



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL
DESARROLLO**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

**Elaboración de láminas biodegradables y flexibles obtenidas
a partir del extracto de colágeno de patas y queratina de
plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*).**

AUTORA:

Minuche Vallejo, María Roberta

**Componente práctico del examen complejo previo a la
obtención del título de INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

TUTORA:

Lcda. García Mora, Patricia, Ph. D.

Guayaquil, Ecuador

16 de febrero del 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **componente práctico del examen complejo**, fue realizado en su totalidad por **Minuche Vallejo, María Roberta**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**.

TUTORA:

Lcda. García Mora, Patricia, Ph. D.

DIRECTORA DE LA CARRERA:

Ing. Pincay Figueroa, Paola Estefania, M. Sc.

Guayaquil, a los 16 días del mes de febrero del año 2023



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Minuche Vallejo, María Roberta

DECLARO QUE:

El componente práctico del examen complejo, Elaboración de láminas biodegradables y flexibles obtenidas a partir del extracto de colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*) previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.**

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del componente práctico del examen complejo referido.

Guayaquil, a los 16 días del mes de febrero del año 2023

LA AUTORA:

Minuche Vallejo, María Roberta



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

AUTORIZACIÓN

Yo, **Minuche Vallejo, María Roberta**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **componente práctico del examen complejo Elaboración de láminas biodegradables y flexibles obtenidas a partir del extracto de colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 16 días del mes de febrero del año 2023

LA AUTORA:

Minuche Vallejo, María Roberta



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el componente práctico del examen complejo, **Elaboración de láminas biodegradables y flexibles obtenidas a partir del extracto de colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*)** presentado por la estudiante **Minuche Vallejo, María Roberta**, de la carrera de **Ingeniería Agroindustrial**, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.



Document Information

Analyzed document	minuche Vallejo Ma Roberta. Agroindustria Complejivo.docx (D158184981)
Submitted	2023-02-08 20:08:00
Submitted by	
Submitter email	maria.minuche01@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	noelia.caicedo.ucsg@analysis.orkund.com

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2023

Certifican,

Ing. Pincay Figueroa, Paola, M. Sc.
Directora Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Caicedo Coello, Noelia, M. Sc.
Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer primero a la Universidad, por brindarme la oportunidad de ser parte de su programa de estudios, que me ha brindado los conocimientos necesarios para poder concluir mi carrera en la facultad técnica para el desarrollo.

También quiero agradecer mis profesores: el Ing. Jorge Velásquez, la Ing. Bella Crespo, el Ing. Víctor Chero, el Ing. Alfonso Kuffó, el Ing. Ángel Triana, la Ing. Noelia Caicedo, el Ing. John Franco y a la Ing. Patricia García Mora; por guiarme y brindarme su ayuda durante toda mi carrera.

DEDICATORIA

A mis padres, Salma Vallejo Álvarez y Roberto Minuche Trujillo.



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Lcda. García Mora, Patricia, Ph. D.

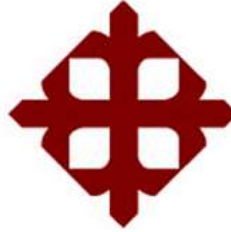
TUTORA

Ing. Pincay Figueroa, Paola, M. Sc.

DIRECTORA DE LA CARRERA

Ing. Caicedo Coello, Noelia, M. Sc.

COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CALIFICACIÓN

Lcda. García Mora, Patricia, Ph. D.

TUTORA

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Objetivos	3
1.1.1	Objetivo general.	3
1.1.2	Objetivos específicos.	3
1.2	Hipótesis	4
2	MARCO TEÓRICO	5
2.1	Plásticos sintéticos	5
2.1.1	Clasificación de los plásticos.	5
2.1.2	Tipos de plásticos sintéticos.	6
2.1.3	Análisis para la caracterización de los plásticos.	8
2.1.4	Reciclaje y reutilizamiento de los plásticos.	10
2.1.5	Importancia económica de los plásticos.	11
2.1.6	Ventajas de los plásticos.	12
2.1.7	Desventajas de los plásticos.	13
2.1.8	Contaminación de los plásticos.	14
2.1.9	Degradabilidad de los plásticos.	15
2.2	Bioplásticos	16
2.2.1	Biopolímeros.	16
2.2.2	Fuentes de producción de los biopolímeros.	17
2.2.3	Polímeros.	17
2.2.4	Características de los bioplásticos.	18
2.2.5	Ventajas de los bioplásticos.	19
2.2.6	Desventajas de los bioplásticos.	20
2.2.7	Formas de producción de bioplásticos.	21
2.2.8	Degradabilidad de los bioplásticos.	21
2.2.9	Biodegradación de polímeros.	22
2.2.10	Residuos pecuarios.	22
2.3	Proteínas	23

2.3.1	Aminoácidos y sus tipos.....	24
2.3.2	Péptidos y polipéptidos.....	25
2.3.3	Colágeno.....	26
2.3.4	Queratina.....	27
2.3.5	Fuentes de la queratina: estructura de las plumas.....	28
2.3.6	Métodos de obtención de la queratina.....	28
2.3.7	Gelatina.....	29
2.4	Plastificantes.....	30
2.4.1	Tipos de plastificantes.....	30
2.4.2	Glicerina.....	31
2.4.3	El uso de plastificantes.....	31
2.4.4	Proceso de polimerización.....	32
2.4.5	Hidrólisis ácida.....	32
2.5	Generalidades del pato pekinés (<i>Anas platyrhynchos</i>).....	33
2.5.1	Taxonomía del pato pekinés (<i>Anas platyrhynchos</i>).....	33
2.5.2	Descripción del pato pekinés (<i>Anas platyrhynchos</i>).....	34
2.5.3	Importancia económica de los residuos de pato.....	35
2.5.4	Residuos de aves de corral.....	35
2.5.5	Caracterización de residuos en faenadoras de aves.....	36
2.5.6	Propiedades de las plumas del pato.....	37
2.5.7	Propiedades de las patas del pato.....	37
2.5.8	Extracción de la queratina de las plumas del pato pekinés.....	38
2.5.9	Extracción de colágeno de las patas del pato pekinés.....	38
2.6	Análisis del costo beneficio.....	39
3	MARCO METODOLÓGICO.....	40
3.1	Ubicación.....	40
3.2	Condiciones climáticas de la zona.....	41
3.3	Duración del proyecto.....	41
3.4	Insumos, equipos, materiales y reactivos.....	41

3.4.1	Insumos.	41
3.4.2	Equipos.	41
3.4.3	Materiales.	41
3.4.4	Reactivos.	42
3.5	Diseño de la investigación.	42
3.6	Unidades experimentales.	44
3.7	Diseño experimental.	44
3.7.1	Factores de estudio.	44
3.7.2	Restricciones.	45
3.8	Procedimiento.	46
3.8.1	Criterio de inclusión.	46
3.8.2	Criterio de exclusión.	47
3.8.3	Elaboración de bioplásticos.	47
3.9	Parte 1: Obtención de la queratina.	49
3.9.1	Lavado y secado de las plumas.	50
3.9.2	Molienda.	50
3.9.3	Despigmentación.	50
3.9.4	Desmineralización.	50
3.9.5	Desacetilación.	50
3.9.6	Diagrama de flujo sobre la extracción de la queratina.	51
3.10	Parte 2: Obtención del colágeno.	52
3.10.1	Recepción de la muestra.	52
3.10.2	Hidrólisis.	52
3.10.3	Extracción del colágeno de las patas de pato pekinés.	52
3.10.4	Diagrama de flujo sobre la extracción del colágeno.	53
3.11	Parte 3: Elaboración del bioplástico.	54
3.11.1	Diagrama del proceso de elaboración del bioplástico.	54
3.12	Propiedades a evaluar del bioplástico.	56
3.12.1	Propiedades mecánicas.	56

3.12.2	Pruebas de tracción.	56
3.12.3	Prueba de compresión.	58
3.12.4	Prueba de flexión.	58
3.12.5	Prueba de dureza.	59
3.12.6	Prueba de impacto.	59
3.13	Prueba del rendimiento del colágeno.	60
3.14	Prueba de concentración con hidróxido de sodio.	60
3.15	Prueba de degradación.	61
3.16	Análisis de varianza.	62
3.17	Análisis de costo beneficio.	64
3.17.1	Propuesta de rentabilidad.	65
3.17.2	Cálculo del costo beneficio final.	67
4	RESULTADOS ESPERADOS.	68
4.1	Académico.	68
4.2	Técnico.	68
4.3	Económico.	68
4.4	Participación ciudadana.	68
4.5	Científico.	68
4.6	Tecnológico.	69
4.7	Social.	69
4.8	Ambiental.	69
4.9	Cultural.	69
4.10	Contemporáneo.	69
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	70
5.1	Conclusiones.	70
5.2	Recomendaciones.	71

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Fibras de colágeno	27
Gráfico 2. Estructura de la queratina	28
Gráfico 3. Ubicación del área de trabajo.	40
Gráfico 4. Obtención de la queratina de las plumas de pato.	51
Gráfico 5. Obtención del colágeno de las patas de pato.	53
Gráfico 6. Diagrama de flujo sobre la elaboración del bioplástico	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de aminoácidos.....	25
Tabla 2. Aminoácidos presentes en la gelatina de colágeno	30
Tabla 3. Taxonomía del pato pekinés.....	33
Tabla 4. Fórmula de referencia para el bioplástico	44
Tabla 5. Restricciones de los ingredientes	45
Tabla 6. Diseño de mezclas para la obtención del bioplástico.....	46
Tabla 7. Rendimiento de los ingredientes.....	47
Tabla 8. Cantidades necesarias para cada tratamiento.....	49
Tabla 9. Esquema ADEVA	62
Tabla 10. Precio por unidad de ingredientes del bioplástico.....	65
Tabla 11. Valores del tratamiento 10.....	66

RESUMEN

Uno de los principales factores que influyen en la contaminación medioambiental y en el cambio climático es la acumulación de residuos plásticos de un solo uso obtenidos a partir de materias primas no renovables, los cuales suelen acabar en los océanos o en el suelo, tardando décadas en descomponerse. Ante dicha problemática, el objetivo del presente trabajo es desarrollar, a partir de residuos de la industria alimentaria, láminas plásticas flexibles y biodegradables que puedan ser usadas como reemplazo a los plásticos convencionales, potenciando de este modo la economía circular al dar un valor agregado a los descartes agroindustriales. Para la obtención de dichas láminas se emplearán los residuos generados tras el procesado de aves de corral destinadas a la alimentación, concretamente el colágeno y la queratina presentes en las patas y plumas del pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), respectivamente. Dichas proteínas serán extraídas mediante hidrólisis y los extractos obtenidos serán mezclados con glicerina en diferentes concentraciones, a fin de establecer, en base a las propiedades mecánicas y de degradación, la mejor formulación para el desarrollo de láminas plásticas biodegradables y flexibles. Se realizará una propuesta de la rentabilidad para comparar de una forma detallada lo que costaría la elaboración y comercialización del proyecto.

Palabras Clave: pato, plástico, biodegradable, hidrólisis, colágeno, queratina.

ABSTRACT

One of the main factors influencing environmental pollution and climate change is the accumulation of single-use plastic waste obtained from non-renewable raw materials, which usually ends up in the oceans or on the ground, taking decades to decompose. Faced with this problem, the objective of this work is to develop, from waste from the food industry, flexible and biodegradable plastic sheets that can be used as a replacement for conventional plastics, thus promoting the circular economy by giving added value to agro-industrial waste. To obtain these sheets, the waste generated after processing poultry intended for food will be used, specifically the collagen and keratin present in the legs and feathers of the Pekinese duck (*Anas platyrhynchos*), respectively. These proteins will be extracted by hydrolysis and the extracts obtained will be mixed with glycerin in different concentrations, in order to establish, based on mechanical and degradation properties, the best formulation for the development of biodegradable and flexible plastic sheets. A profitability proposal will be made to compare in detail what the development and marketing of the project would cost.

Keywords: duck, plastic, biodegradable, hydrolysis, collagen, keratin.

1 INTRODUCCIÓN

El uso de utensilios plásticos de un solo uso se ha visto incrementado exponencialmente en las últimas décadas, debido a un aumento poblacional y cambios en el estilo de vida, resultando en uno de los principales factores que contribuyen en el cambio climático y en las alteraciones de la cadena trófica de animales y humanos.

Los materiales plásticos descartables, los cuales son producidos a partir de fuentes no renovables como el petróleo, el gas y el carbón, debido a su mala gestión tras su uso, se acumulan en océanos, mares y diferentes superficies terrestres como, montañas, mesetas y llanuras, donde, durante su prolongada descomposición, se transforman en micro plásticos.

Los micro plásticos, debido a su pequeño tamaño, son muchas veces ingeridos inconscientemente por los seres vivos, por lo que dañan la cadena alimentaria animal y humana, causan la muerte de numerosas especies animales por asfixia y al mismo tiempo originan daños en células humanas, causando numerosas enfermedades.

Ante la gran problemática del uso creciente de plásticos de un solo uso, numerosas investigaciones se han enfocado en la obtención de plásticos biodegradables obtenidos a partir de fuentes renovables de origen animal o vegetal. Así, una tendencia en auge es usar los productos de desechos de la agroindustria como la cáscara o la piel de frutas y verduras, el exoesqueleto o las escamas de animales marinos o incluso las plumas o las patas de diferentes aves de corral, a fin de reducir la contaminación y dar un valor añadido a los residuos en un contexto de bioeconomía circular.

En base a lo expuesto, mediante la presente investigación se pretenden desarrollar láminas plásticas biodegradables obtenidas a partir de queratina

de plumas y colágeno de patas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), que puedan ser posteriormente moldeadas y usadas como reemplazo a los materiales plásticos descartables obtenidos a partir de fuentes no renovables. Para ello, los objetivos establecidos para la consecución del presente proyecto son los siguientes:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Desarrollar láminas biodegradables y flexibles a partir de los extractos de colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), respectivamente.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Obtener mediante hidrólisis ácida extractos de colágeno y queratina a partir de las patas y de las plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), respectivamente.
- Establecer diferentes concentraciones de extractos de queratina y colágeno para el desarrollo de láminas plásticas moldeables y biodegradables.
- Producir láminas plásticas biodegradables y flexibles a partir de los extractos de colágeno y queratina.
- Determinar en base a las propiedades mecánicas y de degradación, la mejor formulación para el desarrollo de láminas plásticas biodegradables y flexibles.
- Establecer el beneficio/costo de la obtención de láminas plásticas biodegradables y flexibles.

1.2 Hipótesis

Es posible elaborar láminas plásticas biodegradables y flexibles a partir de extractos de colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*) que sirvan como reemplazo a los plásticos tradicionales.

H0: Los extractos de queratina y de colágeno obtenidos por hidrólisis a partir de las plumas y las patas del pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), respectivamente, no cumplen con las características necesarias para ser usados como ingredientes en la elaboración de láminas plásticas biodegradables y flexibles.

H1: Los extractos de queratina y de colágeno obtenidos por hidrólisis a partir de las plumas y las patas del pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), respectivamente, cumplen con las características necesarias para ser usados como ingredientes en la elaboración de láminas plásticas biodegradables y flexibles.

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Plásticos sintéticos

Los plásticos sintéticos o convencionales son polímeros artificiales simples que se conforman a partir de la unión de pequeñas moléculas enlazadas entre sí por monómeros sintéticos. Los plásticos sintéticos tienen origen orgánico y se elaboran a partir de fuentes no renovables como el petróleo o el gas y se caracterizan por su alta versatilidad, presentar una baja conductividad eléctrica y tener un alto peso molecular (Buteler, 2019).

