache:LwBI8BfKMn4J:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=0,5&as_ylo=2016&as_yhi=2021)

ISSN: 249320586

VALERO-VALDIVIESO, Manuel, ORTEGÓN, Yamileth y USCATEGUI, Yomaira. Biopolímeros: avances y perspectivas. *DYNA* [en línea], 80 (181). Octubre 2013. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2021]

Disponible

en

[http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S0012-73532013000500019&lng=es&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0012-73532013000500019&lng=es&nrm=iso&tlng=es)

ISSN: 0012-7353

VALORISATION of chicken feathers: Characterisation of physical properties and morphological structure por Tesfaye Tamrat [et al]. *Journal of Cleaner Production* [en línea], 149. Abril 2017. [Fecha de consulta: 15 de septiembre de 2020]

Disponible

en

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617303268>

ISSN: 0959-6526

VALORIZATION of *Opuntia monacantha* (Willd.) Haw. cladodes to obtain a mucilage with hydrocolloid features: Physicochemical and functional performance por Melina Dick [et al]. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 123. Febrero 2019. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2021].  
Disponibile en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30447373/>  
ISSN: 1879-0003

VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: Una forma de conocer realidades con evidencia científica. *Revista Educacion* [en línea]. 33 (1). Junio 2009. [Fecha de consulta: 26 de Setiembre de 2020].  
Disponibile en:  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44015082010>  
ISSN: 03797082

VILLACRÉS, Nelson, HERRERA, Nora y HERNÁNDEZ, Wilfredo. Depósito de derivados de furfural modificados en geles de pectina y la obtención de biopolímeros plásticos. *Revista Universidad Nacional Federico Villarreal* [en línea], 6 (2). Mayo 2019. [Fecha de consulta: 08 de septiembre de 2020].  
Disponibile en  
<http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/RCV/article/view/279><http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/6667/42.0158.IB.pdf?sequence=1&isAllowed=y>  
ISSN: 2311-2212

WAHYUNINGTIYAS, Nanang y SURYANTO, Heru. Properties of Cassava Starch based Bioplastic Reinforced by Nanoclay. *Journal of Mechanical Engineering Science and Technology* [en línea], 2 (1). Junio de 2018. [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2020].

Disponible en <http://journal2.um.ac.id/index.php/jmest/article/view/5066>  
ISSN: 25802402

WRIGHT, Stephanie y KELLY, Frank. Plastic and human health: A micro Issue?  
*Environ Science & Technology* [en línea]. Junio 2017. [Fecha de consulta: 24  
de setiembre de 2021].

Disponible en <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28531345/>  
ISSN: 28531345

YIELDING and Flow of soft – Jammed Systems in Elongation por Zhang X. [et al.] *Phys  
Rev. Lett.* [en línea]. 120 (4). Enero 2018. [Fecha de consulta: 23 de octubre de  
2020].

Disponible en <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.120.048001>  
ISSN: 29437452

## ANEXOS

**Anexo N° 1.** Matriz de Consistencia: Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de *Ipomoea batatas* fortificado con mucílago de *Opuntia ficus-indica* para la obtención de bioplástico

