

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



TESIS:

“Elaboración de un bioplástico a base de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), queratina de plumas de pollo y reforzado con cáscara de tuna (*Opuntia ficus - indica*)”

Para optar el título profesional de:
INGENIERA AGROINDUSTRIAL

PRESENTADO POR:
Bach. Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS

ASESOR:
Ing. Jorge Adalberto MÁLAGA JUÁREZ

AYACUCHO - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Para Don Rubén, por supuesto...

AGRADECIMIENTO

A mi madre por mostrarme la fortaleza que se lleva en el corazón, a mi familia.

Al Ingeniero Jorge Málaga Juárez, por la precisión en sus apuntes, Gracias por ser maestro universitario.

Al Ingeniero Wiler De La Cruz Quispe, por escuchar de las diferentes ocurrencias científicas que tuve, por motivarme de que se puede lograr.

Porque a él los años le enseñaron lo que es la vida y lo mucho que me falta recorrer, Gracias Ingeniero Fernando N. Barrantes del Águila por aquellos consejos por hacer más llevadero los problemas que se presentaron y siempre ver la luz de las soluciones, Gracias.

Al docente de la escuela de farmacia Marco Arones Jara, por la amabilidad y la buena fe en querer apoyar la investigación, Gracias

A los docentes Alfredo Arias Jara, Jorge García Blasquez Morote y Jack Hernández Mavila, por la confianza educativa que muestran, Gracias.

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, Percy Velasquez Ccosi, Percy Huauya, Agustín Portuguez, Eusebio de la Cruz, Yurfa Aguilar, etc a todos ellos gracias por los conocimientos universitarios brindados.

Al Ingeniero Donato Conde, auxiliar de laboratorio de Industrias Alimentarias por la serenidad y magia de aquellas personas que apoyan, a la Sra. Doris Quispe Laura auxiliar de E.F.P. de Biología por brindarme su alegría y los insumos químicos para las diferentes pruebas que se realizaron y a Rosi Palomino auxiliar del laboratorio de procesos agroindustriales por facilitarme con paciencia los materiales de laboratorio, a Juan y Sr. Nemesio Gozme por brindarme agua destilada.

A mis amigos: Ángel R., Lizeth, ClaMercci, Joel, Yin y Abel por el apoyo y tiempo, Gracias.

ÍNDICE

Glosario	7
Resumen	9
Introducción	16
Capítulo I:	17
Generalidades	17
1.1. Realidad Problemática	17
1.2. Objetivos	18
1.3. Justificación	19
Capítulo II:	21
Marco Teórico	21
2.1. Bioplástico	21
2.1.1. Clasificación de los Bioplásticos	22
2.1.1.1. Tensión.	23
2.1.1.2. Dureza de Shore (ASTM D2240, ISO868).	24
2.1.1.3. Módulo de Young.	25
2.1.1.4. Ensayos de Flexión.	25
2.1.1.5. Ensayo de Espectrofotometría Infrarroja.	25
2.1.2. Componentes Para la Elaboración de Bioplástico	28
2.1.3. Polimerización	28
2.1.4. Modificadores Químicos	31
2.1.5. Metodología para Elaboración Bioplásticos	31
2.1.6. Ventajas y Desventajas	32
2.2. Biopolímeros	33
2.2.1. Tipos de Biopolímeros	34
2.2.2. Oca	35
2.2.2.1. Almidón.	38
A. Amilosa	40
B. Amilopectina	40
C. Gelatinización	42
D. Proceso de Retrogradación	44
2.2.3. Plumas de Pollo	45
2.2.3.1. Queratina.	46
A. Prueba de Biuret	51

2.2.4.	Tuna	52
2.2.4.1.	Fibra.	53
2.3.	Biodegradación	54
2.4.	Elaboración de Bioplástico en el Perú	55
2.5.	Antecedentes	56
Capítulo III:		59
Materiales y Métodos		59
3.1.	Ubicación	59
3.2.	Duración	59
3.3.	Materiales	60
3.4.	Hipótesis	61
3.4.1.	Extracción de Almidón de Oca	62
3.4.1.1.	Prueba de Amilosa/Amilopectina.	65
3.4.2.	Extracción de Queratina	65
3.4.2.1.	Prueba Biuret.	71
3.4.3.	Extracción de Fibra de la cáscara de Tuna	73
3.4.4.	Elaboración del Bioplástico	75
3.4.5.	Determinación de Propiedades Fisicoquímicas y Mecánicas del Bioplástico	81
3.4.5.1.	Ensayo de Módulo de Tracción y Elongación.	81
3.4.5.2.	Determinación de la Interacción Estructural Mediante FTIR.	83
Capítulo IV:		84
Resultados y Discusiones		84
4.1.	Extracción de Almidón	84
4.1.1.	Análisis de Amilosa/Amilopectina	86
4.2.	Extracción de Queratina	88
4.2.1.	Prueba de Biuret	88
4.3.	Extracción de Fibra	92
4.4.	Elaboración del Bioplástico	92
4.4.1.	Evaluación de las Propiedades Fisicoquímicas y Mecánicas	92
4.4.1.1.	Ensayo de Módulo de Tracción.	94
4.4.1.2.	Ensayo de Elongación.	95
4.4.1.3.	Espesor.	97
4.4.1.4.	Ensayo de Espectrofotometría Infrarroja.	97
4.4.5.	Comparación de las Propiedades Mecánicas del Biopolímero con Otros Polímeros	99

4.4.6. Posibles Aplicaciones	101
Conclusiones	102
Recomendaciones	103
Referencia Bibliográfica	104
Anexos	107

Glosario

Plástico reutilizable: Bienes de plástico diseñados para realizar un número mínimo de circuitos o rotaciones a lo largo de su ciclo de vida y son reutilizados para el mismo fin por el que fueron diseñados, con o sin ayuda de productos auxiliares presentes en el mercado que permitan su reutilización; se consideran residuos cuando ya no se reutilicen. No está compuesto por sustancias peligrosas o aditivos, que aceleran su fragmentación para la generación de micro plástico y que no permitan su valorización (MINAM, 2019).

Bolsas de plástico de un solo uso: Bolsas de plástico diseñadas para un solo uso, con corto tiempo de vida útil y cuya degradación genera contaminación por micro plásticos y/o sustancias peligrosas y/o dificulta su valorización; adicionalmente, presentan una superficie menor de 30 x 30 cm y/o un espesor menor a cincuenta micras (50 μm) (MINAM, 2019).

Biodegradabilidad: Para ser designado como orgánicamente recuperable, cada envase o embalaje, material de envase o embalaje o componente de envase o embalaje debe ser biodegradable de forma inherente y última como se demuestra en los ensayos de laboratorio indicados en el capítulo 7 y según los criterios y niveles de aceptación indicados en los apartados A1 y A2 del Anexo A de la versión actualizada de la Norma Técnica Peruana 900.080 “ENVASE Y EMBALAJES. Requisitos de los envases y embalajes. Programa de ensayo y criterios de evaluación de biodegradabilidad”(MINAM, 2019).

Plásticos compostables: Plásticos que son biodegradables bajo condiciones “compostaje”: humedad específica, temperatura microorganismos y tiempo determinado. Para hacer afirmaciones precisas y específicas sobre compostaje es necesario especificar la ubicación (casa, industrial) y plazo. Varias normas nacionales e internacionales existen para tener definiciones más claras, por ejemplo ES 14995 Plásticos - Evaluación de compostaje - Programa de ensayos y especificaciones (Biodegradables, 2013).

Termoplásticos: Plásticos que se suavizan o se funden cuando se calientan y se solidifican al enfriarse (sólido a temperatura ambiente). Almidón termoplástico (TPS), almidón que se modificó (cocido, complejos) para que sea una resina plástica (Biodegradables, 2013).

Recursos Renovables: Materias primas agrícolas, que no se utilizan como alimento humano o animal, pero sí como materia prima para productos industriales o para generar energía (Biodegradables, 2013).

Microorganismos: Organismos vivos de tamaño microscópico, tales como bacterias, levaduras o funghi (Biodegradables, 2013).

Calentamiento global: El calentamiento global es el aumento de la temperatura media de la atmósfera terrestre y los océanos desde el siglo 19 y su proyección. El calentamiento global se dice que es acelerado por los gases de efecto invernadero (Biodegradables, 2013).

Biomasa: Material de origen biológico, excluido el material incrustado en formaciones geológicas y material transformado en material fosilizado. Esto incluye material orgánico, por ejemplo, árboles, cultivos, pastos, algas y residuos de origen biológico, por ejemplo, estiércol (Biodegradables, 2013).

Huella de Carbono (CFPs resp PCF - Huella de Carbono del Producto): Suma de las emisiones de gases de efecto invernadero y la absorción en un sistema de producto, expresadas en equivalentes de CO₂, y basadas en una evaluación del ciclo de vida. El equivalente de CO₂ de una cantidad específica de un gas de efecto invernadero se calcula como la masa de un gas de invernadero dado multiplicada por su potencial de calentamiento global (Biodegradables, 2013).

Mezcla: Mezcla de plásticos, aleaciones de polímero de por lo menos dos polímeros microscópicamente dispersos y molecularmente distribuidos (Biodegradables, 2013).

Resumen

La investigación tiene como objetivo obtener un bioplástico a nivel de laboratorio, a partir de almidón de oca, queratina de los residuos de plumas de pollo y fibra de los residuos de la cáscara de tuna, aplicando métodos de extracción. La extracción de almidón de oca se realizó con el método de decantación, la extracción de queratina a partir de los residuos de plumas de pollo con el método de Sulfuro de Sodio, la extracción de fibra de la cáscara de tuna consiste en obtener sólidos menudos. De todo ello se obtuvo rendimientos de 10,29%, 74% y 20,58% respectivamente. Para elaborar la lámina de bioplástico se realizó por el método de casting, se utilizó un diseño experimental factorial de 3x3x3 haciendo experimentos por triplicado de los mejores tratamientos. Una vez obtenido el almidón, la queratina y la fibra se procedió a determinar las proporciones adecuadas para obtener láminas de bioplásticos de todos ellos el que tuvo mejores resultados fue el tratamiento N°18 con 10 g, 8 ml y 1,5 g respectivamente de los componentes mencionados anteriormente, además se suma aditivos como la glicerina 10 ml, el ácido acético 5% y agua destilada, la glicerina cumple una función de plastificante y el ácido acético permite que se dé una hidrólisis ácida para poder atacar las ramificaciones de la amilopectina presentes en el almidón. El secado de las muestra se hizo en mallas de serigrafía que fue de suma importancia porque permitió el secado completo de las mezclas, se usaron recipientes como placa Petri, envase de aluminio, donde el secado no era óptimo lo que limitaba su uso en las pruebas de caracterización, esto porque las condiciones de las láminas deben de estar completamente secas y contar con las dimensiones adecuadas. Finalmente se procedió a la caracterización mediante pruebas mecánicas de tracción y elongación para evaluar su comportamiento, los resultados indicaron que el bioplástico tiene una tracción de 1,08 MPa y una elongación de 40.5 %, y el análisis infrarrojo indico variaciones que explican la formación de enlaces característicos del bioplástico, lo cual invita

a posteriores investigaciones para profundizar el tema con la degradación del bioplástico y a mayor escala.

ABSTRACT

The objective of the research is to obtain a bioplastic at the laboratory level, from goose starch, keratin from chicken feather residues and fiber from prickly pear peel residues, applying extraction methods. The extraction of goose starch was carried out with the decantation method, the extraction of keratin from the chicken feather residues with the Sodium Sulfide method, the extraction of fiber from the prickly pear shell consists of obtaining fine solids. From all this, yields of 10.29%, 74% and 20.58% were obtained respectively. To elaborate the bioplastic sheet, it was carried out by the casting method, a factorial experimental design of 3x3x3 was used, doing experiments in triplicate of the best treatments. Once the starch, keratin and fiber were obtained, the appropriate proportions were determined to obtain bioplastic sheets of all of them, the one that had the best results was treatment No. 18 with 10 g, 8 ml and 1.5 g respectively of the components mentioned above, in addition additives such as glycerin 10 ml, acetic acid 5% and distilled water are added, glycerin plays a role as plasticizer and acetic acid allows acid hydrolysis to occur in order to attack the branches of amylopectin present in starch. The drying of the samples was done on screen printing meshes which was of the utmost importance because it allowed the complete drying of the mixtures, containers such as a Petri dish, an aluminum container were used, where drying was not optimal, which limited its use in the tests. of characterization, this because the conditions of the sheets must be completely dry and have the appropriate dimensions. Finally, the characterization was carried out through mechanical tensile and elongation tests to evaluate its behavior, the results indicated that the bioplastic has a tensile strength of 1.08 MPa and an elongation of 40.5%, and the infrared analysis indicated variations that explain the formation of characteristic links of bioplastic, which invites further research to deepen the subject with bioplastic degradation and on a larger scale.

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Intervalo de frecuencia de las bandas	26
Tabla 2. Posición de las bandas de absorción correspondientes de grupos orgánicos o inorgánicos	27
Tabla 3. Comparación de un bioplástico y un plástico	33
Tabla 4. Comparación de polisacáridos, proteínas y polímeros	34
Tabla 5. Clasificación taxonómica de la oca	36
Tabla 6. Superficie cosechada de oca, según región. Campaña agrícola: 2017-18 (ha)	36
Tabla 7. Análisis químico proximal de los almidones de los tubérculos andinos	37
Tabla 8. Función de los almidones en diversos productos alimenticios	39
Tabla 9. Contenido de amilosa en almidones comunes	40
Tabla 10. Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina	42
Tabla 11. Población de pollos vivos por departamento. Diciembre 2016 (miles de unidades)	46
Tabla 12. Composición de aminoácidos de queratina representativas	48
Tabla 13. Producción mensual de tuna, según región del 2018 (t)	52
Tabla 14. Precio promedio en chacra mensual de tuna, según región del 2018 (S/. Por kg)	52
Tabla 15. Composición Química (% en peso seco de la cáscara de la tuna)	54
Tabla 16. Cultivos andinos	55
Tabla 17. Etapas y duración de la investigación	59
Tabla 18. Matriz de diseño experimental L ₂₇ (3A x 3B x 3C)	77
Tabla 19. Rendimiento de extracción obtenido del almidón de oca	84
Tabla 20. Curva estándar de amilosa	86
Tabla 21. Resultados de la muestra de almidón	87
Tabla 22. Rendimiento de la extracción de queratina de plumas de pollo+	88
Tabla 23. Solución patrón con caseína y queratina	90
Tabla 24. Absorbancia y concentración de queratina soluble de plumas de pollo	91
Tabla 25. Rendimiento obtenido de la extracción de fibra de cáscara de tuna	92
Tabla 26. Equivalentes de los tratamientos y sus factores físicos	93
Tabla 27. Resultados de tracción del bioplástico	94
Tabla 28. Resumen de resultados del ensayo de elongación	95
Tabla 29. Resumen de resultados del espesor de bioplástico según tratamiento	97
Tabla 30. Propiedades mecánicas de polipropileno	99

Tabla 31. Propiedades mecánicas de polietileno	100
Tabla 32. Otros biopolímeros	100
Tabla 33. Comparación de diferentes MPa con la investigación actual	101

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de los bioplásticos según su procedencia	22
Figura 2. Dureza rockwell (ASTM D638)	24
Figura 3. <i>Estructura del glicerol</i>	30
Figura 4. Variedad de ocas existentes	35
Figura 5. Estructura del almidón	38
Figura 6. Estructura química de la amilosa y amilopectina	41
Figura 7. Mecanismo de gelatinización del almidón	43
Figura 8. Partes de la pluma	45
Figura 9. Modelo de dos fases de la α -queratina propuesto por Feughelman (1959)	47
Figura 10. Composición del mucilago de tuna	53
Figura 11. Diagrama de bloque cuantitativo para la extracción de almidón de oca.	63
Figura 12. Materia prima de oca	64
Figura 13. Almidón de oca, sedimentado	64
Figura 14. Diagrama de bloque cuantitativo de extracción de queratina a partir de plumas de pollo.	66
Figura 15. Acopio de las plumas de pollo de la Granja Quispe – Huamanga	68
Figura 16. Plumas de pollo después de un proceso de desinfección con Hipoclorito de Sodio (NaClO), 2 %.	68
Figura 17. Remojo de las plumas en solución de Sulfuro de Sodio (Na ₂ S), 3 % por 24 h.	69
Figura 18. Agitación magnética por 24 h.	69
Figura 19. Hidrolisis con Ácido Sulfúrico (H ₂ SO ₄) con 98 % de concentración, 10 gotas por 3h.	70
Figura 20. Filtrado de queratina soluble con papel filtro de diámetro 55 mm	70
Figura 21. Medición del pH de la queratina obtenida con el Peachimetro Electrónico	71
Figura 22. Prueba Biuret para queratina soluble	72
Figura 23. Queratina soluble a nivel de laboratorio, envasado	72
Figura 24. Queratina hidrolizada, comercial	73
Figura 25. Diagrama de bloque cuantitativo para la extracción de fibra de cáscara de tuna..	74
Figura 26. Cáscaras de tunas, seleccionadas y lavadas	74
Figura 27. Fibra de la cáscara de tuna	75
Figura 28. Diagrama cualitativo de obtención del bioplástico	76
Figura 29. Agitación con paletas de un tratamiento	78

Figura 30. Secado de los tratamientos en la estufa a 40 °C por 8 h.	79
Figura 31. Secado de los tratamientos al ambiente por 24 h.	79
Figura 32. Despegado del bioplástico	80
Figura 33. Bioplástico obtenido	80
Figura 34. Medición del espesor del bioplástico	81
Figura 35. Ensayo de tracción	81
Figura 36. Tamizado del almidón de oca en la malla N° 80	85
Figura 37. Curva estándar del análisis de amilosa	86
Figura 38. Prueba Biuret para la queratina soluble	89
Figura 39. Curva estándar con caseína	90
Figura 40. Grafica de resistencia a la tracción VS elongación de la muestra	96

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ensayo de elongación y tracción	107
Anexo 2. Ensayo de espectrofotometría	109
Anexo 3. Análisis de varianza de un factor, ensayo de módulo de tracción	110
Anexo 4. Análisis de varianza de un factor, ensayo de módulo de elongación	112
Anexo 5. Análisis de varianza de un factor, ensayo de espesor	114

Introducción

El plástico tiene diferentes utilidades en la vida diaria del ser humano, y también es uno de los grandes problemas ambientales en todo el mundo debido a su composición y al tiempo que tarda en degradarse y el Perú no es ajeno al problema, es por ello que se establecieron reguladores ambientales que actúen en conjunto promoviendo el desarrollo de materiales y productos más amigables con el ambiente todo esto viendo las necesidades industriales y sociales.

Los bioplásticos son una alternativa de cuidado al ambiente, debido a la cantidad de plástico de un solo uso que la industria comercio – consumo está acostumbrada a botar por falta de educación ambiental. Estos bioplásticos provienen de polímeros naturales, algunos de ellos que son extraídos de los residuos agroindustriales ya que generan un problema en la reducción de la vida útil de un relleno sanitario, la presente investigación plantea aprovechar dos de los componentes principales de la economía que mueve la región de Ayacucho como son las plumas de pollo de las cuales se extrae queratina y las cáscaras de tuna de donde se obtiene fibra, ambos elementos son componentes que se asocian dando resistencia y versatilidad al compuesto principal que viene a ser el almidón de oca para generar un bioplástico o laminas biodegradable. La oca es uno de los tubérculos andinos que por falta de consumo se está viendo reemplazada por la producción de papa, tubérculo que es más conocido en el mundo.

Los bioplásticos tienen la capacidad de descomponerse bajo condiciones habituales en la biosfera como son el calor, la humedad, las bacterias, etc el Ministerio del Ambiente y Ministerio de la Producción involucran competencias a través del Instituto Nacional de Calidad (INACAL) con las Normas Técnicas Peruanas especificando los requisitos y procedimientos para determinar la biodegradabilidad.

Capítulo I:

Generalidades

1.1. Realidad Problemática

Los plásticos elaborados con derivados del petróleo van en aumento dejando una carga contaminante en el ambiente por el mal uso que se le da. Sin duda, el Perú no es ajeno a ello principalmente en la contaminación por bolsas plásticas que se genera por consumidores y vendedores, en un promedio el uso de plásticos es de 30 kg por persona al año (“Cifras del mundo y el Perú | Menos Plástico Más Vida,” n.d.). Ante esta realidad y dado que el fenómeno comercio-consumo no disminuirá se hace necesario tomar medidas que ayuden a mejorar el ambiente y a la vez generar un cambio. Frente a esta problemática en el Perú se aprobó la Ley N° 30884 con fecha de promulgación el 19 de diciembre del 2018, ley que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables de poliestireno expandido (tecnopor) para alimentos y bebidas de consumo humano en el territorio nacional. Estas deberán ser reemplazadas por bolsas reutilizables u otras cuya degradación no generen contaminación por micro plástico o sustancias peligrosas y que aseguren su valorización ya que la mayor parte de los plásticos se emplean en la fabricación de envases, es decir, en productos de un solo uso.

La generación de residuos sólidos municipales en el Perú el 2019 fue de 7 374 821,22 t y en Ayacucho se registró 119 513,91 t, teniendo 0,54 kg/hab-día de generación per cápita de residuos sólidos domiciliarios urbanos (Sinia, 2018). Parte de estos residuos son los agroindustriales que perjudican en alguna medida la vida útil del relleno sanitario de la región.

La Oca es un tubérculo nativo, la región de Ayacucho tuvo como producción de 8 677,00 t, un rendimiento de 58,33 y una cosecha de 1 724,00 ha en el año 2019 (Dirección Regional

Agraria de Ayacucho, n.d.) . Para la investigación se tomó la producción cuyo valor estuvo por debajo del precio comercial por motivos de calidad viendo esta problemática se propone dar un tipo de valor agregado. Así mismo la tuna es el fruto que se encuentra todo el año, en cantidades de producción de 24 573,00 t, un rendimiento de 85,60 y una cosecha de 2 960,00 ha en el año 2019 (Dirección Regional Agraria de Ayacucho, n.d.), de las cuales en alguna medida quedan residuos como la cáscara de tuna que no están siendo aprovechados, para concluir otra de la economía que mueve la región es el consumo de aves como es el pollo pues estas generan grandes cantidades de residuos que pueden ser transformados en un subproducto como es la obtención de queratina a partir de las plumas.

En general estos residuos si bien resultan ser un problema ambiental y económico con ayuda de la investigación darían paso a generar productos biodegradables y así reducir el impacto ambiental.

1.2.Objetivos

GENERAL

- ✓ Elaborar un bioplástico a base de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), queratina de plumas de pollo y reforzado con cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*)”

ESPECÍFICOS

- ✓ Obtener almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y queratina de plumas de pollo mediante pruebas de laboratorio.
- ✓ Determinar las proporciones adecuadas de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), queratina de plumas de pollo y cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la elaboración de bioplástico.

- ✓ Evaluar las propiedades físico-químicas y mecánicas del bioplástico elaborado a base de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), queratina de plumas de pollo y cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*).

1.3. Justificación

En el año 2018, se produjeron aproximadamente 360 millones de toneladas métricas de plástico a nivel mundial. Aproximadamente unos 62 millones se generaron en Europa (Sevilla, 2019), el 3,16% más que en el 2017. En Europa, sin embargo, la producción de plásticos bajó un 4,20% (MundoPlas, 2019).

Los residuos sólidos y agroindustriales junto a la falta de educación en el uso de los plásticos han sido motivo de estudio en todo el mundo. En el mundo se utilizan 5 billones de bolsas al año y el Perú no es ajeno a ello con 30 kg de plástico por persona al año (Napper & Thompson, 2019), el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2018) tomo acciones ante el problema desarrollando la Ley N° 30884, que regula el plástico de un solo uso y los recipientes o envases descartables, prohíbe el consumo de aquellos productos de plástico que son innecesarios, es decir, aquellas que no se pueden reciclar o que representan un riesgo para la salud pública y/o el ambiente y con el problema de la eficiencia de los rellenos sanitarios en esta investigación se vio por generar un producto tomando dos de los residuos agroindustriales más dinámicos de la provincia de Huamanga como son las cáscaras de tuna y las plumas de pollo.

Las plumas de pollo cuentan con una fuente de queratina, proteína de alto valor biológico, estos residuos son considerablemente contaminantes y para la industria avícola representa un problema la eliminación. La tuna es un fruto representativo del departamento de Ayacucho donde la producción es casi todo el año, pues las cáscaras no tendrían valor pero de ellas se obtendría polímeros para diferentes usos, uno de ellos es el aprovechamiento de su fibra que

da soporte al bioplástico. La oca es uno de los tubérculos andinos que de a poco se va perdiendo ya que se pone más énfasis a la producción de papa pues es el cultivo más conocido en el mundo, de esta se obtiene el almidón.

Teniendo estos polímeros naturales es necesario generar una mezcla homogénea, para lograr contrarrestar o evitar limitaciones futuras tales como propiedades mecánicas pobres, alta permeabilidad al vapor de agua, tendencia a la retrogradación, alta rigidez. Creando así formulaciones filmogénicas capaces de generar películas cada vez más parecidas a las sintéticas y amigables con el ambiente.

¿Lograremos salvar el planeta solo con sobrar en productos amigables? En definitiva no, pero, tal vez simples medidas de empresas, Gobierno y ciudadanos podemos adoptar para garantizar un mundo menos contaminado “Granito a Granito”, la arena formara una montaña

Capítulo II:

Marco Teórico

2.1. Bioplástico

Los bioplásticos no constituyen una única clase de polímero sino una familia de materiales con distintas propiedades y rango de aplicaciones. De forma general, la Asociación Europea de Bioplásticos (European Bioplastics), clasifica estos materiales en dos categorías principales:

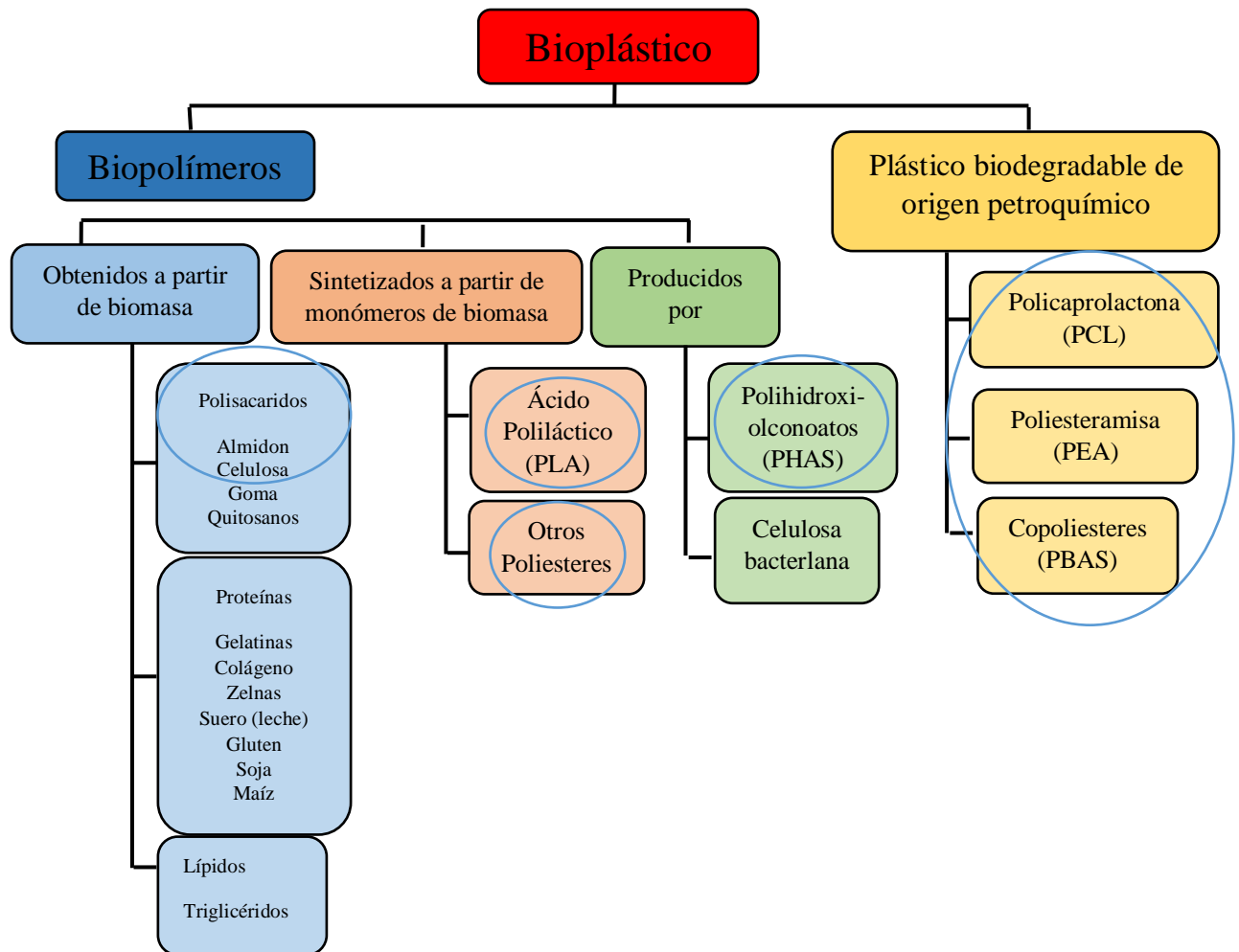
- Los denominados plásticos procedentes de biomasa (de recursos renovables).
- Los polímeros biodegradables que cumplen con los criterios científicos recogidos en las normas de biodegradabilidad y compostabilidad que a nivel europeo son la EN 13432 y EN 14995, ISO 17088 o ASTM D-6400.