La bakelita fue el primer polímero completamente sintético, fabricado por primera vez en 1909. Este polímero recibe su nombre del químico estadounidense Leo Baekeland, su creador. La bakelita es una resina de fenol formaldehído en presencia de un catalizador; si la reacción química es completada, se obtiene una sustancia de escaso valor. Baekeland descubrió que tras controlar la reacción y detenerla antes de su término se obtenía un material fluido y susceptible de ser vertido en moldes (García, 2009).

Una característica que diferencia a los plásticos de diferentes materiales es la relación que existe entre la resistencia eléctrica y la masa, los plásticos sintéticos se encuentran formados por enormes moléculas (macromoléculas), que pueden ser lineales, entrelazadas o ramificadas (Bolaños, 2019).

2.1.1 Clasificación de los plásticos.

En base a la estructura química de los plásticos sintéticos, la cual varía en función al tipo de monómero usado y al método de polimerización llevada a cabo, se pueden distinguir tres grupos de plásticos:

- **Termoplásticos:** Son polímeros solubles en disolventes orgánicos y que tienen una estructura lineal que puede ser ramificada o no. Estos polímeros son altamente requeridos debido sus buenas propiedades mecánicas y a su capacidad de fundición que permite su fácil reciclaje, son un producto de fácil procesamiento y económico (Beltrán y Marcilla, 2012).
- **Termoestables:** Son materiales insolubles y que no se pueden fundir debido a que adquieren una estructura molecular reticulada, al no poder fundirse son materiales que presentan excelentes propiedades a elevadas temperaturas (Beltrán y Marcilla, 2012).
- **Elastómeros:** Son plásticos conformados por pequeñas cadenas moléculas unidas por azufre, estos plásticos tienen la propiedad de poder estirarse varias veces su propia longitud y poder recuperar su forma original sin generar una deformación permanente en el material (Juárez et al., 2012).

2.1.2 Tipos de plásticos sintéticos.

A lo largo del tiempo se ha ido modificando la composición del plástico para elaborar distintos productos que se adapten a las necesidades actuales de la sociedad. Según García (2019), existen seis principales tipos de plásticos sintéticos, los cuales se detallan a continuación:

2.1.2.1 Tereftalato de polietileno (PET).

Este tipo de plástico está compuesto generalmente por un 64 % de petróleo, 23 % de derivados líquidos de gas natural y un 13 % de aire. Se utiliza para elaborar envases de bebidas gaseosas y aguas minerales. Los materiales compuestos por PET representan el 0.3 % del total de los residuos sólidos urbanos (Alesmar et al., 2008).

2.1.2.2 Polietileno de alta densidad (HDPE).

El polietileno de alta densidad es un material más resistente que el PET, y contiene antimonio como sustancia tóxica; es un material común para envases no transparentes como botellas de leche, de detergente, paquetes de alimentos y aceite de motor. Los plásticos elaborados con HDPE representan el 14 % de toda la basura plástica ambiental (Rodríguez, 2021).

2.1.2.3 Policloruro de vinilo (PVC).

El policloruro de vinilo como un polímero es obtenido de dos materias primas naturales: el cloruro de sodio (NaCl), (57 %) y el petróleo (43 %). Es un polímero ampliamente utilizado debido a su versatilidad, se emplea en diversas áreas tales como la construcción, energía, salud, preservación de alimentos y artículos de usos diarios. A pesar de que su producción no sea considerada como riesgosa para el medio ambiente, el PVC es uno de los tipos de plásticos más difíciles de reciclar (Barretto, 2016).

2.1.2.4 Polietileno de baja densidad (LDPE).

El polietileno de baja densidad (o por sus siglas en inglés LDPE), es un termoplástico formado por unidades repetitivas de etileno con una estructura de cadenas ramificadas, esto causa su baja densidad en comparación al HDPE. Se utiliza comúnmente para la fabricación de bolsas de plástico, envases de plástico films, en aplicaciones de alambre y cable, en dispositivos protectores, detergentes y piezas para el sector automovil; Como el resto de los termoplásticos, el LDPE puede reciclarse (JUBEDI, S.L., 2019).

2.1.2.5 Polipropileno (PP).

El polipropileno es uno de los tipos de plásticos más ligeros al contar con una densidad de 0.905; se obtiene a partir de la polimerización de etileno, propileno y otras olefinas. Se utiliza en mayor medida en el campo automotriz y herramientas. Es uno de los principales productos plásticos en el mundo y

los artículos acabados compuestos por este tipo de plástico por lo general tienden a ser resistentes al deterioro, además de su elevado punto de fusión que le permite una alta resistencia a la tracción en altas temperaturas (Billmeyer, 2020).

2.1.2.6 Poliestireno (PS).

El poliestireno es un material polimérico espumado de gran volumen que proviene del petróleo. Se utiliza para la producción de envases para comida y embalaje; en el sector de la construcción su función es aislar la temperatura y el sonido. A pesar de ser un residuo de fácil reciclaje, es un residuo nocivo para el medio ambiente debido a que no se degrada naturalmente y por lo general termina en el océano, afectando al ecosistema marino en donde los animales que ingieren estos desechos llenan su sistema digestivo y mueren por inanición (Arthuz y Pérez, 2019).

2.1.3 Análisis para la caracterización de los plásticos.

A fin de determinar el uso de los plásticos que se elaboran, se deben evaluar sus propiedades y caracterizar los mismos. Los análisis más empleados para dicho fin se describen a continuación

2.1.3.1 Espectroscopia infrarroja (FTIR).

Al emplear bases de datos y los conocimientos actuales, se obtiene un espectro infrarrojo que actúa como huella dactilar de cada material que conforma un plástico, así mismo, este análisis revela el polímero base del que se conforma el plástico (Instituto Tecnológico del Plástico, 2019).

2.1.3.2 Calorimetría diferencial de barrido (DSC).

Es una técnica termo analítica que mide la diferencia en la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura de una muestra en función de la temperatura de referencia, en otras palabras, el análisis DSC calcula la

cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de la muestra en comparación a un material de referencia (Gallo, 2021).

2.1.3.3 Análisis termogravimétrico (TGA).

El análisis termogravimétrico mide las variaciones de la masa de una determinada muestra al aplicársele un aumento o disminución temperatura constante. En otras palabras, el TGA permite caracterizar con alta precisión el comportamiento térmico de un material, durante este ensayo debe de realizarse un constante monitoreo sobre las fluctuaciones de masa de la muestra, la temperatura y atmósfera (Gallo, 2021).

2.1.3.4 Reometría capilar y rotacional.

Por medio de este método se puede conocer la capacidad de procesamiento de los distintos materiales poliméricos. El comportamiento reológico de un producto se puede determinar, definir y cuantificar en relación variables como: la viscosidad, el esfuerzo cortante, la tasa de cizalladura, la temperatura, el tiempo y la concentración; los métodos por reometría convencionales son los rotacionales y de flujo, que se aplican mediante el uso de equipos tales como: reómetros y viscosímetros (Quintero, 2020).

2.1.3.5 Microscopia óptica y electrónica (SEM).

La microscopia electrónica utiliza un haz de electrones de alta energía para formar las imágenes en la óptica del instrumento con un aumento de hasta un millón de veces; es una técnica no destructiva y útil a la hora de recoger información acerca de la degradación de micro plásticos en el ambiente (Toledo, 2019).

2.1.3.6 Cromatografía.

La cromatografía es un proceso que separa sustancias complejas con el objetivo de estudiar la composición de las mismas y obtener su

caracterización en detalle. Este análisis permite cuantificar los componentes menores de los materiales plásticos, entre los cuales se encuentran: aditivos, antioxidantes, plastificantes, agentes deslizantes, monómeros residuales, solventes retenidos y agentes de degradación (Riesco y González, 2016).

2.1.3.7 Técnicas acopladas.

Se emplean como mínimo dos procedimientos analíticos para examinar el mismo material simultáneamente, sin embargo, cada análisis se enfocara en una característica específica de la muestra y se obtendrán diversos resultados (Instituto Tecnológico del Plástico, 2019).

2.1.4 Reciclaje y reutilizamiento de los plásticos.

La capacidad de un plástico para ser reciclado permite la reducción del uso de materias primas, esto permite ahorrar los recursos extraídos directamente de la tierra, así como reducir el uso de energía proveniente de la extracción de recursos. Actualmente, los fabricantes de componentes plásticos buscan obtener productos que cumplan con altos estándares de calidad al menor costo de producción y con un mínimo impacto ambiental; sin embargo, existen algunos obstáculos que no permiten que la industria del reciclaje de plástico avance, tales como: la falta de cultura del reciclaje en la sociedad y las endeble regulaciones de las instituciones del gobierno (Mendoza, 2020).

El reciclaje se ha convertido en una parte importante de la gestión sostenible de residuos y puede ser desarrollado como una actividad de valoración de desechos formal o informal. Las actividades de valorización de residuos se realizan a través de cadenas de valor informales dependientes de la venta de los materiales recuperados de los residuos (Barreto et al., 2020).

Tuta (2020), describe a los residuos plásticos como un grupo de materiales plásticos, resinas o productos poliméricos que deben volver a procesarse para darles un nuevo uso.

Durante diversas etapas del ciclo de uso de los plásticos, estos son fuentes potenciales de residuos, aproximadamente el 60 % de la basura producida tras el uso de plásticos son desechos postconsumo mientras que el 40 % restante son materiales de larga duración como tuberías, cables, auto partes, entre otros (Tuta, 2020).

En todo el mundo circulan aproximadamente 800 millones de desechos plásticos; tres cuartas partes de estos desechos terminan en vertederos, por lo que es importante aumentar el índice de reciclaje de plásticos a fin de reducir el daño medioambiental (Bermeo et al., 2018).

En Ecuador, existen 3 283 empresas dedicadas exclusivamente al reciclaje, actividad que genera 22 millones de dólares en producción, convirtiendo el reciclaje en un sector de alta prioridad para la economía del país; a pesar de esto la industria se encuentra aún en desarrollo siendo un mercado con alto potencial (Zabala, 2018).

2.1.5 Importancia económica de los plásticos.

La producción mundial de plástico alcanzó los 348 millones de toneladas en 2017 y si esta tendencia se mantiene se podrían generar hasta 12 mil millones de toneladas de residuos plásticos para 2050. Debido al aumento poblacional y la urbanización, se espera que pronto sea necesario utilizar el 25 % de la producción mundial actual de petróleo para fabricar polímeros plásticos tradicionales (Laborda, 2022).

Debido a los cambios en el estilo de vida de la población mundial, ha existido un aumento descontrolado del uso de plásticos sintéticos descartables como empaques, platos, vasos o sorbetes; que han generado alteraciones en el ecosistema debido al mal manejo de desechos por parte de las autoridades (Huacho et al., 2022).

Ecuador es un gran mercado de consumo de plásticos de un solo uso, esto ha causado que la producción de artículos plásticos aumente durante la última década; aproximadamente se fabrican anualmente 1 500 millones de fundas tipo camiseta y menos del 50 % se reciclan o reutilizan (Portilla, 2022).

2.1.6 Ventajas de los plásticos.

Piñeros y Herrera (2018), destacan que: el plástico, al ser más liviano, tiene dos grandes beneficios: disminuir la inversión en los cimientos de los edificios y conservar energía gracias a sus bebidas térmicas, ambos con ventajas a largo plazo (p. 45).

A pesar del origen orgánico de los plásticos estos no pueden disolverse, oxidarse ni descomponerse en condiciones ambientales naturales durante un periodo corto de tiempo; así mismo son un producto de un relativo bajo costo. Leo Baekeland utilizó la bakelita para fabricar interruptores, enchufes y diversos materiales eléctricos durante la época de la guerra mundial, debido a que este precursor del plástico moderno contaba con la propiedad de aislar los elementos eléctricos (Torres de la Torre, 2019).

A través del uso de capas o recubrimientos, los plásticos pueden lograr una alta resistencia física y química que evita la penetración de sustancias, brindándole la propiedad de impermeabilidad a los plásticos; así mismo, son productos altamente versátiles y de alto rendimiento utilizados en diversas industrias (Torres de la Torre, 2019).

2.1.7 Desventajas de los plásticos.

Entre las desventajas del uso de los plásticos sintéticos se encuentran: una baja resistencia a la temperatura, la reducción de sus propiedades mecánicas al estar en contacto con alimentos y un bajo índice de degradación (Campos, 2017).

Una de las principales consecuencias del creciente uso de materiales plásticos de un solo uso es su elevado tiempo de degradación y la mala gestión tras su uso, factores que propician que estos se acumulen en los océanos, afectando a la flora y fauna y a los humanos (García et al., 2019).

A los plásticos sintéticos se les añaden aditivos para mejorar sus características, la mayoría de estos aditivos no se encuentran ligados químicamente al plástico y son susceptibles a desprenderse, pudiendo llegar a contaminar los alimentos o líquidos con los que se encuentren en contacto; estos aditivos son disruptores endocrinos que acarrear enfermedades como diabetes, infertilidad, cáncer, malformaciones, desordenes en el neuro desarrollo, entre otros (González, 2019).

Los plásticos al descomponerse generan micro plásticos, de tamaño menor a 5 mm, estos pueden ser ingeridos fácilmente por animales dentro de la cadena trófica tales como el zooplancton, los cuales tras ingerir plástico pueden llegar a morir por inanición debido a que pueden sufrir de una obstrucción física del sistema digestivo (Sarria Villa y Gallo, 2016).

Estudios recientes estiman que una persona ingiere aproximadamente cinco gramos de plásticos cada semana, es decir, una persona consumiría alrededor de 2 000 piezas de plástico cada semana, lo equivalente al peso de una tarjeta de crédito convencional (WWF, 2019).

2.1.8 Contaminación de los plásticos.

Durante los últimos cincuenta años, la contaminación del ecosistema marino debido a los residuos plásticos se ha vuelto una problemática crítica a nivel mundial, pues se estima que 6.4 millones de toneladas de basura se vierten anualmente en el océano, aproximadamente 200 kilogramos por segundo, siendo los plásticos el desecho que se encuentra en mayor cantidad (Jaén et al., 2018).

De acuerdo a Fundación AQUAE (2021), la producción de plásticos anual ronda las 380 toneladas, lo que equivale al peso de 1 millón de aviones tipo Boeing 747 completamente cargados y tres cuartas partes de la producción anual se desechan como basura mientras que el resto se descarta, acumulándose en vertederos, ríos y océanos.

La acumulación de estos residuos en los océanos ha propiciado la formación de “Islas Basuras”, compuestas en un 99 % por plásticos. Estas islas basuras se han descubierto en el océano Pacífico, Índico y Atlántico, siendo la del Pacífico la de mayor extensión (1.6 de millones de km²), esto es equivalente a la dimensión de Francia multiplicada tres veces (Fundación AQUAE, 2021).

Se estima que, debido a la gran cantidad de residuos plásticos acumulados en los océanos, la cantidad de micro plásticos presentes en la capa superficial de los océanos a nivel mundial es de 24.4 billones toneladas de micro plásticos, lo que equivale a aproximadamente 30 mil millones de botellas de agua de medio litro (Parker, 2022).

Los plásticos y espumas presentes en camas, alfombras, carcasas de electrónicos y otros, contienen difenil éter polibromado que pueden dañar sistemas reproductivos, y producen déficit motor y de memoria. Los ftalatos que se utilizan para brindar mayor flexibilidad a los plásticos producen una

enfermedad denominada “disrupción endocrina”, que puede acarrear cáncer y malformaciones en contacto de mujeres embarazadas, siendo esta una condición causada por tóxicos en plásticos que entran a la cadena alimenticia fácilmente (Barrientos, 2019).

2.1.9 Degradabilidad de los plásticos.

El plástico tiene un tiempo de degradación que varía entre ciento cincuenta y mil años, y dependiendo de las condiciones ambientales en las que se encuentre el plástico, puede permanecer intacto durante varios siglos o también puede llegar a fragmentarse en trozos diminutos, formando micro plásticos imperceptibles para el ser humano (González, 2019).