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿La mezcla de queratina extraída de plumas de pollo, el almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>, permitirá la obtención de bioplástico?</p>	<p>Obtener bioplástico a partir de la mezcla de queratina extraída de plumas de pollo, el almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i></p>	<p>La mezcla de queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> permitirá la obtención de bioplástico</p>	<p><b>VI: Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i></b></p>	<p>Características físicas de la queratina</p>
<p><b>Problema Específico N° 1</b></p> <p>¿Cuáles serán las características físicas de la queratina extraída en la pluma de pollo para la obtención de bioplástico?</p>	<p>Determinar las características físicas de la queratina extraída en la pluma de pollo para la obtención de bioplástico</p>	<p>Las características de la queratina extraída en la pluma de pollo tendrán un alto grado de relación en la obtención de bioplástico</p>		<p>Dosis de los componentes</p>
<p><b>Problema Específico N° 2</b></p> <p>¿Cuál será la composición óptima de queratina de pluma de pollo, almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>, en la elaboración del bioplástico?</p>	<p>Definir la dosis óptima de queratina de pluma de pollo, almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>, en la elaboración del bioplástico</p>	<p>La dosis óptima de queratina de pluma de pollo, almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> de pluma de pollo, influirá en la mejora de las propiedades mecánicas del bioplástico</p>		
<p><b>Problema Específico N° 3</b></p> <p>¿Cuáles serán las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado mediante queratina de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>?</p>	<p>Analizar las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado mediante queratina de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>.</p>	<p>Las propiedades mecánicas de la formulación 3 del bioplástico serán mejores que las otras formulaciones de bioplástico elaborado de queratina de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>.</p>	<p><b>VD: Bioplástico</b></p>	<p>Propiedades mecánicas del bioplástico</p>
<p><b>Problema Específico N° 4</b></p> <p>¿Cuál será el porcentaje de reducción de la biodegradación del bioplástico, con queratina de pluma de pollo, almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> en agua de mar y suelo agrícola?</p>	<p>Determinar el porcentaje de reducción de la biodegradación del bioplástico, con queratina de pluma de pollo, almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> en agua de mar y suelo agrícola,</p>	<p>El porcentaje de reducción de la biodegradación del bioplástico, con queratina de pluma de pollo, almidón de <i>Ipomoea batatas</i>, y mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> en suelo agrícola y agua de mar será mayor al 70%.</p>		<p>Biodegradación del bioplástico</p>

Anexo N°2. Matriz de Operacionalización de variable

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA/ UNIDAD DE MEDICIÓN	
<b>VIV1</b> <b>Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i></b>	<p>La queratina tiene cierta capacidad inherente para facilitar la adhesión celular, la proliferación y la regeneración del tejido. (Shavandi et al., 2017). Las plumas de pollo, de acuerdo a Tesfaye et al. (2017) está compuesta de raquis, barbas y púa. De este último señalan que se encuentra en el grupo de fibras elásticas mientras que el raquis se incluye en el grupo de fibras rígidas. Teniendo así que la flexibilidad de las púas para doblarse, proporcionará buena resistencia, cohesión y capacidad de hilado de hilos y tejidos elaborados con ellas.</p> <p>El mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i>, como nos indica Jiménez (2014), en una sustancia espesa y gomosa que le da la capacidad al cactus de almacenar gran cantidad de agua y al entrar en contacto con este tiende a hincharse similares a las propiedades tensoactivas de diversas gomas naturales.</p> <p>El almidón, de acuerdo con Ma y Boye (2018), es una capa de enzima formada por regiones cristalinas en algunos alimentos que generan varias condiciones de procesamientos resultantes de su estructura lineal y ramificada ya que es un polisacárido glucano.</p> <p>La mezcla de queratina, almidón y mucílago permitió la elaboración de bioplástico.</p>	<p>La queratina extraída de las plumas de pollo se determinó mediante sus características físicas. Asimismo, el bioplástico se determinó mediante la dosis de sus componentes.</p>	Características físicas de la queratina	Refractometría	°Bx	
				Densidad	g/ml	
				Viscosidad	Cp	
			Dosis de los componentes	Dosis 1	Queratina →20	ml
					Almidón →20	g
					Mucílago →5	g
					Glicerina →5	ml
					Ácido acético →5	ml
					Agua destilada →200	ml
				Dosis 2	Canela →0.5	g
					Clavo de olor →0.5	g
					Queratina →20	ml
					Almidón →20	g
					Mucílago →5	g
					Glicerina →5	ml
				Dosis 3	Ácido acético →5	ml
					Agua destilada →200	ml
					Canela →0.5	g
					Clavo de olor →0.5	g
Queratina →20	g					
Queratina →20	ml					
Propiedades mecánicas del bioplástico	Tracción	MPa				
	Ley de Hooke	MPa				
	Módulo de Young	MPa				
	Deformación	%				
	Fuerza aplicada	N				
	Elongación	mm				
	Biodegradación del bioplástico	Peso	g			
		Tiempo	días			
		Reducción	%			