En ambas tipologías de materiales existe un alto porcentaje de recursos renovables en su fabricación.

Los polímeros del primer grupo no precisan ser biodegradables o compostables, aunque la mayoría lo son. Los del segundo grupo no necesariamente tienen que estar basados en materias primas renovables para cumplir los criterios de la norma EN 13432. De hecho, algunos polímeros basados en monómeros procedentes de la industria petroquímica están clasificados como biodegradables o compostables, ya que la biodegradabilidad está más directamente relacionada con la estructura química que con el origen de las materias primas (Remar, 2011).

Figura 1.

Clasificación de los bioplásticos según su procedencia



Fuente: (Remar, 2011)

2.1.1. Clasificación de los Bioplásticos

Según (Iniguez & Castillo, 2011) los polímeros biodegradables se pueden clasificar a partir de su proceso de fabricación de la siguiente manera:

- Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa: polisacáridos como almidón y celulosa. Proteínas como caseína, queratina, y colágeno.

- Polímeros producidos por síntesis química clásica utilizando monómeros biológicos de fuentes renovables. Algunos ejemplos de este grupo son: ácido poli láctico (PLA), poli-ácidos glicoles (PGA) y policaprolactonas (PCL).
- Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente. Este grupo engloba a: Polihidroxialcanoatos (PHA), poli-3-hidroxibutarato (PHB) (Martinez Bejarano, 2018).

Las fuentes consultadas nos indican que “existen dos estándares relacionados con el control del plástico: el ISO 15270:2008 para su desperdicio y el ISO 14001:2004 para la protección del medio ambiente. En el proceso de investigación para reciclarlo, por ahora se obtiene un producto contaminante” (“Contaminación por el plástico,” n.d.).

2.1.1.1.Tensión.

La resistencia a la tensión es la carga máxima que un material puede soportar sin fractura al estirarse, dividida entre el área de la sección transversal original del material.

La resistencia a la tensión se mide en unidades de fuerza por unidad de área se expresan comúnmente en unidades de kilogramo por centímetro cuadrado (kg/cm^2).

Cuando se eliminan tensiones menores de resistencia a la tensión, el material puede regresar total o parcialmente a su forma y tamaño originales. Sin embargo, a medida que el estrés alcanza el valor de la resistencia a la tensión, el material, si es dúctil, comienza a fluir plásticamente rápido, formando una región restringida llamada cuello, donde luego se puede fracturar.

La prueba ASTM D638 requiere de una barra en forma de hueso en diferentes dimensiones dependiendo la flexibilidad del material, en general, de 1,6 cm de largo por 1,27 cm de ancho

y espesores que pueden ir de 3 a 14 mm, en donde la tensión se puede aplicar en un rango de 1,27 a 50 cm/min (Reynoso, 2019).

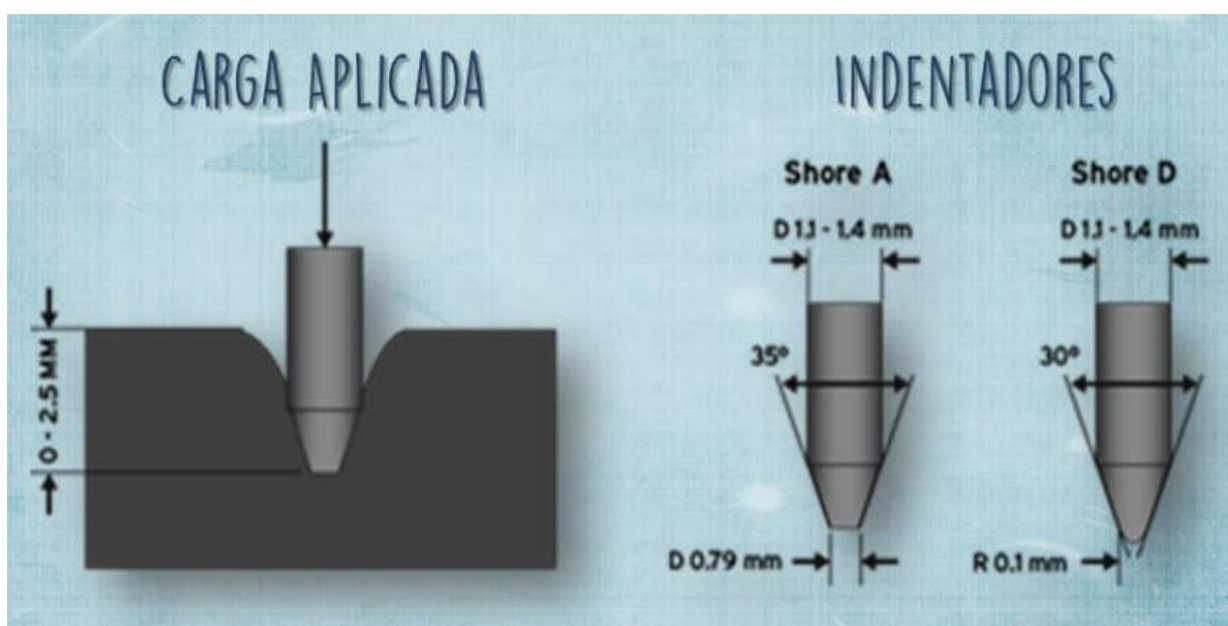
2.1.1.2.Dureza de Shore (ASTM D2240, ISO868).

Esta es una medida de la resistencia a la indentación de un material plástico elastómero basada en la penetración de un indente cónico. Los valores de dureza van desde 0 (penetración total) hasta 100 (sin penetración)

Existen varios tipos de indentadores: A,B,C,D,O; junto con otras menos conocidas, que se utilizan dependiendo la dureza experimentada previamente con cada material, y entre ellas se pueden relacionar, ya que un polímero puede ser, medido utilizando diferentes indentadores. Por ejemplo, se recomienda que las pruebas con indentador D se utilicen cuando los resultados con el indentador A sean mayores que 90 y que las pruebas con indentador A sean utilizadas cuando los resultados con indentador D sean menores de 20. Los valores menos de 10 con indentador A son inexactos y no reportan (Reynoso, 2019).

Figura 2.

Dureza rockwell (ASTM D638)



Fuente: (Reynoso, 2019)

2.1.1.3. Módulo de Young.

Si aplicamos una fuerza F a una barra de longitud L_0 el material se deforma longitudinalmente y se alarga $L_f - L_0$. La razón de proporcionalidad entre el esfuerzo (fuerza por unidad de área) y deformación unitaria (deformación por unidad de longitud) está dada por la constante E , denominada módulo de Young, que es característico de cada material Van VL (1982) (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017).

2.1.1.4. Ensayos de Flexión.

El ensayo de flexión se usa para determinar las propiedades de los materiales frágiles en tensión. Se pueden observar un módulo de elasticidad y una resistencia a la flexión (Similar a la resistencia a la tensión). El ensayo de flexión se basa en la aplicación de una fuerza al centro de una barra soportada en cada extremo, para determinar la resistencia del material hacia una carga estática o aplicada lentamente. Normalmente se usa para materiales frágiles. Módulo de elasticidad: Módulo de Young o la pendiente de la parte lineal de la curva esfuerzo-deformación en la región elástica. Es una medida de la rigidez de un material; depende de la fuerza de los enlaces interatómicos y de la composición, y no depende mucho de la microestructura. La resistencia a la flexión es un esfuerzo necesario para romper un espécimen en un ensayo de flexión. También se le conoce como módulo de ruptura Plastico Ced (1999) (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017).

2.1.1.5. Ensayo de Espectrofotometría Infrarroja.

El espectrofotómetro de infrarrojo FTIR, permite la identificación de grupos funcionales de materiales orgánicos, pinturas y determinadas estructuras de muestras sólidas y líquidas por transmisión espectroscópica de infrarrojo por transformada de Fourier (FTIR), en el rango espectral infrarrojo medio comprendido entre 400 y 4000 cm^{-1} . Dispone de un accesorio para

trabajar en reflectancia total atenuada (ATR) Instrumentos de laboratorio (2018) (Ayquipa Cuellar, 2018).

Esta espectroscopia se fundamenta en la absorción de la radiación IR por las moléculas en vibración. La molécula comenzara a vibrar de una manera gracias a la energía que se le suministra mediante luz infrarroja. Pueden distinguirse dos categorías básicas de vibraciones: de tensión y de flexión. En principio, cada molécula presenta un espectro IR característico (huella dactilar), debido a que todas las moléculas tienen algunas vibraciones que al activarse, provocan la absorción de una determinada longitud de onda en la zona del espectro electromagnético correspondiente al infrarrojo. De esta forma, analizando cuales son las longitudes de onda que absorbe una sustancia en la zona de infrarrojo, podemos obtener información acerca de las moléculas que corresponden dicha sustancia. La espectroscopia infrarroja tiene su aplicación más inmediata en el análisis cualitativo: detección de las moléculas presentes en el material (“Técnicas - Espectroscopia Infrarroja - Caracterización de Materiales Cristalinos,” n.d.).

Tabla 1.

Intervalo de frecuencia de las bandas

Intervalo de frecuencia (cm ⁻¹)	Enlace	Tipo de vibración
3600 – 3200	O – H	Tensión
3500 – 3200	N – H	Tensión
3000 – 2800	C – H	Tensión
1600 – 1700	O – H	Flexión
1640 – 1550	N – H	Flexión
1400 – 1200	C – H	Flexión
1350 – 1000	C – N	Flexión
900 – 800	As – O	Tensión (simétrica)
700 – 750	As – O	Tensión (asimétrico)
500 – 400	As – O	Flexión

Fuente: (“Técnicas - Espectroscopia Infrarroja - Caracterización de Materiales Cristalinos,” n.d.)

Tabla 2.*Posición de las bandas de absorción correspondientes de grupos orgánicos o inorgánicos*

Frecuencias características de grupos orgánicos poli atómicos			
f = fuerte, m = medio, d = débil			
Tipo de vibración	Frecuencia (cm ⁻¹)	Intensidad	
C-H	Alcanos (tensión)	3000-2850	F
	-CH ₃ (flexión)	1450 y 1375	M
	-CH ₂ - (flexión)	1465	M
	Alquenos (tensión)	3100-3000	M
	Alquenos (fuera del plano de flexión)	1000-650	F
	Aromáticos (tensión)	3150-3050	F
	Aromáticos (fuera del plano de flexión)	900-690	F
	Alquino (tensión)	3300	F
	Aldehídos	2900-2800 2800-2700	D D
C-C	Alquenos	No interpretable	
C=C	Alqueno	1680-1600	m-d
	Aromáticos	1600 y 1475	m-d
C°C	Alquino	2250-2100	m-d
C=C	Aldehído	1740-1720	F
	Cetona	1725-1705	F
	Ácidos carboxílicos	1725-1700	F
	Éster	1750-1730	F
	Amida	1670-1640	F
	Anhídridos	1810 y 1760	F
	Cloruro ácido	1800	F
	C-C	Alcoholes, éteres, ésteres ácidos carboxílicos, anhídridos	1300-1000
O-H	Alcoholes, fenoles Libre	3650-3600	M
	Alcoholes, enlace H	3500-3200	M
	Ácidos carboxílicos	3400-2400	M
N-H	Aminas y amidas primarias y secundarias (tensión)	3500-3100	M
	Aminas y amidas primarias y secundaria (flexión)	1640-1550	m-f
C-N	Aminas	1350-1000	m-f
C=C	Iminas y oximas	1690-1640	d-f
C°N	Nitrilos	2260-2240	M
X=C=Y	Alenos, quetanos, isocianatos, isotiocianatos	2270-1950	m-f
N=O	Nitro (R-NO ₂)	1550 y 1350	F
S-H	Mercaptanos	2550	D
	Sulfóxidos	1050	F
S=O	Sulfones, cloruros de sulfónidos	1375-1300 y	F
	Sulfatos, sulfoamidas	1200-1140	F
C-X	Fluoruro	1400-1000	F
	Cloruro	800-600	F
	Bromuro, yoduro	<667	F

Fuente: (Rubinson K.A., 2000)

Se trata de la caracterización por espectroscopia infrarroja la cual consiste en introducir una parte de una muestra a un espectrofotómetro infrarrojo que lo que hace es alterar las partículas orgánicas contenidas en el material. En base al movimiento que tienen esas partículas, el equipo realiza una serie de graficas lineales que se visualizan en una computadora (“CIQA | Centro de Investigación en Química Aplicada - Caracterización de plásticos por espectroscopía infrarroja,” n.d.).

2.1.2. Componentes Para la Elaboración de Bioplástico

Según lo desarrollado por Martinez Bejarano, para la fabricación de un polímero a partir de almidón se debe aportar diferentes reactivos a la mezcla, garantizando ciertas condiciones que permitan su obtención. “Los biopolímeros requieren componentes que aporten características de humectación, plasticidad, lubricación, extensión y resistencia” (Martinez Bejarano, 2018).

2.1.3. Polimerización

La polimerización es el proceso en el que moléculas de repetición, llamadas monómeros, se combinan químicamente para producir una molécula de cadena o red muy grande, llamada polímero.

Por lo general, al menos 100 moléculas de monómeros deben combinarse para obtener un producto que tenga ciertas propiedades físicas únicas, como elasticidad, alta resistencia a la tracción o la capacidad de formar fibras, que diferencian los polímeros de las sustancias compuestas por moléculas más pequeñas y simples. La formación de enlaces químicos covalentes estables entre los monómeros separa la polimerización de otros procesos.

Cuando se habla de polimerización, se deben considerar 3 aspectos: el mecanismo, la técnica y el proceso de polimerización.

El mecanismo se refiere al tipo de reacción molecular por el que tiene lugar la polimerización, la técnica es la forma en que la polimerización se realiza en términos de las

fases involucradas, como polimerización, en solución, en emulsión, etc y el proceso es la forma en que se opera el reactor, ya sea en lotes, tubular, etc. De mas esta decir que, tanto el mecanismo, la técnica y la estrategia de proceso tienen influencia en el proceso de polimerización y las características y propiedades del polímero final.

Existen dos tipos principales de mecanismos de polimerización: crecimiento de cadena y en pasos, y prácticamente casi toda reacción de polimerización se lleva a cabo con cualquiera de estos dos mecanismos (Reynoso, 2019).

La polimerización por crecimiento de cadena o adición es una técnica de polimerización, en la que las moléculas monoméricas insaturadas, se añaden al sitio activo de una cadena polimérica en crecimiento una a la vez. El crecimiento del polímero se produce solo uno (o posiblemente mas) extremos. La adición de cada unidad de monómero regenera el sitio activo. La polimerización por crecimiento en pasos o condensación se refiere a un tipo de mecanismo de polimerización en el que monómeros bifuncionales o multifuncionales reaccionan para formar primero dímeros, luego trímeros, oligómeros más largos y eventualmente polímeros de cadena larga (Reynoso, 2019).

La adición de plastificantes son necesarios para dar flexibilidad y extensibilidad. Además, durante el almacenamiento a humedad relativa alta o contenido de plastificante alto, los materiales a base de almidón se encuentran en un estado gomoso que permite el desarrollo de cristalinidad por aumento de la movilidad macromolecular. En estas condiciones, la retrogradación, que involucra a la amilosa y amilopectina recrystalizan. Los cristales pueden estar actuando como puntos de entrelace físico, que genera estrés interno o grietas que dañan la película, así modifica las propiedades fisicoquímicas de los materiales basados en almidón Fama (2007) citado por Sanchez (2014) (Ayquipa Cuellar, 2018).

Sperling (2006) señala que “se necesitaría elevar la temperatura a la de ebullición del agua, logrando así no solo extraer el agua sino degradar la estructura del almidón perjudicando al biopolímero” (Martinez Bejarano, 2018).

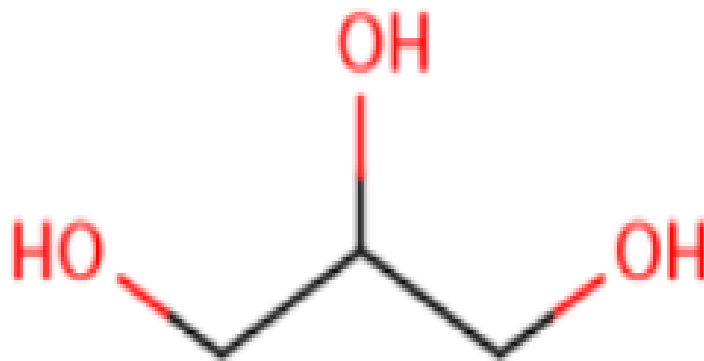
Los plastificantes más utilizados en recubrimientos y películas comestibles son polioles (glicerol, sorbitol y polietilenglicol), oligosacáridos (sacarosa, glucosa y fructosa) y lípidos (ácidos grasos y monoglicéridos). El agua también actúa como plastificante en las películas hidrofílicas y su contenido se ve afectado por la humedad relativa ambiental Gontard (1993) citado por (2010) (Ayquipa Cuellar, 2018).

La glicerina se caracteriza por ser un compuesto muy estable y compatible con muchas sustancias. Así mismo, presenta propiedades físicas y químicas que permiten su utilización y aplicación en innumerables procesos químicos para la obtención de variados compuestos de interés, principalmente para la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria (Molinero Merino, 2013).

La glicerina ($C_3H_8O_3$ /1,2,3-propanotriol) es uno de los alcoholes más utilizados en la industria química, además de ser uno de los más simples en estructura (Molinero Merino, 2013).

Figura 3.

Estructura del glicerol



Fuente: Pagliaro y Rossi (2008) citado por (Molinero Merino, 2013)

2.1.4. Modificadores Químicos

El trabajo de Martínez Bejarano nos indica que “la modificación química del almidón está directamente relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón, reacciones vía éter, dando como resultado la formación de ésteres, oxidación y la hidrólisis de los grupos hidroxilos, son algunas modificaciones químicas aplicables al almidón” (Martínez Bejarano, 2018).

En general la esterificación de los polisacáridos con ácidos orgánicos como el ácido acético es una de las transformaciones más versátiles en los biopolímeros. La introducción de un grupo éster en el polisacárido constituye un desarrollo importante debido a que permitirá modificar la naturaleza hidrofílica y obtener cambios significativos en las propiedades mecánicas y térmicas de un biopolímero.

El ácido acético es recomendado como modificador químico, ya que tiene la propiedad de disminuir el carácter hidrofílico de almidón, brindándole propiedades hidrofóbicas al material mejorando así sus propiedades mecánicas. (Martínez Bejarano, 2018)

En esta misma línea de estudio, Meré Marcos señala que la modificación química del almidón se logra al reemplazar el grupo hidroxilo de las moléculas del almidón, colocando en su lugar algún grupo éster o éter. “Se presentan tres grupos hidroxilos disponibles por cada molécula de glucosa que forman la amilopectina y la amilosa” (Meré Marcos, 2009).

2.1.5. Metodología para Elaboración Bioplásticos

En la actualidad se cuenta con diversos métodos para elaborar biopolímeros y, además, existe una amplia variedad de bioplástico. Un caso es la investigación desarrollada por Torres, la cual se centró en metodologías para elaborar bioplástico en base a almidón (Torres, Troncoso, Torres, Díaz, & Amaya, 2011).

Martínez Bejarano menciona en su estudio que:

Para polimerizar el almidón se debe buscar una linealidad en la estructura por lo que el primer paso debe ser eliminar las ramificaciones de la amilopectina, esto se puede lograr mediante una hidrólisis ácida; MIT (2012) y Biorenewable Resources and Technology Department (2011) y Sweeney (2008), utilizaron ácido acético para dicho proceso; mientras que Arroyo y Alarcón (2011) utilizaron ácido bórico y el pH-D en química orgánica Read Davis (2008) utilizó ácido clorhídrico, luego se agregó un plastificante, todos los autores citados incluyeron la glicerina y el agua entre sus insumos, la glicerina actúa como plastificante y le da la flexibilidad al bioplástico mientras que el agua actúa como solvente facilitando el proceso de polimerización además de poseer también propiedades plastificantes. (Martinez Bejarano, 2018, p. 12 y 13)

2.1.6. Ventajas y Desventajas

Entre las ventajas y desventajas encontradas para el bioplástico están, la baja densidad relativa, pues el producto final de la mayoría de plásticos es ligero. De igual manera, cuenta con óptimas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico. No obstante, de requerirse, algunos pueden fabricarse específicamente para ser conductores de electricidad. Cuentan con resistencia a la corrosión a causa de muchas sustancias que afectan a otros materiales. Algunos pueden ser transparentes, por lo que es posible utilizarlos en la industria, por ejemplo para embalaje y decoración. Resultan fáciles de moldear a formas complejas con las que interactúen, lo que permite la integración de distintos materiales y funciones. De darse el caso de que las propiedades físicas de un determinado plástico no se ajusten a algunos requisitos específicos, la proporción de sus propiedades puede modificarse, mediante la adición o refuerzo con cargas, sustancias ignífugas, colores, agentes que lo transformen en espuma, plastificantes, etc; para adaptarse a los requerimientos de una aplicación concreta. Sin embargo, no existen en la naturaleza mecanismos para una rápida degradación, pues son

materiales artificiales, lo cual constituye un problema a la hora de su disposición final. El aumento exponencial en la generación de desechos sólidos es generado por tres factores importantes: crecimiento de poblacional, estilos de vida sin cuidado del medio ambiente y mejoras de poder adquisitivo en distintos estratos sociales. Entonces, la generación de plásticos derivados de recursos naturales significa un menor consumo de energía y una menor emisión de gases tipo invernadero al ambiente. Adicional a ello, estos plásticos provenientes de biomasa implican independencia del petróleo, lo que constituye una importante ventaja (Martinez Bejarano, 2018).

Tabla 3.

Comparación de un bioplástico y un plástico

Características	Bioplásticos	Plástico
Degradable al 100%	Si	No
Transparente		Si
Moldeable	No	Si
Resistencia a la humedad	Parcialmente	Si
Impermeable	Si	Si
Resistente a la corrosión	Si	Si
Baja densidad	Si	Si
Ayuda a la disminuir la contaminación	Si	No
Aislante eléctrico	Si	Si
Tiempo máximo de degradación	1 año	Mayor a 100 año
Reciclable	Si	No

Fuente: (Torres et al., 2011)

2.2.Biopolímeros

Según lo desarrollado por Lopez, “los biopolímeros son macromoléculas presentes en los seres vivos. Una definición de los mismos los considera materiales poliméricos o macromoleculares sintetizados por los seres vivos. También, a raíz de nuevas disciplinas médicas como la ingeniería de tejidos, como biopolímeros también se incluyen materiales sintéticos con la particularidad de ser biocompatibles con el ser vivo” (Gonzalez Garcia, 2018).

En el estudio desarrollado por REMAR se señala que:

De entre los biopolímeros los referidos a la primera clasificación, existen tres principales familias: proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos, aunque también otros más singulares como los politerpenos (sustancias termoplásticas constituidas principalmente por isómeros del pineno, que se utilizan en la fabricación de pinturas y como plastificantes del caucho); entre los que se incluye el caucho natural, los polifenoles (como la lignina) o poliésteres como los polihidroxicanoatos (producidos en la naturaleza por bacterias al fermentar azúcar o lípidos, produciendo carbono y energía). (Remar, 2011)

En complemento a lo mencionado, Valero (2013) señala que entre los polímeros sintéticos destacan los “Poliuretanos (PU), Siliconas (Si), Polimetilmetacrilato (PMMA), Policaprolactona (PCL), Poliácido glicólico (PAG) y Polivinilalcohol o alcohol polivinílico (PVA)” (Gonzalez Garcia, 2018).

2.2.1. Tipos de Biopolímeros

Tabla 4.

Comparación de polisacáridos, proteínas y polímeros

MATERIAL	PROPIEDADES	APLICACIONES	ELIMINACIÓN	REFERENCIA
ALMIDÓN	Propiedades mecánicas similares a plásticos convencionales. Resistente a grasas y alcoholes	Menaje, envasado de alimentos, cuidado personal, bolsas de basura, etc.	Compostables	Novamont. Bistec GmbH. Nacional Starch & Chemical
CELULOSA	Posibilidad de transparente, traslúcido y opaco. Frágil en congelación. Buen aislante	Asas de cubiertos, bolígrafos, recubrimientos, etc.	Biodegradable	Mazzuccheli 1849.
PROTEÍNAS	Resistente.	Botones, cajas, asas.	Reciclado	Universal Textile Technologies. Biopolymer.
PHAS	Posibilidad de combinar hasta 100 monómeros diferentes	Menaje, Cuchilla de afeitar Botella de champú	Compostaje Degradación en agua	Metabolix (Biopol). P & G.
PLA	Claridad Buena estética (Brillo) Frágil, requiere aditivos	Films y materiales de envase	Reciclaje, compostaje o incineración	Cargill Dow LLC. Neste Corp.

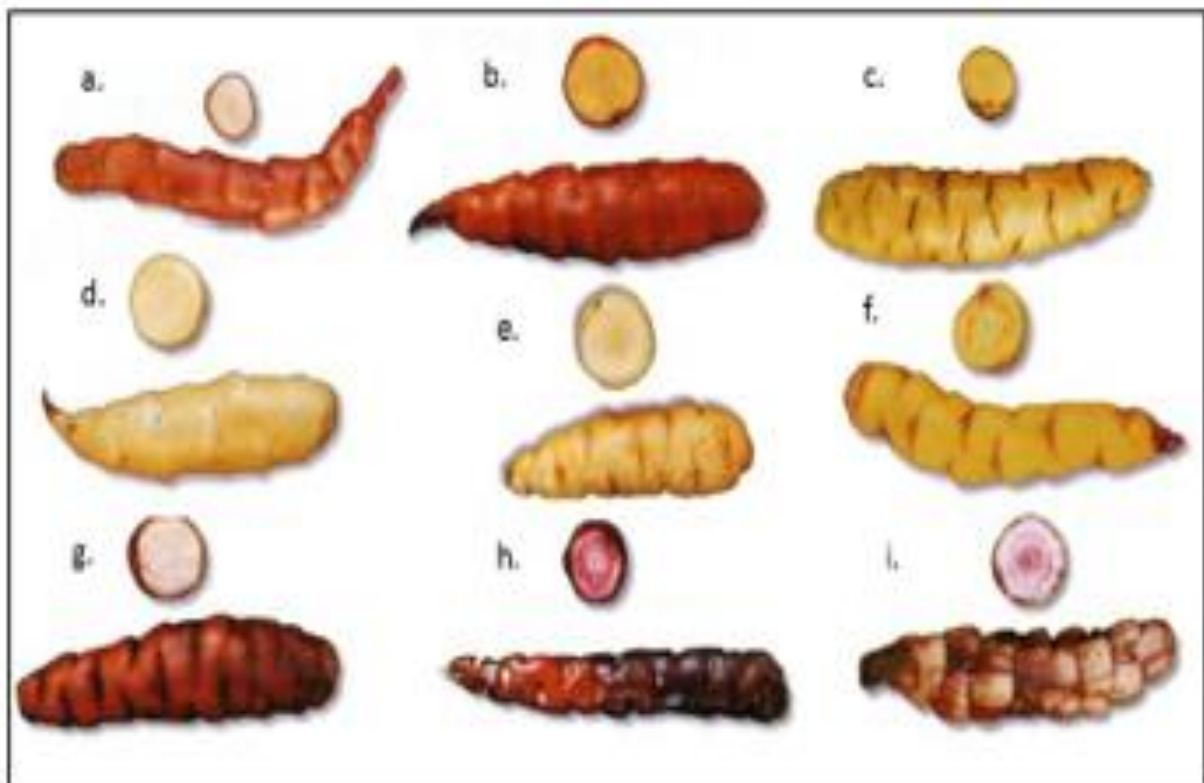
Fuente: (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017)

2.2.2. Oca

En el estudio desarrollado por Hanco y Mamani, se define a la oca (*Oxalis tuberosa*) como un cultivo oriundo de los andes, producido especialmente en las zonas altas de Ecuador, Perú y Bolivia, y en algunas partes de Chile, Argentina, Colombia y Venezuela. Los autores mencionan también que las formas del tubérculo van desde las ovoides a cilíndricas y claviformes. Respecto al color de su superficie, este varía de blanco a crema, amarillo, naranja, rosa y morado y es considerada como importante fuente de carbohidratos, así como ácido ascórbico o vitamina C (Hanco Zaga & Mamani Ordonez, 2017).