Rabell et al. (2013), detallan que las dos categorías principales de plásticos biodegradables son los que pueden hidrolizarse y los bioplásticos que se deben someter a un proceso de oxidación, debido a que requieren de la radiación UV o la temperatura para comenzar a biodegradarse. Estos últimos tipos de plásticos se denominan oxo-biodegradables.

Tras utilizar el método del ensayo ASTM 6954-04, que permite la evaluación de la degradación de plásticos por medio de la combinación de procesos de oxidación y biodegradación, se evalúa la biodegradabilidad de bolsas plásticas que sean oxobiodegradables. Sin embargo, este ensayo omite las circunstancias regionales que pueden provocar la degradación (Rabell et al., 2013).

Las condiciones de prueba que se utilizan son: La exposición del plástico a 20 horas de luz ultravioleta, 4 horas de condensación para replicar el efecto de la luz solar, el calor, la lluvia y el rocío en los ciclos día/noche. Esto es esencial para determinar la tasa de degradabilidad de un producto terminado si se expone a luz ultravioleta (Brentwood Plastics, 2020).

2.2 Bioplásticos

Los bioplásticos son materiales que se obtienen debido a la descomposición aeróbica o anaeróbica causada por microorganismos. A diferencia de los plásticos convencionales estos se obtienen a partir de materia orgánica y un gran porcentaje de los bioplásticos son biocompostables (Rimac, 2019).

El término "bioplásticos" se refiere a bienes naturales hechos de recursos naturales que tienen naturaleza monomérica o polimérica. Los polímeros animales están presentes de forma natural en polisacáridos y ácidos nucleicos. Así mismo, los bioplásticos pueden producirse por medio de fermentación química, biológica y microbiana a partir de polímeros de origen vegetal (Arotoma y Pacahuala, 2020).

2.2.1 Biopolímeros.

Los biopolímeros son macromoléculas formadas por unidades funcionales que han sido desarrollados por diferentes organismos de maneras directas o procesadas indirectamente. Estos son descritos también como aquellos plásticos que tienen base biológica o tienen la capacidad de biodegradarse (Cornejo et al., 2020).

Los biopolímeros pueden elaborarse a partir de carbohidratos, proteínas, lípidos y otros grupos funcionales a fin de obtener ácido poliláctico, poliésteres como los Polihidroxicanoatos, almidones termoplásticos, entre otros (Cornejo et al., 2020).

Un polímero biodegradable debe cumplir con las normas ASTM D5338 y D6002, estas normas exigen que el grado de degradación por acción enzimática debe rondar entre el 60 % y 90 % si se trata de una combinación de materiales (Alba et al., 2021).

2.2.2 Fuentes de producción de los biopolímeros.

Abril (2020), explica que los biopolímeros naturales provienen de cuatro grandes fuentes:

- Origen animal: colágeno, queratina, triglicéridos
- Origen Marino: quitina y quitosano
- Origen agrícola: proteínas y polisacáridos.
- Origen microbiano: ácido poliláctico (PLA) y polihidroxialcanoatos.

2.2.3 Polímeros.

Además de ser conocidos como plásticos, el termino polímero según sus raíces quiere decir poli=muchos meros=partes, al estar conformado por cadenas de moléculas largas, los polímeros tienen un alto peso molecular; generalmente se encuentran compuestos por carbono, hidrógeno, oxígeno, azufre y nitrógeno (Vargas et al., 2021).

2.2.3.1 Polímeros obtenidos de fuentes naturales.

Los polímeros obtenidos de fuentes naturales son aquellos que se obtienen tanto de plantas como animales; entre los materiales poliméricos biodegradables de origen orgánico más utilizados se encuentran los derivados del almidón, debido a que puede encontrarse en grandes cantidades, son renovables, y tienen un costo relativamente bajo, además de su fácil procesamiento (Posada y Montes, 2021).

2.2.3.2 Polímeros obtenidos por síntesis química.

Este tipo de polímeros surgen utilizando monómeros biológicos en un proceso de síntesis tradicional. La polimerización, o síntesis de polímeros, es una reacción química en la que los monómeros se juntan mediante enlaces covalentes para formar polímeros. Por ejemplo, el ácido poliláctico (PLA), un poliéster hecho de monómeros de ácido láctico (Merck, 2019).

2.2.3.3 Polímeros obtenidos de microorganismos modificados genéticamente.

Estos polímeros se producen a partir resultado del metabolismo microbiano, son creados por bacterias que crean gránulos de polímero de forma natural dentro de sus propias células. Un ejemplo de estos organismos es el azotobacter, una bacteria que se encuentra presente en el suelo y tiene la capacidad de producir polihidroxibutirato (PHB) 100 % biodegradable y biocompatible. Al encontrarse en cultivo, estas bacterias pueden multiplicarse y esto permite la extracción del material necesario para producir un plástico (Universidad Nacional Autónoma de México, 2016).

2.2.3.4 Polímeros biodegradables sintéticos.

Castrillón (2021), describe a los polímeros elaborados a base de petróleo como sustancias no biodegradables. Sin embargo, se pueden agregar otros grupos moleculares a la estructura de estos polímeros brindándoles la propiedad de ser vulnerables a la descomposición bacteriana.

Otros polímeros sintéticos biodegradables son:

- Almidón + PET modificado
- Almidón + PCL (policaprolactona)
- Almidón + PBS (polibutileno succianato) | PBSA (polibutileno succianato adipato)
- Almidón + PVOH (polivinil alcohol)
- PLA (ácido poliláctico) + PHA (polihidroxi alcanato) (parr. 17).

2.2.4 Características de los bioplásticos.

Los bioplásticos tienen un alto peso molecular y se elaboran a partir de fuentes naturales como almidones, celulosa, cultivos microbianos de poliésteres, entre otros. Su principal característica es la acelerada

degradación de estos compuestos a CO₂ y H₂O, debido a la intervención de microorganismos que se encuentran en el ambiente (Riera et al., 2020).

Riera et al. (2020), explican que los bioplásticos se dividen en tres categorías:

- Bioplásticos de recursos renovables, cuyos monómeros se derivan de la biomasa, estos son producidos por fermentación de recursos renovables, aunque el proceso de polimerización posterior se realiza por métodos químicos convencionales.
- Bioplásticos sintetizados por rutas biotecnológicas: estos se sintetizan a través de dos rutas, la obtención de monómeros por medio de la biotecnología y su polimerización a través de medios químicos; la otra es sintetizar bioplásticos a través de la fermentación microbiana.
- Síntesis de polímeros biodegradables: polimerización de monómeros a partir de fuentes fósiles.

2.2.5 Ventajas de los bioplásticos.

La biodegradación de bioplásticos se basa en la degradación de sustratos complejos por parte de microorganismos a través de rutas metabólicas catalizadas por sus enzimas secretadas, con el objetivo de obtener sustancias simples de fácil absorción por el medio ambiente, principalmente agua, dióxido de carbono y biomasa (Aponte y Soledad, 2022).

Pluas et al. (2020), describen que los biopolímeros o bioplásticos tienen un interesante conjunto de ventajas como: el bajo impacto ambiental de su elaboración y uso, el bajo consumo de energía en su producción, su potencial como valor agregado de sus subproductos y su biodegradabilidad particular; ante el aumento de la demanda de productos elaborados por métodos

sostenibles, los bioplásticos se están convirtiendo en el material de elección predilecto por un número mayor de compañías en todo el mundo.

Los bioplásticos tardan 90 días en degradarse en compostaje natural y entre 28 a 60 días en ambientes con alta humedad; recientemente existe un aumento en la utilización de bioplásticos en el mercado, por lo general los productos fabricados corresponden a envases de alimentos y bebidas, electrónica de consumo, automoción, agricultura/jardinería y juguetes, entre otros. Siendo su área de aplicación más importante los envases plásticos, que representan el 48 % del mercado mundial (Aponte y Soledad, 2022).

Los plásticos biodegradables se caracterizan por una degradación completa en CO₂ y H₂O bajo la acción de microorganismos. Los bioplásticos no generan el mismo impacto ambiental que los plásticos convencionales y cuentan con las mismas aplicaciones que los plásticos de uso cotidiano (Salgado y Herrera, 2020).

2.2.6 Desventajas de los bioplásticos.

Aunque un plástico compostable siempre es biodegradable pero un plástico biodegradable puede no ser compostable. Ciertos plásticos son comercializados como compostables solo pueden degradarse en plantas industrial y ese proceso no puede ocurrir de forma espontánea en la naturaleza debido al elevado tiempo de degradación de los materiales que puede tomar hasta cientos de años (Durán y Espinosa, 2021).

Reivindicar la biodegradabilidad y compostabilidad de los plásticos sin ninguna especificación estándar puede ser engañoso, la biodegradación de los plásticos debería considerarse practica cuando ocurre en un plazo temporal razonable (Durán y Espinosa, 2021).

Esta nueva alternativa a los polímeros sintéticos, no ofrece mejor resistencia mecánica ni física en comparación con los materiales plásticos y adquiere una mayor fragilidad al estar en contacto con líquidos; sin embargo, la principal desventaja de los plásticos degradables es su manejo final, estos ocupan un mayor espacio a diferencia de los plásticos convencionales generando mayores costes de tratamiento (Cahuana, 2019).

2.2.7 Formas de producción de bioplásticos.

Algunos bioplásticos se producen directamente a partir de biopolímeros naturales como polisacáridos y proteínas, mientras que otros se sintetizan químicamente a partir de derivados del azúcar y lípidos derivados de plantas o animales, o también son producidos biológicamente a través del azúcar o la fermentación lípida (Sabry, 2022).

Producir plástico a partir de materias primas biodegradables no resuelve los problemas medioambientales causados por el plástico debido a que no todos los bioplásticos hechos de biomasa son biodegradables. Por otro lado, existen indicios acerca de la biodegradabilidad de algunos plásticos tradicionales a través de la descomposición enzimática por parte de microorganismos y hongos, pero esto depende en gran medida de la estructura del polímero y la presencia de condiciones ambientales específicas (Ruiloba et al., 2018).

2.2.8 Degradabilidad de los bioplásticos.

Los plásticos biodegradables son aquellos cuya degradación produce CO₂, CH₄, agua, biomasa y contienen al menos un 50 % de sólidos además de pequeñas cantidades de productos químicos peligrosos. La degradación de este tipo de plástico en un corto lapso de tiempo, tienden a degradarse hasta un 90 % dentro de los seis meses en presencia de oxígeno (degradación

aeróbica) y dentro de los dos meses en ausencia de oxígeno (degradación anaeróbica) (Ministerio del Ambiente de Perú, 2017).

Existen productos sustitutos a materias primas para la elaboración de bioplásticos, entre estos se encuentran plumas y tarsos de aves, durante su proceso de elaboración emiten entre 0.8 y 3.2 toneladas menos de dióxido de carbono por tonelada en comparación de los plásticos derivados del petróleo y el tiempo de degradación es menor, constituyendo así una alternativa para la sustitución de una gran variedad de plásticos (Calle et al., 2016).

2.2.9 Biodegradación de polímeros.

La degradación microbiana de plásticos se ha propuesto como una alternativa ecológica al problema de residuos; a diferencia de la incineración, la degradación microbiana ofrece condiciones operativas que no son violentas ni costosas. Diversos microorganismos con una gran diversidad catabólica están involucrados en la degradación microbiana y son capaces de degradar, transformar, sintetizar y acumular de forma natural una amplia gama de compuestos: desde lignina, almidón, celulosa y hemicelulosa hasta hidrocarburos, fármacos y metales (Ccallo et al., 2020).

La capacidad de un polímero de biodegradarse es dependiente de la naturaleza de los enlaces de sus moléculas. Cuando la mayoría de los seis tipos principales de plásticos sintéticos cuentan con enlaces carbono-carbono, más difíciles serán de degradar (Contreras y Cubas, 2020).

2.2.10 Residuos pecuarios.

Gracias a la biotecnología, los subproductos orgánicos del sector industrial y los residuos de la industria avícola se perfilan como nuevas fuentes de recursos. Esta materia científica permite rescatar y valorar materiales que

antes eran considerados desechos y transformarlos en productos de alto valor (Díaz y De la Cruz, 2021).

Díaz y De la Cruz (2021), explican que:

Esto supone un cierre del círculo en el sistema de producción y consumo dejando atrás los esquemas de la economía lineal. En concreto, en 2015 la Comisión Europea estimó que podría suponer un ahorro anual en materias primas por parte de la industria de 600 000 millones de euros, equivalentes a un 8 % de la facturación anual de la UE en ese año. (párr. 6)

Durante los últimos años, un número cada vez mayor de empresas busca reciclar los residuos generados por sus actividades y convertirlos en productos de buena calidad y alto valor utilizando técnicas respetuosas con el medio ambiente. Sin embargo, al ser considerados subproductos de origen animal no destinados al consumo humano, el manejo y eliminación de estos desechos es costoso (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).

Según Arotoma y Pacahuala (2020), al producir polímeros naturales estos pueden ser obtenidos a partir de la quitina, quitosano, productos lácteos, plumas de aves y proteínas de huevos. A fin de obtener polímeros naturales con mejores características se añaden plastificantes como el glicerol, etilenglicol, propilenglicol, polietilenglicoles y poli propilenglicoles, que exhiben altas propiedades mecánicas y físicas (p.14).

2.3 Proteínas

Las proteínas son las macromoléculas orgánicas más abundantes en las células vivas y en el ser humano. Se desempeñan como componentes estructurales, enzimas, hormonas, mensajeros, transportadores y componentes del sistema inmune. Están construidas a partir un mismo

conjunto de 20 aminoácidos, de los cuales nueve no pueden ser sintetizados en el organismo, por lo que se les considera aminoácidos esenciales (Quesada y Gómez, 2019).

La capacidad del organismo para sintetizar nuevas proteínas depende, entre otros aspectos, de la disponibilidad de aminoácidos esenciales; la disposición o secuencia de estos aminoácidos dicta la estructura y función de varias proteínas, una proteína puede tener cientos o incluso miles de aminoácidos (Quesada y Gómez, 2019).

2.3.1 Aminoácidos y sus tipos.

Moran (2016), indica que los aminoácidos son sustancias orgánicas que siempre tienen al menos un grupo carboxilo (-COOH) y un grupo amino (-NH₂), a excepción de la taurina (que es -SO₃H). Esto permite la creación de una fórmula universal para todos los aminoácidos.

Pueden ionizarse como ácido cuando el pH es básico, como base cuando el pH es ácido, o como ácido y base cuando el pH es neutro porque los aminoácidos son anfóteros, lo que significa que pueden disolverse en agua acuosa (Morán, 2016).

De acuerdo a Villarasa (2020), aunque existan cientos de aminoácidos en la naturaleza, el cuerpo humano dispone de 20 aminoácidos para poder construir sus estructuras. Enfocándose en el método de obtención existen tres grandes tipos:

- Aminoácidos esenciales: Estos son los aminoácidos que el cuerpo no puede producir por sí mismo.
- Aminoácidos no esenciales: Estos son creados por el cuerpo a partir de moléculas que ya existen en él.

- Aminoácidos condicionales: El cuerpo puede producir aminoácidos. Sin embargo, algunos de ellos serán condicionales en ciertas circunstancias porque el cuerpo deja de producirlos.

En la Tabla 1, se presenta la clasificación de los diversos tipos de aminoácidos.

Tabla 1. Clasificación de aminoácidos

Tipos de aminoácidos		
Esenciales	No esenciales	Condicionales
Leucina.	Alanina.	Arginina.
Isoleucina.	Arginina.	Cisteína.
Valina.	Asparagina.	Glutamina.
Metionina.	Ácido aspártico.	Ornitina.
Lisina.	Cisteína.	Tirosina.
Fenilalanina.	Ácido glutámico.	Glicina.
Triptófano.	Glutamina.	Prolina.
Treonina.	Glicina.	Serina.
Histidina.	Prolina.	
Arginina.	Serina.	
	Tirosina.	