## Anexo N°3. Instrumentos

1. FICHA DE UBICACIÓN	
TÍTULO	"Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> para la obtención de bioplástico"
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de los Residuos
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	1.- Bujahico Huertas, Karen Geanella (Orcid: 0000-0001-7132-092) 2.- Flor Tipiana, Joselyn Dayana (Orcid: 0000-0002-0225-5504)
ASESOR	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

UBICACIÓN	
DIRECCIÓN	Mercado Modelo de Huaral / Mercado Huamantanga
DISTRITO	Huaral / Puente Piedra
PROVINCIA	Lima / Lima
DEPARTAMENTO	Lima / Lima

2. FICHA DE CARACTERIZACIÓN DE QUERATINA DE PLUMA DE POLLO	
TÍTULO	"Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucílago de <i>Opuntia ficus-indica</i> para la obtención de bioplástico"
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN	Tratamiento y Gestión de los Residuos
FACULTAD	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
REALIZADO POR	1.- Bujahico Huertas, Karen Geanella (Orcid: 0000-0001-7132-092) 2.- Flor Tipiana, Joselyn Dayana (Orcid: 0000-0002-0225-5504)
ASESOR	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

CÓDIGO	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA QUERATINA DE PLUMA DE POLLO		
	Refractometría	Densidad	Viscosidad
	°Bx	g/ml	Cp

3. DOSIS DE LOS COMPONENTES DEL BIOPLÁSTICO	
<b>TÍTULO</b>	"Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> para la obtención de bioplástico"
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
<b>REALIZADO POR</b>	1.- Bujahico Huertas, Karen Geanella (Orcid: 0000-0001-7132-092) 2.- Flor Tipiana, Joselyn Dayana (Orcid: 0000-0002-0225-5504)
<b>ASESOR</b>	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

CÓDIGO	Formulación 1								Formulación 2								Formulación 3							
	queratina	almidón	mucilago	glicerina	ácido acético	agua destilada	canela	clavo de olor	queratina	almidón	mucilago	glicerina	ácido acético	agua destilada	canela	clavo de olor	queratina	almidón	mucilago	glicerina	ácido acético	agua destilada	canela	clavo de olor
	ml	g	g	ml	ml	ml	g	g	ml	g	g	ml	ml	ml	g	g	ml	g	g	ml	ml	ml	g	g

4. FICHA DE PRUEBAS MECÁNICAS	
<b>TÍTULO</b>	"Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> para la obtención de bioplástico"
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
<b>REALIZADO POR</b>	1.- Bujahico Huertas, Karen Geanella (Orcid: 0000-0001-7132-092) 2.- Flor Tipiana, Joselyn Dayana (Orcid: 0000-0002-0225-5504)
<b>ASESOR</b>	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

CÓDIGO	Pruebas mecánicas					
	Tracción	Ley de Hooke	Módulo de Young	Elongación	Deformación	Fuerza aplicada
	MPa	MPa	MPa	mm	%	N

5. FICHA DE BIODEGRADACIÓN	
<b>TÍTULO</b>	“Queratina extraída de plumas de pollo y almidón obtenido de <i>Ipomoea batatas</i> fortificado con mucilago de <i>Opuntia ficus-indica</i> para la obtención de bioplástico”
<b>LÍNEA DE INVESTIGACIÓN</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos
<b>FACULTAD</b>	Ingeniería Ambiental y Arquitectura
<b>REALIZADO POR</b>	1.- Bujahico Huertas, Karen Geanella (Orcid: 0000-0001-7132-092) 2.- Flor Tipiana, Joselyn Dayana (Orcid: 0000-0002-0225-5504)
<b>ASESOR</b>	Dr. Benites Alfaro Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

CÓDIGO	Biodegradación en suelo agrícola y agua de mar										
	Suelo agrícola					Agua de mar					
	Temperatura	Conductividad eléctrica	Potencial redox	pH	Reducción	Temperatura	Conductividad eléctrica	Potencial redox	pH	Turbidez	Reducción
	°C	μS/cm	mv	ácido/base	%	°C	μS/cm	mv	ácido/base	NTU	%