Figura 4.

Variedad de ocas existentes



Fuente: Información tomada de Roberto Merino, en la investigación desarrollada por Apaza en 2018.

En la presentada Figura 4, “se observa que algunas de las variedades de oca son: a. Naña puka kamusa, b. Lari oqa, c. K'ellu qayara, d. Bola Kamusa, e. Pili pintado, f. K'ellu kamusa,

g. Tani, h. ana oqa y i. Kharisiri, el patrón (C) es la variedad de oca con el que se trabajó” (Apaza Morocco, 2018, p. 20).

Respecto a su tiempo de conservación, Hanco y Mamani señalan su almacenamiento es a temperatura ambiente. En estas condiciones, se mantienen en buen estado durante 14 días aproximadamente. Pasado este tiempo, los tubérculos serán propensos a los daños por hongos y otros factores fisiológicos (Hanco Zaga & Mamani Ordonez, 2017).

Tabla 5.

Clasificación taxonómica de la oca

Clasificación Taxonómica	
Reino	Especie
División	Plantae
Clase	Magnoliophyta
Orden	Mgnoliopsida
Familia	Geraniales
Genero	Oxalidaceae
Nombre binomial	Oxalis tuberos

Fuente: Amaguana & Manjarrez (2013) citado por (Apaza Morocco, 2018)

Tabla 6.

Superficie cosechada de oca, según región. Campaña agrícola: 2017-18 (ha)

Región	Total campaña
Nacional	14 294
Puno	3 478
Cusco	1 849
Cajamarca	1 736
Ayacucho	1 596
Apurímac	1 562
Huancavelica	284

Fuente: “Gerencia/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA, Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria” (“Actividades Estadísticas | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias,” n.d.)

En la investigación desarrollada por Felipe Surco se señala, basándose en diversos autores, que:

Las ocas, ollucos y mashuas se cultivan en toda la sierra del Perú a partir de los 3300 msnm [...]. En la zona del Centro del Perú, estos cultivos han alcanzado un gran grado de desarrollo, especialmente el olluco [...], en menor grado la oca, aunque la cosecha es estacional y generalmente los precios son muy bajos. La práctica de almacenar por más de cuatro meses para luego vender es poco frecuente por problemas de deshidratación, pudrición en los tres productos, y especialmente por la infestación de gorgojo en la oca [...]. (Surco Laos, 2004)

Se aisló el almidón de la oca siendo el rendimiento de 12,85%; al que se efectuó análisis químico proximal. “En cuanto a las características morfológicas, mediante el empleo de un microscopio Carl Zeiss, se encontró que los gránulos de almidón tenían la forma elíptica, triangular y globular con un tamaño promedio de 30 micras [para la oca]” (Surco Laos, 2004, p. 3).

La oca tiene como solubilidad a 60 °C y 90 °C es de 6,94 y 5,95 respectivamente y el poder de hinchamiento a 60 °C y 90 °C es de 11,85 y 14,26, y otros parámetros como la viscosidad Cp 60 °C 504, pH con 4,38, amilosa tiene 29% (Surco Laos, 2004).

Tabla 7.

Análisis químico proximal de los almidones de los tubérculos andinos

Determinación	Especie		
	Oca	Olluco	Mashua
Humedad (%)	11,1	10,1	11,8
Proteína	0,3	0,2	0,5
Grasa	0,0	0,0	0,0
Ceniza	0,6	0,5	0,6
Fibra	0,0	0,0	0,0
Carbohidratos	88,7	89,2	87,1
Fosforo (ppm)	36,0	47,5	138,5
Amilosa %	29,0	26,0	27,0

Fuente: Información recopilada de: Laos & Rivera, (2004) citado por (Apaza Morocco, 2018)

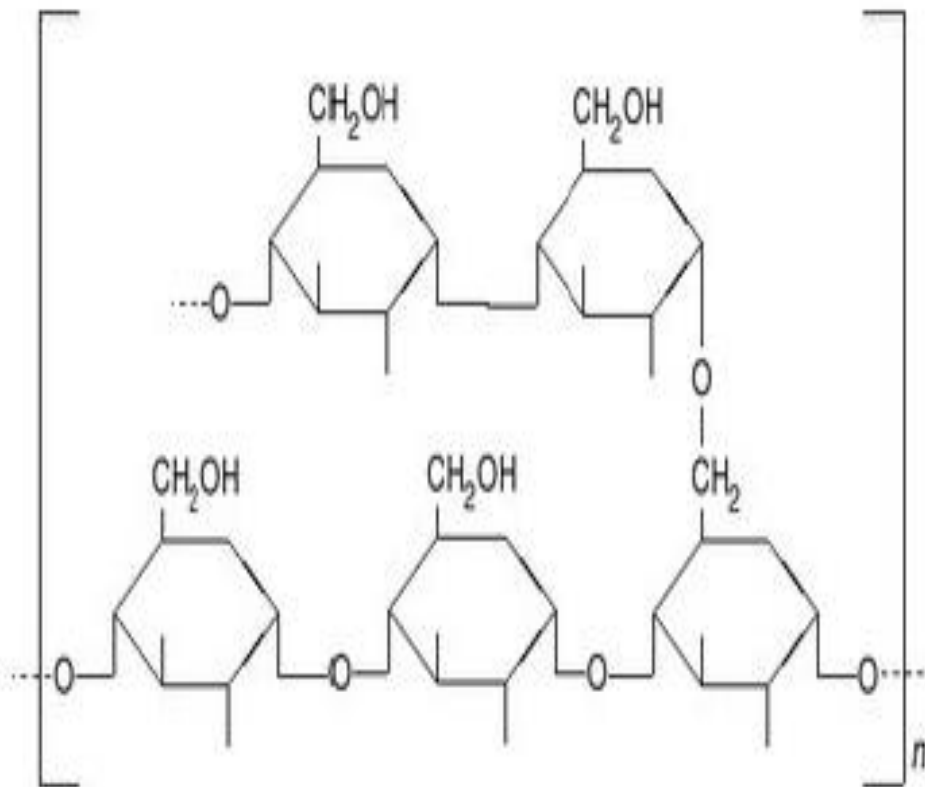
2.2.2.1. Almidón.

En base a lo definido por Ayquipa, el almidón es un polisacárido natural, suele utilizarse como materia prima en la producción de coberturas comestibles, esto debido a que representa un bajo costo de adquisición, se encuentra en gran cantidad, es biodegradable y además es fácil de manipular. Algunos métodos convencionales, que utilizan plastificantes como el agua y el glicerol, hacen posible convertir el almidón granular nativo en un material termoplástico. Una observación encontrada es que las películas producidas a partir de almidón se tornan quebradizas en ambientes secos, y pierden fuerza y propiedades de barrera en entornos con humedades altas (Ayquipa Cuellar, 2018).

Estas macromoléculas son polisacáridos formados únicamente por unidades glucosídicas.

Figura 5.

Estructura del almidón



Fuente: (Gonzalez Garcia, 2018)

Tabla 8. *Función de los almidones en diversos productos alimenticios*

Funciones	Alimento
Adhesión	Rebozados, revestimiento
Anti-adhesión	Pan, gomas
Ayuda a la fluidez	Materia grasas, polvo para fermentar
Anti-endurecimiento	Productos de panadería
Encofrado	Confitería
Encapsulado	Aceites esenciales y aromas
Espesante	Salsas, sopas
Confección	Carne, productos para animales
Gelificante	Domésticos
Glaseado	Confitería
Ligeante	Confitería, pastelería
Refuerzo de espumas	Albóndigas de carne, patatas, extruidos
Retención de agua	Mashmellows, bebidas
	Carne, productos de panadería
Estabilizante	Bebidas, salas para ensaladas
	Emulsificantes

Fuente: Hermosa Mendoza (2013) citado por (Apaza Morocco, 2018).

En un estudio realizado por Alarcon, este reconoce que el almidón sin modificar presenta considerables limitaciones a causa de sus pobres propiedades inherentes, como son: el deterioro de las propiedades mecánicas a causa de la humedad, la baja procesabilidad a causa de su alta viscosidad y la fragilidad de las piezas fabricadas a partir de este (Martinez Bejarano, 2018).

Por otro lado, se tiene que “la proporción relativa de amilosa y amilopectina varía de un almidón a otro. En general, los almidones contienen más amilopectina que amilosa, la mayor parte de los almidones contienen entre 20 y 25 % de amilosa, para los tubérculos estudiados esta entre 26 y 29%” (Surco Laos, 2004, p. 16).

- La amilosa, que es esencialmente un polímero lineal
- La amilopectina, que es un polímero muy ramificado

Bernabé Meza (2017) afirma que “Los factores que influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos son la amilosa y la amilopectina, todas

estas propiedades se pueden notar en la capacidad de hidratación y la gelatinización” (Apaza Morocco, 2018).

A. Amilosa

Respecto a la amilosa, el estudio de Martinez Bejarano nos señala que:

Está formada por α -D-glucopiranosas unidas por centenares o miles (normalmente de 300 a 3000 unidades de glucosa) mediante enlaces α -(1 \rightarrow 4) en una cadena sin ramificar, o muy escasamente ramificada mediante enlaces α -(1 \rightarrow 6).

Esta cadena adopta una disposición helicoidal y tiene seis monómeros por cada vuelta de hélice. Suele constituir del 25 al 30 % del almidón Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo. (Martinez Bejarano, 2018).

Tabla 9.

Contenido de amilosa en almidones comunes

Almidón	Cantidad Amilosa (%)
Papa	22
Yuca	17
Maíz	20 – 28
Sorgo	23 – 28
Arroz	16 – 17
Trigo	17 – 27
Oca	23 – 24
Maiz Waxy	0 – 7
Sorgo Waxy	0 – 7
Arroz Waxy	0 – 7

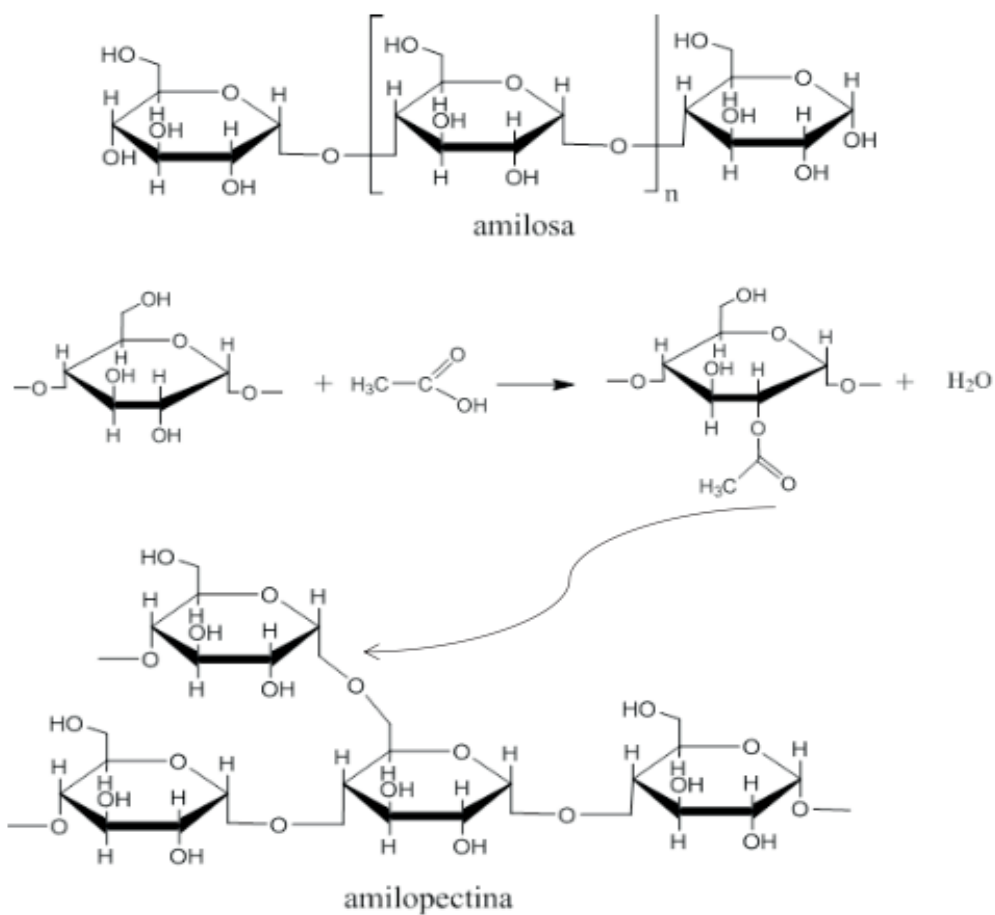
Fuente: Horace D. Graham (1980) citado por (Ferrer Ulloa & Mostacero Aguilar, 2011)

B. Amilopectina

La molécula de la amilopectina es de mayor tamaño que la de amilosa. La molécula de amilopectina está compuesta por enlaces glucosídicos α -1,6 y α -1,4. Estos enlaces glucosídicos α -1,6 se producen en interacción con otras moléculas de glucosa, lo que genera que su estructura sea más ramificada que la amilosa. La molécula de amilopectina cuenta con un peso molecular promedio de 107 a 108 g/mol (Meré Marcos, 2009).

Figura 6.

Estructura química de la amilosa y amilopectina



Fuente: (Alarcon Caverro & Arroyo Benites, 2016)

No es, por tanto sorprendente, que la amilopectina y el glucógeno den con el yodo un color rojo pardo (Surco Laos, 2004).

Tabla 10.*Propiedades fisicoquímicas de amilosa y amilopectina*

Propiedad	Amilosa	Amilopectina
Estructura molecular/ramificada	Principalmente lineal/principalmente α -1-4	Altamente ramificada α -1-4; α -1-6
Peso Molecular	105 – 106 Da	107 – 109 Da
Yodo unión / color	20% azul – negro	<1% rojo – purpura
Digestibilidad por β -amilasa	100%	Aprox 60%
Dilatación en soluciones acuosas	Inestable	Estable
Solubilidad	Baja/apenas soluble	Alta
Temperatura de Gelatinización	Baja	Alta
Temperatura de Fusión	Baja	Alta
Complejo amilosa – lípido	Cantidad muy alta	No
Formación de gel	Firme, irreversible	Suave, reversible
Films	Coherente	No forma fácilmente
Viscosidad	Baja	Alta
Espesante	Pobre	Bueno
Estabilidad al Cizallamiento	Relativamente estable	Inestable
Fuerzas Adhesivas	Débil	Fuerte
Estabilidad de congelación – descongelación	Inestable	Estable

Fuente: Elizabeth Fiorela Peña Carrasco (2017) citado por (Apaza Morocco, 2018).

C. Gelatinización

Para Ruiz, la gelatinización es el proceso en el cual los granos de almidón experimentan una pérdida de semicristalinidad, generado por la presencia de calor y altas cantidades de agua con muy poca o ninguna despolimerización. Además se señala que los granos de almidón son insolubles en agua y en solventes orgánicos. Al ser expuestos a una suspensión acuosa los granos de almidón se hinchan a causa del calor, pierden las propiedades de estructura cristalina, y a una temperatura crítica forman un gel (Ruiz Aviles, 2006, p. 13).

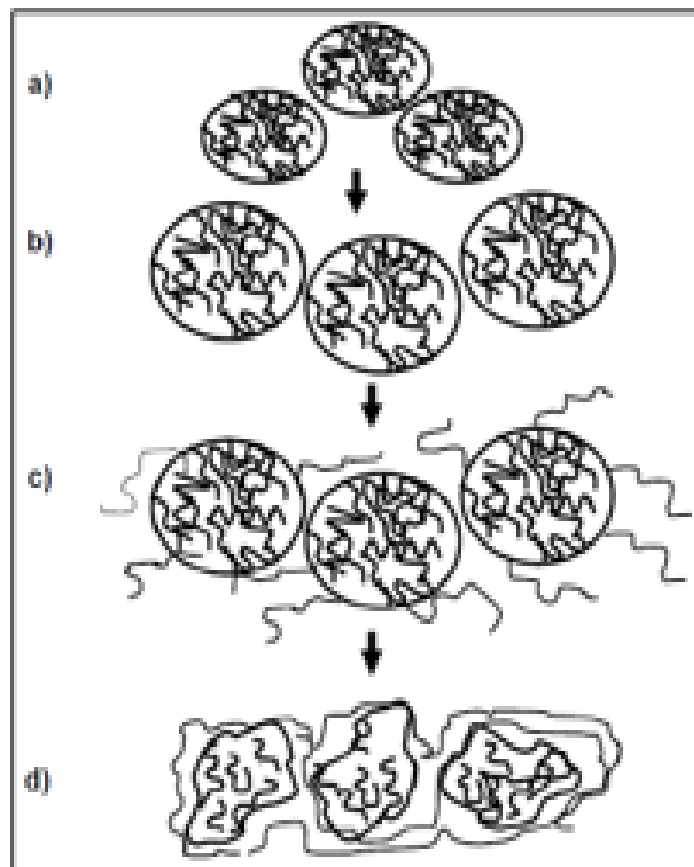
Según el autor Marin:

Este hinchamiento inicialmente es reversible y su birrefringencia (orientación regular de las regiones amorfas y cristalinas, conocida como la cruz de ‘malta’) no se pierde; sin embargo, si se sigue calentando, la estructura del gránulo se altera

significativamente y el hinchamiento llega a ser irreversible [...]. Este proceso se conoce con el nombre de gelatinización y la temperatura a la cual ocurre este fenómeno es la temperatura de gelatinización; el gránulo pierde su birrefringencia, la amilosa se difunde hacia el agua y la amilopectina queda dentro del gránulo. A este punto del proceso, el gránulo de almidón pierde su estructura y la amilosa fuera del gránulo forma una malla y produce un gel. (Marín, 2016)

Figura 7.

Mecanismo de gelatinización del almidón



a) Granulo de almidón nativo, b) El agua que es adicionada ingresa a la zona amorfa, lo que genera el hinchamiento de los gránulos del almidón, c) El flujo de calor lleva al hinchamiento; la amilosa se difunde fuera del granulo d) la amilopectina se mantiene dentro del granulo; la amilosa lixiviada forma una matriz, lo que genera la formación de un gel.
Fuente: Lai y Kokini, (1991) citado por (Marín, 2016)

El proceso de gelatinización se da inicio en las regiones amorfas del gránulo, estas son las zonas donde los enlaces son más propensos a romperse. En caso de contar con una cantidad limitada de agua, no se produce una gelatinización completa en el intervalo usual de temperatura; sin embargo, a medida que haya un incremento de la temperatura, gradualmente los gránulos de almidón se vuelven más móviles y eventualmente las regiones cristalinas se funden. La gelatinización del almidón es un proceso inducido, para hacer posible su consumo, tal como sucede con otra gran cantidad de alimentos, los cuales mejoran gracias a la cocción, tanto en apariencia, sabor, textura y digestibilidad (Marín, 2016).

D. Proceso de Retrogradación

Para Guerrero Anaya:

El fenómeno de retrogradación se define como la insolubilización y la precipitación espontánea, principalmente de las moléculas de amilosa, debido a que sus cadenas lineales se orientan paralelamente y accionan entre sí por puentes de hidrógeno a través de sus múltiples hidroxilos; se puede efectuar por diversas rutas que dependen de la concentración y de la temperatura del sistema. Si se calienta una solución concentrada de amilosa y se enfría rápidamente hasta alcanzar la temperatura ambiente se forma un gel rígido y reversible, pero si las soluciones son diluidas, se vuelven opacas y precipitan cuando se dejan reposar y enfriar lentamente. Cada almidón tiene una tendencia diferente a la retrogradación que está relacionada con su contenido de amilosa. (Guerrero Anaya, 2014)

El envejecimiento del pan está directamente relacionado con la retrogradación. En ese sentido, el envejecimiento es causado básicamente por la asociación de las cadenas de amilopectina que se quedan en el gránulo hinchado después de haber perdido parte de la amilosa. Para el caso del pan fresco, el polímero ramificado mantiene todas sus ramas

completamente extendidas, en el caso del pan duro, estas están retrogradadas, es decir unidas entre sí y sin el agua original (Guerrero Anaya, 2014).

2.2.3. *Plumas de Pollo*

En la ciencia que estudia a los animales, la zoología, el plumaje es considerado como uno de los sistemas tegumentarios existentes. Un sistema tegumentario es aquel que recubre el cuerpo de un animal para aislarlo y proteger los órganos internos del ambiente externo. Uno de estos sistemas tegumentarios es el plumaje y quitarle a un animal por completo el conjunto de plumas puede sin dudas exponerlo a un sinnúmero de complicaciones como enfermedades, infecciones, etc (“Definición de Pluma » Concepto en Definición ABC,” n.d.).

La pluma es una estructura epidérmica compuesta por un eje central rígido llamado raquis y por paletas ramificadas más suaves en cada lado, cada paleta contiene en su estructura numerosas ramas laterales denominadas barbas. Uno de los componentes principales de las plumas es la queratina, la cual generalmente representa más del 70% de su peso. Pese a que la queratina tiene un bajo valor biológico nutricional, es importante insumo para aplicaciones cosmetológicas, agrícolas, entre otras (Quintero Curvelo, Huertas Diaz, & Ortega David, 2017).

Figura 8.

Partes de la pluma



Fuente: (“plumas de pollo y sus partes - Búsqueda de Google,” n.d.)

Tabla 11.

Población de pollos vivos por departamento. Diciembre 2016 (miles de unidades)

Región	Total campaña
Nacional	102 739
Lima	59 134
La Libertad	19 752
Ica	9 527
San Marín	2 606
Arequipa	1 984
Ayacucho	63

Fuente: Gerencia/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA, Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria(“Actividades Estadísticas | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias,” n.d.).

2.2.3.1. Queratina.

Vílchez menciona que las proteínas, en general, son polímeros capaces de generar enlaces intra e intermoleculares, permitiendo una significativa variación en las propiedades funcionales de los materiales resultantes. Como tal, la queratina nativa es insoluble en agua y en otros solventes orgánicos, sin embargo, a pesar de su significativa estabilidad química, esta proteína puede ser digerida a consecuencia de técnicas químicas o enzimáticas. Se hace posible la liberación de aminoácidos hidrosolubles a causa del rompimiento de moléculas de agua (hidrólisis) de esta proteína, lo cual puede resultar en la obtención de un líquido cremoso con aplicaciones industriales. La posibilidad de hidrolizar esta sustancia ayudaría en la generación de un componente útil para productos que requieran gran variedad y cantidad de aminoácidos, brindándose así una nueva opción de utilización a esta estructura dura y fibrosa de los tejidos (Quintero Curvelo et al., 2017, p. 43).

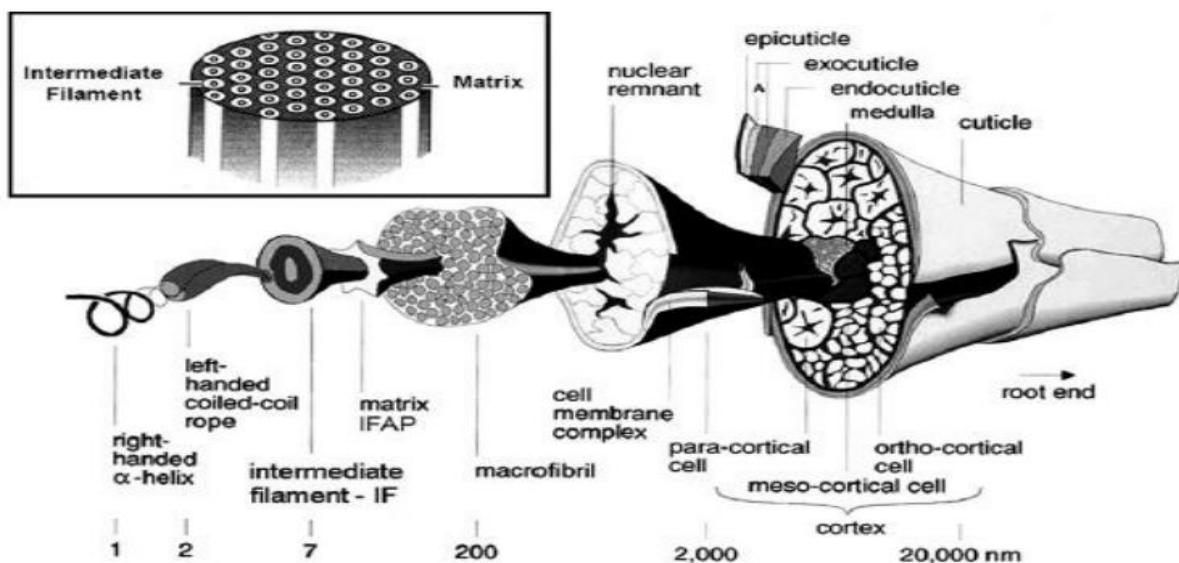
Entonces, podemos caracterizar a la queratina como una proteína estructural fibrosa, la cual está formada por una gran variedad de aminoácidos, entre los cuales encontramos en mayor abundancia a la Glicina, Cistina, y Cisteína. El estudio de Quintero señala que:

Existen dos tipos de queratina diferenciadas por sus componentes y estructura: α y β queratina. La α queratina se caracteriza por tener en su estructura puentes de disulfuro que otorgan una gran resistencia, estando presente en materiales como la lana de oveja, el pelo, las uñas y la piel [...]. También se encuentra α queratina en las fibras de tejidos duros de proteína tales como las plumas de aves, cuernos cascos, entre otros [...]. (Quintero Curvelo et al., 2017).

En complemento, la investigación de Chavez y Tenorio nos indica que la queratina está compuesta principalmente por un aminoácido con gran contenido de azufre. En ese sentido, las queratinas de composición dura contienen entre un 15 a un 18% de azufre, mientras que las de composición blanda cuentan con solo un nivel de azufre de entre 2% y 4% (Chavez Marin & Tenorio Hernandez, 2014). En su mayoría, el alto nivel de azufre presentado en algunas de estas fibras de queratina es producto de la cistina. Para este caso, el α -queratina contiene aproximadamente 17% de cistina $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{CH}_2\text{S}-\text{S}-\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)-\text{COOH}$ (Vega Zavaleta, 2014).

Figura 9.

Modelo de dos fases de la α -queratina propuesto por Feughelman (1959)



Fuente: (Vega Zavaleta, 2014)

De esta manera, y siguiendo con lo señalado en el estudio de Vega, podemos afirmar que la propiedad más importante que diferencia a la queratina de otras proteínas estructurales, como el colágeno y la elastina, es el alto contenido de cistina.

Numerosos enlaces disulfuro de cistina presente en la queratina se unen permanentemente en las cadenas peptídicas por lo que es resistente a la lisis enzimática. Tanto un alto contenido de cistina, así como un alto contenido de glicina, prolina, serina y aminoácidos de carácter ácidos; y un bajo contenido de lisina, histidina y metionina; así como la ausencia de triptófano son también son característicos de la queratina (Fraser y Parry, 2003; Jones, 2001 citado por Kornilłowicz-Kowalska et al., 2011). (Vega Zavaleta, 2014)

Tabla 12.