Fuente: Villarasa, 2020.

Elaborado por: La Autora

2.3.2 Péptidos y polipéptidos.

Según Moran (2016), los péptidos son moléculas que se crean a partir de la unión de dos o más aminoácidos (AA) mediante enlaces -amida. Estos enlaces también conocidos como peptídicos, se crean cuando el grupo carboxilo de un AA reacciona con el grupo amino de otro, con la eliminación de una molécula de agua.

Los péptidos no cuentan con más de 50 a 100 aminoácidos; por lo general, las cadenas polipeptídicas con pesos moleculares inferiores a 5 000 daltons se consideran péptidos en lugar de proteínas (Morán, 2016).

De acuerdo a la Real Academia Española (2014), un polipéptido es una molécula constituyente de las proteínas, formada por una cadena de aminoácidos.

2.3.3 Colágeno.

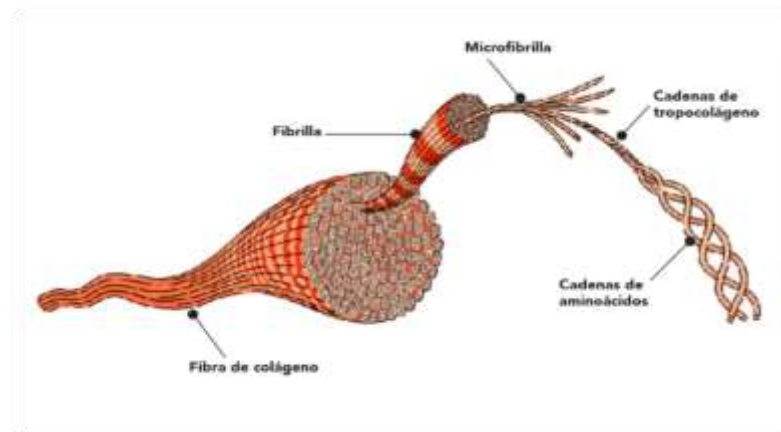
El colágeno es la proteína más prevalente en mamíferos y es también la estructura fundamental de los animales vertebrados, debido a esto es una de las materias primas de más fácil acceso para los biopolímeros. Entre las características de los biopolímeros elaborados a partir de colágeno se encuentran: una alta resistencia a la tracción, la fácil absorción del polímero que le permite ser biodegradable y biocompatible, además de ser un material no tóxico (Sabry, 2022).

De acuerdo a Elsevier (2019), es la proteína más abundante en el cuerpo humano (representando un 25 % de la proteína corporal total). En los seres humanos se pueden encontrar hasta 28 colágenos diferentes, siendo el “colágeno tipo 1” el más abundante.

La composición del colágeno tipo 1 incluye 10 % de prolina y 33 % de glicina. Además, tiene un 1 % de 5-hidrolisina, un 0.5 % de 3-hidroxiprolina y un 10 % de 4-hidroxiprolina (Elsevier, 2019).

En el Gráfico 1. se muestra la composición detallada de una fibra de colágeno.

Gráfico 1.Fibras de colágeno



Fuente: Iconica Sport, 2021

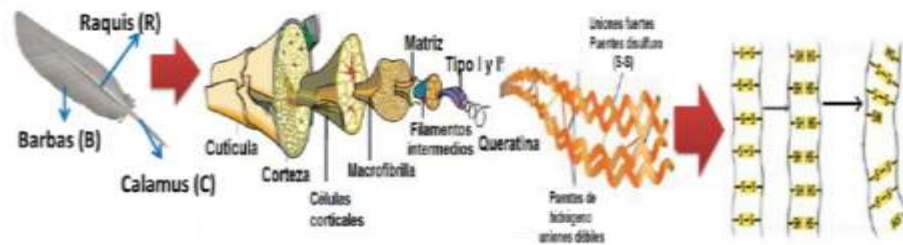
2.3.4 Queratina.

La queratina es una proteína fibrosa que se encuentra en el cabello y las uñas, y les proporciona la consistencia a estas estructuras del cuerpo humano, existen dos formas estructurales de la queratina: la queratina alfa o suave que se encuentra enrollada de forma helicoidal y la queratina beta o queratina dura que no tiene elasticidad y presenta una dureza rígida que puede ser quebradiza (Brown, 2022).

Los queratinocitos son las células que producen naturalmente esta proteína en los seres vivos y se encuentran en la capa profunda de la epidermis; la lana, el pelo, las uñas y la piel de las ovejas contienen queratina α , una estructura muy resistente con fuertes puentes disulfuro que es soluble tanto en agua como en disolventes orgánicos, mientras que las telas de araña, las plumas, las garras y los picos de las aves contienen queratina β en una concentración media del 80 % (Oviedo, 2019).

En el Gráfico 2, se puede observar una representación de la estructura de la queratina a nivel molecular.

Gráfico 2. Estructura de la queratina



Fuente: Orjuela et al., 2015

2.3.5 Fuentes de la queratina: estructura de las plumas.

Las plumas se encuentran constituidas por queratina, que es una proteína fibrosa que recubre la capa externa de la piel de un ave y es el elemento principal que conforma las uñas y garras, al conjunto de plumas que tiene un ave se le denomina plumaje y es una capa protectora que funciona como aislante térmico del animal. Así mismo, funciona como camuflaje, permite la diferenciación de los sexos de las aves y es un elemento de atracción durante el cortejo (Rosso y Álvarez, 2022).

La pluma está conformada por un eje central duro que sostiene el laminar llamado estandarte, en el eje de las plumas existen dos secciones: el cálamo o cañón y el raquis. El estandarte se encuentra formado por ramificaciones llamadas barbas que, a su vez, tienen ramificaciones denominadas barbillas cuyas ramificaciones forman una lámina en el estandarte de la pluma, lo que permite que la pluma aparezca lisa y con una superficie continua (Rosso y Álvarez, 2022).

2.3.6 Métodos de obtención de la queratina.

De acuerdo a Orjuela y Zaritzky (2021), las queratinas se pueden obtener y extraer a partir de distintas biomásas, para poder extraer queratinas se necesita la escisión de los enlaces disulfuro (S-S), de este modo,

rompiendo las microfibrillas a fin de obtener las moléculas de queratina separadas. Para poder reducir estos puentes disulfuro se emplean agentes reductores, los agentes que se utilizan generalmente son el 2-mercaptoetanol (2-MEC), Ditioneitol (DTT), ambos son altamente contaminantes y agresivos para el operador.

El hidróxido de sodio (NaOH) es una alternativa menos nociva y económica, a utilizarse en altas temperaturas para tratar biomásas que son ricas en queratina provoca la hidrólisis de las moléculas de cistina dando lugar a aminoácidos libres modificados solubles en agua (Orjuela y Zaritzky, 2021).

2.3.7 Gelatina.

La gelatina es una proteína que se considera como un alimento natural, esta se obtiene por medio de hidrólisis acida, alcalina o enzimática de la molécula de colágeno. Sus fuentes de obtención pueden variar desde las pieles de bovinos o porcinos, huesos desmineralizados de animales, escamas de pescados, entre otros (Ramos, 2021).

Ramos (2021), explica que la gelatina sin sabor está compuesta de la siguiente manera: el 98 % de la gelatina es proteína de colágeno y 2 % restantes son sales minerales; también posee una amplia variedad de aminoácidos, los cuales son: la glicina (27 %), la prolina (16 %), la valina (14 %), la hidroxiprolina (14 %) y el ácido glutámico (11 %).

En la Tabla 2, se explica en mayor detalle cuales son los diversos aminoácidos presentes en la gelatina de colágeno proveniente de patas de aves.

Tabla 2. Aminoácidos presentes en la gelatina de colágeno

Aminoácidos presentes en la gelatina de colágeno (patas de aves)

Acido aspártico	Metionina
Treonina	Isoleucina
Serina	Leucina
Acido Glutámico	Tirosina
Prolina	Finlanina
Glicina	Histidina
Alanina	Lisina
Cisteína	Arginina
Valina	

Fuente: Yufera, 2020

Elaborado por: La Autora

2.4 Plastificantes

De acuerdo a Reynoso (2018), los plastificantes son sustancias poco volátiles que se aplican a un polímero para mejorar sus propiedades, es decir, son un material que se utiliza para brindarle las características del caucho (mejor maleabilidad, mayor elasticidad y fluidez al fundirse) a un termoplástico.

A diferencia de los polímeros puros, la transición entre el caucho y el polímero rígido ocurre en los termoplásticos plastificados en un mayor rango de temperatura (Reynoso, 2018).

2.4.1 Tipos de plastificantes.

Romero (2018), explica que los plastificantes se caracterizan por su eficiencia, es decir, la cantidad de plastificante necesaria para conseguir el desarrollo de las propiedades mencionadas anteriormente. Estos plastificantes están divididos en seis grupos, de acuerdo a su naturaleza química:

- Ftalatos
- Poliésteres (diésteres alifáticos)
- Trimetilatos
- Fosfatos
- Plastificantes poliméricos
- Plastificantes epoxidados y parafinas cloradas (Romero, 2018)

2.4.2 Glicerina.

Arrieta et al. (2018), indican que la glicerina es el plastificante que se utiliza en mayor frecuencia para la elaboración de biopolímeros, esto se debe a la combinación de sus propiedades que son: su alta efectividad como plastificante, baja volatilidad, la capacidad de interactuar con enlaces de hidrógeno y una amplia compatibilidad que le permite la formación de elementos estables

La glicerina, también llamada glicerol, es un líquido espeso, dulce, inodoro, higroscópico e incoloro. Es un lípido compuesto por tres moléculas de ácidos grasos conectadas por enlaces lipídicos a una molécula de propanotriol (Arrieta et al., 2018).

2.4.3 El uso de plastificantes.

Para realizar la elaboración de bioplásticos a partir de materias primas provenientes de la biomasa (por ejemplo: el almidón) se necesita incorporar plastificantes, estabilizantes y materiales reforzantes a fin de mejorar la estabilidad del producto final y mejorar las características que poseen las materias primas utilizadas (Gutiérrez et al., 2019).

Los plastificantes son sustancias que se utilizan en la fabricación del compuesto del PVC para que el producto terminado obtenga blandura y

flexibilidad, los plastificantes permiten la creación de productos que son versátiles, durables y accesibles tanto para la industria como para los consumidores (Baggini, 2020).

Por lo general, los plastificantes son líquidos y las condiciones de procesamiento, que involucran calor y presión, causan que los polímeros y los líquidos se junten, durante esta unión el líquido actúa como un lubricante interno y permite que las cadenas poliméricas se muevan las unas hacia las otras, brindándole flexibilidad al material y permitiéndole ser moldeado o formado en una variedad de productos (Baggini, 2020).

2.4.4 Proceso de polimerización.

La polimerización es el proceso donde los monómeros se combinan químicamente a fin de obtener una molécula encadenada denominada polímero, para obtener un producto que registre propiedades físicas como: elasticidad, alta resistencia a la tracción o la capacidad de formar fibras es necesario que este compuesto al menos por 100 moléculas de monómero (Reynoso, 2018).

2.4.5 Hidrólisis ácida.

Carey y Giuliano (2014), exponen que la reacción química denominada hidrólisis ocurre cuando un material reacciona con el agua para dividirse en moléculas menos complejas. De hecho, hidrólisis en realidad significa "ruptura", ya que combina las palabras hidro-, que significa "agua", y -lisis, que implica "ruptura por la acción del agua".

La hidrólisis ácida se realiza con soluciones ácidas diluidas o concentradas a elevadas y bajas temperaturas, los ácidos que se emplean comúnmente para este proceso son el clorhídrico (HCl) y el sulfúrico (H₂SO₄);

otros ácidos que se pueden utilizar son: el ácido fluorhídrico (HF), el ácido nítrico (HNO₃), el ácido fosfórico (H₂SO₄), entre otros (Vele et al., 2021).

Las soluciones ácidas tienen una alta capacidad de disolución, sin embargo, estos producen elevadas cantidades de residuos de neutralización difíciles de reciclar y altamente corrosivos (Vele et al., 2021).

2.5 Generalidades del pato pekinés (*Anas platyrhynchos*)

Los patos se crían en una amplia variedad de condiciones, que van desde un gallinero para unos cuantos patos a una granja comercial de patos. El pato pekinés es ideal para la producción comercial debido a sus buenas capacidades de producción de huevos e incubabilidad. Se adapta bien al confinamiento y tiene un buen rendimiento de carne y sabor (Bachan, s. f.).

Desde un punto de vista económico, el principal consumo es la carne de pato. A nivel mundial, la producción y exportadores son Tailandia, China, Hungría, Taiwán, mientras que Japón y EEUU son los principales importadores del mundo (Larico, 2020).

2.5.1 Taxonomía del pato pekinés (*Anas platyrhynchos*).

La clasificación taxonómica del pato pekinés se presenta en la tabla 3

Tabla 3. Taxonomía del pato pekinés

PATO PEKINES (<i>Anas platyrhynchos</i>)	
Dominio	Eukaryota
Reino	Animalia
Filo	Chordata

Subfilo	Vertebrata
Clase	Aves
Orden	Anseriformes
Familia	Anatidae
Subfamilia	Anatidae
Género	Anas
Especie	Platyrynchos

Fuente: Remsen et al., 2020; Charles Darwin Foundation, 2017

Elaborado por: La Autora

2.5.2 Descripción del pato pekinés (*Anas platyrhynchos*).

Los patos Pekín pertenecen al orden Anseriformes, la familia Anatidae, que incluye cisnes y gansos. Son animales autóctonos y extremadamente resistentes a las condiciones cambiantes, por lo que se acomodan a instalaciones sencillas y de bajo costo, pudiendo adecuar al pastoreo semiextensivo. Es necesario tomar algunas precauciones como: evitar la presencia de otras especies animales, los movimientos de extraños, ruidos molestos (Flores, 2013).

Los patos se caracterizan por su resistencia a las enfermedades debido a su rusticidad natural, por lo general el peso de los patos machos en edad adulta es de 4 kg mientras que el peso de las hembras es de 3.5 kg. Esta especie de patos es una buena productora de huevos con un promedio que ronda entre los 110 a 200 huevos al año y estos a su vez tienen un alto porcentaje de fertilidad de entre 85 y 95 % (Cordero, 2012).

2.5.3 Importancia económica de los residuos de pato.

La población mundial de patos se estimó en 1 150 millones durante el año 2017, de los cuales el 88 % se encontraban en el continente asiático, los países China, Vietnam, Bangladesh e Indonesia son los mayores productores mundiales de pato. Específicamente, China es el mayor productor mundial de carne de pato al concentrar el 60 % de la producción mundial y el 80 % de la producción en la región asiática (Soriano, 2020).

Los desechos son sustancias resultantes de un proceso de producción que no pueden ser revalorizados, estos residuos pueden encontrarse en estado sólido, semisólido, gaseoso, líquido o en estado compuesto y deben ser eliminados o dispuestos de acuerdo a normas ambientales internacionales (Cóndor, 2021).

Uno de los desechos principales de la industria avícola son las plumas, este desecho no debe de ser considerado como inservible puesto a que se componen principalmente por queratina, una proteína que es de difícil degradación y que debe ser manejada adecuadamente para evitar un daño medioambiental (Álvarez et al., 2020).

2.5.4 Residuos de aves de corral.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) pronostican un aumento del 15 % en el consumo de carne de pollo en Latinoamérica y el Caribe durante el periodo 2020–2028 (González et al., 2020) .