## Anexo N°4. Validación de instrumentos



### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:.....BENITES ALFARO ELMER.....  
 1.2. Cargo e institución donde labora:.....DTC-UCV.....  
 1.3. Especialidad o línea de investigación DOCENTE INVESTIGADOR/Ing. Químico-Gestión ambiental  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..Instrumentos Fichas Nros: 1-2-3-4.....  
 1.5. Autor(A) de InstrumentoBujahico Huertas, Karen Geanella- Flor Tipiana, Joselyn Dayana

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

si

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

90%
-----

Lima,.....12/11/ del 201

**Dr. Elmer G. Benites Alfaro**  
 CIP. 71998

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres:.....ORDOÑEZ GALVEZ, JUAN JULIO.....
- 1.2. Cargo e institución donde labora:....Docente de la UCV.....
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: Especialista en Medio Ambiente- Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:..Instrumentos Fichas N° 1-2-3-4-5
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Bujahico Huertas, Karen Geanella – Flor Tipiana, Joselyn Dayana

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

X
90 %

Atentamente,



Juan Julio Ordoñez Galvez  
DNI: 08447308  
CIP: 89972

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: PILLPA ALIAGA FREDDY
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE TIEMPO COMPLETO UCV
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: GEOMORFOLOGIA, HIDROLOGIA Y EDAFOLOGIA
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: INSTRUMENTOS FICHAS N° 1-2-3-4-5
- 1.5. Autoras de Instrumento: BUJAHICO HUERTAS, KAREN GEANELLA – FLOR TIPIANA, JOSELYN DAYANA

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

95

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%
-----

Lima, 11 DE NOVIEMBRE DE... del 2020



Firmado digitalmente por  
 Freddy Pillpa Aliaga  
 Nombre de reconocimiento  
 (DN): cn=Freddy Pillpa Aliaga,  
 o=Colegio de Ingenieros del  
 Perú, ou=CIP 196897,  
 email=fpillpaa@gmail.com, c=PE  
 Fecha: 2020.11.11 18:01:37  
 -05'00

## Anexo N°5. Calibración del refractómetro y dinamómetro

FO-TM-12  
Página 1 de 3  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN  
NTP ISO/IEC 17025:2017

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

Q21-79-6

Fecha de Emisión : 2021-05-03

Orden de Servicio: 0079-00  
Expediente: 0243/348

#### 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante : LC INGENIERIA CONSULTORA DEL PERU SAC  
Dirección : Cal. 1 Mz B lote 31 Asc. Los Olivos Villa Lima, San Martín de Porres, Lima

#### 2. INSTRUMENTO

Marca : ATC  
Modelo : SDB-80ATC  
Serie : NO INDICA  
Identificación : NO INDICA  
Procedencia : NO INDICA  
Alcance : 0 %brix a 80 %brix  
Resolución : 0,5 %brix

Los resultados presentados en este certificado de calibración son válidos solamente para este instrumento en las condiciones que es realizada la calibración.

Servicios Industriales y Metrológicos S.A.C. (SIMSAC) no se responsabiliza del uso inadecuado del instrumento.

SIMSAC no es responsable de la inadecuada interpretación de los resultados presentados en este certificado de calibración.

El presente certificado de calibración carece de validez sin las firmas y sellos de SIMSAC.

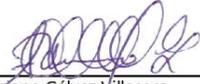
#### 3. FECHA Y LUGAR DE MEDICIÓN

Fecha de Calibración : 2021-05-03  
Ubicación : Instalaciones de SIMSAC.  
Dirección : Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima

Los resultados presentados en este certificado de calibración son trazables a patrones nacionales o internacionales de acuerdo al sistema internacional de medida (SI).

#### 4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con patrones trazables al INACAL - DM o patrones internacionales.

  
Adriano Gálvez Villaseca  
Responsable de Laboratorio  
SIMSAC

SIMSAC



Versión 01  
Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima  
☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177  
✉ ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com

Página 1 de 3

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

**Q21-79-6**

### 5. TRAZABILIDAD

Los patrones utilizados en la calibración son trazables a los patrones del INACAL-DM:

INSTRUMENTO	CERTIFICADO	IDENTIFICACIÓN
Balanza Analítica	M-1246-2020	LM-01
Saccharose	16765301	RE3451

### 6. OBSERVACIONES

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de CALIBRADO.