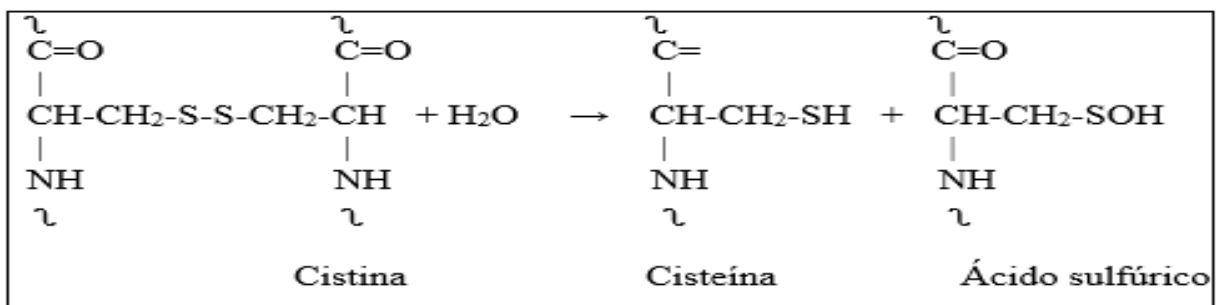
Composición de aminoácidos de queratina representativas

Componente	Lana de Oveja α -queratina (g componente/100 g de queratina seca)	Pelo Humano α -queratina	Plumas de Pollo β -queratina
Nitrógeno Total	16.2 - 16.9	15.5 - 16.9	15.0 - 16.2
Aminoácidos	Con cadenas laterales de hidrocarburos		
Glicina	5,2 – 6,5	4,1 – 4,2	7,2
Alanina	3,4 – 4,4	2,8	5,4
Valina	5,0 – 5,9	5,5 – 5,9	8,3 – 8,8
Leucina	7,6 – 8,1	6,4 – 8,3	7,4 – 8,0
Isoleucina	3,1 – 4,5	4,7 – 4,8	5,3 – 6,0
Fenilalanina	3,4 – 4,0	2,4 – 3,6	4,7 – 5,3
Prolina	5,3 – 8,1	4,3 – 9,6	8,8 – 10,0
	Hidróxido		
Serina	7,2 – 9,5	7,4 – 10,6	10,2 - 14
Treonina	6,6 – 6,7	7,0 – 8,5	4,4 – 4,8
Tirosina	4,0 – 6,4	2,2 – 3,0	2,0 – 2,2
	Acido		
Ácido Aspártico	6,4 - 7,3	3,3 - 7,7	5,8 – 7,5
Ácido Glutámico	13,1 - 16,0	13,6 - 14,2	9,0 – 9,7
	Básico		
Arginina	9,2 – 10,6	8,9 – 10,8	6,5 – 7,5
Lisina	2,8 – 3,3	1,9 – 3,1	1,0 – 1,7
Hidroxilisina	9,2	0	0,3 – 0,7

Histidina	0,7 – 1,1	0,6 – 1,2	0,7
	Heterocíclico		
Triptófano	1,8 – 2,1	0,4 - 1,3	0,7
	Contiene azufre		
Cistina	11,0 – 13,7	16,6 – 18,0	6,8 – 8,2
metionina	0,5 – 0,7	0,7 – 1,0	0,4 – 0,5
Cisteína	0,4	0,5 – 0,8	0,4

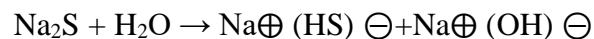
Fuente: Anson (1954) citado por (Vega Zavaleta, 2014)

- a) Hidrólisis de la queratina: La queratina con agua da una hidrólisis de los enlaces disulfuro de la cistina para producir la cisteína (tiol) y ácido sulfénico.



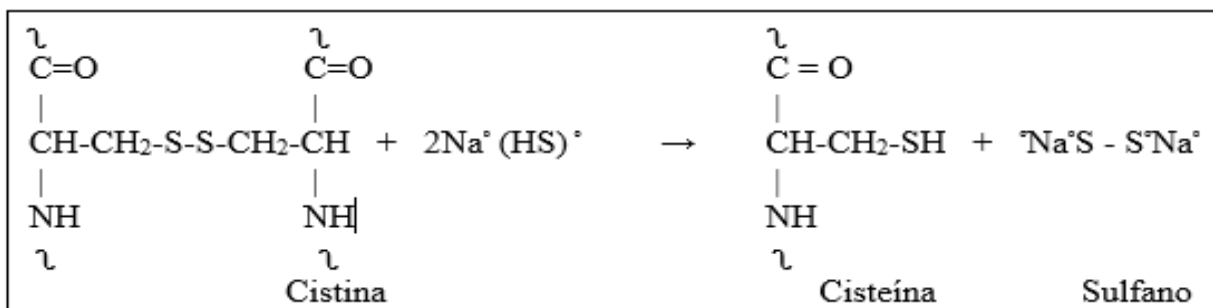
- b) Reducción de la queratina con sulfuro de sodio.- Con el Na₂S se favorece la degradación de la queratina, mediante las siguientes reacciones consecutivas:

Cuando el Na₂S se disuelve en agua, se produce el NaHS y el medio es básico.



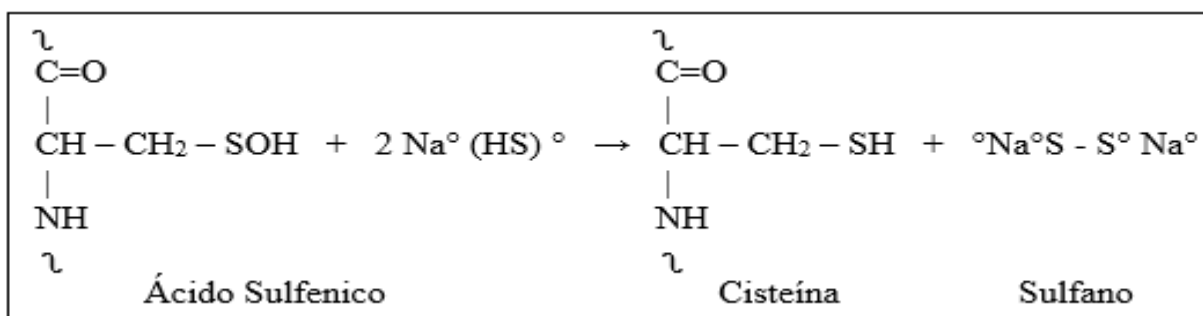
El NaHS reduce la cistina a cisteína

Reducción de la queratina con sulfuro de sodio

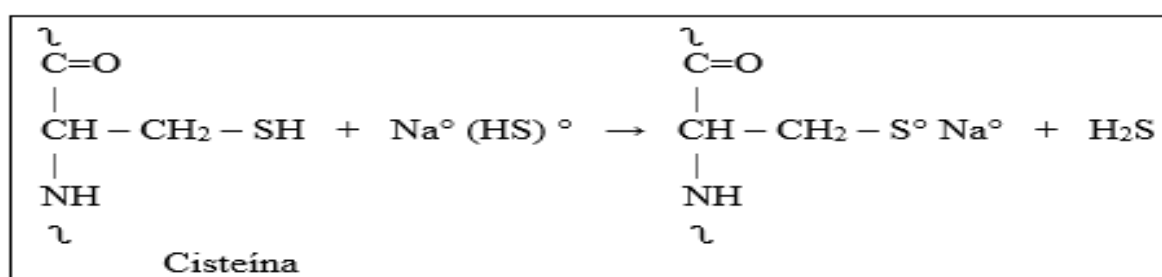


También el NaHS reduce a los ácidos sulfénicos, ayudando a la hidrólisis.

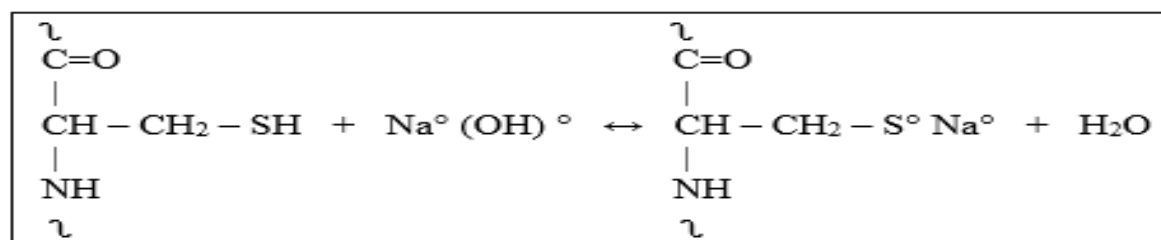
Reducción de ácidos sulfénicos



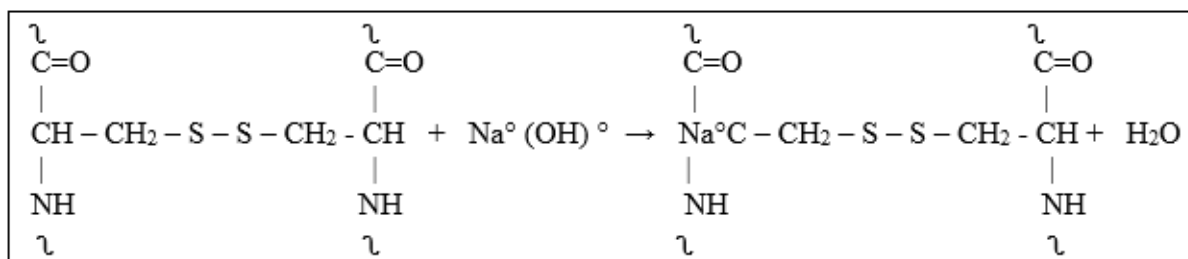
El NaHS propicia al equilibrio siguiente, pero como el H₂S es gas y sale del sistema, el equilibrio se desplaza hacia la derecha, produciendo un mayor gasto del NaHS.

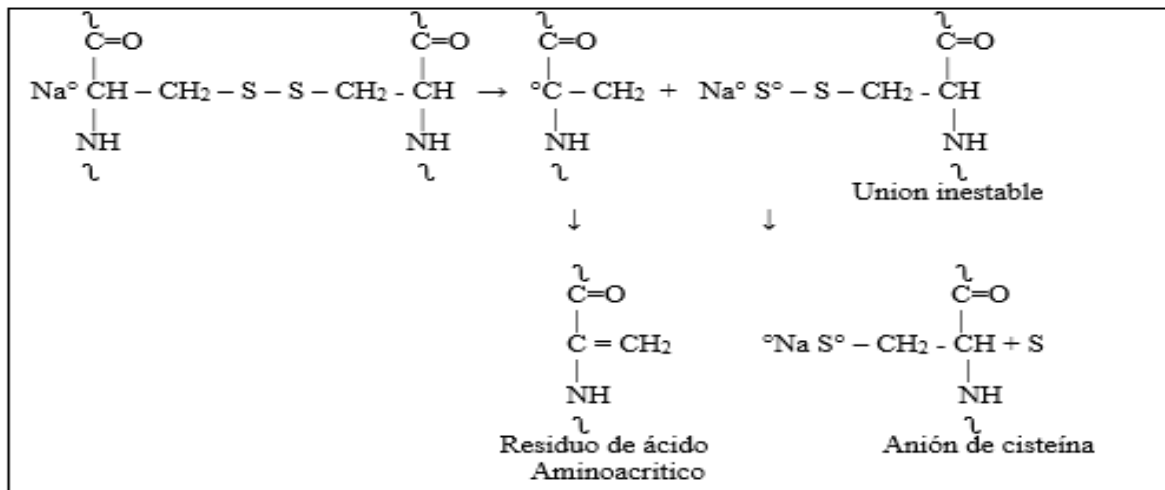


Además, el medio básico favorece la siguiente neutralización



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





Entonces, la estructura reticulada de la queratina es insoluble en agua esto debido a que los puentes de disulfuro forman los retículos entre las cadenas polipeptídicas, “Con la solución acuosa de Na₂S se generan tres maneras de romper los puentes de disulfuro, ya indicados, estos son: a) Mediante reducción con NaHS; b) Por acción del agua, ósea por hidrólisis; c) reacción ácido-base con el NaOH generado en la hidrólisis del Na₂S” (Chavez Marin & Tenorio Hernandez, 2014, p. 19)

A. Prueba de Biuret

En base a lo indicado en el estudio de Urzagasti, el método de Biuret esta basado en la aparición de un complejo coloreado entre el cobre y los grupos NH de los enlaces peptídicos en medio básico. La intensidad de la coloración obtenida es directamente proporcional a la cantidad de proteínas y la reacción es muy específica, por lo que pocas sustancias interfieren, debido a la baja sensibilidad del método. La sensibilidad del método es muy baja, por lo que es necesario trabajar con proteínas en alta concentración. Este fue propuesto por varios autores que sostenían diferentes variaciones en composición de este, sin embargo el más conocido y utilizado es el de Gornall et al. (Zaia et al. 1998) citado por (Urzagasti et al., n.d.).

2.2.4. Tuna

La tuna es encontrada en gran parte en el departamento de Ayacucho esta por lo general produce durante todo el año ya que el tipo de clima favorece su propagación ya sea de manera cultivada o de manera silvestre.

Para Sáenz (2004) toda la tuna en general tiene compuestos funcionales entre fibra, mucilago, betalainas, carotenoides, potasio, calcio y un poco de vitamina C (Abrajan Villaseñor, 2008, p. 18).

Los estudios realizados por Sáenz (1993) refieren que los rendimientos en los diferentes casos es bajo en un 0,5% en cascara y 1,2% en cladodios (Abrajan Villaseñor, 2008, p. 23).

Tabla 13.

Producción mensual de tuna, según región del 2018 (t)

Región	Total campaña
Nacional	78,141
Ayacucho	22,917
Cusco	13,721
Lima	9,641
Huancavelica	8,779
Arequipa	6,456
Apurímac	6,027

Fuente: Gerencia/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA, Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria (“Actividades Estadísticas | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias,” n.d.).

Tabla 14.

Precio promedio en chacra mensual de tuna, según región del 2018 (S/. Por kg)

Región	Total campaña
Nacional	1,34
Ayacucho	1,08
Cusco	0,96
Lima	2,30
Huancavelica	1,20
Arequipa	2,43
Apurímac	0,65

Fuente: Gerencia/Direcciones Regionales de Agricultura – SIEA, Ministerio de Agricultura y Riego - Dirección General de Evaluación y Seguimiento de Políticas - Dirección de Estadística Agraria (“Actividades Estadísticas | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias,” n.d.).

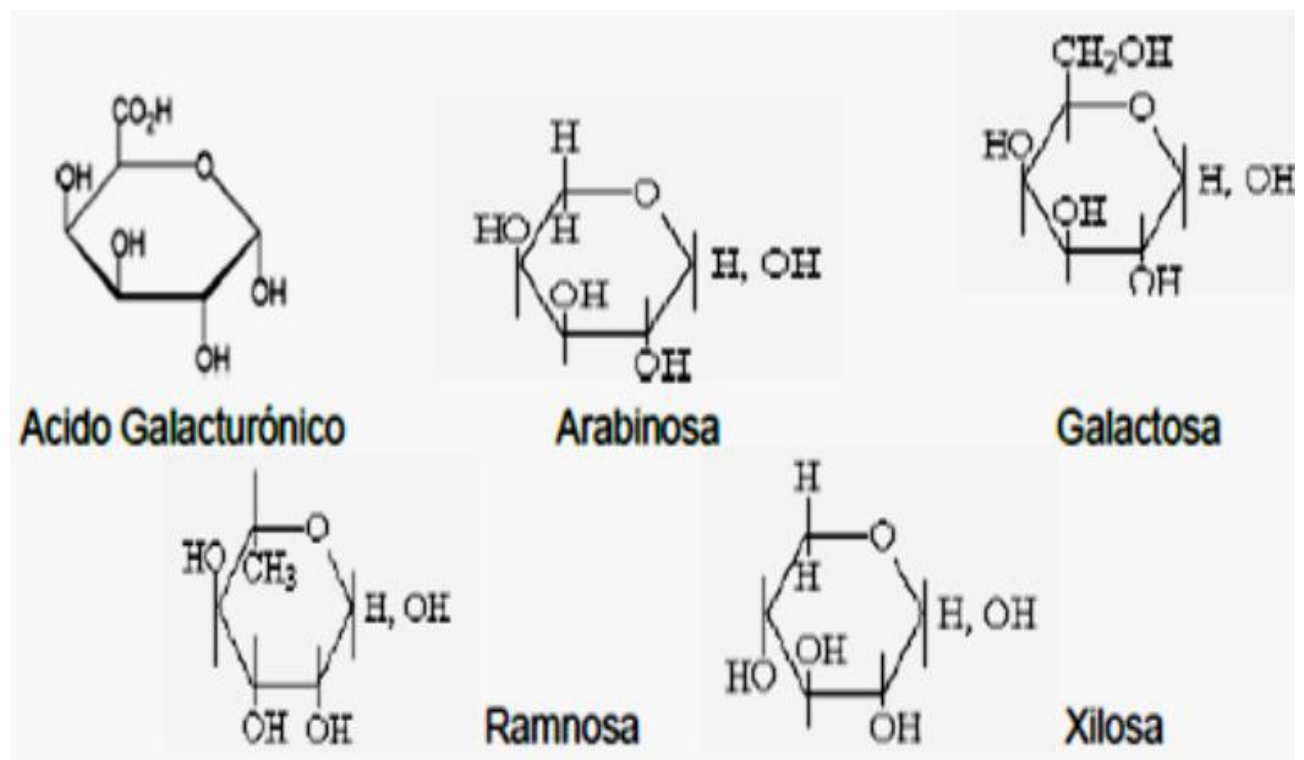
2.2.4.1.Fibra.

La cascara es la parte no comestible, están varían de acuerdo a la variedad del fruto, por lo general la cascara es considerada un desecho pero eso es tomado erróneamente pues de ello se puede obtener un hidocoloide que es llamado mucilago, pues estos se usan de distinta manera dependiendo la industria (Ayquipa Cuellar, 2018, p. 78).

Para Ruiz (2009) la tuna tiene un mucilago que es un polisacárido fibroso y su peso varía entre 13×10 g/mol y este “contiene aproximadamente de 35 a 40 % de arabinosa, 20 a 25% de galactosa y xilosa cada una, y de 7 a 8% de ramnosa y ácido galacturónico cada uno” (Ayquipa Cuellar, 2018, p. 8).

Figura 10.

Composición del mucilago de tuna



Fuente: Ornelas, J. (2011) citado por (Ayquipa Cuellar, 2018)

Tabla 15. *Composición Química (% en peso seco de la cáscara de la tuna)*

Composición Químico (% en peso seco de la cáscara de la tuna)	
Componente	
Cenizas	11,5
Grasas y ceras	11,0
Lignina	2,4
Proteína (Nx 6.25)	8,6
Mucilago	4,1
Otros Polisacaridos	35,0
Celulosa	27,0

Fuente: Ornelas, J. (2011) citado por (Abrajan Villaseñor, 2008, p. 54)

Anguera (2007) menciona que una “fibra insoluble está compuesta de celulosa y lignina, las que provienen principalmente de la pared celular de las plantas y las cáscaras de las frutas, a su vez, cada parte de las plantas está constituida por distintos tipos de tejidos” (Cayo Alvarez & Matos Chamorro, 2009, p. 25).

El mucilago es uno de los hidrocoloides que genera mejores matrices al momento de procesar un film o de generar recubrimientos ya que sus propiedades de aislante o de generadora de barreras junto con las propiedades funcionales ayudan a proteger diferente producto primario (Abrajan Villaseñor, 2008, p. 54).

2.3. Biodegradación

Remar (2011) menciona que los bioplásticos ya que provienen en su mayoría de recursos renovables estos necesitan de ciertas condiciones para que puedan llegar a degradarse ya sea temperatura o tipo de suelo, pues adecuándolos a estas condiciones el tiempo de degradación es más corto, aunque también si se diseña un ciclo cerrado estos llegarían a ser recuperados por medio del reciclado, en los países más desarrollados están aplicando técnicas de promover este tipo de bioplástico ya que les permite llegar a generar compostaje (Remar, 2011).

2.4. Elaboración de Bioplástico en el Perú

En el Perú también ya se tiene diferentes investigaciones respecto al tema de almidones que van referidos a los biocompuestos uno de los equipos que hace estas investigaciones son los de la PUCP en conjunto con la UNMSM, ellos investigaron extrayendo almidón de diferentes variedades de papa llegando a obtener excelentes resultados como los bioplásticos, etc (Abril, 2014).

Tabla 16.

Cultivos andinos

Código	Nombre Común	Parte	Nombre Científico
WCA01	Arracacha	Tubérculo	Arracacia xanthorrhiza
CHI01	Garbanzo	Legumbre	Cicer arietimam
BAN01	Plátano	Fruta	Musa paradisiaca
OCA01	Oca	Tubérculo	Oxalis tuberosa
CAS01	Yuca	Tubérculo	Manihot esculenta
SPO01	Camote	Tubérculo	Ipomoea batatas
POT01	Papa amarillo	Tubérculo	Solamm tuberosum
POT02	Papa “Huamantanga”	Tubérculo	Solamm tuberosum
POT03	Papa “Mariva”	Tubérculo	Solamm tuberosum
POT04	Papa “Muru-huayro”	Tubérculo	Solamm tuberosum
POT05	Papa “Peruanita”	Tubérculo	Solamm tuberosum
POT06	Papa “Yungay”	Tubérculo	Solamm tuberosum

Fuente: (Torres et al., 2011)

Bejarano (2018) menciona que para obtener el almidón hace referencia a Torres (2011) donde menciona lo siguiente:

Para la obtención del almidón, se limpiaron y picaron los cultivos mostrados, luego se homogeneizaron en una licuadora, se tamizó y se dejó decantar durante cuatro horas. Se descartó el sobrenadante y el precipitado se desengrasó por resuspensión con 1:1 metanol: agua de la mezcla y se volvió a decantar. El almidón precipitó en la parte inferior del recipiente y se secó a 40°C durante 24 h.

Para la elaboración del polímero, se formó una solución de almidón al 5%(w/w) con el almidón obtenido. Esta solución se hidrolizó parcialmente en

ácido clorhídrico diluido (0,1 N) con un ajuste de pH a 2,0. Luego se añadió glicerol en una relación de 2:5 (glicerol: almidón (Base seca)). La solución de almidón se homogenizó por agitación durante 15 min a 95°C y se neutralizó en hidróxido de sodio diluido de (0,1 N) ajustando el pH a 10 para detener la hidrólisis. La solución de almidón (7% (w / w)) se extendieron sobre placas de Petri y se colocaron en un horno a 40°C para secarlas por 16 horas.

Las propiedades mecánicas de las películas a base de almidón se evaluaron por medio de ensayos de tracción. Pruebas de compost y pruebas FTIR (Transformación de Fourier de la radiación infrarroja) fueron llevados a cabo para evaluar la biodegradabilidad de las películas. Los resultados muestran que las propiedades mecánicas (UTS, Módulo de Young y alargamiento a la ruptura) de las películas a base de almidón dependen en gran medida de la fuente de almidón utilizada para su producción. Se encontró que la tasa de pérdida de peso de todas las películas a base de almidón fue más alta que la tasa de pérdida de peso de la película de celulosa utilizado como control. (Martinez Bejarano, 2018, p. 13,14)

2.5. Antecedentes

Meza (2016) en su investigación “Elaboración de bioplástico a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio” para obtener el título de Ingeniero Ambiental por la Universidad Agraria La Molina manifiesta que, la investigación tuvo como objetivo elaborar un bioplástico a nivel de laboratorio a partir de residuos de papa variedad Yungay (Meza Ramos, 2016).

Una vez determinada esta metodología se procesó 20 Kg de papa para evaluar sus características así como para elaborar el bioplástico; se obtuvo una relación de amilosa/amilopectina de 26.21/73.79 y un 89.8% de similitud del espectro

evaluado con respecto al espectro del almidón soluble. En la segunda etapa se utilizó una metodología basada en la hidrólisis química del almidón para lograr polimerizar el almidón, se incluye la adición de plastificantes como el agua y el glicerol; adicionalmente se evaluó las características físicas y mecánicas de los bioplásticos elaborados con distintas cantidades de aditivos, una vez determinado el bioplástico más resistente se utilizó dicha metodología para elaborar el bioplástico, las pruebas de tracción y elongación indicaron un esfuerzo máximo de 1.47 MPa y una elongación máxima de 19.99%, el análisis infrarrojo (FTIR) indicó variaciones en los picos que explican la formación de enlaces característicos del bioplástico. En la última etapa se utilizó compost como medio de degradación. (Meza Ramos, 2016, p. 1)

Donde también se realizó un estudio de la biodegradabilidad.

Otra investigación utilizada es la de Llerena (2017) en su investigación “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*)” para obtener el título de Ingeniero Biotecnólogo por la Universidad Católica de Santa María manifiesta que (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017).

El presente trabajo de investigación consistió en la elaboración de un envase con materiales biodegradables donde se utilizó diferentes residuos que se generan en diversas actividades económicas como son la agricultura (arroz quebrado), avícola (plumas de pollo) y comercial (cáscaras de frutas: mango). En la investigación se aplicaron métodos para la extracción de almidón y queratina, donde se determinó el rendimiento de obtención, donde se demostró que se puede conseguir rendimientos adecuados (35.24% y 8.29% respectivamente) para la elaboración de envases, se

hicieron los experimentos por triplicado. Una vez obtenidos el almidón y queratina, se procedió a determinar las proporciones adecuadas para poder obtener láminas del bioplástico, se observó que las proporciones adecuadas de almidón y queratina fueron de 40gr y 4 ml respectivamente. Luego se procede a fortificar la mezcla almidón-queratina con diferentes proporciones de cáscaras de mango (5, 10 y 20gr), de las cuales la más óptima para la elaboración de láminas fue la proporción de 10gr. Las proporciones óptimas para la elaboración del bioplástico fueron las siguientes: 40grde almidón,4 ml de queratina, 10grde cáscaras de mango además de aditivos como glicerina, ácido acético al 5% y agua destilada, el primero cumple una función de plastificante y los otros permiten que se dé una hidrólisis ácida para poder atacar las ramificaciones de la amilopectina presente en el almidón. (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017, p. 11)

Podemos deducir con ambas investigaciones, tomadas como antecedentes que se tiene materia prima para poder generar nuevos productos amigables.

Capítulo III:

Materiales y Métodos

3.1.Ubicación

La presente investigación se realizó en los laboratorios de procesos agroindustriales, transferencia de masa y composición de alimentos de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga – UNSCH.

En la provincia de Huamanga distrito de Ayacucho está ubicado la UNSCH, en una altura de 2 746 m.s.n.m. 13°09'47'' S y 74°13'28'' O.

3.2.Duración

La investigación tuvo una duración de 11 meses, durante Julio del 2019 y Junio del 2020.

Tabla 17.