Los residuos de las aves se denominan como gallinaza, en varios países de América latina es utilizada como un abono orgánico con óptimos

resultados en el uso de los suelos para el cultivo de distintas especies. Este fertilizante es sumamente valioso en el sector agrónomo por su alto contenido de calcio de hasta 6 % y posee muchos más nutrientes que el estiércol de granja (Gonzáles et al., 2020)

2.5.5 Caracterización de residuos en faenadoras de aves.

Durante las últimas décadas, la intensificación y especialización de la actividad agro ganadera originó problemas ambientales como la contaminación, la degradación del suelo y la pérdida de hábitats naturales; contrario a la práctica agro ganadera ancestral que durante siglos fue sinónimo de la conservación y protección del medio (Almada y Gange, 2019).

Williams (2007), explica que existe una gran cantidad de residuos sólidos potencialmente vendibles, dependientes de lo eficaz que sean los métodos de procesamiento y la salud previa de las aves:

- La sangre constituye un 2 % del peso vivo de las aves y es una fuente con alta concentración de proteínas cuando se filtra y se seca para producir harina de sangre.
- Las plumas constituyen entre el 7 y 10 % aproximadamente del peso vivo de las aves y son también una fuente de proteínas, al ser procesadas, las plumas pueden utilizarse como diversos artículos de mercado para los seres humanos.
- La cabeza, los pies y las vísceras no comestibles constituyen el resto de los sólidos de mataderos.

Ante una sensibilización generalizada de la población frente al impacto ambiental que puede ocurrir por el mal manejo de los residuos pecuarios; el tratamiento final de estos residuos es un tema que está tomando mayor relevancia y requiere mayor participación ciudadana, tanto de productores como de consumidores (Almada y Gange, 2019).

2.5.6 Propiedades de las plumas del pato.

Las plumas son el sub producto más importante, por su composición y sus diversas posibilidades de uso; estas se pueden convertirse en un concentrado proteico palatable y altamente digestible de 82 % por hidrólisis físico-químico y puede alcanzar una digestibilidad de hasta 98 % por hidrólisis enzimática (Fakhfakh et al., 2011).

Debido a la complejidad estructural de las plumas, se requiere utilizar técnicas apropiadas para incorporarlas a la industria alimenticia pecuaria, agrícola y otros usos, generalmente requiere tratamientos físico-químico y biológicos previos (Cabrera et al., 2018).

Debido al alto contenido proteico existente en productos de origen animal como plumas, cabellos, pezuñas y uñas, es posible utilizarlos para la elaboración de fertilizantes o compost. Este compost ayuda al desarrollo de microorganismos y permite el enriquecimiento del suelo con nitrógeno y fósforo (Sierra et al., 2019).

2.5.7 Propiedades de las patas del pato.

Por lo general, la pata de un pájaro tiene cuatro dedos, uno de los cuales es el hallux, que es más pequeño y apunta hacia atrás. Tal como explica Uribe (2014), en su artículo titulado "Desplazamiento de las aves según sus patas":

Las aves acuáticas y otras aves necesitan estructuras adicionales en sus patas que les ayuden a moverse cuando se desplazan por terrenos fangosos o nevados. (...) La membrana interdigital, que conecta los tres dedos anteriores de patos, gaviotas, flamencos y somormujos, facilita el uso de

las patas como remos al nadar. Una pierna totipálmate es este tipo de pierna. (párr. 11)

2.5.8 Extracción de la queratina de las plumas del pato pekinés.

La queratina, una proteína de alto valor que se encuentra en las plumas, es un residuo difícil en la industria avícola. Es altamente insoluble en solventes polares, principalmente debido al alto contenido de grupos cistina que mantienen la estructura tridimensional de la cadena polipeptídica, lo que dificulta el uso de la proteína en diferentes procesos (Shavandi et al., 2017).

Las telas de araña, las plumas, las garras y los picos de las aves contienen queratina β . Alrededor del 80 % de las plumas y 95 % del cabello humano sano están compuestos por queratina (Oviedo, 2019).

Generalmente las queratinas insolubles son extraídas desde su fuente natural para ser sumergidas en un medio acuoso donde se solubilizan, al hacerlo se interrumpen los enlaces disulfuro (S-S), rompiéndose las microfibrillas a fin de obtener moléculas de queratina individuales. Dependiendo también de las condiciones utilizadas, la extracción puede implicar hidrólisis o degradación de las moléculas de queratina (Abril, 2020).

2.5.9 Extracción de colágeno de las patas del pato pekinés.

Carvajal et al. (2022), explican que los subproductos de aves son las materias primas más utilizadas en el proceso de extracción de colágeno. Entre estos subproductos, las patas destacan por su alto contenido en colágeno tipo I. Debido a esto, se han implementado protocolos para extraer colágeno de patas de pato en órganos específicos como piel y huesos.

Las patas de pollo y pato contienen de forma natural entre un 2 % y un 10 % de colágeno tipo I. Las patas de pollo también contienen colágeno tipo

I. Los esfuerzos de extracción de colágeno aviar más comunes informados en la literatura son de crestas, patas y piel de pollos y patos. Los resultados de esta extracción se utilizan principalmente para obtener subproductos para la industria alimentaria (Carvajal et al., 2022).

Mamani (2018) describe tres principales métodos de extracción a través de la hidrólisis:

- **Hidrólisis ácida:** La proteína se encuentra en una prolongada ebullición con soluciones ácidas fuertes (HCl y H₂SO₄), destruyendo los aminoácidos triptófano, serina y treonina.
- **Hidrólisis básica:** Esta no destruye los aminoácidos como la hidrólisis ácida, a su vez, mezcla compuestos químicos en proporciones similares (denominados racematos). Por lo general esta hidrólisis emplea NaOH y BaOH.
- **Hidrólisis enzimática:** En este proceso se emplean enzimas que permiten ingerir alimentos, también llamadas proteolíticas, estas tienen un tiempo de reacción lento y suele ser una reacción incompleta y no destruyen los aminoácidos.

2.6 Análisis del costo beneficio

Según Rodrigues (2021), la relación costo beneficio (B/C) o índice de rentabilidad neta se obtiene dividiendo el Valor Presente de la Utilidad Neta Total (VAN) entre el Valor Presente de la Inversión Costos (VAC). La fórmula del análisis del costo beneficio es la siguiente:

$$B/C = VAN / VAC$$

La fórmula también se encuentra expresada de la siguiente manera:

$$\text{Valor de costo beneficio} = \text{Beneficios Netos} / \text{Costos de Inversión}$$

La importancia del cálculo del costo-beneficio radica a la hora de emprender un negocio o lanzar un producto nuevo con el fin de que la toma de decisiones tenga una amplia visión de las inversiones a realizar y si los beneficios a corto, mediano y largo plazo serán los esperados.

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

El trabajo será ejecutado en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil ubicada en la Av. Carlos Julio Arosemena. Concretamente en el laboratorio de Microbiología de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo.

En el Gráfico 3, se puede observar una imagen satelital de la ubicación del área de trabajo del proyecto.

Gráfico 3. Ubicación del área de trabajo.



Elaborado por: La Autora
Fuente: Google Maps Earth

3.2 Condiciones climáticas de la zona

La temperatura calurosa en Guayaquil dura normalmente 2 meses (marzo – mayo) y el mes más caluroso es abril con temperaturas que rondan entre los 24 °C hasta los 31°C.

Desde 19 de junio al 26 de agosto, es la estación fría del año con una temperatura máxima diaria suele ser inferior a 28 °C y una temperatura mínima promedio de 21 °C (Weatherspark, 2022).

3.3 Duración del proyecto

Tras ser aprobado el proyecto, este tendrá una duración de cuatro meses.

3.4 Insumos, equipos, materiales y reactivos

3.4.1 Insumos.

- Plumas de pato pekinés
- Patas de pato pekinés
- Glicerina
- Agua destilada

3.4.2 Equipos.

- Estufa
- Báscula
- Licuadora
- Mortero

3.4.3 Materiales.

- Vasos de precipitación
- Probetas
- Embudo

- Cuchara espátula
- Colador
- Filtro Whatman
- Matraz de Erlenmeyer
- Papel toalla
- Papel platino

3.4.4 Reactivos.

- Hidróxido de sodio
- Hipoclorito de Calcio
- Ácido Clorhídrico
- Alcohol polivinílico

3.5 Diseño de la investigación

Según con el nivel del trabajo planteado, la investigación será de tipo exploratoria, experimental, cuantitativa y descriptiva.

El alcance de la investigación será de tipo descriptiva ya que se detallarán cuáles son las propiedades mecánicas, técnicas y de degradación del bioplástico a elaborar.

Se trabajó bajo un enfoque cuantitativo, se obtuvieron 16 tratamientos con diferentes concentraciones para evaluar la mejor formulación a partir de los tratamientos obtenidos.

Se estableció a través del programa Design Expert 13, formulaciones aleatorias con diferentes combinaciones utilizando como base la fórmula referencial para la obtención de 500 g de bioplástico y a fin de estimar un costo beneficio.

Las unidades experimentales se distribuirán bajo el siguiente modelo matemático, basado en el modelo con interacción de Di Rienzo et al. (2011):

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Los factores que se utilizaron para la realización de las formulaciones fueron:

A: Colágeno

B: Queratina

C: Agua

D: Alcohol polivinílico

E: Glicerina

Las unidades experimentales se distribuirán bajo el siguiente modelo matemático:

$$Y_{ijkmn} = U + A_i + B_j + C_k + D_m + E_n + AB_{ij} + AC_{ik} + AD_{im} + AE_{in} + BA_{jk} + BD_{im} + BE_{in} + CD_{km} + CE_{km} + DE_{mn} + EE_{ikmn}$$

Dónde:

Y_{ijkmn} : valor de parámetro de determinación

u: unidad

A_i : efecto de la cantidad de queratina

B_j : efecto de la cantidad de colágeno

C_k : Efecto de cantidad de agua.

D_m : Efecto de cantidad alcohol polivinílico.

E_n : Efecto de cantidad de glicerina.

AB_i : Efecto de cantidad de queratina+ colágeno.

AC_{ik} : Efecto de cantidad de queratina + agua

AD_{im} : Efecto de cantidad de queratina+ alcohol polivinílico

AE_{in} : Efecto de cantidad de queratina + glicerina

BA_{ik} : Efecto de cantidad de colágeno + agua
 BD_{im} : Efecto de cantidad de colágeno + alcohol polivinílico
 BE_{in} : Efecto de cantidad de colágeno + glicerina
 CD_{km} : Efecto de cantidad de agua + alcohol polivinílico
 CE_{kn} : Efecto de cantidad de agua + glicerina
 DE_{mn} : Efecto de cantidad de alcohol polivinílico + glicerina
 EE_{ikmn} : Efecto de cantidad de error.

3.6 Unidades experimentales

Para la investigación se seleccionarán las plumas y tarsos de pato pekinés residuales, los cuales serán adquiridos de plazas de venta de alimentos, y estos serán utilizados para la elaboración de las bio películas.

3.7 Diseño experimental

3.7.1 Factores de estudio.

Los factores de estudio fueron considerados a partir de la fórmula referencial propuesta por Calle et al. (2016), en el cual realizaron una polimerización de colágeno y queratina para elaborar láminas plásticas flexibles y también se tomó en cuenta el trabajo de titulación de Núñez (2014), en el que se elaboraron bioláminas de plásticos a partir de la queratina extraída de las plumas de pollos.

En la Tabla 4, se detallan los valores de referencias para la elaboración de 100 gramos de bioplástico.

Tabla 4. Fórmula de referencia para el bioplástico

Ingredientes	Cantidad (mL)
Queratina	1
Gelatina de colágeno	1

Agua	12
Alcohol polivinílico	2
Glicerina	0.5
<hr/>	
Total	16.5

Fuente: Núñez, 2014; Calle et al., 2017

Elaborado por: La Autora

3.7.2 Restricciones.

En base al trabajo de Núñez (2014), se plantearon restricciones en el rango de las cantidades a utilizar en los diversos ingredientes para elaborar el bioplástico. Las restricciones se presentan en la Tabla 5:

Tabla 5. Restricciones de los ingredientes

Ingredientes	Mínimo (%)	Máximo (%)
Queratina	4	7
Gelatina de colágeno	4	7
Agua	73	75
Alcohol polivinílico	12	14
Glicerina	2	4

Fuente: Núñez, 2014; Calle et al.,2017

Elaborado por: La Autora

Una vez establecidas las restricciones (Tabla 5), estas fueron ingresadas en el programa Design Expert 13, el cual estableció 16 formulaciones aleatorias.

En la Tabla 6 se presenta en detalle, las formulaciones arrojadas por el programa Design Expert 13.

Tabla 6. Diseño de mezclas para la obtención del bioplástico

#	Gelatina de colágeno (%)	Queratina (%)	Agua (%)	Alcohol polivinílico (%)	Glicerina (%)	TOTAL (%)
1	4.089	6.338	73.320	12.325	3.927	100
2	6.294	4.053	73.419	13.325	2.908	100
3	6.423	4.285	73.001	12.944	3.347	100
4	5.722	4.093	74.028	12.996	3.161	100
5	5.092	5.264	74.992	12.342	2.310	100
6	5.982	5	73.071	12.821	3.126	100
7	5.701	4.251	74.614	12.029	3.405	100
8	6.413	5.130	73	12.457	3	100
9	5.884	5.121	74.032	12.210	2.75	100
10	4.548	4.856	75	13.348	2.248	100
11	4.429	6.929	73.449	12.631	2.562	100
12	5	4.837	74.193	13.007	2.963	100
13	5.400	5.290	73.320	13.070	2.920	100
14	5.999	4.231	74	12.198	3.572	100
15	6.101	5.018	74.301	12	2.580	100
16	5.331	4.577	73.242	12.850	4	100

Fuente: Design Expert 13

Elaborada por: La Autora

3.8 Procedimiento

3.8.1 Criterio de inclusión.

Se consideró a la especie de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*) como la idónea para poder recolectar sus plumas y tarsos, debido a que es una especie que es comúnmente comercializada en los mercados y avícolas.

3.8.2 Criterio de exclusión

Tarsos de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*) en estado de descomposición mayor y plumas con roturas.

3.8.3 Elaboración de bioplásticos

La elaboración de las láminas plásticas flexibles tendrá como base el estudio propuesto por Núñez (2014), en el cual demuestra que: “las biopelículas obtenidas presentan una buena elasticidad y resistencia” (p. 43).

El rendimiento de Núñez (2014) y Abril (2020) para la obtención de 500 gramos de bioplástico.

En la Tabla 7, se presentan los rendimientos para procesar 500 gramos de bioplástico:

Tabla 7. Rendimiento de los ingredientes

Mezcla	colágeno (g)	queratina (g)	Agua (g)	Alcohol Polivinílico (g)	Glicerina (g)	total (g)
1	33.5	25	60	10	20	148.5
2	29.34	37.16	55	11.36	31.14	164
3	49	22.5	65	12	39	187.5
Total						500

Fuente: Núñez, 2014; Abril, 2020

Elaborado por: La Autora

Se planteó la siguiente fórmula para poder realizar la elaboración del bioplástico a partir del colágeno y queratina extraído de los residuos de patos pekinés:

$$Bpp: = Qpp + Glc + Cpl + H_2O + (C_2H_4O) n$$

Dónde:

Bpp: Biopelículas de pato pekinés

Qpp: Queratina de patas de pato

Glc: Glicerina

Cpl: Colágeno de plumas de pato

H₂O: Agua

(C₂H₄O) x: Alcohol polivinílico

Elaborado por: La Autora

En la Tabla 8, se presentan las cantidades para la obtención del bioplástico (500 g) en 16 distintas formulaciones.