### 7. INCERTIDUMBRE

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $K=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre de medición", Segunda edición, Julio 2001.



SIMSAC



Versión 01  
Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima  
☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177  
✉ [ventas@simsacperu.com](mailto:ventas@simsacperu.com) / [www.simsacperu.com](http://www.simsacperu.com)

Página 2 de 3

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

Q21-79-6

### 8. RESULTADOS

Temperatura Ambiental      **Inicial:** 23,1 °C      **Final:** 23,0 °C  
Humedad Relativa          **Inicial:** 65,3 %hr      **Final:** 65,3 %hr

Indicación del equipo	Indicación del patrón	Error	Incertidumbre
% brix	% brix	% brix	% brix
0,00	0,00	0,00	0,29
20,00	20,00	0,00	0,29
50,00	50,00	0,00	0,29
70,00	70,00	0,00	0,29

Fin del Documento

SIMSAC



Versión 01  
Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima  
☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177  
✉ ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com

Página 3 de 3

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

**M21-110-1**

Fecha de Emisión: 2021-06-07

Orden de Servicio: 0110-00

Expediente :0243/417

### 1. INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Solicitante : LC INGENIERIA CONSULTORA ASESORIA DEL PERU SAC

Dirección : Cal. 1 Mz B lote 31 Asc. Los Olivos Villa Lima, San Martín de Porres, Lima

### 2. INSTRUMENTO : DINAMÓMETRO

Tipo : ELECTRÓNICA

Marca : NO INDICA

Modelo : NO INDICA

Serie : SIM2021258

Alcance : 5 kg

División de Escala : 0,005 kg

División de Verificación (e) : 0,005 kg

Clase : IIII

Procedencia : NO INDICA

Identificación : SIM2021258

### 3. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

Fecha de Calibración : 2021-06-07

Ubicación : LABORATORIO

Dirección : Cal. 1 Mz B lote 31 Asc. Los Olivos Villa Lima, San Martín de Porres, Lima

Los resultados presentados en este certificado de calibración son válidos solamente para este instrumento en las condiciones que es realizada la calibración.

Servicios Industriales y Metrológicos S.A.C. (SIMSAC) no se responsabiliza del uso inadecuado del instrumento.

SIMSAC no es responsable de la inadecuada interpretación de los resultados presentados en este certificado de calibración.

El presente certificado de calibración carece de validez sin las firmas y sellos de SIMSAC.

Los resultados presentados en este certificado de calibración son trazables a patrones nacionales o internacionales de acuerdo al sistema internacional de medida (SI).

  
Adriano Gálvez Villaseca  
Responsable de laboratorio  
SIMSAC



Versión 01  
Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima  
☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177  
✉ ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN****Laboratorio de Masa****M21-110-1****4. MÉTODO DE CALIBRACIÓN**

Se tomó como referencia para la calibración el método de comparación directa según el PC-001 "Procedimiento para la calibración de instrumentos de pesaje de funcionamiento no automático clase III y IIII", INACAL-DM, Mayo 2019.

**5. TRAZABILIDAD DE LA CALIBRACIÓN**

INSTRUMENTO	CERTIFICADO	IDENTIFICACIÓN
Juego de Pesas	M-1249-2020	JPM2-01

**6. OBSERVACIONES**

Se colocó una etiqueta con la indicación CALIBRADO en el dinamómetro.

Según la NMP 003-2009 la capacidad mínima para este dinamómetro es 0,05 kg.

De acuerdo a los registros del cliente, la temperatura del lugar de calibración varía entre 18 °C a 35 °C.

No se realizó ningún tipo de ajuste.

Se ha considerado el valor  $1,00 \times 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  para el coeficiente de deriva de la indicación con respecto a la temperatura.

SIMSAC asignó la identificación al instrumento.

**7. INCERTIDUMBRE**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura  $K=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre de medición", Segunda edición, Julio 2001.