Etapas y duración de la investigación

ACTIVIDADES	ETAPAS	FECHA DE INICIO	FECHA DE TERMINÓ	DURACIÓN (DÍAS)
Extracción de Queratina	Ensayos Preliminares	18/07/2019	23/08/2019	4
	Determinación de la metodología	26/07/2019	02/09/2019	7
	Extracción de Queratina	03/09/2019	10/09/2019	7
	Determinación de presencia de Queratina	11/09/2019	15/09/2019	4
Extracción de Almidón	Ensayos Preliminares	19/08/2019	23/08/2019	15
	Determinación de la metodología	26/08/2019	02/09/2019	
	Extracción de Almidón	03/09/2019	10/09/2019	15
	Análisis de Amilosa	11/09/2019	15/09/2019	15
Extracción de Fibra de Tuna	Ensayos Preliminares	17/09/2019	21/09/2019	15
	Determinación de la metodología	22/09/2019	26/09/2019	
	Extracción de Fibra	27/09/2019	07/10/2019	15
Elaboración del Bioplástico	Ensayo Preliminares	10/10/2019	25/10/2019	15
	Determinación de la Metodología	10/10/2019	25/10/2019	
	Elaboración del Bioplástico	25/10/2019	12/10/2019	15
Evaluación de las propiedades del bioplástico	Pre- selección de las láminas	13/11/2019	19/11/2019	6
	Análisis Tracción y Elongación	20/11/2019	30/11/2019	10
	Análisis Infrarrojo	1/12/2019	5/12/2019	5
Redacción	Redacción	15/03/2020	15/06/2020	90

3.3.Materiales

Materia prima

- ✓ Oca
- ✓ Plumas de Pollo
- ✓ Cáscara de Tuna

Materiales de Vidrio

- ✓ Matraz
- ✓ Termómetro
- ✓ Pipetas
- ✓ Probeta
- ✓ Vasos precipitados
- ✓ Embudo de vidrio
- ✓ Cuchillo
- ✓ Varilla de agitación
- ✓ Mortero y mazo
- ✓ Placa Petri
- ✓ Fiola

Equipos

- ✓ Estufa – Marca: Fisher – Modelo: 516 G
- ✓ Centrifuga – Marca: Hetric – Modelo: EBA 20
- ✓ Agitador magnético con calefacción – Marca: Geramag Midi
- ✓ Agitador de Paletas – Marca: CAT - Modelo: R50
- ✓ Balanza analítica – Marca: Kern – Modelo: Scout Pro Chavp SP202
- ✓ Mechero bunsen – Marca: Stiran – Modelo: s/m

- ✓ Licuadora industrial – Marca Nova – Modelo 3600 RPM
- ✓ Espectrofotómetro UV: UNICO SPECTROPHOTOMETER - modelo 2100

Reactivos

- ✓ Hidróxido de Sodio - (QP)
- ✓ Ácido Sulfúrico - (QP)
- ✓ Agua Destilada - (QP)
- ✓ Glicerina - (PA)
- ✓ Dimetilsulfóxido - (PA)
- ✓ Iodo - (PA)
- ✓ Yoduro de potasio - (PA)

Otros

- ✓ Tamizadores – U.S. Standard Sieve
- ✓ Malla de Serigrafía
- ✓ Bandas de pH
- ✓ Táper de Tecnopor
- ✓ Papel filtro

3.4.Hipótesis

GENERAL

- ✓ Las propiedades estructurales y el contenido de amilosa en el almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), la característica de micro fibrillas de la queratina y el alto contenido de fibra de la cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*), permite elaborar un bioplástico con características similares a las bolsas plásticas convencionales.

ESPECÍFICOS

- ✓ Se tendrán los parámetros adecuados para la obtención del almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) empleando el método de decantación y en el caso de la extracción de queratina de plumas de pollo la metodología a utilizar es de Patent N° 2 316 205, 2010.
- ✓ Las proporciones adecuadas de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), queratina de plumas de pollo y cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la elaboración del bioplástico con características adecuadas, se podrán establecer teniendo en cuenta que el almidón debe estar en mayor proporción porque es el polímero base de la película, la queratina y la fibra de la cáscara de tuna como materiales de relleno y refuerzo.
- ✓ El almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) tendrá el efecto de formar una película de bioplástico; la queratina de plumas de pollo y la cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*) le darán mayor resistencia y rigidez; y el plastificante mejorará su flexibilidad.

3.4.1. Extracción de Almidón de Oca

Para Meza la investigación de Melian (2010) de extracción de almidón por el método de decantación es la más óptima ya que obtiene mayores rendimientos significativos (Meza Ramos, 2016, p. 50).

Se recolectó la oca en el mercado de Huanta provincia de Ayacucho, luego se procedió al lavado con abundante agua pasando por último con agua destilada, con ayuda de un cuchillo se quitó las impurezas que tenía la parte exterior de la cáscara para luego pesarlo y posteriormente se procedió al troceado de las ocas, una vez que se redujo el tamaño se introdujo a la licuadora industrial, para lo cual se pesó 2 kg y se licuo con 3 l de agua destilada por un tiempo de 3 min. El preparado obtenido se filtró con ayuda de un colador y una malla de serigrafía, para mejor aprovechamiento, ya libre de fibra o gránulos mayores, se dejó reposar alrededor de 3 h y se vio formar una capa blanca en la base del envase, se

procedió a eliminar el agua sobrenadante, removiendo la parte blanca para poder lavar con agua destilada y se dejó nuevamente reposar por 12 h. Se extrajo el sobrenadante, se midió el pH resultando neutro dejando secar la capa de almidón en una estufa por 24 h a °C 40 finalmente con una espátula se procedió a desintegrar el almidón, previamente secado y utilizando un mortero se afino el proceso, luego se procedió a cernir con un tamiz de malla N°80 con 0,177 mm de diámetro, finalmente se almacenó en un frasco de vidrio para posterior uso.

Figura 11.

Diagrama de bloque cuantitativo para la extracción de almidón de oca.

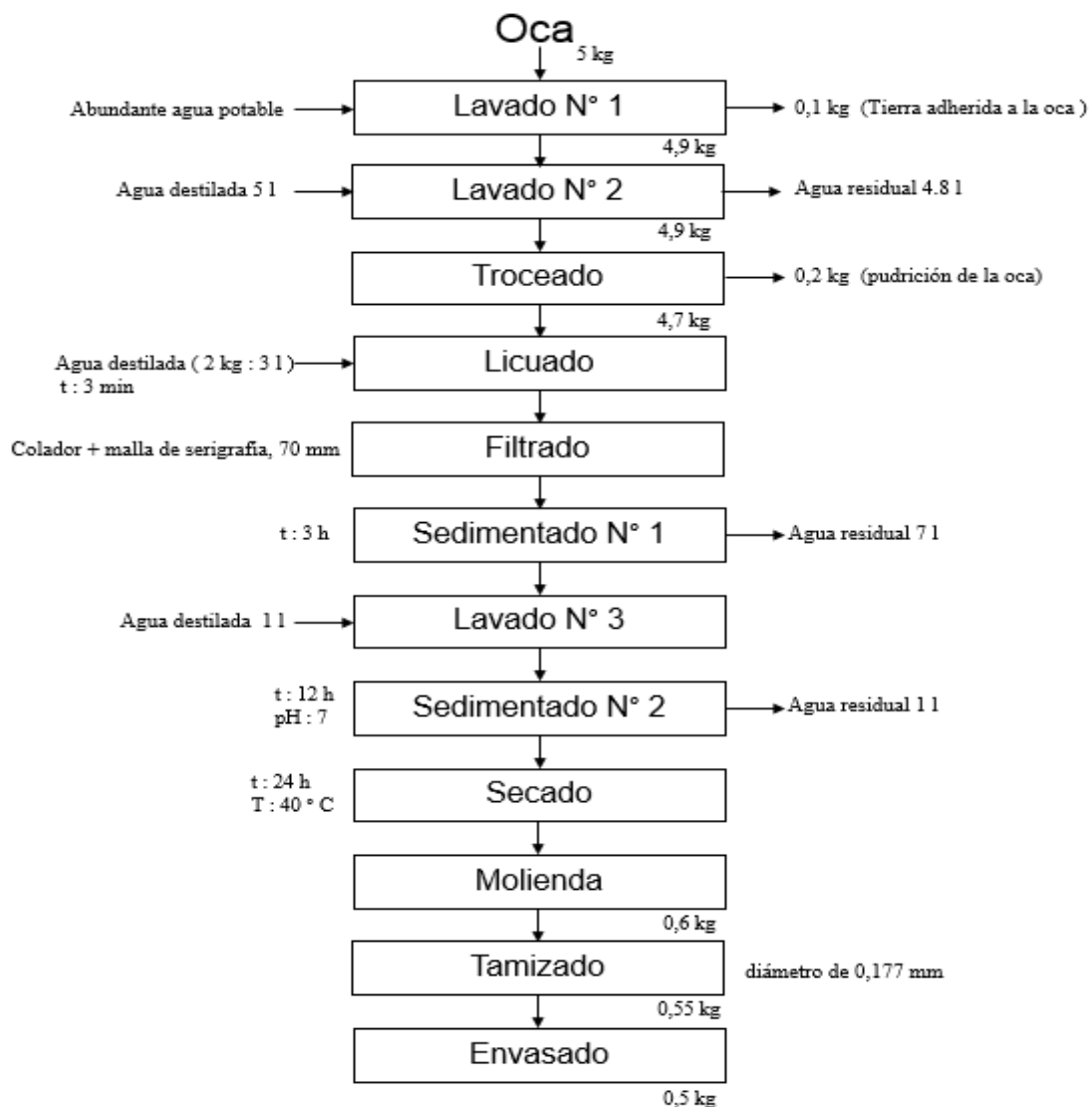


Figura 12.

Materia prima de oca



Figura 13.

Almidón de oca, sedimentado



3.4.1.1. Prueba de Amilosa/Amilopectina.

Para el análisis de amilosa/amilopectina se tomó como referencia la investigación de Meza quien utiliza la metodología de McGrance (1998) que se describe a continuación:

Se pesó 0.1 g (en base seca) de almidón en un tubo de ensayo y se añadió 2 mL de dimetilsulfóxido; se dejó disolver durante 15 minutos a 85 °C. Transcurrido el tiempo se diluyó con agua destilada a 25 mL en un matraz aforado. Se tomó 1 mL de ésta disolución y sobre él se añadió 50 mL de agua destilada y 5 mL de disolución I2 (0.0025 M) – KI (0.0065 M). Se mezcló bien y se midió en el espectrofotómetro la absorbancia a 600 nm. La cantidad de amilosa se determinó a partir de la recta patrón de McGrance y col. 1998. (Meza Ramos, 2016, p. 52)

3.4.2. Extracción de Queratina

Se tomó como referencia la metodología desarrollada por Florido en su patente del 2010, la cual contempla una serie de etapas.

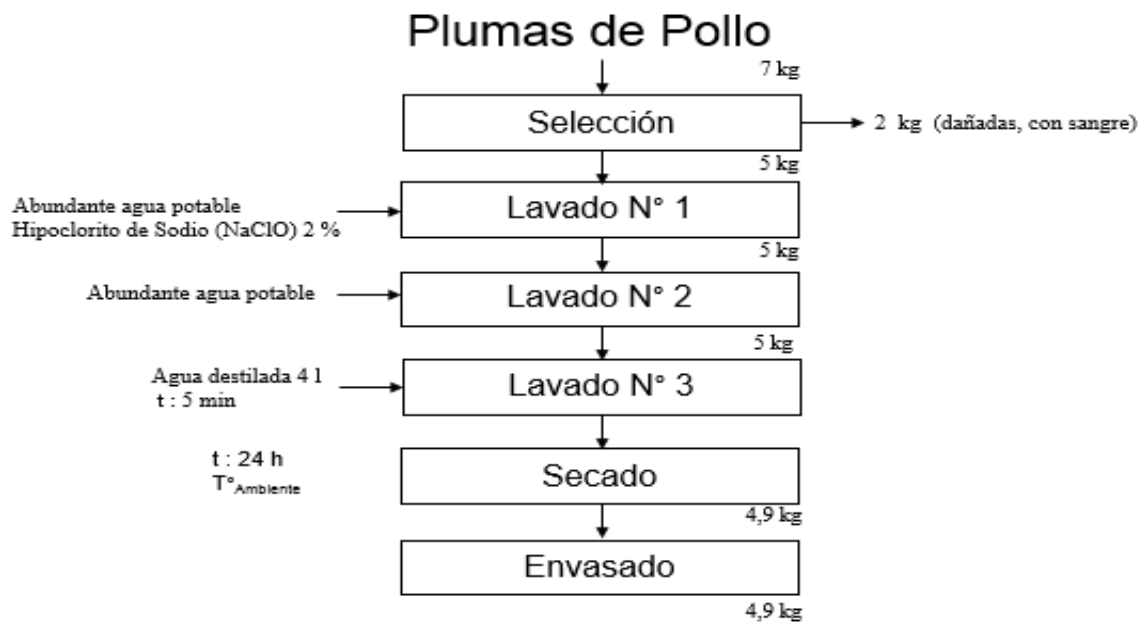
Las Plumas de Pollo se recolectaron de la Granja Quispe ubicado en el distrito de Andrés Avelino Cáceres – Huamanga. Una vez obtenidas las plumas se procedió a quitar los restos de sangre que tenían. Ya seleccionadas se procedió a lavar varias veces, el primer lavado es con Hipoclorito de Sodio (NaClO) 2 % para eliminar diferentes microorganismos adheridos. La agitación fue manual y ocasional finalmente las plumas húmedas fueron acondicionadas para el secado a temperatura ambiente por 48 h y luego se guardaron en una funda de tela.

En un vaso precipitado de 2 l se colocó los 5 g de sulfuro de sodio y 1 000 ml de agua destilada se homogeniza y se pone 10 g de plumas de trituradas se tapa y se deja en un agitador magnético durante 12 horas todo esto a temperatura ambiente. Pasado el tiempo el líquido se filtró con un papel filtro de 55 mm al líquido se añadió 10 ml de H₂O₂ al 30% y se pone en el agitador magnético durante 50 min posterior a ello se ajusta el pH con ácido

sulfúrico al 10% llegando a un pH de 4.8. El líquido anterior se decanta por un tiempo de 48 horas para luego filtrarlo quedando un sólido que se debe de lavar con NaOH logrando neutralizar en un Ph de 7, esto se debe de dejar en reposo por 48 horas. Para terminar el sólido de la suspensión se lavó con 50 ml de agua destilada y se agita por 2 horas para tener la última decantación, logrado todo esto se filtra y se afora a 500 ml, esta es la solución obtenida de queratina acuosa. (Patent No. 2 316 205, 2010, p. 3)

Figura 14.

Diagrama de bloque cuantitativo de extracción de queratina a partir de plumas de pollo.



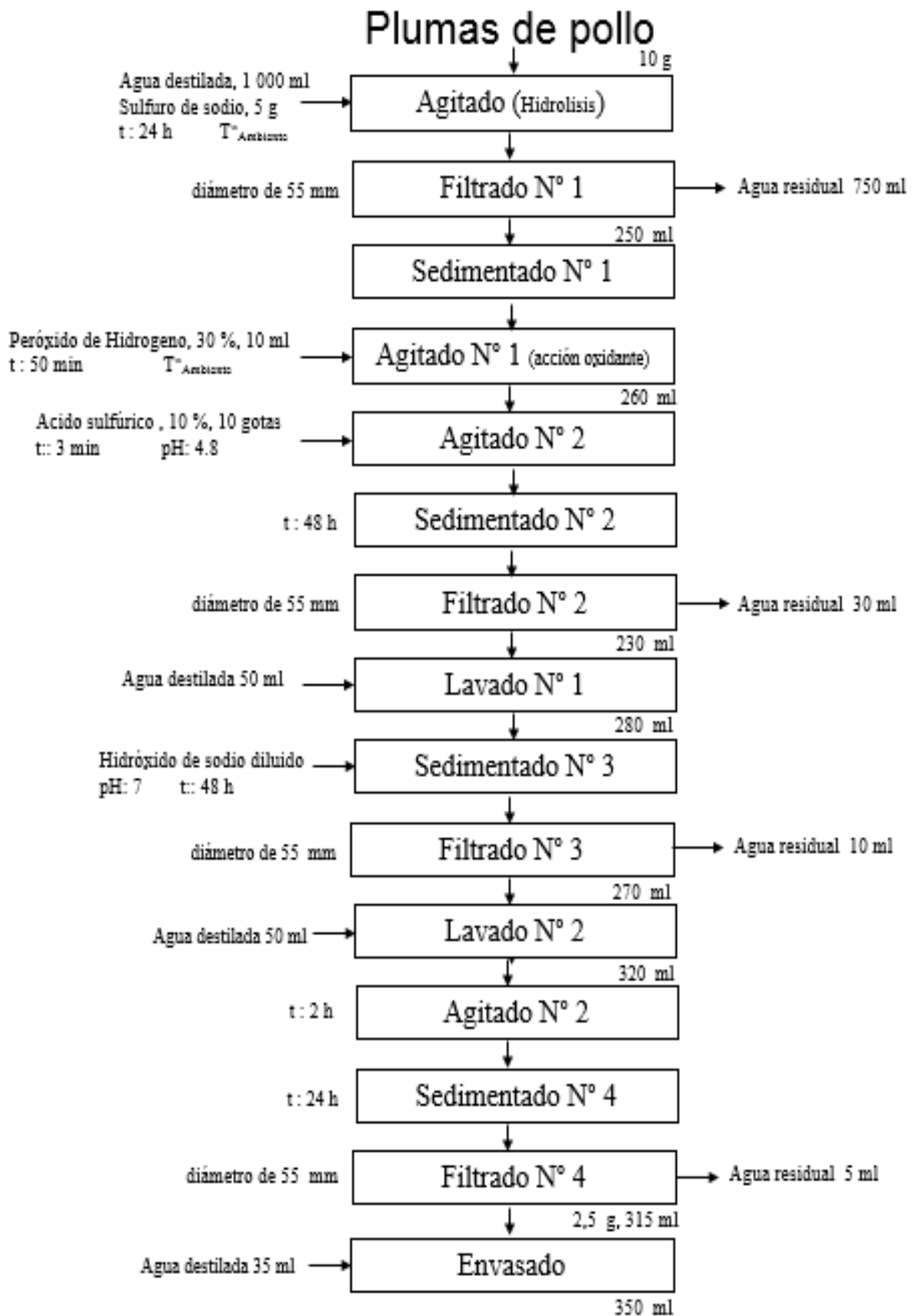


Figura 15.

Acopio de las plumas de pollo de la Granja Quispe – Huamanga



Figura 16.

Plumas de pollo después de un proceso de desinfección con Hipoclorito de Sodio (NaClO), 2 %.



Figura 17.

Remojo de las plumas en solución de Sulfuro de Sodio (Na_2S), 3 % por 24 h.



Figura 18.

Agitación magnética por 24 h.



Figura 19.

Hidrolisis con Ácido Sulfúrico (H_2SO_4) con 98 % de concentracion, 10 gotas por 3h.



Figura 20.

Filtrado de queratina soluble con papel filtro de diámetro 55 mm



Figura 21.

Medición del pH de la queratina obtenida con el Peachimetro Electrónico



3.4.2.1. Prueba Biuret.

Para la preparación el reactivo de Biuret primeramente se disolvió 0,375 g de sulfato de cobre pentahidratado y 1,5 g de tartrato doble de sodio y potasio en 100 ml de agua destilada, luego se agregó 75 ml de NaOH al 10% y se llevó a 250 ml. El cual se almacenó en una botella de vidrio oscuro (Gonall et al.1949).

Para determinar que existe proteína en la solución obtenida se tomó como referencia a la investigación de Llerena (2017) que realizó la prueba Biuret tomando 3 ml de la queratina obtenida para luego ponerle 5 gotas de sulfato cúprico que esta diluida al 1%, si se torna morado es que existe proteína en la solución de prueba (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017).

Figura 22.

Prueba Biuret para queratina soluble



Figura 23.

Queratina soluble a nivel de laboratorio, envasado



Figura 24.

Queratina hidrolizada, comercial



3.4.3. Extracción de Fibra de la cáscara de Tuna

Se tomó como referencia la metodología de Abrajan (2008) quien menciona que la metodología cambia de acuerdo al tipo de mucilago o de la parte concreta que se obtendrá el hidrocoloide de acuerdo al grado de pureza que se quiera obtener (Abrajan Villaseñor, 2008, p. 27).

Se trabajó con cáscaras de tuna recolectado del mercado Neri García ubicado en el distrito de Ayacucho – Huamanga.

Se procedió a la limpieza de espinas de las cascaras de tuna con abundante agua potable y se modificó químicamente con una solución de Hidróxido de Sodio en concentración de 10% (m/v) a 30 °C por 30 min luego fueron lavadas con agua destilada a pH neutro y con ayuda de un cuchillo se cortaron en dimensiones aproximadamente pequeñas (< 2 cm) para facilitar el secado, esto se dio extendiendo y dejando secar al ambiente por 48 h, una vez obtenido las

cáscaras secas se procedió a moler y luego se tamizo hasta obtener partículas de 0,179 mm utilizando un tamiz N°100 de malla , posteriormente se procedió a guardar en un pomo de vidrio.

Figura 25.

Diagrama de bloque cuantitativo para la extracción de fibra de cáscara de tuna..

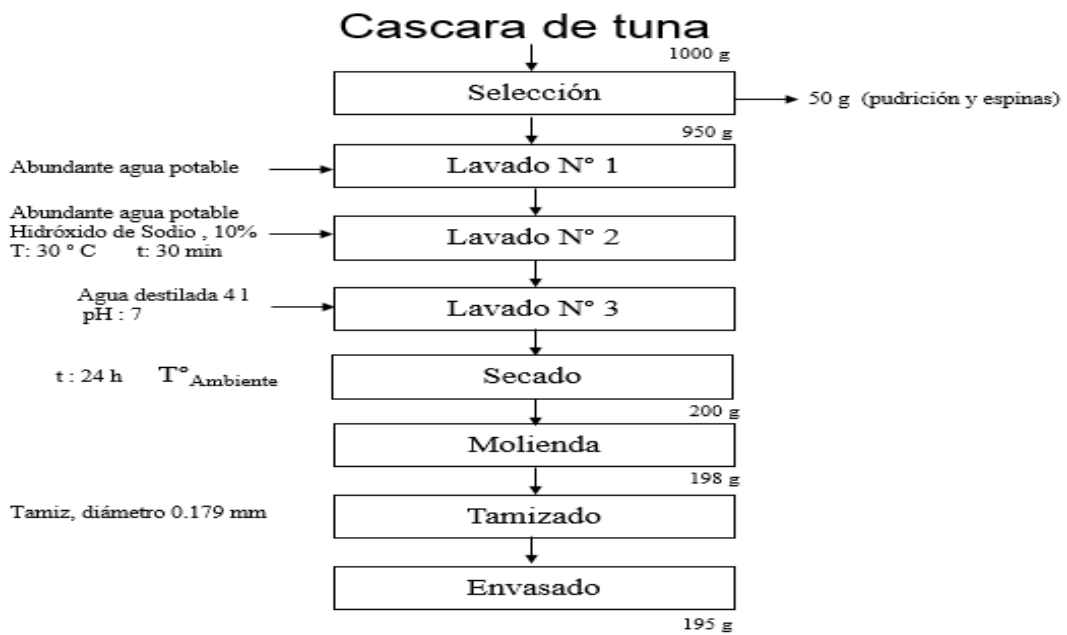


Figura 26.

Cáscaras de tunas, seleccionadas y lavadas





Figura 27.

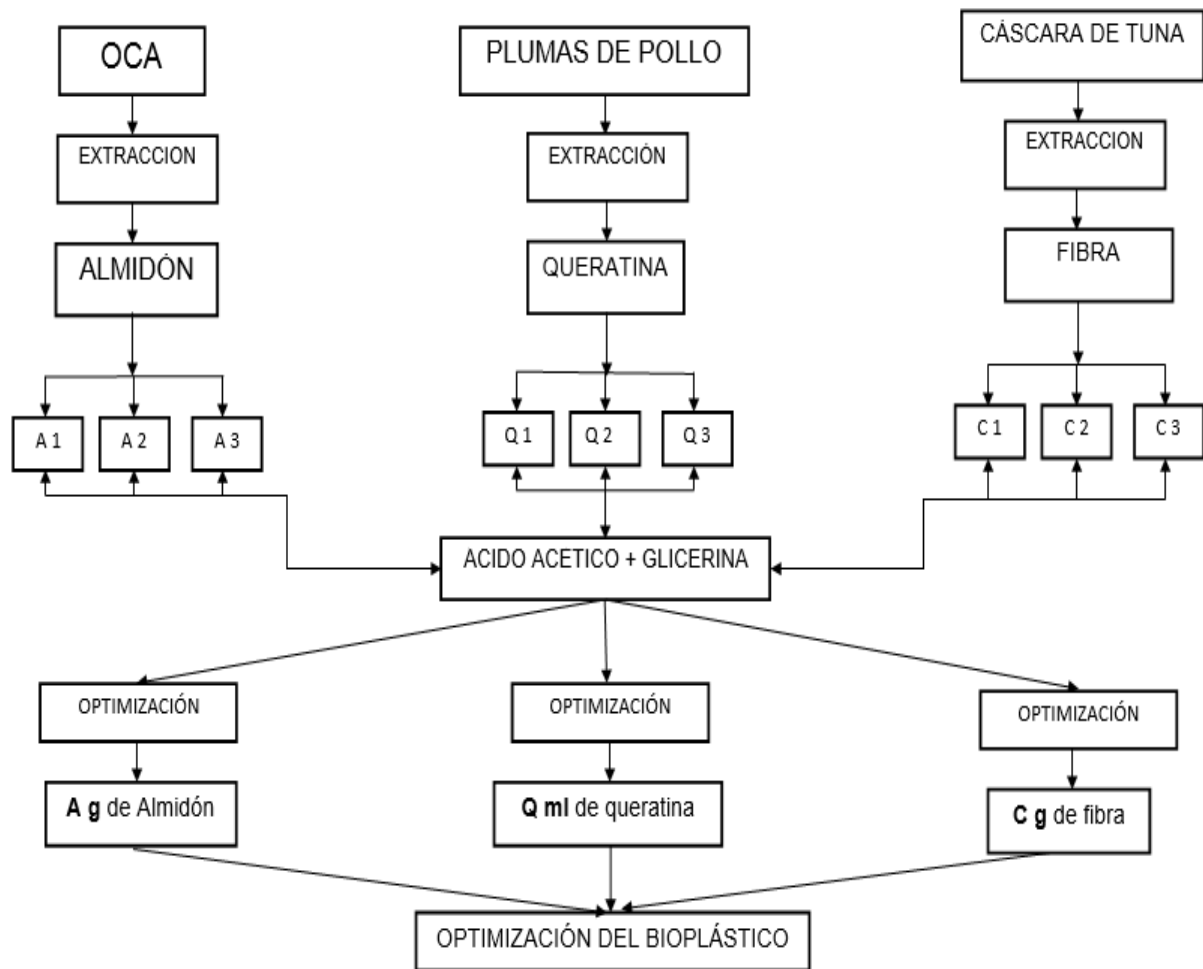
Fibra de la cáscara de tuna



3.4.4. Elaboración del Bioplástico

Se tomó como referencia la investigación desarrollada por Meza (2016) quien menciona que utilizo 5 ml de ácido acético y 10 ml de glicerina (Meza Ramos, 2016, p. 41) estos utilizándose de manera constante junto con la temperatura de gelatinización, 80 °C investigado por (Espin, Elena, & Brito, 2004) y tomando una proporción de almidón : agua de (1 : 10) que se evaluó a lo largo de esta investigación. Utilizándose la técnica o método para la elaboración del bioplástico de vaciado en placa, “casting”. En la Figura 28 veremos las combinaciones que se realizara tomando como los factores independientes.

Figura 28. Diagrama cualitativo de obtención del bioplástico



(A1+Q1+C1); (A1+Q1+C2); (A1+Q1+C3); (A1+Q2+C1); (A1+Q2+C2); (A1+Q2+C3);
 (A1+Q3+C1); (A1+Q3+C2); (A1+Q3+C3); (A2+Q1+C1); (A2+Q1+C2); (A2+Q1+C3);
 (A2+Q2+C1); (A2+Q2+C2); (A2+Q2+C3); (A2+Q3+C1); (A2+Q3+C2); (A2+Q3+C3);
 (A3+Q1+C1); (A3+Q1+C2); (A3+Q1+C3); (A3+Q2+C1); (A3+Q2+C2); (A3+Q2+C3);
 (A3+Q3+C1); (A3+Q3+C2) y (A3+Q3+C3).

Tratamientos = 27

Repeticiones =3

Unidades experimentales= 81

Se empleó un diseño experimental factorial de 3 factores, bajo el diseño completo al azar (DCA) y los resultados fueron analizados con el programa Info Stat, mediante análisis de varianza (nivel de confianza del 95%) y la prueba Tukey para la comparación de medias.