Tabla 8. Cantidades necesarias para cada tratamiento

#	Gelatina de colágeno (g)	Queratina (g)	Agua (g)	Alcohol polivinílico (g)	Glicerina (g)	TOTAL (g)
1	20.45	31.69	366.60	61.63	19.64	500
2	31.47	20.27	367.10	66.63	14.54	500
3	32.12	21.42	365.01	64.72	16.74	500
4	28.61	20.47	370.14	64.98	15.81	500
5	25.46	26.32	374.96	61.71	11.55	500
6	29.91	25	365.36	64.11	15.63	500
7	28.51	21.26	373.07	60.15	17.03	500
8	32.07	25.65	365	62.29	15	500
9	29.42	25.61	370.16	61.05	13.77	500
10	22.74	24.2.8	375	66.74	11.24	500
11	22.15	34.65	367.25	63.16	12.81	500
12	25	24.19	370.97	65.04	14.82	500
13	27	26.45	366.60	65.35	14.60	500
14	30	21.16	370	60.99	17.86	500
15	30.51	25.09	371.51	60	12.90	500
16	26.66	22.89	366.21	64.25	20	500

Fuente: Design Expert 13

Elaborado por: La Autora

3.9 Parte 1: Obtención de la queratina

Para la obtención de los extractos de queratina de las plumas de pato pekinés, como base del bioplástico se tomará como base el proceso realizado por Calle et al., (2016), el cual se desarrolla de la siguiente manera.

3.9.1 Lavado y secado de las plumas.

Se colocan las plumas en un recipiente con suficiente agua las mismas que se agitarán con la mano. Después de 6 horas de lavado, se usará un colador para desechar el agua. Este proceso se lleva a cabo por duplicado. A continuación, las plumas se secan en un horno a 50 °C durante 48 horas.

3.9.2 Molienda.

Una vez secadas las plumas, se trituran en un molino ultra centrifugado con tamiz de partículas de 2 mm. Se espera que el molino presente una fácil selección del tamaño de partícula sin tamizar.

3.9.3 Despigmntación.

Durante este proceso se utiliza una solución de hipoclorito de calcio al 3 % (v/v.), con una relación Pluma/solución Ca (ClO)₂ (p/v) entre 1 y 7, por 30 minutos a 22 °C.

3.9.4 Desmineralización.

Para obtener quitina, las plumas se desalinizan químicamente utilizando una solución de ácido clorhídrico (HCl) 1 M. Se trabaja a razón 1/3 Pluma/HCl (p/p) durante 24 horas entre 18 y 22 °C. Se proceden a lavar las plumas con agua a fin de eliminar el exceso de ácido de las mismas.

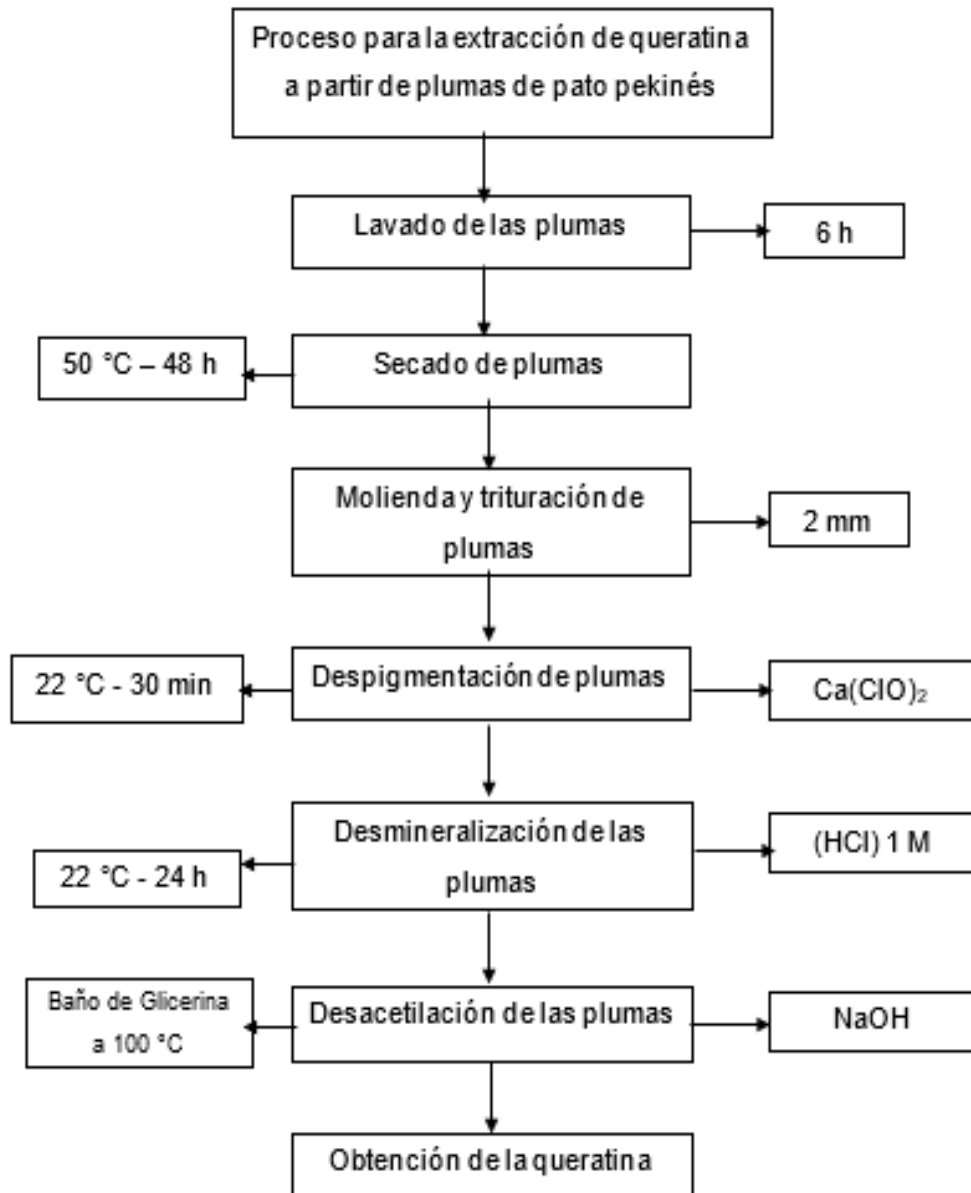
3.9.5 Desacetilación.

Para llevar a cabo el proceso de desacetilación se requiere de un plastificante, en este caso se utiliza glicerol como plastificante, después se prepararán varias concentraciones de soluciones de hidróxido de sodio (NaOH) con agitación constante. La proporción de solución pluma/NaOH (p/p) es entre 1 y 7, funcionará durante una hora. Después de usar hidróxido de sodio se procede a realizar un baño de glicerina a 100 °C que dará como resultado queratina.

3.9.6 Diagrama de flujo sobre la extracción de la queratina

En el Gráfico 4, se describe en forma de diagrama de flujo el proceso para obtener queratina a partir de las plumas de pato pekinés.

Gráfico 4. Obtención de la queratina de las plumas de pato.



Fuente: Calle et al., 2016

Elaborado por: La Autora

3.10 Parte 2: Obtención del colágeno

Para la realización del proceso de extracción del colágeno de las patas de pato pekinés, se tomó como base teórica el trabajo realizado por Núñez (2014); el cual servirá como referencia para la obtención de colágeno.

3.10.1 Recepción de la muestra.

Una vez obtenidos los tarsos de patos, las uñas se cortarán y pelarán a fin de eliminar cualquier impureza de las misma. Después se trituran y lavan con agua potable para eliminar la sangre y cualquier otra materia extraña que afecte el producto final.

3.10.2 Hidrólisis.

El caldo se hidroliza con NaOH, lo que promueve su descomposición de la grasa de las piernas y desnaturalizará el colágeno. El proceso de hidrólisis se realizará a una temperatura aproximada de 20 °C durante 8 horas.

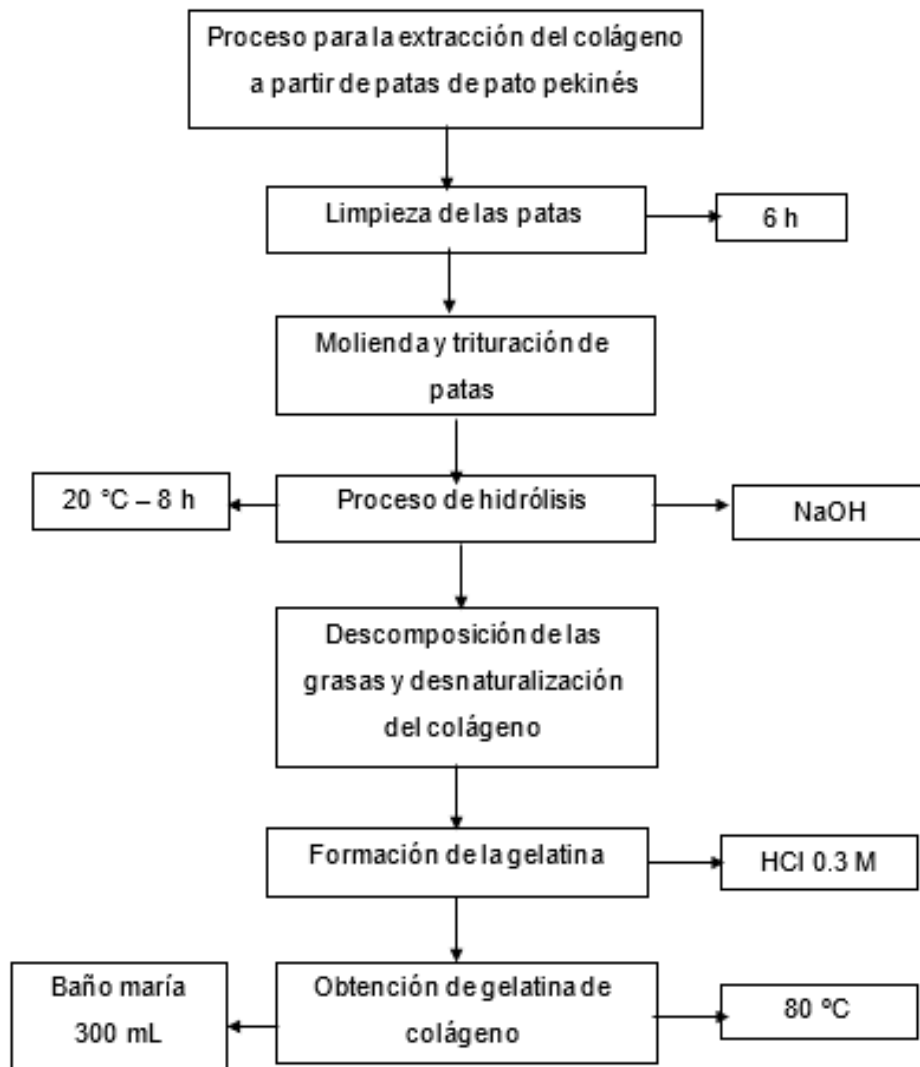
3.10.3 Extracción del colágeno de las patas de pato pekinés.

Posteriormente, se realizará la extracción del colágeno a partir de una solución de HCl 0.3 M con el fin de alcanzar el pH de 8 y se colocan la patas de pato durante 3 horas. Se procede a realizar la extracción de la gelatina resultante en baño María con 300 mL de agua a 80 °C.

3.10.4 Diagrama de flujo sobre la extracción del colágeno.

En el Gráfico 5, se describe en forma de diagrama de flujo el proceso para obtener la gelatina de colágeno a partir de las patas de pato pekinés.

Gráfico 5. Obtención del colágeno de las patas de pato.



Fuente: Núñez, 2014

Elaborado por: La Autora

3.11 Parte 3: Elaboración del bioplástico

Para elaborar las películas de bioplástico a partir del colágeno y queratina extraídos de los tarsos y plumas de pato pekinés se utilizaron moldes de vidrio prefabricados, de medidas de 12 x 25 cm y 3 mm de altura, que proporcionaban el tamaño y grosor requerido de las películas para poder realizar ensayos mecánicos correspondientes para medir la calidad de las películas (Abril, 2020).

El proceso a llevar a cabo es el siguiente:

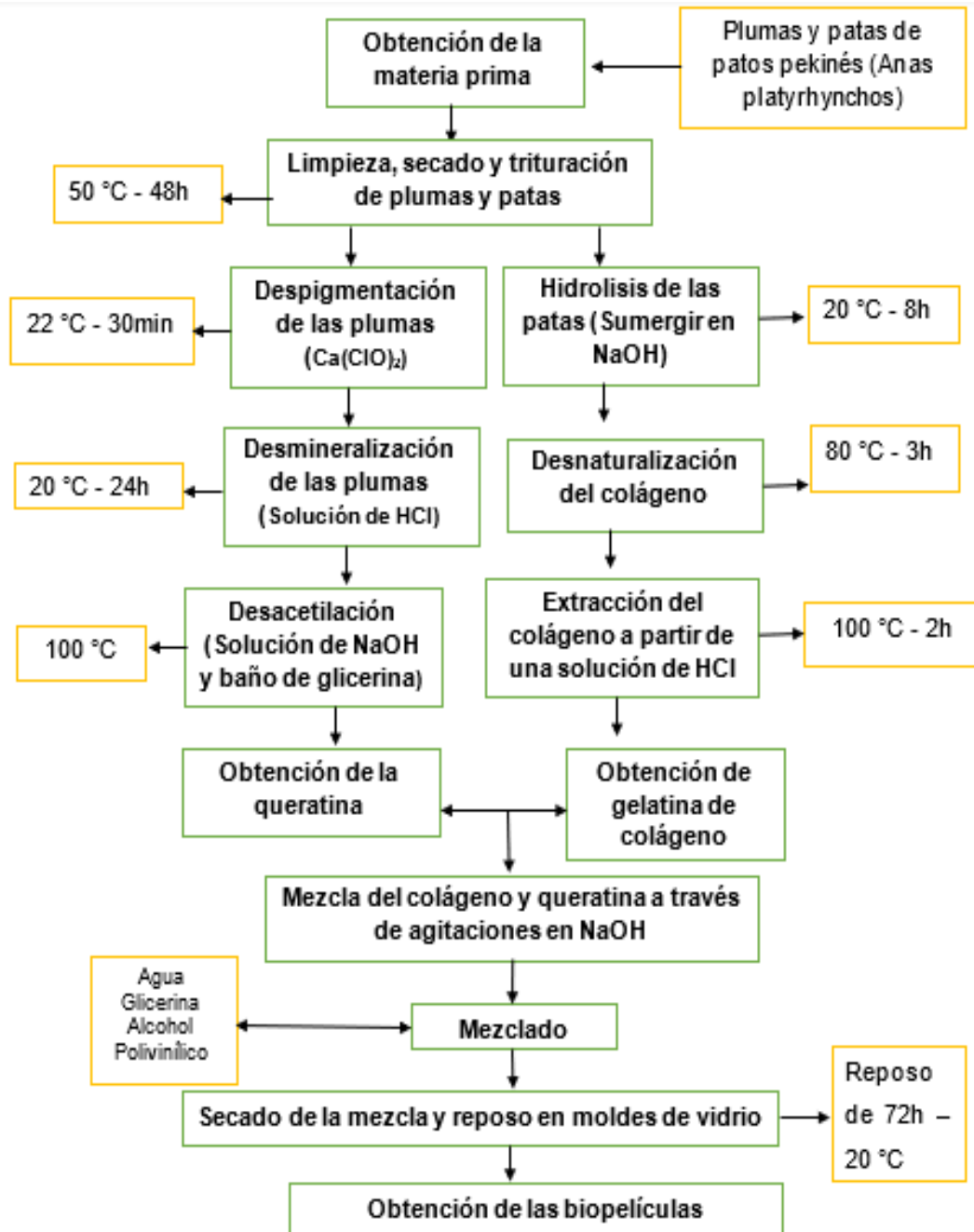
- Agitaciones de la mezcla con una solución de NaOH.
- Se retira el gel resultante de la mezcla.
- Se introduce a la mezcla la glicerina y el alcohol polivinílico como agentes plastificantes.
- Se coloca la mezcla en los moldes de vidrio.
- Se envuelven las cajas en papel aluminio.
- Reposo de la mezcla por 72 h a temperatura ambiente (Abril, 2020);(Núñez, 2014).