Versión 01  
Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima

☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177

✉ ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

M21-110-1

## 8. RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	Tiene	ESCALA	No tiene
OSCILACIÓN LIBRE	No tiene	CURSOR	No tiene
PLATAFORMA	No tiene	NIVELACIÓN	No tiene
SISTEMA DE TRABA	No tiene		

## ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,4	21,5
Humedad Relativa (%HR)	66,4	65,4

Medición N°	Carga L1 = 2,5 kg			Carga L2 = 5 kg		
	I (kg)	$\Delta L$ (kg)	E (kg)	I (kg)	$\Delta L$ (kg)	E (kg)
1	2,505	0,0030	0,0045	5,010	0,0030	0,0095
2	2,505	0,0030	0,0045	5,010	0,0025	0,0100
3	2,505	0,0025	0,0050	5,010	0,0020	0,0105
4	2,505	0,0030	0,0045	5,010	0,0025	0,0100
5	2,505	0,0020	0,0055	5,010	0,0030	0,0095
6	2,505	0,0025	0,0050	5,010	0,0030	0,0095
7	2,505	0,0025	0,0050	5,010	0,0025	0,0100
8	2,505	0,0030	0,0045	5,010	0,0020	0,0105
9	2,505	0,0030	0,0045	5,010	0,0030	0,0095
10	2,505	0,0030	0,0045	5,010	0,0025	0,0100

Carga	Diferencia Máxima (kg)	$\pm$ e.m.p. (kg)
2,5 kg	0,0010	0,005
5 kg	0,0010	0,005

SIMSAC

Versión 01  
Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima

☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177

✉ ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

M21-110-1



SIMSAC



Versión 01  
Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima  
☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177  
✉ [ventas@simsacperu.com](mailto:ventas@simsacperu.com) / [www.simsacperu.com](http://www.simsacperu.com)

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio de Masa

**M21-110-1**

### ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	21,4	21,5
Humedad Relativa (%HR)	65,4	65,4

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± e.m.p. (kg)
	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	I (kg)	ΔL (kg)	E (kg)	Ec (kg)	
E <sub>0</sub> 0,010	0,010	0,0030	-0,0005						0,005
0,050	0,050	0,0030	-0,0005	0,0000	0,050	0,0020	0,0005	0,0010	0,005
0,200	0,205	0,0020	0,0055	0,0060	0,205	0,0025	0,0050	0,0055	0,005
0,300	0,305	0,0030	0,0045	0,0050	0,305	0,0025	0,0050	0,0055	0,010
1,000	1,005	0,0030	0,0045	0,0050	1,005	0,0030	0,0045	0,0050	0,010
1,500	1,505	0,0030	0,0045	0,0050	1,505	0,0020	0,0055	0,0060	0,015
2,000	2,005	0,0030	0,0045	0,0050	2,005	0,0030	0,0045	0,0050	0,015
3,000	3,010	0,0020	0,0105	0,0110	3,010	0,0025	0,0100	0,0105	0,015
4,000	4,010	0,0025	0,0100	0,0105	4,010	0,0030	0,0095	0,0100	0,015
4,500	4,510	0,0025	0,0100	0,0105	4,510	0,0025	0,0100	0,0105	0,015
5,000	5,010	0,0025	0,0100	0,0105	5,010	0,0025	0,0100	0,0105	0,015

Lectura Corregida :  $R_{\text{corregida}} = (R - 2,57 \times 10^{-3} \times R) \text{ kg}$

Incertidumbre de Medición :  $U = 2 \times (5,38 \times 10^{-9} \times R^2 + 4,41 \times 10^{-6})^{1/2} \text{ kg}$

Para cargas menores a 5 kg

- L : Carga aplicada al dinamómetro.    E : Error encontrado.    U : Incertidumbre expandida de la lectura corregida.  
 I : Indicación del dinamómetro.    EO : Error en cero.  
 ΔL : Carga adicional.    Ec : Error corregido.    R : Lectura del dinamómetro posterior a la calibración expresada en (kg).

Fin del Documento

SIMSAC



Versión 01  
 Enero - 2020

Dirección: Jr. Santa María N° 339; Urb. Palao, San Martín de Porres, Lima  
 ☎ 969 154 345 / 991 367 244 / 953 529 845 / 991 172 177  
 ✉ ventas@simsacperu.com / www.simsacperu.com