Tabla 18.*Matriz de diseño experimental L₂₇(3A x 3B x 3C)*

Tratamiento N°	Variables			Constantes		
	Almidón (g)	Queratina (g)	Fibra (g)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Agua (ml)
1	5	4	0,5	10	5	50
2	5	4	1	10	5	50
3	5	4	1,5	10	5	50
4	5	6	0,5	10	5	50
5	5	6	1	10	5	50
6	5	6	1,5	10	5	50
7	5	8	0,5	10	5	50
8	5	8	1	10	5	50
9	5	8	1,5	10	5	50
10	10	4	0,5	10	5	100
11	10	4	1	10	5	100
12	10	4	1,5	10	5	100
13	10	6	0,5	10	5	100
14	10	6	1	10	5	100
15	10	6	1,5	10	5	100
16	10	8	0,5	10	5	100
17	10	8	1	10	5	100
18	10	8	1,5	10	5	100
19	15	4	0,5	10	5	150
20	15	4	1	10	5	150
21	15	4	1,5	10	5	150
22	15	6	0,5	10	5	150
23	15	6	1	10	5	150
24	15	6	1,5	10	5	150
25	15	8	0,5	10	5	150
26	15	8	1	10	5	150
27	15	8	1,5	10	5	150

Se elaboraron 27 tipos de bioplásticos tomando como variables de estructura principal el almidón, la queratina y la fibra y con ello de manera constante se utiliza glicerina que proporciona plasticidad y ácido acético que aporta una hidrólisis acida atacando así las ramificaciones de la amilopectina presentes en el almidón, siendo de 10 ml y 5 ml respectivamente.

Se tomaron para cada ensayo 3 repeticiones. Se utilizó la técnica o método para la elaboración del bioplástico de vaciado en placa, “casting”.

Para realizar la elaboración del bioplástico primero se procedió a pesar el almidón, la queratina y la fibra que corresponda a cada tratamiento, se tomó 10 ml de glicerina y 5 ml de ácido acético luego se vertió agua destilada que le corresponda en un vaso precipitado, se agregó el almidón y se mezcló con el agitador magnético mientras va calentando, se fue añadiendo la glicerina, el ácido acético, queratina y fibra, y se continuo con la mezcla hasta tener una solución homogénea, llegando a poner el agitador de paletas a 500 RPM con 80 °C durante los 3 min, posteriormente a 800 RPM se aumentó las revoluciones por 2 min, y para terminar se aumenta 600 RPM a la revolución anterior quedando esta última para que el tratamiento presente consistencia (el tiempo es directamente proporcional al almidón) para terminar se unto en una placa Petri, y de inmediato se colocó la mezcla tratando de disipar hasta lograr la homogeneidad y finalmente se pone placas en la estufa a 40 °C durante 8 h.

Figura 29.

Agitación con paletas de un tratamiento



Figura 30.

Secado de los tratamientos en la estufa a 40 °C por 8 h.



Figura 31.

Secado de los tratamientos al ambiente por 24 h.



Figura 32. *Despegado del bioplástico*

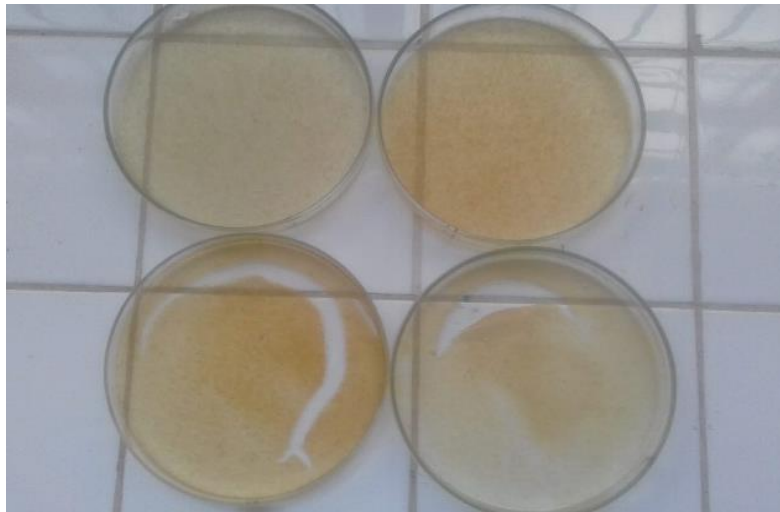


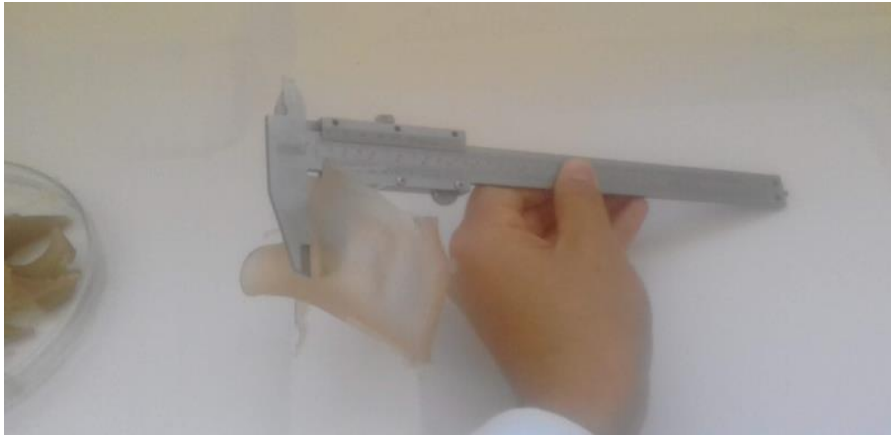
Figura 33.

Bioplástico obtenido



Figura 34.

Medición del espesor del bioplástico



3.4.5. Determinación de Propiedades Físicoquímicas y Mecánicas del Bioplástico

Para los ensayos se utilizó como método de referencia ASTM D882 un reloj comparador – marca Mitutoyo, un equipo de tracción universal – ZWICK ROELL Z010 y un plano de compresión para medir el grosor de las láminas de bioplástico todo esto se realizó en el Laboratorio de Labicer de la Universidad Nacional de Ingeniería – UNI.

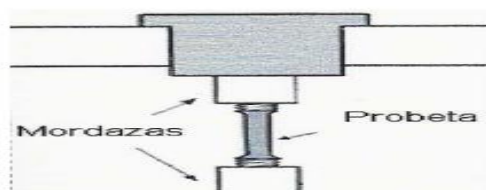
Las láminas debían de tener un largo de 20 cm de largo y 7 cm de ancho.

3.4.5.1. Ensayo de Módulo de Tracción y Elongación.

La propiedad de tracción es la mejor indicación de la resistencia de un material. La fuerza necesaria que se aplica a la probeta es el alargamiento que posterior a ello produce una rotura.

Figura 35.

Ensayo de tracción



Fuente: (Terán et al., 2018)

MATRIZ PARA DETERMINAR PROBETA

Es necesario generar probetas para hacer el ensayo de tracción y para ello se tomó como referencia la norma ASTM D882 pues este método permite analizar muestras en forma de láminas delgadas, incluida una película de menos de 1,0 mm (0,04 pulg). Y el método ASTM D638 son para pruebas de tracción de los plásticos con un espesor superior a 14 mm (0,55 pulg) (“ASTM D638 - Ensayos de tracción de plásticos - TRL,” n.d.).

Martines (2018) propone que para el ensayo de tracción se debe tener lo siguiente:

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produce la rotura de la misma.

Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente.

En un ensayo de tracción pueden determinarse diversas características de los materiales elásticos:

- Módulo de elasticidad o Módulo de Young
- Límite elástico
- Esfuerzo Máximo
- Esfuerzo de Rotura.
- Resiliencia a la tracción: La resiliencia es la capacidad de un material de absorber energía elástica cuando es deformado y de cederla cuando se deja de aplicar la carga, su unidad es en Joule por Unidad de sección (Joule por metros cuadrados en el Sistema Internacional).

Teniendo distintas aplicaciones como contenedores de alimentos (taper), empaques para diversos productos comestibles. (Martinez Bejarano, 2018, p. 25)

3.4.5.2. Determinación de la Interacción Estructural Mediante FTIR.

Se analizó la película utilizando un espectrofotómetro infrarrojo FTIR, donde se trabajó en la parte media entre 400 y 4 000 cm^{-1} en la Unidad de Servicios Análisis Químico de la Universidad Nacional Mayor de Sana Marcos - UNMSM.

Según Ayquipa (2018) la investigación de Piqué (2012) refiere que la “espectroscopia infrarroja mide la radiación infrarroja absorbida por las moléculas, lo que ocasiona una modificación en los niveles de energía vibracional; que permite identificar grupos funcionales (átomos enlazados) en la molécula y la identificación de la misma” (Ayquipa Cuellar, 2018, p. 71), esto nos indica que las moléculas absorben la energía generando movimiento para posterior a ello identificar los grupos funcionales.

Capítulo IV:

Resultados y Discusiones

4.1.Extracción de Almidón

El rendimiento (%) en base húmeda es útil ya que permite el cálculo, de forma rápida y simple. El rendimiento del almidón de oca se calculó dividiendo el peso del almidón seco entre el peso de la oca integra (ver resumen de datos Tabla 19, con 5 repeticiones)

Tabla 19.

Rendimiento de extracción obtenido del almidón de oca

Muestra	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Rendimiento (%)
1	5 000	500	10,0
2	10 000	1 000	10,0
3	10 000	1 100	11,0
4	15 000	1 570	10,5
5	20 000	2 000	10,0
Promedio	12 000	1 234	10,3

El rendimiento en esta investigación fue de 10,3% menor a la investigación de (Apaza Morocco, 2018) que tuvo un rendimiento de 28,39 % con un tiempo de licuado de 15 minutos, mayor a los otros dos tratamientos donde obtuvo un rendimiento de 26,49% a 5 minutos y 27,04% a 10 minutos, y se puede deducir que el tiempo no influye en el rendimiento del almidón de oca, mientras que la investigación de (Surco Laos, 2004) obtuvo un rendimiento de 12,85% siendo más próxima a esta investigación y (Espin et al., 2004) obtuvieron un rendimiento en almidón de oca de $14,00 \pm 1,40$.

Pues Alarcon (2016) toma la idea de Delpeuch (1980) donde nos indica:

El almidón de la papa está constituido por glucosa dispuestas en dos componentes: amilosa y amilopectina; su proporción varía de un tipo a otro según sea su fuente. El contenido de amilosa y el grado de polimerización son

importantes en la determinación de las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón. Por ejemplo, el tamaño de los gránulos del almidón muestra una relación con la proporción amilosa/amilpectina. (Alarcon Cavero & Arroyo Benites, 2016, p. 316)

Podemos concluir que se debe utilizar tanto modificaciones químicas como físicas. (Alarcon Cavero & Arroyo Benites, 2016, p. 316)

Figura 36.

Tamizado del almidón de oca en la malla N° 80



En la Figura 36 podemos observar que el almidón es tamizado a un número de partícula inferior a 0,177 mm lográndose tener un tamaño uniforme, y si la muestra no cumplía con el diámetro se repetía el mismo procedimiento.

(Apaza Morocco, 2018) menciona que los gránulos de almidón de oca de una variedad y otra varían en tamaño (p.68).

4.1.1. Análisis de Amilosa/Amilopectina

En el laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM) se realizó estas pruebas con la ayuda de una tesista referida al tema de almidones.

En la Tabla 20 se observa los resultados obtenidos de la curva estándar de amilosa, logrando tomarse 2 mediciones.

Tabla 20.

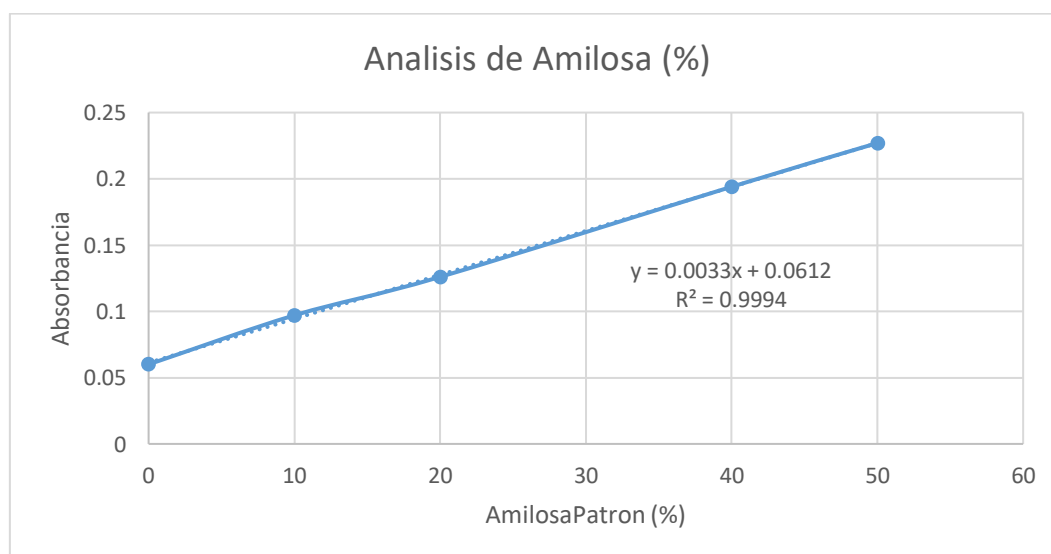
Curva estándar de amilosa

Muestra	Amilosa (%)	Amilopectina (%)	Absorbancia
1	0	50	0,06
2	10	40	0,097
3	20	30	0,126
4	40	10	0,194
5	50	0	0,227

De los resultados obtenidos se determinó la ecuación para después elaborar un gráfico mostrando su comportamiento.

Figura 37.

Curva estándar del análisis de amilosa



Con ayuda de la ecuación anterior determinamos la absorbancia de las muestras del almidón, calculó en cuanto es el porcentaje de amilosa

Tabla 21.

Resultados de la muestra de almidón

Repeticiones	Absorbancia Promedio	Amilosa (%)	Promedio de Amilosa (%)	Desviación Estándar	CV
1	0,148	25,529			
2	0,149	25,824	25,725	0,170	0,660
3	0,149	25,824			

El almidón obtenido previamente fue de 25,725 % de amilosa y 74,275 % de amilopectina, coinciden con los resultados bibliográficos. Se enfatiza que el promedio en amilosa oscila entre los 16,4 y 21,6 % para diferentes entradas Patricia Glorio Paulet , Luis Arturo Bello-Perez , Francisco Salas y Evelyn Buleje (2009) citado por (Zamudio Flores et al., 2015) y en otra investigación realizada por (Surco Laos, 2004) menciona que se obtuvo 29% de amilosa.

(Velásquez-Barreto & Velezmoro, 2018) menciona que Válcárcel obtuvo 27,60% de amilosa aparente y que Cruz reporto valores de amilosa de 22,4% dichas variaciones se debe a las condiciones de cultivo, origen y a la variación genética (p.4).

Estos valores son diferentes a los obtenidos por Válcárcel-Yamani et al. (2013), quienes obtuvieron 27,44%; 27,60% y 26,49% de contenido de amilosa aparente para almidones de mashua, oca y olluco. Asimismo, Cruz et al. (2016) reportaron valores de contenido de amilosa de 22,4% y 20,4 para oca y olluco respectivamente. Estas diferencias en contenido de amilosa aparente pueden ser atribuidas a la variación genética de los tubérculos andinos, origen geográfico, condiciones de cultivo (Gao et al., 2014; Zhu, 2014).

4.2.Extracción de Queratina

Las pruebas de extracción de queratina se hizo por cuadruplicado, registrándose el peso inicial de la pluma y el desecho después de la hidrolisis con Sulfuro de Sodio (Na_2S) los resultados se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22.

Rendimiento de la extracción de queratina de plumas de pollo+

Muestra	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Rendimiento (%)
1	10,00	2,50	75%
2	12,00	3,50	71%
3	8,00	1,90	76%
4	10,00	2,80	72%
Promedio	10,00	0,79	74%

Se tiene un rendimiento de 74% que se aproxima a la investigación de (Chavez Marin & Tenorio Hernandez, 2014) que obtuvo un rendimiento de 72% utilizando en una temperatura ambiente el Sulfuro de Sodio (Na_2S) con plumas de gallina de granja que muestra una alta concentración y mejor calidad de queratina.

Según lo desarrollado por Schrooyen (2000) menciona que:

Tienen una gran cantidad de cisteína presente formando el enlace disulfuro del dímero cistina. Estos enlaces se entrecruzan estableciendo una red tridimensional de cadenas polipeptídicas y en conjunto con los residuos hidrófobicos hacen que la queratina sea insoluble en agua y en solventes apolares; sin embargo la característica de solubilidad de la proteína puede modificarse realizando cortes sobre los enlaces disulfuro.

(Orjuela Palacio, Lanari, & Zaritzky, 2015)

4.2.1. Prueba de Biuret

En la Figura 38 se confirma con la prueba Biuret que existe presencia de proteína mostrando un color morado después de añadir el reactivo Biuret, dando a conocer que existe presencia

de enlaces peptídicos. La intensidad de coloración es directamente proporcional a la cantidad de proteína la reacción es específica, pocas sustancias interfieren.

Figura 38.

Prueba Biuret para la queratina soluble



Para determinar la formación de coloración de la prueba Biuret Llerena (2017) explica que Fernández (2005) indica que el complejo coloreado entre el Cu^{2+} y los grupos NH de los enlaces peptídicos en medio básico. Los iones Cu^{2+} , en medio alcalino, se unen a las proteínas formando complejos con los átomos de nitrógeno de los enlaces peptídicos (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017, p. 56).

La determinación de la concentración de proteína por espectrofotometría se realizó haciendo las lecturas respectivas a una longitud de onda de 545 nm, observándose la absorbancia de cada solución para la construcción de la curva de calibración que se muestra en la Tabla 23.

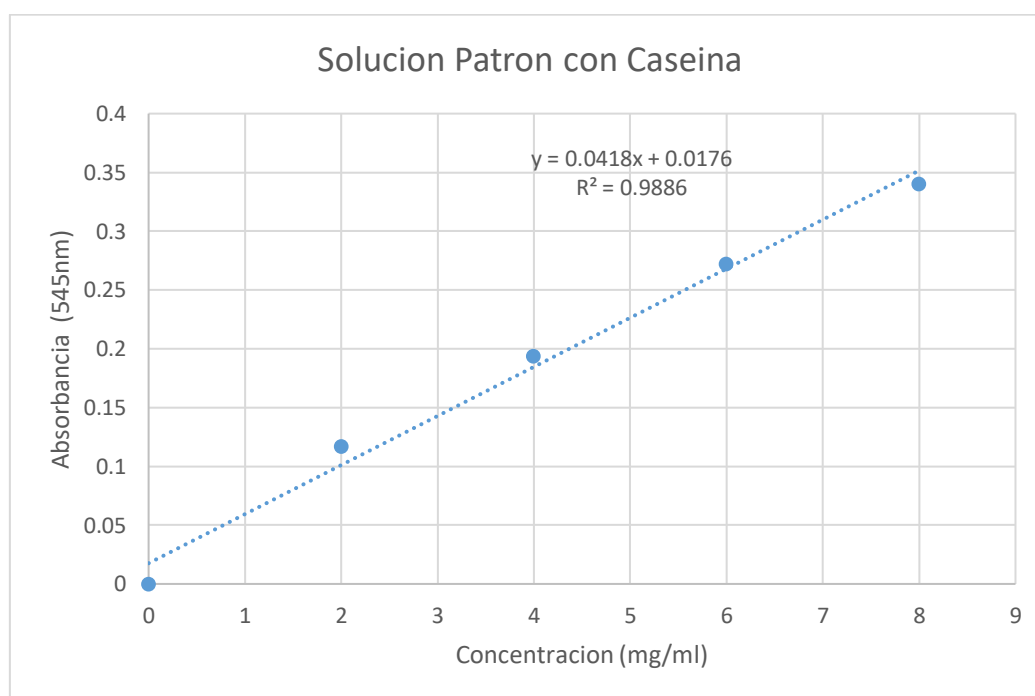
Tabla 23.

Solución patrón con caseína y queratina

Muestra	Concentración (mg/ml)	Absorbancia (545 nm)
1	0	0
2	2	0,117
3	4	0,194
4	6	0,272
5	8	0,340

Figura 39.

Curva estándar con caseína



Al analizar los datos con un gráfico de dispersión y con regresión lineal, se obtiene la siguiente ecuación:

$$\text{Concentración (mg/ml)} = \frac{0,142 - 0,0176}{0,0418} = 2,98 \text{ mg/ml}$$

Con las absorbancias se obtuvieron las concentraciones de las tres soluciones, con estos datos se procedió a realizar los cálculos necesarios determinando el porcentaje de proteínas de plumas de pollo. El porcentaje de proteínas solubles en las muestras se obtuvo multiplicando la concentración de la muestra por la cantidad de agua destilada ya que la muestra tenía un aspecto muy turbio, dividiéndola por la masa de la muestra utilizada y multiplicada todo por 100.

$$\text{Porcentaje de Proteína} = \frac{(2,98 \text{ mg/ml} \times 150 \text{ ml})}{10000 \text{ mg}} = 4,46 \%$$

Tabla 24.

Absorbancia y concentración de queratina soluble de plumas de pollo

Muestra	Absorbancia (545 nm)	Concentración (mg/ml)	Proteína (%)
1	0,142	2,98	4,46
2	0,16	3,43	5,15
3	0,17	3,65	5,47
Promedio	0,16	3,35	5,03

Determinación de la concentración de proteína por espectrofotometría

Urzagasti refiere a Zaia (2013) donde sostiene que con las mediciones obtenidas en el cuadro anterior de las absorbancias se puede realizar utilizando una gráfica logrando hallar las concentraciones proteicas todo esto es utilizando una solución patrón de caseína (Urzagasti et al., n.d., p. 3).

Quintero (2017) en su investigación determinó que utiliza en su tratamiento sulfuro - peróxido 3,0 g – 2,5 ml respectivamente donde obtuvo una cantidad máxima de proteína hidrolizada (Quintero Curvelo et al., 2017, p. 86).

4.3.Extracción de Fibra

La fibra fue extraída de la cáscara de tuna según la metodología mencionada descrita en la Figura 25 a continuación se muestra el rendimiento, haciéndose con 3 repeticiones.

Tabla 25.

Rendimiento obtenido de la extracción de fibra de cáscara de tuna

Muestra	Peso Inicial (g)	Peso Final (g)	Rendimiento (%)
1	1 000	195	19,50
2	500	110	22,00
3	800	162	20,25
Promedio	766,67	155,67	20,58

De la cáscara de tuna se obtuvo un rendimiento de 20,58% mientras que Yanira (2015) obtuvo en su investigación rendimientos en la piel de 21,25% y en la cascara 18,87% estos recolectados de frutos (Teran, Navas, Petit, Garrido, & D'Aubeterre, 2015, p. 71).

4.4.Elaboración del Bioplástico

4.4.1. Evaluación de las Propiedades Fisicoquímicas y Mecánicas

Los materiales plásticos comerciales son evaluados por sus propiedades mecánicas, las cuales indican el comportamiento del material bajo fuerzas externas. Debo mencionar que se realizó una prueba preliminar para observar las características cualitativas descritas en la tabla 26 para posteriormente rechazar o aceptar su uso en esta parte de la investigación.

Tabla 26.*Equivalentes de los tratamientos y sus factores físicos*

Tratamiento N°	Variables			Factores			
	Almidón (g)	Queratina (g)	Fibra (g)	Grumos	Forma	Quebradizo	Pegajoso
1	5	4	0,5	regular	Simétrico	Flexible	Mucho
2	5	4	1	mucho	Asimétrico	Rígido	Mucho
3	5	4	1,5	mucho	Asimétrico	Rígido	Regular
4	5	6	0,5	regular	asimétrico	flexible	Regular
5	5	6	1	poco	simétrico	flexible	Poco
6	5	6	1,5	mucho	asimétrico	Rígido	regular
7	5	8	0,5	regular	asimétrico	flexible	regular
8	5	8	1	poco	simétrico	flexible	Poco
9	5	8	1,5	mucho	asimétrico	Rígido	Poco
10	10	4	0,5	regular	simétrico	flexible	mucho
11	10	4	1	poco	simétrico	flexible	Poco
12	10	4	1,5	mucho	asimétrico	Rígido	regular
13	10	6	0,5	regular	simétrico	flexible	regular
14	10	6	1	mucho	asimétrico	Rígido	Poco
15	10	6	1,5	mucho	asimétrico	Rígido	regular
16	10	8	0,5	regular	asimétrico	flexible	mucho
17	10	8	1	mucho	asimétrico	flexible	regular
18	10	8	1,5	poco	simétrico	flexible	Poco
19	15	4	0,5	regular	asimétrico	flexible	mucho
20	15	4	1	regular	asimétrico	flexible	Poco
21	15	4	1,5	regular	asimétrico	Rígido	regular
22	15	6	0,5	regular	asimétrico	flexible	regular
23	15	6	1	poco	simétrico	flexible	Poco
24	15	6	1,5	regular	asimétrico	flexible	regular
25	15	8	0,5	regular	asimétrico	flexible	mucho
26	15	8	1	poco	simétrico	flexible	Poco
27	15	8	1,5	regular	asimétrico	flexible	regular

Fueron 6 los tratamientos con mejores características cualitativas, siendo estos los tratamientos T5, T8, T11, T18, T23 y T26. Los 18 tratamientos restantes fueron rechazados por no cumplir con las características físicas al momento del secado final. El factor grumos se vio por la presencia de uniformidad en la lámina, para el factor forma se observó si era homogénea o simétrica o presentaban grietas considerables, el factor quebradizo se consideró

al momento de desmoldar si era de manera flexible o rígido, lo que está condicionado por la cantidad de fibra de tuna que tenía el tratamiento; por último, en la evaluación del factor pegajoso, se debe a la presencia en exceso de queratina. Por ello, es en base a estos criterios que sólo 6 tratamientos cumplieron los requisitos cualitativos que posteriormente fueron evaluados mecánicamente por el Laboratorio de Análisis Químico de la Universidad Nacional de Ingeniería - UNI.

4.4.1.1. Ensayo de Módulo de Tracción.

Las propiedades de tracción de un polímero son importantes para su diseño posterior y predicción de su rendimiento bajo tensión hasta que se rompa.

Procediendo con la evaluación primero las láminas de bioplástico fueron colocadas en probetas para normalizarlas bajo el estándar ASTM D882, teniendo las probetas con su respectivo ancho, espesor y longitud se procedió a poner al equipo de tracción.

$$\text{Resistencia a la tracción} = \frac{\text{Fuerza necesaria para romper la muestra (N)}}{\text{Área de la sección transversal (m}^2\text{)}}$$

Tabla 27.

Resultados de tracción del bioplástico

Resistencia a la Tracción Máxima (MPa)						
REPETICIONES	TRATAMIENTOS					
	T5	T8	T11	T18	T23	T26
1	0,75	0,71	1,04	1,07	1,10	1,00
2	0,75	0,71	1,04	1,07	1,10	0,97
3	0,77	0,73	1,06	1,10	1,13	0,97
Promedio	0,76	0,72	1,05	1,08	1,11	0,98

Fuente: Laboratorio Labicer – UNI (Anexo 3)

Los resultados de la Tabla 27 muestra que el tratamientos T23 y T18 llegan a tener una Tracción Máxima de 1,11 MPa y 1,08 MPa estando relativamente cerca al resultado de (Martinez Bejarano, 2018) con un esfuerzo de rotura de 0,813 MPa con almidón de la cáscara

de plátano y (Alarcon Cavero & Arroyo Benites, 2016) menciona que del almidón de papa sin aditivo obtuvo 2,06 MPa.

La estadística muestra que el ensayo de la Resistencia a la Tracción Máxima (MPa) acepta la hipótesis alterna (Ha) que refiere que al menos un grupo es distinto con 95% de confiabilidad.

El estudio estadístico se encuentra en el Anexo 3.

4.4.1.2. Ensayo de Elongación.

Los resultados de la Tabla 28 muestra que se acepta la hipótesis alterna (Ha) porque el valor de la prueba p es menor a 0.05 y al menos un grupo del promedio del ensayo de Modulo de Elongación es distinto con 95%. Se obtuvo como esfuerzo máximo para el tratamiento T18 con un 1,08 MPa y una elongación máxima en promedio para el tratamiento T26 de 41,3 % que vienen a ser de dos tratamientos distintos T26 y T18 respectivamente.

Tabla 28.