Tras realizar el proceso descrito anteriormente se obtendrán biopelículas a partir del colágeno y queratina, que se encuentra en las plumas y patas del pato pekinés.

3.11.1 Diagrama del proceso de elaboración del bioplástico.

En el Gráfico 6, se describe en detalle el proceso de obtención de un bioplástico a partir de la mezcla de queratina y colágeno extraída de las plumas y patas del pato pekinés respectivamente.

Gráfico 6. Diagrama de flujo sobre la elaboración del bioplástico



Fuente: Calle et al., 2016; Núñez, 2014; Abril, 2020
Elaborado por: La Autora

3.12 Propiedades a evaluar del bioplástico

Una vez aceptado el proyecto se realizarán caracterizaciones mecánicas y pruebas para poder evaluar la biodegradabilidad de las películas obtenidas a partir de la queratina de plumas y colágeno de patas del pato pekinés.

3.12.1 Propiedades mecánicas.

Las propiedades mecánicas de los polímeros dependen en gran medida de la magnitud de las fuerzas intermoleculares, la resistencia mecánica y la capacidad de un material cuando se le aplica una fuerza son las que determinan sus cualidades mecánicas. En síntesis, las cualidades mecánicas de un material son aquellas que tienen que ver con que tan bien se puede transmitir y resistir fuerzas o deformaciones externas (Sáez, 2000); (Trangenstein y Colella, 1991).

Un polímero tiene resistencia a la tracción si tiende a alargarse al estar sometido a una carga axial, esta propiedad mecánica es importante para aquellos materiales que tienen que ser estirados o sometidos a tensión; las fibras de estos materiales necesitan tener una buena resistencia a la tensión y a la compresión, que se refiere a la capacidad de compactación de un polímero (Trangenstein y Colella, 1991).

3.12.2 Pruebas de tracción.

En la prueba de tracción se aplica fuerza de tracción a un determinado material para medir la resistencia y la capacidad de alargamiento del material, se busca cuantificar la respuesta de la muestra ante la tensión ejercida. Para llevar a cabo esta prueba de tracción se utiliza como base la norma internacional ISO 527-2, que determina las propiedades de los plásticos, tanto reforzados como no reforzados (Instron, 2021).

Lawrence (2018), indica que en la norma ISO 527-2 se aplica una fuerza de tracción con una máquina de ensayo universal a un espécimen, esta máquina mide las propiedades del material bajo tensión, las velocidades de tracción en las que se realiza este ensayo rondan entre 1 a 500 mm/min hasta que la probeta falle.

De acuerdo con Lawrence (2018), la norma ISO 527-2 mide diversas propiedades de tracción entre las cuales, las más comunes son:

- Resistencia de tracción: Cantidad de fuerza máxima aplicada a un material antes de que ceda o se rompa.
- Módulo de tracción: Deformación máxima de un material como respuesta a una tensión antes de que ceda o se rompa.
- Alargamiento: A mayor elongación del material mayor ductilidad.
- Relación de Poisson: Relación entre lo que se estira un material y que tanto se adelgaza durante el estiramiento.

Tras realizar el ensayo de tracción del Bioplástico se procede a medir la longitud final y se compara con la longitud original o inicial para obtener la elongación total de este mismo, la fórmula es la siguiente:

$$EL = \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

Donde:

EL : Elongación

L_f : Longitud Final

L_0 : Longitud Inicial

3.12.3 Prueba de compresión.

La norma general es la UNE-EN ISO 604; este método se usa para determinar el comportamiento de un material plástico al someterse una carga de compresión (Ph Technology, 2021).

La medición de la compresión se efectúa por medio del equipo de carga vertical TL 2 000, a través de este equipo se calcula la compresión máxima de una muestra de acuerdo al peso y la altura del mismo, el resultado es la disposición de la deflexión de la caja cuando está siendo expuesta a la carga determinada (Normalización Española, 2003).

La resistencia a la compresión se calcula dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un estudio de compresión y el resultado de la prueba se expresará con una aproximación de 100 kPa (1 kgf/cm). Para calcular la resistencia a la compresión se emplea siguiente formula:

$$\frac{\text{carga máxima}}{\text{área transversal}}$$

3.12.4 Prueba de flexión.

Para llevar a cabo la prueba de flexión de materiales plásticos se emplea la norma general UNE-EN ISO 178. Se mide aplicando fuerzas perpendiculares al eje longitudinal (Ph Technology, 2021).

Gran parte de los termoplásticos no se rompen durante prueba, por lo que la resistencia a la flexión es una tensión al 5 %. Para los plásticos, el valor de resistencia a la flexión suele ser más alto que el valor de resistencia a la tracción directa (Normalización Española, 2019).

La fórmula que describe la prueba de flexión es la siguiente:

$$EB=L^3m/4bd^3$$

Dónde:

EB = Módulo

b = Ancho de la muestra

d = Profundidad

m = Pendiente de la tangente

L = Lapso en pulgadas.

3.12.5 Prueba de dureza.

Existen varias formas de medir la dureza de un plástico, entre ellas, el uso de las normas de ensayo UNE-EN ISO 868, UNE 53270 o UNE-EN ISO 2039-1. Estos métodos incluyen Shore, Barcol y Ball (Aimplas, 2022).

De acuerdo al portal Ensinger (2021), para realizar esta prueba se necesitará que una esfera metálica se presione contra el material con una fuerza controlada y durante un tiempo definido: la marca que deja la bola en el material determinará el valor de dureza.

3.12.6 Prueba de impacto.

La prueba de impacto de los plásticos se realiza por medio de caídas de proyectiles o por impactos utilizando péndulos, como lo es la prueba Charpy (Aimplas, 2022).

Se determinará la resistencia de un material a causa de un golpe severo, y será medido a través del ensayo a impacto tipo Charpy. Este ensayo emplea un martillo que será soltado desde cierta altura (h_0) e impactará una probeta. Si el martillo rompe la probeta y continúa su trayectoria, hasta lograr

una altura máxima (h_f), la energía de impacto se calculará con la siguiente ecuación; en donde, la masa (m) y la gravedad (g) son constantes (Normalización Española, 2011).

La fórmula para la determinación de impacto de un plástico es:

$$ei = m \times g (h_o - h_f).$$

3.13 Prueba del rendimiento del colágeno

El rendimiento es el proceso hidrolítico que se lleva a cabo para la obtención de colágeno a partir del extracto del colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*). Según Mamani (2018), dividiendo la masa del colágeno extraído entre las plumas y las patas se obtiene el rendimiento utilizando la siguiente fórmula:

$$\%R = (M_{colageno} / M_{tarsos}) \times 100$$

Donde:

- R: Rendimiento del proceso, (%)
- $M_{colageno}$: Masa de colágeno obtenidos, (g)
- M_{Tarsos} : Masa de tarsos de pollo ingresados, (g) (Mamani, 2018).

3.14 Prueba de concentración con hidróxido de sodio

De acuerdo a lo expresado por Mamani (2018), se someterá a hidrólisis ácida a los residuos de pato (patas, plumas), en diferentes concentraciones de hidróxido de sodio. Para determinar la cantidad de NaOH a disolverse en la solución se desarrolla la siguiente ecuación:

$$X = (Conc. Molar) (Vol)(PM_{NaOH})/1000$$

Peso molecular del hidróxido de sodio NaOH = 40 g/mol

Volumen de solución = 300 mL (Mamani, 2018).

3.15 Prueba de degradación

Los plásticos son los materiales más contaminantes que se encuentran en el medio ambiente, únicamente el 9 % de los desechos plásticos se reciclan mientras el 79 % de estos se encuentra en vertederos y el 12 % restante se incinera (López et al., 2020).

El proceso de degradación de los plásticos extremadamente lento y los plásticos se descomponen en partículas diminutas que no se pueden recolectar, estas partículas no se pueden percibir en el medio ambiente, pero al ser ingeridas o inhaladas por las personas, causan daños físicos. molestias, daños y efectos nocivos para la salud humana (Crespo, 2021); (González y González, 2020).

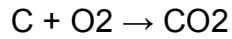
Con el fin de comprobar la degradación de un plástico se utiliza como método de ensayo la norma NTE INEN-ISO 2640-2012, la cual determina la biodegradación aeróbica de un plástico bajo condiciones controladas. Para poder realizar esta prueba se emplea una solución de hidróxido de bario, aproximadamente de 0.024 N y luego se estandariza disolviendo 4.0 g de Ba (OH)² por litro de agua destilada (González y González, 2020).

Se puede calcular de la siguiente manera la cantidad teórica de la evolución de dióxido de carbono de la siguiente manera:

w = porcentaje de carbono (%)

Y = contenido de carbono cargado en el recipiente, expresado en masa

Y gramos de carbono cargado en el recipiente = $w / 100 \times g$ del material cargado



12 g C produce

44 g CO₂ 44 xF

Y g C produce 12 g CO₂

3.16 Análisis de varianza

En la Tabla 9, se presenta el esquema ADEVA

Tabla 9. Esquema ADEVA

Elementos de varianza	Grados de libertad
TOTAL	15
Elemento AB	(AB-1)=1
Elemento AC	(AC-1)=1
Elemento AD	(AD-1)=1
Elemento AE	(AE-1)=1
Elemento BA	(BA-1)=1
Elemento BD	(BD-1)=1
Elemento BE	(BE-1)=1
Elemento CD	(CD-1)=1
Elemento CE	(CE-1)=1
Elemento DE	(DE-1)=1
AB x AC x AD x AE x BA x BD x BE x CD x CE x DE	(AB-1) (AC-1) (AD-1) (AE-1) (BA-1) (BD-1) (BE-1) (CD-1) (CE-1) (DE-1) =1
Error	6

Elaborado por: La Autora

El esquema ADEVA (Análisis de varianza), el mismo que se utilizará para el análisis estadístico de varianza, es importante ya que permite evaluar el diseño experimental con bloques totalmente al azar de los grupos para determinar la mejor formulación para la elaboración de las láminas biodegradables (de Mendiburu, 2009).

El (DBCA) conocido como diseño de doble vía, se aplica cuando el material es heterogéneo (de Mendiburu, 2009). Las unidades experimentales homogéneas se agrupan formando grupos homogéneos llamados bloques.

Se realizará la prueba de análisis de varianza para comprobar la hipótesis: Los extractos de queratina y de colágeno obtenidos por hidrólisis a partir de las plumas y las patas del pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), cumplen con las características necesarias para ser usados como ingredientes en la elaboración de láminas plásticas biodegradables y flexibles.

Esto quiere decir, que el material tenga una buena biodegradabilidad después de 45 días, para comprobar esto se requiere hacer la prueba de la biodegradabilidad de la norma NTE INEN-ISO 2640-2012, dicha norma indica que para la investigación de un material plástico es necesario utilizar una sustancia de referencia o control conocida como biodegradabilidad para comprobar la actividad del material y en caso de no observarse una biodegradación suficiente (un mínimo de 70 % para la celulosa en 45 días) el ensayo se considera inválido y debe repetirse. Se utilizará el 5 % de eficacia y de ser necesario se aplicará un método de comparación múltiple como DMS de Fisher o el método de Duncan.

3.17 Análisis de costo beneficio

Tras haber determinado de forma aleatoria el tratamiento a utilizar, se fijará el costo de producción para poder establecer el costo total del proyecto; es importante recalcar que la obtención de la materia prima principal de este bioplástico (plumas y patas de pato pekinés), tendrá un precio reducido debido a que, por lo general, estos productos son tratados como residuos o sobras de la venta del producto principal.

La fórmula que se utilizará para poder calcular el costo beneficio final de este proyecto será:

$$B/C = VAN / VAC$$

Dónde:

VAN = Beneficios netos

VAC = Costos de inversión

Para poder determinar el costo de producción se utilizará la siguiente fórmula:

$$CP = (Mp+Md+Gp)$$

Dónde:

CP = Costo de producción

Mp = Materia prima

Md = Mano de obra directa

Gp = Gasto de producción

3.17.1 Propuesta de rentabilidad.

Para la producción de 500 gramos de bioplástico se utilizará colágeno y queratina extraída de las patas y plumas de la especie de pato pekinés, respectivamente. Los tarsos y plumas se adquirirán en mercados de venta de alimentos, así como de avícolas, aunque sean denominados desechos que suelen comercializarse a un precio muy reducido.

Tanto el agua destilada, como la glicerina y el alcohol polivinílico se obtendrán en distribuidores autorizados de fármacos y de productos químicos. Los precios de los ingredientes de este bioplástico se enumeran Tabla 10.

Tabla 10. Precio por unidad de ingredientes del bioplástico

Ingredientes	Precio unitario (USD)
Plumas Pato (kg)	0.50
Patas de Pato (kg)	5.50
Agua destilada (litro)	2.37
Alcohol Polivinílico (litro)	9.64
Glicerina (litro)	9.21
TOTAL	27.22

Elaborado por: La Autora

Se eligió una fórmula al azar de los 16 tratamientos para la obtención de 500 g de bioplásticos propuestos anteriormente, con el fin de calcular con valores tentativos, el tratamiento elegido fue el # 10, en la Tabla 11, se explican los valores del décimo tratamiento.

Tabla 11. Valores del tratamiento 10

Ingredientes	Cantidades (g)
Gelatina de colágeno	22.74
Queratina	24.28
Agua	375
Alcohol polivinílico	66.74
Glicerina	11.24
TOTAL	500

Elaborado por: La Autora

A largo plazo se plantea producir 2 toneladas de bioplástico. Se elaborará la siguiente fórmula de costo de producción:

$$(\text{USD } 9.21 \times 0.5 \text{ kg}) / 5 \text{ kg} = \text{USD } 0.92$$

$$(\text{USD } 0.92 \times 2\,000 \text{ kg}) / 0.5 \text{ kg} = \text{USD } 3\,684$$

- Al producir 500 gramos de bioplástico se gastan USD 0.92
- Para producir una tonelada de bioplástico se gastarían USD 3 684
- Salario básico unificado a fecha del 2022: USD 425
- Implementos: Proporcionados por el laboratorio de la facultad (sin costo)
- Transporte de la tonelada de plumas y tarsos de pato: USD 50

$$\text{CP} = (\text{Mp} + \text{Md} + \text{Gp})$$

$$\text{Mp} = \text{USD } 3\,684$$

$$\text{Md} = \text{USD } 425$$

$$\text{Gp} = \text{USD } 50$$

Al sumar los valores se obtendrá como resultado USD 4 159, siendo este el costo total de elaborar dos toneladas de bioplástico a partir de plumas y patas de pato pekinés.

3.17.2 Cálculo del costo beneficio final.

Se plantea vender cada kilogramo de bioplástico a USD 2, y se espera vender 200 kg por mes los que dará como resultado a final del año un total de USD 4 800, esto será dividido con el costo total de USD 4 159, lo que nos dará la siguiente formula:

$$\text{Costo/Beneficio} = \text{USD } 4\,800 / \text{USD } 4\,159$$

Dando como resultado **1.15** que es mayor que 1, es decir que el proyecto es rentable

4 RESULTADOS ESPERADOS

4.1 Académico

Se buscará demostrar que se puede realizar un biopolímero a partir residuos alimentarios de origen animal, concretamente las patas y plumas de pato pekinés.

4.2 Técnico

En el desarrollo de este bioplástico se comenzará a diagnosticar el comportamiento del mismo en base a las propiedades mecánicas y de degradación que permitan identificar que la calidad de este Bioplástico sea la óptima.

4.3 Económico

Las personas que se encuentran dentro del área agropecuaria, podrán utilizar de mejor manera los recursos que suelen ser desechado de estas actividades, con lo cual pueden desarrollar una línea de bioplásticos sostenibles que puede abrir nuevas oportunidades en el mercado para ellos, generando nuevas fuentes de empleo y ganancias.