Resumen de resultados del ensayo de elongación

		Elongación a la Rotura (%)					
		TRATAMIENTOS					
REPETICIONES		T5	T8	T11	T18	T23	T26
1		34,4	33,2	29,0	40,5	33,9	40,9
2		34,4	33,1	29,0	40,5	33,9	42,1
3		34,6	33,1	29,0	40,5	34,0	40,9
	Promedio	34,47	33,13	29,00	40,50	33,93	41,30

Fuente: Laboratorio Labicer – UNI

El resultado obtenido es menor que el de Torres (2011)

Los resultados que se obtuvo en esta investigación son menores respecto a la investigación que hace Meza (2016) donde menciona que la investigación de Torres (2011) tiene 3,22 MPa de esfuerzo máximo y una elongación de 24,18 % ambos análisis para la una variedad de papa determinada en ese caso sería para la variedad de Yungay y también usa HCL logrando así una mayor polimerización, en paralelo menciona que en la investigación de Arroyo (2016) se obtuvo 4,25 MPa en esfuerzo máximo y 42,65% en elongación siendo ambos análisis de su primer tratamiento y en otra tratamiento obtuvo 3,31 MPa en esfuerzo máximo y 65,65% en

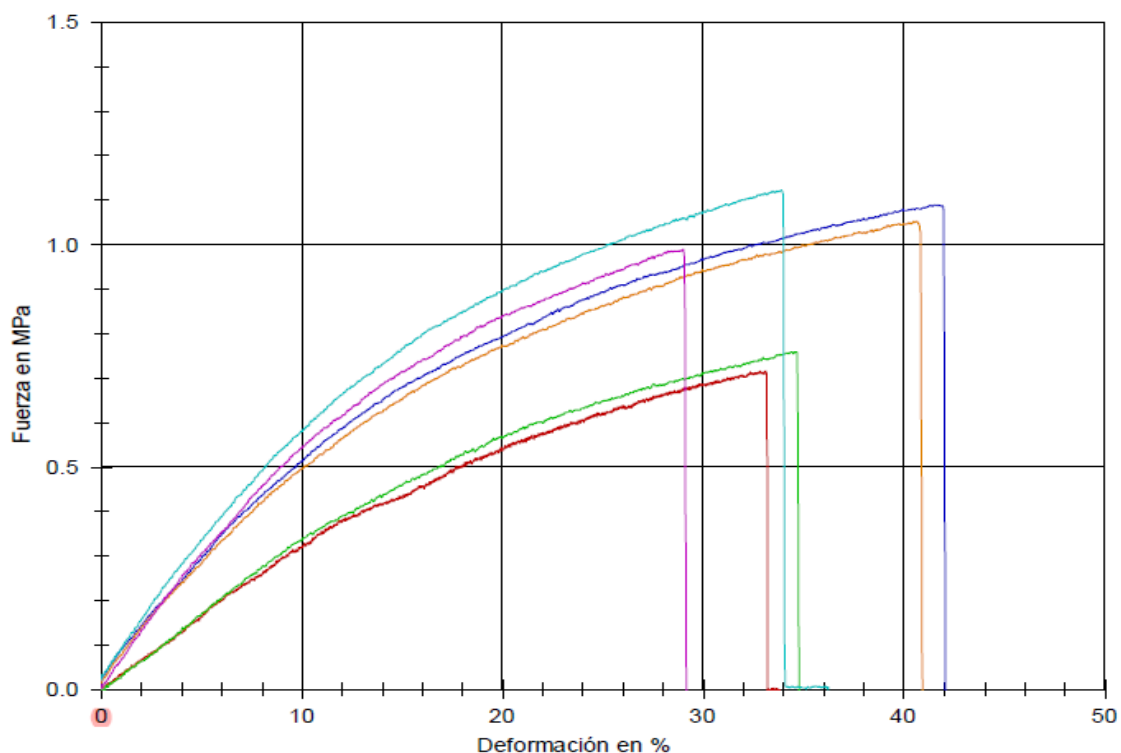
elongación, esta diferencia se debe a que ambos tratamientos tuvieron diferentes combinaciones y que utilizo acido polivinilico que es un polímero sintético y otros los cuales hace que mejoren su producto final, acotar que se usó almidón de papa amarilla (Meza Ramos, 2016, p. 62-63)

Meza (2016) puede notar que ambas investigaciones tienen diferentes características mecánicas esto quizá se deba a la calidad de almidón que se tomó para la elaboración del bioplástico también mencionar que ambas investigaciones no hacen un análisis de amilosa/amilopectina ni una comparación con el espectro FTIR para conocer el porcentaje de similitud (Meza Ramos, 2016, p. 63).

Es estudio estadístico se encuentra en el Anexo 4.

Figura 40.

Grafica de resistencia a la tracción VS elongación de la muestra



Fuente: Laboratorio Labicer - UNI

4.4.1.3.Espesor.

Para completar la evaluación se procedió a determinar el grosor de manera aleatoria, esto utilizando un micrómetro de exactitud de 0,01 mm.

Tabla 29.

Resumen de resultados del espesor de bioplástico según tratamiento

REPETICIONES	Espesor (mm)					
	TRATAMIENTOS					
	T5	T8	T11	T18	T23	T26
1	0,33	0,29	0,39	0,41	0,40	0,42
2	0,31	0,31	0,37	0,41	0,42	0,44
3	0,31	0,29	0,37	0,41	0,40	0,42
Promedio	0,32	0,30	0,38	0,41	0,41	0,43

Fuente: Laboratorio Labicer – UNI

El grosor que presenta cada uno de los tratamientos varía por el % de almidón, esto debido a la predominancia del entrecruzamiento iónico.

El estudio estadístico según el método de Turkey para el análisis de varianza se encuentra en el Anexo 6.

Una proteína estructural de soporte es la queratina que una vez que se combina con el almidón de oca el nuevo producto obtiene mejores propiedades (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017, p. 58). Llerena (2017) refiere a Goddard (1934) donde menciona que “la gran capacidad de flexión es una cualidad de la queratina así como la de proporcionar una matriz resistente y fibrosas en los tejidos” (Llerena Gonzales & Monzon Martinez, 2017, p. 58).

4.4.1.4.Ensayo de Espectrofotometría Infrarroja.

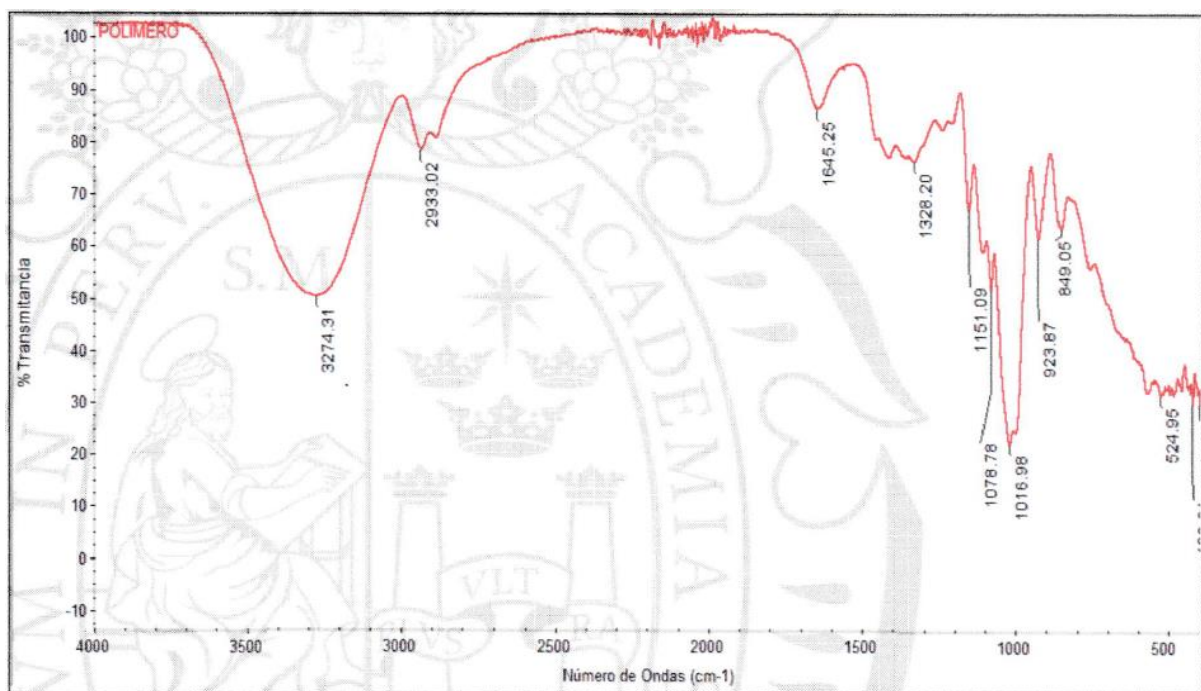
La Figura 36 el analisis del tratamiento T18, que se realizo para determinar las interacciones del almidon de oca, queratina, fibra, glicerina y ácido acético presentes en la películas del bioplástico.

El primer espectro se observar, a los $3\,274,31\text{ cm}^{-1}$, es el movimiento de partículas que se genera. Meré (2009) dice que los enlaces libres de intra e intermolecular de los O-H son del grupo hidroxilo donde esta es una característica particular de la estructura del almidón (Meza Ramos, 2016, p. 63). Una vez que llega a $2\,933,02\text{ cm}^{-1}$ se ve la tensión de las vibraciones en el enlace CH_3 donde aparece un nuevo pico a 1645.25 cm^{-1} de CH, reacción de glicerol con glucosa para luego bajar a $1\,078,78\text{ cm}^{-1}$ que corresponde al enlace $-\text{OH}$ que son los anillos de glucosa presente en los alcoholes primarios y para terminar la reacción del glicerol con los anillos éter C-O-C en el $1\,151,09\text{ cm}^{-1}$ (Meza Ramos, 2016).

En el analisis del tramamiento T18 se observa la predominancia de O-H, C-OH, C-H, C=O que son grupos funcionales, pues el almidón, queratina y la fibra son polímeros responsables para la generacion de bioplásticos, con ayuda de la glicerina y el ácido acético.

Figura 36.

Espectro de lámina - muestra



Fuente: Laboratorio U.S.A – UNMSM

Para Hernández (2008) se debe utilizar el plastificante que sea semejante en composición química al almidón (Ayquipa Cuellar, 2018, p. 20). Para que esta pueda actuar con mayor eficacia lográndose un entrecruzamiento más eficaz entre los componentes y según Osés (2006) el plastificante debe estar en la matriz ya que generaría una estabilidad física y mecánica al producto final (Ayquipa Cuellar, 2018, p. 20).

4.4.5. Comparación de las Propiedades Mecánicas del Biopolímero con Otros Polímeros

Se realizó una comparación del bioplástico con polímeros comerciales como el polipropileno, polietileno y almidón de yuca en función a las propiedades mecánicas..

A. Polipropileno

Es utilizado en la industria de empaques para tejidos, alimentos, automotrices, etc ya que es un polímero termoplástico y que tenga en sus características generales el ser cristalino junto con una resistencia a solventes químicos (Martinez Bejarano, 2018, p. 72).

Tabla 30.

Propiedades mecánicas de polipropileno

Propiedades	Rango
Densidad	0,89 – 0,91 g/cm ³
Modulo Elástico	0,896 – 1,55 GPa
Resistencia Mecánica a la Tracción	27,6 – 41,4 MPa

Fuente: (“Polipropileno | CMEmaterials,” n.d.)

B. Polietileno

Polímero termoplástico que como propiedad principal es que sea resistente al impacto, sea ligero y algo opaco, se fabrica en una mayor medida para los envases ya que tiene una función de aislante térmico (Martinez Bejarano, 2018, p. 73)

Tabla 31.*Propiedades mecánicas de polietileno*

Propiedades	Rango
Densidad	0,939 – 0,96 g/cm ³
Modulo Elástico	0,621 – 0,896 GPa
Resistencia Mecánica a la Tracción	20,7 – 44,8 MPa

Fuente: (“Polipropileno | CMEmaterials,” n.d.)

Se encontraron biopolímeros como el almidón de yuca, se muestra en la Tabla 32

Tabla 32.*Otros biopolímeros*

Agua (%)	Glicerina (%)	Almidón (%)	Mezcla	Esfuerzo Máximo Promedio MPa
16	12	72	72A12G16A	18,47
12	18	70	70A18G12A	6,31
9	24	67	67A24G9A	1,47
0	35	65	65A35G	0,38

Fuente: (Ruiz Avilés, 2005)

De las mezclas anteriores de la Tabla 32 quien obtuvo un adecuado comportamiento mecánico es el que tiene 70% de almidón con 6,31 MPa, pues la mezcla con 72% de almidón tiene mejor flexibilidad pero se quiebra rápido (Ruiz Avilés, 2005, p. 55).

Ruiz (2005) menciona en su investigación que ‘las mezclas con menor contenido de almidón y mayor contenido de glicerina aunque presentan una deformación en el punto de fractura más alta, hasta 81%, muestran una resistencia a la tensión muy baja’ (Ruiz Avilés, 2005, p. 55).

Tabla 33.

Comparación de diferentes MPa con la investigación actual

Tipos de Laminas	Esfuerzo Máximo Promedio (MPa)
Polipropileno	27,6 – 41,4 MPa
Polietileno	20,7 – 44,8 MPa
Investigación de Yuca	0,38 – 18,47Mpa
Investigación de Oca	0,72 – 1,11 Mpa

La Tabla N° 33 muestra que las láminas comerciales tienen mejor comportamiento a nivel de esfuerzo máximo (MPa) en comparación de las láminas hechas por almidón, esto debido a la composición natural del almidón y los diferentes complementos con el cual se llega a elaborar la lámina, sin embargo esto se podría mejorar ajustando los complementos con aditivos y llegando a tener laminas con similares propiedades comerciales.

4.4.6. Posibles Aplicaciones

Las posibles aplicaciones que se podría dar al bioplástico desarrollado en esta investigación son:

- ✓ Cubrir los suelos agrícolas, función como un mulching orgánico, logrando proteger la siembra de los productos.
- ✓ Recubrir los frutos en los mismos plantones.

Estas serían algunas alternativas amigables con el ambiente y llegando a una profundización de la investigación se lograría tecnificar y desarrollar bioplásticos a nivel comercial.

Conclusiones

- ✓ Se elaboró un bioplástico con almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), queratina de plumas de pollo y reforzado con cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*).
- ✓ Se evaluaron diversos métodos para la extracción de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), optando por el método de decantación influyendo el estado de madurez en el rendimiento del almidón, con una madurez fisiológica se tubo rendimientos de 10.29%.
- ✓ Las proporciones adecuadas de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), queratina de plumas de pollo y cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*) para la elaboración de bioplástico que cumplen con los parámetros físicos de espesor, tracción y elongación en la evaluación mecánica son; almidón de oca 10 g, queratina de plumas de pollo 8 ml y cáscara de tuna 1,5 g, teniendo como constantes la glicerina 10 ml y ácido acético 5%.
- ✓ Los bioplásticos elaborados con solo almidón de oca (*Oxalis tuberosa*), tienen varias limitaciones tales como las propiedades mecánicas pobres, alta rigidez, son quebradizos, entre otros. La incorporación de queratina de plumas de pollo y fibra con cáscara de tuna (*Opuntia ficus-indica*) que logran contrarrestar dichas limitaciones, ayudando a ajustar los parámetros.

Recomendaciones

- ✓ Para la obtención de la queratina de pollo, es recomendable el uso de implementos de seguridad como el uso de una mascarilla con filtro y realizarlo en un lugar que cuente con una campana extractora ya que se emite gases de H_2S , olores que son penetrantes.
- ✓ Para la elaboración del film de bioplástico es recomendable que los gránulos deben ser diámetro próximos para que la mezcla intermolecular sea homogénea y no cause grietas en el secado final.
- ✓ También se debe tener en cuenta el secado final de los tratamientos del bioplástico, se realizó en mallas de serigrafía y secado al ambiente por 24 h, ya que en la placa Petri no se alcanzaba a las dimensiones que se requería por los laboratorios.
- ✓ Para la extracción de almidón de oca es recomendable que este tenga una madurez fisiológica ya que con el comercial no se obtiene rendimientos favorables.
- ✓ Para la extracción de la fibra insoluble de la cáscara de tuna es necesario separar la piel del mucilago para que el secado sea más eficiente.
- ✓ Es necesario el examen de amilosa pues esta indica la cantidad y cuan eficaz es para la lámina de bioplástico.
- ✓ Se recomienda la continuación de la investigación a nivel de análisis de biodegradabilidad, puestos que estos a nivel empírico llegan a degradarse.
- ✓ Una alternativa de uso sería en la agricultura, llamado como mulching.
- ✓ Esta investigación invitaría a posteriores investigaciones.

Referencia Bibliográfica

- Abrajan Villaseñor, M. A. (2008). *Efecto del metodo de extraccion en las características químicas y físicas del musilago de nopal (Opuntia ficus-indica) y estudio de su aplicacion como recubrimiento comestible*. Universidad Politecnica de Valencia.
- Abril, P. (2014). *POLÍMEROS Y MATERIALES ¿ Quiénes somos ?*
- Actividades Estadísticas | Sistema Integrado de Estadísticas Agrarias. (n.d.). Retrieved April 18, 2020, from <http://siea.minagri.gob.pe/siea/?q=publicaciones/anuario-de-produccion-agricola>
- Alarcon Cavero, H. A., & Arroyo Benites, E. (2016, August). Evaluacion de las propiedades químicas y mecanicas de biopolimeros a partir del almidon modificado de la papa. *Rev Soc Quim Peru*, 9.
- Apaza Morocco, B. D. (2018). Extraccion y caracterizacion del almidon de oca (oxalis tuberosa) d ela variedad K'ellu kamusa (Universidad Peruana Union). <https://doi.org/10.1587/transcom.E93.B.2477>
- ASTM D638 - Ensayos de tracción de plásticos - TRL. (n.d.). Retrieved October 9, 2020, from https://www.trl.com/astm_d638_tensile_testing_of_plastics/
- Ayquipa Cuellar, E. (2018). *Caracterización Física de Películas Comestibles Obtenidas de Mucílago de Cáscara de Tuna (Opuntia spp) y Almidón de Cáscara de Papa (Solanum tuberosum)* (Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac). Retrieved from <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/617>
- Biodegradables, P. (2013). *Glosario 3.2*. 8, 50–52.
- Cayo Alvarez, E., & Matos Chamorro, A. (2009, May). Obtención de fibra insoluble a partir de cáscaras de naranja (Citrus sinensis). *Revista de Investigación Universitaria*, 1(1), 25–30.
- Chavez Marin, K. del C., & Tenorio Hernandez, C. A. (2014). *Estudio para la obtencion de queratina a partir de plumas de pollo con los metodos de sulfuro de sodio y brohidruo de sodio a nivel de laboratorio*. Universidad Nacional de Ingenieria.
- Cifras del mundo y el Perú | Menos Plástico Más Vida. (n.d.). Retrieved September 18, 2020, from <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- CIQA | Centro de Investigación en Química Aplicada - Caracterización de plásticos por espectroscopía infrarroja. (n.d.). Retrieved February 13, 2020, from <https://www.ciqa.mx/index.php/difusion-y-divulgacion/2-uncategorised/567-caracterizacion-de-plasticos-por-espectroscopia-infrarroja>
- Contaminación por el plástico. (n.d.). Retrieved April 10, 2020, from <https://www.elfinanciero.com.mx/opinion/salvador-garcia-linan/contaminacion-por-el-plastico>
- Definición de Pluma » Concepto en Definición ABC. (n.d.). Retrieved April 19, 2020, from <https://www.definicionabc.com/medio-ambiente/pluma.php>
- Dirección Regional Agraria de Ayacucho. (n.d.). Información Estadística. Retrieved July 1, 2020, from <http://www.agroayacucho.gob.pe/estadisticas>
- Espin, S., Elena, V., & Brito, B. (2004). Caracterización Físico - Química , Nutricional y Funcional de Raíces y Tubérculos Andinos. *Raíces y Tubérculos Andinos: Alternativas Para La Conservación y Uso Sostenible En El Ecuador*, 91–116. Retrieved from <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n3/v6n3a4.pdf%0Ahttp://www.monitoreoyevaluacion.info/biblioteca/files/original/f1ce784ad56186d4fbec1a60f9e8e757.pdf#page=102>
- Ferrer Ulloa, K. M., & Mostacero Aguilar, P. J. (2011). *Efecto de temperatura, tiempo y tamano de particula en la Elaboracion de Almidon de Arracacha (Arracacia xanthorrhiza)*. Universidad Nacional de Trujillo.

- Florido Rodriguez, J. L. (2010). *Patent No. 2 316 205*. España.
- Gonzalez Garcia, J. C. (2018). *Desarrollo de un Polimero biodegradable a partir de almidon de semilla de ataco, Amaranthus quitensis L*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Guerrero Anaya, D. (2014). *Almidon, Gelatinizacion y Retrogradacion*. Mexico.
- Hanco Zaga, J. M., & Mamani Ordonez, P. N. (2017). *Evaluacion de las propiedades fisicoquimicas de oca (Oxalis tuberosa Mol) en el proceso de deshidratacion a bajas temperaturas por ultrasonido*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Iniguez, A., & Castillo, A. (2011). Obtención del ácido láctico a partir del almidón de papa (*Solanum Tuberosum L*), como materia prima para la fabricación de material descartable biodegradable (Universidad Politecnica Salesiana Sede Cuenca).
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.06.051>
- Llerena Gonzales, J. L., & Monzon Martinez, L. J. (2017). *Elaboracion de un envase biodegradable a partir de almidon obtenido de arroz quebrado(oryza sativa), queratina obtenida de arisuos avicolas (plumas) fortificado con residuos de cascaras de mango (mangifera indica)*. Universidad Catolica de Santa Maria.
- Marín, I. J. (2016). *Química del almidón*.
- Martinez Bejarano, N. L. (2018). *Estudio de las propiedades mecanicas de un biopolimero a partir del contenido de almidon de cascara de platano*. Universidad Nacional de San Agustin de Arequipa.
- Meré Marcos, J. (2009). *Estudio del procesado de un polimero termoplastico basado en almidon de patata amigable con el medio ambiente*. Universidad carlos III de Madrid.
- Meza Ramos, P. N. (2016). *Elaboracion de bioplastico a partir de almidon residual obtenido de peladoras de papa y determiacion de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio (Universidad Nacional Agraria La Molina)*. Retrieved from
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2048/E20-R56-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- MINAM. (2018). Ley N 30884 MINAM. *El Peruano*, 14760, 216.
- MINAM. (2019). Ley N° 30884. Retrieved June 11, 2020, from
<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/aprueban-el-reglamento-de-la-ley-n-30884-ley-que-regula-el-decreto-supremo-n-006-2019-minam-1800497-4/>
- Molinero Merino, L. (2013). *Producción de monoglicéridos por esterificación de glicerina con ácidos cinámico y p-metoxicinámico (Universidad Complutense de Madrid)*. Retrieved from <https://eprints.ucm.es/18041/1/T34217.pdf>
- MundoPlas. (2019). ✓La producción mundial. Retrieved June 9, 2020, from
<https://mundoplast.com/produccion-plasticos-2018/>
- Napper, I. E., & Thompson, R. C. (2019). Environmental Deterioration of Biodegradable, Oxo-biodegradable, Compostable, and Conventional Plastic Carrier Bags in the Sea, Soil, and Open-Air over a 3-Year Period. *Environmental Science and Technology*, 53(9), 4775–4783. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06984>
- Orjuela Palacio, J. M., Lanari, M. C., & Zaritzky, N. E. (2015). Desarrollo de productos a base de queratina a partir de residuos de la industria avícola. *CIDCA*, 6. Retrieved from
http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47852/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- plumas de pollo y sus partes - Búsqueda de Google. (n.d.). Retrieved September 13, 2020, from https://www.google.com/search?q=plumas+de+pollo+y+sus+partes&hl=es-419&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiWz7OYlObrAhXIH7kGHQ9wBR8Q_AUoAXoECA8QAw&biw=1700&bih=821#imgrc=dfZWl0aEzceplM
- Polipropileno | CMEmaterials. (n.d.). Retrieved April 13, 2020, from
<http://www.ub.edu/cmematerials/es/content/polipropileno>

- Quintero Curvelo, G. A., Huertas Diaz, W. A., & Ortega David, E. (2017, December). Procesamiento de plumas de pollo para la obtención de queratina. *Cindetec*, (23), 81–87.
- Remar. (2011, September). Bioplásticos. *Red de Energía y Medio Ambiente*, 2, 78. Retrieved from www.redremar.com
- Reynoso, S. L. (2019). *Los Polimeros Plasticos* (Segunda Edición). Retrieved from <https://todoenpolimeros.com/nuestro-libro/>
- Rubinson K.A., R. J. F. (2000). Tablas de Bandas de Absorción - Caracterización Estructural de Materiales Cristalinos. Ed. *Pearson Educación*. Retrieved from <http://www.ehu.es/imacris/PIE06/web/tablasIR.htm>
- Ruiz Aviles, G. (2006). Obtencion y caracterizacion de un polimero biodegradable a partir del almidon de yuca. *Ingeniería y Ciencia*, 2, 5–28.
- Ruiz Avilés, G. (2005). *Polimeros biodegradables a partir del almidon de yuca*. Universidad EAFIT ICIPC.
- Sevilla, B. (2019). • Plástico: producción mundial 1950-2018 | Statista. Retrieved June 9, 2020, from Statista website: <https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>
- Sinia. (2018). Portal Regional SINIA. Retrieved June 9, 2020, from Ministerio del Ambiente, Sistema Nacional de Informacion del Ambiente website: <https://sinia.minam.gob.pe/informacion/tematicas?tematica=08>
- Surco Laos, F. A. (2004). *Caracterizacion de almidones aislados de tuberculos andinos: mashua (Tropaeolum tuberosum), oca (Oxalis tuberosa), olluco (Ullucus tuberosus) para su aplicacion tecnologica*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Técnicas - Espectroscopia Infrarroja - Caracterización de Materiales Cristalinos. (n.d.). Retrieved February 13, 2020, from <http://www.ehu.es/imacris/PIE06/web/IR.htm>
- Terán, J., Andrés, G., Torres Acosta, A., Rendón, M., María, B., Lomelí González, G., & Madrid, M. M. (2018). Metodología para estimar la resistencia a la tensión de compuestos de fibra de carbón. *Sanfandila*, 96.
- Teran, Y., Navas, D., Petit, D., Garrido, E., & D'Aubeterre, R. (2015). Analisis de las características fisico-químicas del fruto de *Opuntia ficus-indica*(L.) Miller, cosechados en Lara, Venezuela. *Revista Iberoamericana de Tecnología Poscosecha*, 16, 69–74.
- Torres, F. G., Troncoso, O. P., Torres, C., Díaz, D. A., & Amaya, E. (2011). Biodegradability and mechanical properties of starch films from Andean crops. *International Journal of Biological Macromolecules*, 48(4), 603–606. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.01.026>
- Urzagasti, H., Gonzales I., A., Ramos, L., Fernandez, A., Guzman, M., & Alvarez, D. (n.d.). *Determinacion del porcentaje de proteina soluble en agua (Metodo Biuret) en semillas de Quinoa, Tarwi y Carne de Pollo*. 8. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Vega Zavaleta, L. P. (2014). *Reaprovechamiento del residuo queratinoso del proceso de pelambre como fuente de aminoacidos por hidrolisis alcalina con hidroxido de calcio*. Universidad Nacional Agraria la Molina.
- Velásquez-Barreto, F., & Velezmoro, C. (2018, September). Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tuberculos andinos. *Scientia Agropecuaria*, 9(2), 189–197. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.02.03>
- Zamudio Flores, P. B., Ochoa Reyes, E., Ornelas Paz, J. D. J., Tirado Gallegos, J. M., Bello Pérez, L. A., Rubio Ríos, A., & Cárdenas Felix, R. G. (2015, August). Caracterización físico-química, mecánica y estructural de películas de almidones oxidados de avena y plátano adicionadas con betalaínas. *Agrociencia*, 49(5), 483–498.

Anexos

Anexo 1.

Ensayo de elongación y tracción



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (LABORATORIO N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 1868 – 19 – LABICER

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : FRANCESCA JOSEFINA LOPEZ CARDENAS
 - 1.2 DNI : 75484537
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 21 / 10 / 2019
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 22 / 10 / 2019
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 24 / 10 / 2019
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ENSAYO DE TRACCIÓN Y ELONGACIÓN
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE BIOPOLIMERO
5. LUGAR DE RECEPCIÓN DE LA MUESTRA : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 22.0 °C; Humedad relativa: 65%
7. EQUIPO UTILIZADO : Máquina de tracción universal. ZWICK ROELL 2010
8. RESULTADOS

N° DE REPETICIÓN	RESISTENCIA A LA TRACCIÓN MÁXIMA (MPa)	ELONGACIÓN A LA ROTURA (%)	ESPESOR (mm)	ANCHO (mm)	MÉTODO DE REFERENCIA
1	0.72	33.1	0.30	20.19	ASTM D882
2	0.76	34.6	0.31	20.45	
3	1.09	41.5	0.43	19.78	
4	1.05	40.5	0.41	20.05	
5	0.99	29.0	0.38	20.07	
6	1.12	33.9	0.41	19.54	
PROMEDIO	0.95	35.4	0.37	20.01	

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO
Los resultados de este Informe técnico son válido solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Kevin Sulica
Analista Químico
LABICER – UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable de análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO

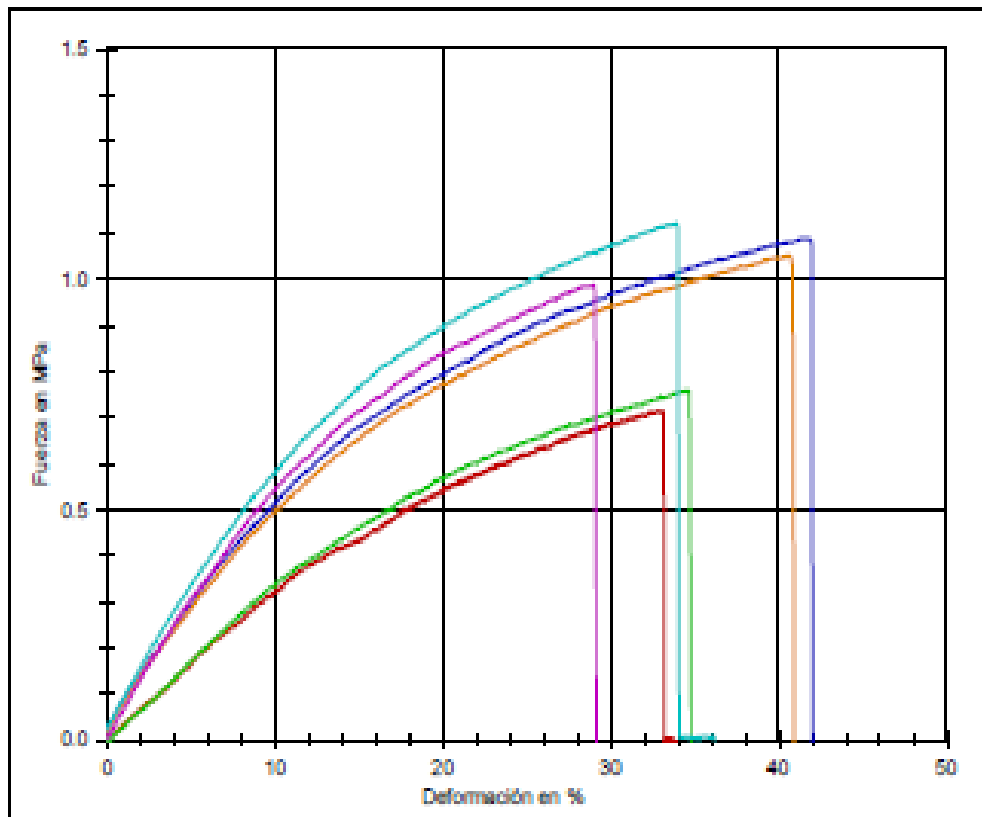


FIGURA Nº1: GRAFICA DE RESISTENCIA A LA TRACCION VS ELONGACION DE LA MUESTRA.

Anexo 2.

Ensayo de espectrofotometría



INFORME DE ENSAYO N° 061-2019

Resultado de ensayo

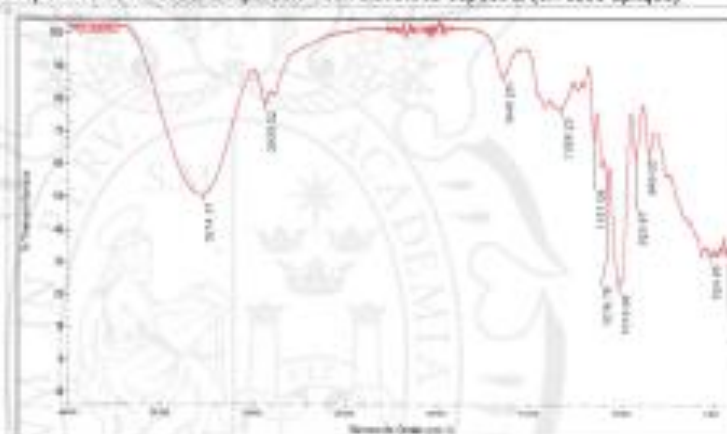
Código Lab.	Determinación o parámetro	Producto (por comparación con la base de datos)	Valor obtenido	Unidad
048	Espectro infrarrojo	No se realizó comparación	Espectro	No aplica

Tabla de resultados (cm⁻¹)

Numero de ondas

1	524.95
2	849.05
3	932.87
4	1016.98
5	1076.78
6	1151.09
7	1326.20
8	1645.25
9	2933.02
10	3274.31

Espectros de muestra/comparación con biblioteca espectral (en caso aplique)



RDC-2019

Anexo 3.

Análisis de varianza de un factor, ensayo de módulo de tracción

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T5	3	2,27	0,756666667	0,000133333
T8	3	2,15	0,716666667	0,000133333
T11	3	3,14	1,046666667	0,000133333
T18	3	3,24	1,08	0,0003
T23	3	3,33	1,11	0,0003
T26	3	2,94	0,98	0,0003

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	0,43365	5	0,08673	400,2923077	6,52103E-13	3,105875239
Dentro de los grupos	0,0026	12	0,000216667			
Total	0,43625	17				

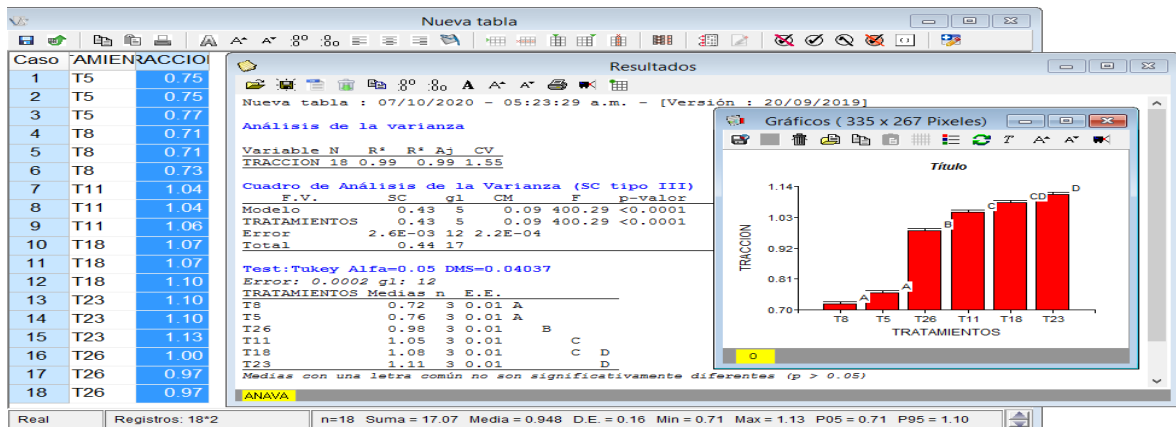
Valor prueba F	400,2923077
Valor prueba p	6,52103E-13 < 0,05 Se Rechaza la Hipótesis Nula

Ho = HIPÓTESIS NULA	El promedio de Resistencia a la Tracción Máxima (MPa) en los 6 tratamientos es igual, con 95% de confiabilidad
Ha = HIPÓTESIS ALTERNA	En al menos un grupo el promedio de Resistencia a la Tracción Máxima (MPa) es distinto con 95% de confiabilidad

TUKEY HSD/KRAMER				alpha	0,05
group	mean	n	ss	df	q-crit
T5	0,76	3	0,000266667		
T8	0,72	3	0,000266667		
T11	1,05	3	0,000266667		
T18	1,08	3	0,0006		
T23	1,11	3	0,0006		
T26	0,98	3	0,0006		
		18	0,0026	12	4,75

Q
TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T5	T8	0,0400	0,0085	4,7068	-0,0004	0,0804	0,052637471	0,0404	2,7175
T5	T11	0,2900	0,0085	34,1242	0,2496	0,3304	2,15623E-10	0,0404	19,7016
T5	T18	0,3233	0,0085	38,0465	0,2830	0,3637	5,6947E-11	0,0404	21,9662
T5	T23	0,3533	0,0085	41,5766	0,3130	0,3937	1,59043E-11	0,0404	24,0043
T5	T26	0,2233	0,0085	26,2796	0,1830	0,2637	3,87565E-09	0,0404	15,1725
T8	T11	0,3300	0,0085	38,8310	0,2896	0,3704	4,31656E-11	0,0404	22,4191
T8	T18	0,3633	0,0085	42,7533	0,3230	0,4037	1,02706E-11	0,0404	24,6836
T8	T23	0,3933	0,0085	46,2834	0,3530	0,4337	2,82585E-12	0,0404	26,7217
T8	T26	0,2633	0,0085	30,9863	0,2230	0,3037	6,17736E-10	0,0404	17,8900
T11	T18	0,0333	0,0085	3,9223	-0,0070	0,0737	0,130275787	0,0404	2,2646
T11	T23	0,0633	0,0085	7,4524	0,0230	0,1037	0,002101839	0,0404	4,3027
T11	T26	0,0667	0,0085	7,8446	0,0263	0,1070	0,001360328	0,0404	4,5291
T18	T23	0,0300	0,0085	3,5301	-0,0104	0,0704	0,199618042	0,0404	2,0381
T18	T26	0,1000	0,0085	11,7670	0,0596	0,1404	2,89914E-05	0,0404	6,7937
T23	T26	0,1300	0,0085	15,2971	0,0896	0,1704	1,8023E-06	0,0404	8,8318



Anexo 4.

Análisis de varianza de un factor, ensayo de módulo de elongación

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T5	3	103,4	34,46666667	0,01333333
T8	3	99,38	33,12666667	0,00213333
T11	3	87	29	0
T18	3	121,5	40,5	0
T23	3	101,78	33,92666667	0,00413333
T26	3	123,9	41,3	0,48

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	329,9664	5	65,9933	792,5534	1,106E-14	3,1059
Dentro de los grupos	0,9992	12	0,0833			
Total	330,9656	17				

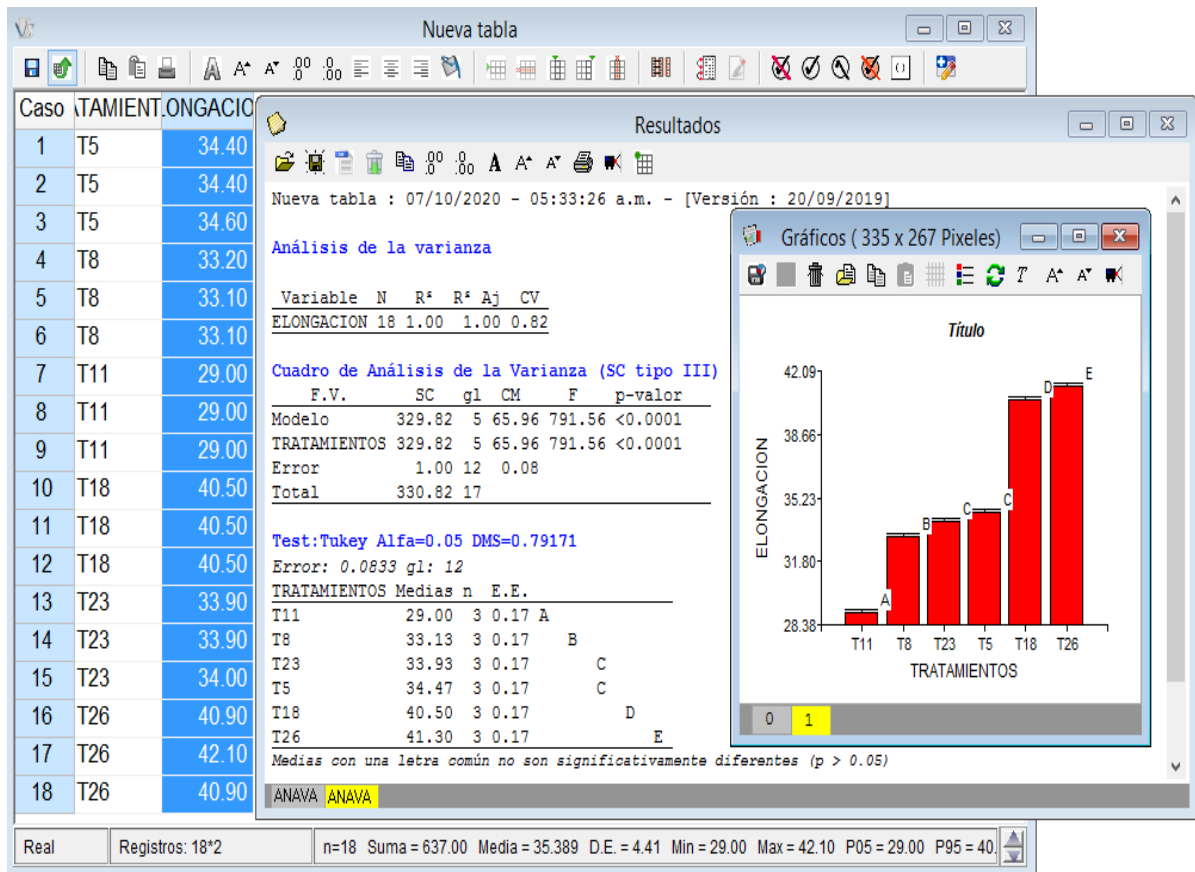
Valor prueba F	792,5534027		
Valor prueba p	0,00000000000001	< 0,05	Se Rechaza la Hipótesis Nula

Ho = HIPÓTESIS NULA	El promedio de Resistencia a la Elongación(%) en los 6 tratamientos es igual, con 95% de confiabilidad
Ha = HIPÓTESIS ALTERNA	En al menos un grupo el promedio de Elongación (%) es distinto con 95% de confiabilidad

TUKEY HSD/KRAMER				alpha	0,05
group	Mean	n	ss	df	q-crit
T5	34,5	3	0,026666667		
T8	33,1	3	0,004266667		
T11	29,0	3	0		
T18	40,5	3	0		
T23	33,9	3	0,008266667		
T26	41,3	3	0,96		
		18	0,9992	12	4,75

Q TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T5	T8	1,340	0,167	8,043	0,549	2,131	0,00109513	0,791	4,644
T5	T11	5,467	0,167	32,813	4,675	6,258	3,3304E-10	0,791	18,945
T5	T18	6,033	0,167	36,214	5,242	6,825	1,0711E-10	0,791	20,908
T5	T23	0,540	0,167	3,241	-0,251	1,331	0,26842904	0,791	1,871
T5	T26	6,833	0,167	41,016	6,042	7,625	1,9558E-11	0,791	23,681
T8	T11	4,127	0,167	24,770	3,335	4,918	7,743E-09	0,791	14,301
T8	T18	7,373	0,167	44,258	6,582	8,165	5,8714E-12	0,791	25,552
T8	T23	0,800	0,167	4,802	0,009	1,591	0,0470289	0,791	2,772
T8	T26	8,173	0,167	49,060	7,382	8,965	1,1661E-12	0,791	28,325
T11	T18	11,500	0,167	69,028	10,709	12,291	8,8041E-14	0,791	39,853
T11	T23	4,927	0,167	29,572	4,135	5,718	1,0231E-09	0,791	17,073
T11	T26	12,300	0,167	73,830	11,509	13,091	5,3402E-14	0,791	42,626
T18	T23	6,573	0,167	39,456	5,782	7,365	3,452E-11	0,791	22,780
T18	T26	0,800	0,167	4,802	0,009	1,591	0,0470289	0,791	2,772
T23	T26	7,373	0,167	44,258	6,582	8,165	5,8714E-12	0,791	25,552



Anexo 5.

Análisis de varianza de un factor, ensayo de espesor

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
T5	3	0,95	0,316666667	0,000133333
T8	3	0,89	0,296666667	0,000133333
T11	3	1,13	0,376666667	0,000133333
T18	3	1,225	0,408333333	8,33333E-06
T23	3	1,22	0,406666667	0,000133333
T26	3	1,28	0,426666667	0,000133333

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	0,042807	5	0,008561	76,1012346	1,1506E-08
Dentro de los grupos	0,001350	12	0,000113		
Total	0,044157	17			

Valor prueba F	76,10123457		
Valor prueba p	1,15063E-08	< 0,05	Se Rechaza la Hipótesis Nula

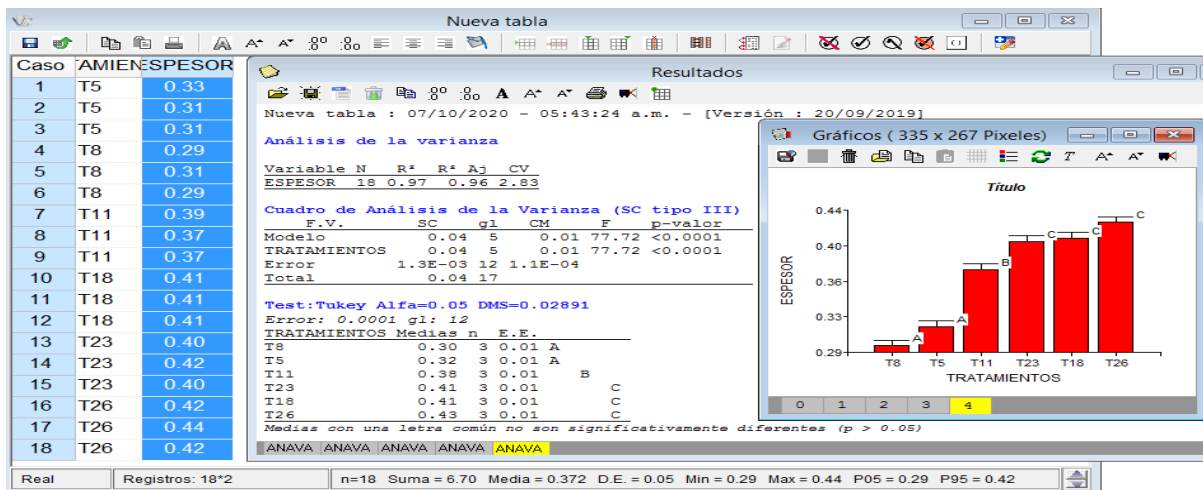
Ho = HIPÓTESIS NULA	El promedio de Resistencia a la Tracción Máxima (MPa) en los 6 tratamientos es igual, con 95% de confiabilidad
Ha = HIPÓTESIS ALTERNA	En al menos un grupo el promedio de Resistencia a la Tracción Máxima (MPa) es distinto con 95% de confiabilidad

TUKEY HSD/KRAMER				Alpha	0,05
group	mean	n	Ss	df	q-crit
T5	0,32	3	0,000266667		
T8	0,30	3	0,000266667		
T11	0,38	3	0,000266667		
T18	0,41	3	1,66667E-05		
T23	0,41	3	0,000266667		
T26	0,43	3	0,000266667		
		18	0,00135	12	4,75

Q

TEST

group 1	group 2	mean	std err	q-stat	lower	upper	p-value	mean-crit	Cohen d
T5	T8	0,020 0	0,006 1	3,2660	- 0,0091	0,049 1	0,2619054 8	0,0291	1,8856
T5	T11	0,060 0	0,006 1	9,7980	0,0309	0,089 1	0,0001787 4	0,0291	5,6569
T5	T18	0,091 7	0,006 1	14,969 1	0,0626	0,120 8	2,2812E- 06	0,0291	8,6424
T5	T23	0,090 0	0,006 1	14,696 9	0,0609	0,119 1	2,7827E- 06	0,0291	8,4853
T5	T26	0,110 0	0,006 1	17,962 9	0,0809	0,139 1	3,0589E- 07	0,0291	10,3709
T8	T11	0,080 0	0,006 1	13,063 9	0,0509	0,109 1	9,7849E- 06	0,0291	7,5425
T8	T18	0,111 7	0,006 1	18,235 1	0,0826	0,140 8	2,5856E- 07	0,0291	10,5280
T8	T23	0,110 0	0,006 1	17,962 9	0,0809	0,139 1	3,0589E- 07	0,0291	10,3709
T8	T26	0,130 0	0,006 1	21,228 9	0,1009	0,159 1	4,6387E- 08	0,0291	12,2565
T11	T18	0,031 7	0,006 1	5,1711	0,0026	0,060 8	0,0302944 6	0,0291	2,9856
T11	T23	0,030 0	0,006 1	4,8990	0,0009	0,059 1	0,0419081	0,0291	2,8284
T11	T26	0,050 0	0,006 1	8,1650	0,0209	0,079 1	0,0009599 1	0,0291	4,7140
T18	T23	0,001 7	0,006 1	0,2722	- 0,0274	0,030 8	0,9999523 8	0,0291	0,1571
T18	T26	0,018 3	0,006 1	2,9938	- 0,0108	0,047 4	0,3405820 3	0,0291	1,7285
T23	T26	0,020 0	0,006 1	3,2660	- 0,0091	0,049 1	0,2619054 8	0,0291	1,8856



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS VIA VIRTUAL:**

“ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A BASE DE ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) QUERATINA DE PLUMAS DE POLLO Y REFORZADO CON CÁSCARA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*)”,

**Expositora: Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**

Expediente N° 001365

Resolución Decanal N° 145-2020-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 26-11-2020.

- 01 -

La Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, realiza sustentación de tesis modalidad: virtual (Google meet), siendo las nueve de la mañana con cinco minutos del día miércoles dos de diciembre del año dos mil veinte, se reunieron vía virtual la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, Mg. Percy Fermín VELÁSQUEZ CCOSI e Ing. Jack Edson HERNÁNDEZ MAVILA, bajo la Presidencia del Dr. Guido PALOMINO HERNÁNDEZ (Decano de la FIQM), Ing. Jorge Adalberto MÁLAGA JUÁREZ (Docente Asesor de la Tesis), la M.Cs. Gloria Inés BARBOZA PALOMINO (Secretaria-Docente) y el público asistente vía virtual.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que la Secretaria Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **“ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A BASE DE ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*) QUERATINA DE PLUMAS DE POLLO Y REFORZADO CON CÁSCARA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*)”**, presentado por la Bachiller **Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS**. A continuación, la Secretaria-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 145-2020-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS**, a través del aula virtual exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta minutos.

Terminada la exposición de la Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Ing. Jack Edson HERNÁNDEZ MAVILA, Mg. Percy Fermín VELÁSQUEZ CCOSI y Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA. Luego el Presidente invitó al Ing. Jorge Adalberto MÁLAGA JUÁREZ para que en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

Concluyó con esta etapa el Dr. Guido PALOMINO HERNÁNDEZ en su condición de Presidente.

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS VIA VIRTUAL:**

“ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A BASE DE ALMIDÓN DE OCA (Oxalis tuberosa) QUERATINA DE PLUMAS DE POLLO Y REFORZADO CON CÁSCARA DE TUNA (Opuntia ficus-indica)”,

**Expositora: Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS
Bachiller en Ingeniería Agroindustrial**

Expediente N° 001365

Resolución Decanal N° 145-2020-UNSCH-FIQM/D.

Fecha: 26-11-2020.

- 02-

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan salir de la línea conectada con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO DIECISEIS (16)**.

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite a la Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la línea del sistema virtual, y anunció que la Bachiller **Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA AGROINDUSTRIAL** y le augura éxitos en su desempeño profesional.


Siendo las once de la mañana con diez minutos se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis modalidad: virtual (Google meet). En fe de lo cual firmamos:



Dr. Guido PALOMINO HERNÁNDEZ
Presidente

Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Miembro

Mg. Percy Fermín VELÁSQUEZ CCOSI
Miembro

Ing. Jack Edson HERNÁNDEZ MAVILA
Miembro

MCs. Gloria Inés BARBOZA PALOMINO
Secretaria – Docente



UNSCH

FACULTAD DE
INGENIERIA QUÍMICA Y
METALURGIA

ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N°001-2021-UNSCH-FIQM/EPIA

La Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, emite la siguiente:

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Que, con fecha 11 de mayo del 2021, se ha recibido el requerimiento de CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD por parte del Asesor de Tesis Ing. Jorge Adalberto MÁLAGA JUÁREZ, adjuntando archivo PDF de trabajo de **TESIS APROBADO**, procediéndose a la evaluación de acuerdo a los criterios establecidos en el **Artículo 12 y 13 del** Reglamento de Originalidad de Trabajos de Investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, aprobado con Resolución de Consejo Universitario N°039-2021-UNSCH-CU, de fecha 16 de marzo de 2021; cuyos resultados son:

Tesis : "ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A BASE DE ALMIDÓN DE
OCA (Oxalis Tuberosa) QUERATINA DE PLUMAS DE POLLO Y REFORZADO
CON CÁSCARA DE TUNA (Opuntia ficus – indica)"
Autor : Franchesca Josefina LOPEZ CARDENAS.
Identificador de entrega : 1584697942
Fecha : 12-may-2021 05:00p.m. (UTC-0500)
Archivo : TESIS_-_FJLC_12-05-2021.docx (4.63M)
Reporte :

INFORME DE ORIGINALIDAD



Se expide la presente constancia de originalidad, al 24% de **ÍNDICE DE SIMILITUD**, para proseguir con los términos pertinentes.

Ayacucho, 20 de mayo del 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia
E. P. Ingeniería Agroindustrial

MSc. Percy Fermin Velásquez Ccosi
Director

“ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A BASE DE ALMIDÓN DE OCA (*Oxalis tuberosa*), QUERATINA DE PLUMAS DE POLLO Y REFORZADO CON CÁSCARA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*)”

por Franchesca Josefina Lopez Cardenas

Fecha de entrega: 12-may-2021 05:00p.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1584697942

Nombre del archivo: TESIS_-_FJLC_12-05-2021.docx (4.63M)

Total de palabras: 21521

Total de caracteres: 115732

"ELABORACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A BASE DE ALMIDÓN DE OCA (Oxalis tuberosa), QUERATINA DE PLUMAS DE POLLO Y REFORZADO CON CÁSCARA DE TUNA (Opuntia ficus - indica)"

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	bibliotecas.unsa.edu.pe Fuente de Internet	2%
3	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	repositorio.unamba.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.plastico.com Fuente de Internet	1%
6	ribuni.uni.edu.ni Fuente de Internet	1%
7	repositorio.upeu.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
9	cienciacatalisislibre.blogspot.com Fuente de Internet	1%

10	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1 %
11	quimica-urjc-biologia.wikispaces.com Fuente de Internet	1 %
12	eprints.ucm.es Fuente de Internet	<1 %
13	revistas.ugca.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	www.revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
16	todoenpolimeros.com Fuente de Internet	<1 %
17	lpderecho.pe Fuente de Internet	<1 %
18	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %
19	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
20	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
21	www.definicionabc.com	

Fuente de Internet

<1 %

22

docplayer.es

Fuente de Internet

<1 %

23

documents.tips

Fuente de Internet

<1 %

24

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1 %

25

repositorio.utp.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

26

sqperu.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

27

redremar.com

Fuente de Internet

<1 %

28

Submitted to Universidad San Francisco de
Quito

Trabajo del estudiante

<1 %

29

cybertesis.unmsm.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

30

itzamna.bnct.ipn.mx:8080

Fuente de Internet

<1 %

31

ciqa.mx

Fuente de Internet

<1 %

32	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
33	Submitted to EP NBS S.A.C. Trabajo del estudiante	<1 %
34	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
36	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
38	Submitted to Universidad ESAN -- Escuela de Administración de Negocios para Graduados Trabajo del estudiante	<1 %
39	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
41	repositorio.uchile.cl Fuente de Internet	<1 %
42	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

43 es.scribd.com Fuente de Internet <1 %

44 www.clubensayos.com Fuente de Internet <1 %

45 Submitted to Uniagustiniana Trabajo del estudiante <1 %

46 Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante <1 %

47 docslide.us Fuente de Internet <1 %

Excluir citas Activo

Excluir bibliografía Activo

Excluir coincidencias < 30 words