4.4 Participación ciudadana

Se buscará concientizar a la población del daño medioambiental provocado por el uso de plásticos provenientes de las actividades petroleras e incentivar el uso de bioplásticos.

4.5 Científico

El desarrollo de estos nuevos bioplásticos, puede generar nuevos descubrimientos relacionados a la elaboración con diferentes productos vistos como desechos, logrando así que en próximos años exista un manejo optimizado de desechos de diversas actividades humanas.

4.6 Tecnológico

Se implementará nuevas tecnologías como son las láminas biodegradables que tratarán de reemplazar al plástico sintético a base del petróleo.

4.7 Social

La comunidad tendrá la posibilidad de obtener mayores conocimientos relacionados a la elaboración de láminas biodegradables a base de residuos de patos.

4.8 Ambiental

Con el conocimiento de la problemática, se buscará reducir la contaminación ambiental mediante el uso de utensilios plásticos de un solo uso provenientes de bioplásticos desarrollados a partir de desechos orgánicos generados por la industria alimentaria.

4.9 Cultural

Se podrá iniciar una nueva tendencia de utilización de plásticos que no afecten al medioambiente y cambiar la manera de como el consumidor utiliza plásticos convencionales para poder elegir plásticos que no sean tan dañinos para el medio ambiente.

4.10 Contemporáneo

El desarrollo del tema es importante para la comunidad y que los conocimientos puedan ponerse en práctica, para que de esta manera saber manejar la situación en caso de alguna eventualidad que se presentara.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

A partir de los residuos alimenticios generados tras el consumo de las aves de corral, concretamente de las patas y plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*), se pueden extraer proteínas fibrosas, tales como colágeno y queratina, que pueden ser empleadas, tras su combinación con glicerina y alcohol polivinílico, para el desarrollo de láminas plásticas biodegradables y flexibles.

Se estableció la metodología para la elaboración de láminas plásticas biodegradables y flexibles que puedan ser posteriormente moldeadas y usadas como reemplazo a los materiales plásticos descartables obtenidos a partir de fuentes no renovables, fomentando así la reducción del impacto ambiental.

El uso de residuos agroindustriales para el desarrollo de materiales plásticos descartables puede ser una alternativa para reducir el impacto climático que genera el uso de plásticos sintéticos y potenciar la economía circular al dar un valor agregado a los mismos.

En base a estudios previos revisados, se espera que tras establecer el costo/beneficio de las láminas plásticas biodegradables y flexibles obtenidas a partir de los residuos de avícolas, éstas resultarán una alternativa económica y sostenible que reducirá el uso de materiales plásticos descartables obtenidos a partir de fuentes no renovables.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda la utilización de distintos tipos de plastificantes para poder determinar las diferencias entre el proceso detallado en el proyecto con otros, a fin de obtener una película con las mejores propiedades posibles.
- Se recomienda implementar en la metodología un estudio enfocado en la percepción del consumidor ante este tipo de productos biodegradables.
- Se recomienda la elaboración de un estudio acerca de la factibilidad a largo plazo de la comercialización de estos productos biodegradables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abril Garófalo, A. L. (2020). *Elaboración de bioplástico de queratina obtenida de residuos de plumas de aves de corral y quitosano* [Tesis de grado, Universidad de las Américas]. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/12056>
- Aimplas. (2022). *AIMPLAS - Ensayos de propiedades mecánicas en plásticos*. <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/>
- Alba, E. R., Dubón, A. E. B., López, H. E. G., Godoy, C. A. K., Mérida, J. B. S., Hernández, E. M. T., Maldonado, C. L. V., y Richa, A. M. (2021). La Ciencia de los Polímeros Biodegradables. *Jóvenes en la ciencia*, 10. <https://www.jovenesenlaciencia.ugto.mx/index.php/jovenesenlaciencia/article/view/3337>
- Alesmar, L., Rendón, N., y Korody, M. E. (2008). Diseños de mezcla de tereftalato de polietileno (pet)—Cemento. *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela*, 23(1), 76-86.
- Almada, N., y Gange, J. M. (2019). *Residuos de la avicultura: Diferentes puntos de vista sobre la gestión de la cama de pollo*. Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Buenos Aires. https://inta.gob.ar/sites/default/files/residuos_de_la_avicultura_diferentes_puntos_de_vista_sobre_la_gestion_de_la_cama_de_pollo._gange.pdf

Alvarez-Vera, M. S., Vázquez-Vázquez, J. E., y Castillo-Guevara, J. R. (2020). Hidrolización de plumas de pollos, mediante microorganismos: Una revisión. *Domino de las Ciencias*, 6(3), Art. 3. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i3.1334>

Aponte, G., y Soledad, B. (2022). Bioplásticos: Sustentabilidad Ambiental y Principales Tendencias: Bioplastics: Environmental Sustainability and Main Trends. *Tekhné*, 25(3), Art. 3.

Arotoma Chujutalli, L. F., y Pacahuala Jines, M. F. (2020). *Revisión bibliográfica de la elaboración de bioplástico a partir de residuos de origen animal y vegetal* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/67209>

Arrieta Almario, Á., Durango, L., y Arizal, E. (2018). *Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. 39(53), 12.

Arthuz-López, L., y Pérez-Mora, W. (2019). Alternativas de bajo impacto ambiental para el reciclaje del poliestireno expandido a nivel mundial. *Informador Técnico*, 83(2), Art. 2. <https://doi.org/10.23850/22565035.1638>

Bachan, A. (s. f.). *A Simple Guide to Duck Raising*. Turtle Village Trust. <https://www.turtlevillagetrust.org/pdf/duck.pdf>

Baggini, S. P. (2020). *Enfermedades transmitidas por los alimentos* (1.^a ed.). Ediciones Servicop.

<https://books.google.com.ec/books?id=9SH4DwAAQBAJ&pg=PT449&dq=Uso+de+plastificantes&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjapdDe0tz8AhXRI2oFHc29DNM4MhDrAXoECAkQBQ#v=onepage&q=Uso%20de%20plastificantes&f=false>

Barreto, C., Mendoza Quiroga, R., Villegas, J., Niebles, E., y Buelvas Castro, E. (2020). Analysis of the value chain of plastic recycling. A case study of the department of Atlantico (Colombia). *Espacios*, 41, 171.

Barretto, S. (2016). *Diseño de calzado urbano*. Editorial Nobuko.

Barrientos Parás, J. (2019). Plástico: El desecho interminable, ¿jamás degradable? *La Unión de Morelos*, 26-27.

Beltran, M., y Marcilla, A. (2012). Tema 2, tipos de plásticos, aditivación y mezclado. En *Tecnología de polímeros Procesados y propiedades* (p. 20). Unión de Editoriales Universitarias Españolas. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16893/1/Tema_2_Tipos_de_plasticos_aditivacion_y_mezclado.pdf

Bermeo Paucar, J., Rea Sánchez, V., Ricaurte López, B., y Pico Yépez, M. (2018). EL RECICLAJE LA INDUSTRIA DEL FUTURO EN ECUADOR. *Universidad, ciencia y tecnología*, 22(87), 29-36.

Billmeyer, F. W. (2020). *Ciencia de los polímeros* (R. Areal Guerra, Trad.). Editorial Reverté.

Bolaños, J. J. (2019). “Reciclado de Plástico PET”.
http://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/UCSP/16146/1/BOLA%C3%91OS_ZEA_JUA_PET.pdf

Brentwood Plastics. (2020). *Test Method D 6954 – 04*. Biodegradable Plastic.
<https://brentwoodplastics.com/biodegradable-plastic-d6954>

Brown, M. P. (2022). *Servicio de belleza*. Editorial Pueblo y Educación.

Buteler, M. (2019). *¿Qué es la contaminación por Plástico y por qué nos afecta a todos?* 16.

Cabrera-Núñez, A., Daniel-Renteria, I., Martínez-Sánchez, C., Alarcón-Pulido, S., Rojas-Ronquillo, R., y Velázquez-Jiménez, S. (2018). Aprovechamiento de subproductos avícolas como fuente proteica en la elaboración de dietas para rumiantes. *Abanico Veterinario*, 8(2), Art. 2.
<http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.5>

Cahuana Sanchez, J. M. (2019). *Comparación de condiciones para la degradabilidad de biopolímero, plásticos oxo-biodegradables y polietileno de baja densidad* [Trabajo de fin de grado, Universidad Peruana Unión].
https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/2433/Jose_Trabajo_Bachiller_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Calle Guadalupe, L., Ruiz López, W., y Verduga, K. (2016). Obtención de termoplásticos a partir de plumas de pollo. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 2(2), Art. 2. <https://doi.org/10.29166/revfig.v1i2.889>

Campos Campos, C. W. (2017). *Estudio de migración de distintos componentes de materiales plásticos a los alimentos* [Informe de Ingeniería, Universidad Nacional de San Martín]. <https://core.ac.uk/download/pdf/287331991.pdf>

Carey, F., y Giuliano, R. (2014). *Química Orgánica* (9.^a ed.). Mc Graw Hill Education. https://campus.ingenieria.uner.edu.ar/pluginfile.php/9134/mod_resource/content/0/carey.pdf

Carvajal de la Osa, J., Villegas Santos, J. L., Prohías Martínez, J., Figueroa Hernández, C. R., Serrano Rivero, Y., Valdés Martínez, A., Gómez González, R., Ameneiros Martínez, J. M., y Sandino del Busto, J. W. (2022). Obtención de colágeno a partir de tejidos animales subproductos de la industria cárnica. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 41, Art. 0. <https://revibiomedica.sld.cu/index.php/ibi/article/view/1567>

Castrillón, T. (2021). *Biopolímeros*. Guía técnica a inia de envase y embalaje. <http://www.guiaenvase.com/bases/guiaenvase.nsf/V02wp/EA5AA4C869FCF58FC12570DE003E4DB4?Opendocument>

Ccallo Arela, M., Sacaca Masco, F., Callata Churac, R. A., Vigo Rivera, J. E., y Calla Calla, J. (2020). Biodegradación de polímeros de plástico por

Pseudomonas. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 6(2), Art. 2. <https://doi.org/10.17162/rictd.v6i2.1457>

Charles Darwin Foundation. (2017). *Anas platyrhynchos domesticus*. <https://www.darwinfoundation.org/es/datazone/checklist?species=5027>

Cóndor, L. (2021). *Guía para el faenamiento de aves*. Eco business. https://www.ecobusiness.fund/fileadmin/user_upload/Sustainability_Academy/Recursos/Guia_para_el_faenamiento_de_aves_con_resumen.pdf

Contreras García, S. V., y Cubas Linares, M. (2020). *Bioteconlogías bacterianas para la biodegradación de polímeros. Una revisión sistemática y metaanálisis, 2020* [Tesis de grado, Universidad César Vallejo]. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/54666/Contreras_GSV-Cubas_LM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Cordero Salas, R. O. (2012). *Especies menores: Patos*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. <https://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/handle/120809/532/Modulo%20patos%20resumido.pdf?sequence=1>

Cornejo Reyes, G. V., Marinero-Orantes, E. A., Funes-Guadrón, C. R., y Toruño, P. J. (2020). Biopolímeros para uso agro industrial: Alternativa sostenible para la elaboración de una película de almidón termo

plástico biodegradable. *Rev. iberoam. bioecon. cambio clim.*, 6(11), 1359-1382. <https://doi.org/10.5377/ribcc.v6i11.9824>

Crespo Sánchez, A. C. (2021). *Biodegradación de partículas de microplástico de polietileno a partir de un consorcio microbiano aislado del contenido intestinal de la larva *Galleria mellonella* L* [Tesis de grado, Universidad Politécnica Salesiana de Ecuador]. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20234>

de Mendiburu, F. (2009). *Diseño de bloques completos al azar: DBCA*. Universidad Nacional Agraria La Molina. <http://tarwi.lamolina.edu.pe/~fmendiburu/index-filer/academic/metodos1/Bloques.pdf>

Di Rienzo, J. A., Casanoves, F., Balzarini, M. G., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. W. (2011). *InfoStat Software Estadístico*. Universidad Nacional de Córdoba. <https://www.infostat.com.ar/>

Díaz, L., y De la Cruz, M. (2021). *Los desechos del sector avícola, nueva fuente de materias primas para las industrias agrícola, cosmética o del envase*. Revista aviNews. <https://avinews.com/los-desechos-del-sector-avicola-nueva-fuente-de-materias-primas-para-las-industrias-agricola-cosmetica-o-del-envase/>

Durán Beloso, M., y Espinosa González, A. (2021). *Bio fakes: El engaño de los bioplásticos* (p. 60). Amigos de la Tierra. <https://www.tierra.org/wp-content/uploads/2021/06/biofakes-bioplasticos.pdf>

Elsevier. (2019, enero 30). *Colágenos: Tipos, composición, características y distribución en tejidos*. Elsevier Conect. <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/colagenos-tipos-composicion-distribucion-tejidos>

Ensinger. (2021, enero 24). *Plásticos con buenas propiedades mecánicas | Ensinger*. <https://www.ensingerplastics.com/es-br/semielaborados/seleccion-de-materiales-plasticos/propiedades-mecanicas>

Fakhfakh, N., Ktari, N., Haddar, A., Mnif, I. H., Dahmen, I., y Nasri, M. (2011). Total solubilisation of the chicken feathers by fermentation with a keratinolytic bacterium, *Bacillus pumilus* A1, and the production of protein hydrolysate with high antioxidative activity. *Process Biochemistry*, 46(9), 1731-1737. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2011.05.023>

Flores Morejon, A. M. (2013). *Cria y engorde de patos pekines (Anas platyrhynchos) con balanceado y morera (Morus alba) como suplemento* [Tesis de grado, Universidad Tecnica Estatal de Quevedo]. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/502/1/T-UTEQ-0035.pdf>

Fundación AQUAE. (2021, enero 22). La Isla de Basura del océano Pacífico. *AQUAE FUNDACIÓN*. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/alarmante-aumento-de-la-isla-de-basura/>

Gallo, R. P. (2021). *Caracterización de biomasa mediante uso y aplicación de calorimetría diferencial de barrido* [Escuela técnica superior de ingenieros de minas y energía]. https://oa.upm.es/68383/1/TFG_ROBERTO_PAREDES_GALLO.pdf

García Calopiña, L. F., García Coronado, A. C., Olaya Castillo, P. C., Rosas Namuche, G. P., y Vignolo Urbina, D. N. (2019). *Diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz* [Trabajo de investigación, Universidad de Piura]. <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4276/f15f56df2c6ce4fa6b1beb82a733acae5e1247a3a2fc682d78384751f8c7955.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, L. (2019). *Plásticos en los océanos*. Oficina de información científica y tecnológica para el congreso de la unión. https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_19-034.pdf

García, S. (2009). *Historia de los plásticos*.

González, N., Ayala, J. P., y Correa, L. (2020). Estrategias para la dinamización de la economía sostenible en el sector avícola del cantón Balsas, Provincia de El Oro. *Revista Científica Agroecosistemas*, 8(1), 23-28.

González Díaz, R., y González Mejías, F. (2020). *Análisis del sistema de reciclaje de plástico en Chile* [Tesis, Universidad de Talca]. <http://dspace.otalca.cl/bitstream/1950/12460/3/2020A000181.pdf>

González, Y. (2019). *Mejor sin plástico: Guía para llevar una vida sostenible*.
Plataforma.

Gutiérrez Valencia, T., Chito Trujillo, D., y Cuervo Ochoa, G. (2019).
Polímeros: Generalidades y tendencias de investigación en Colombia.
Editorial Universidad del Cauca.
<https://books.google.com.ec/books?id=XoewDwAAQBAJ&pg=PA147&dq=Uso+de+plastificantes+bioplastico&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiQoa2h09z8AhWjlGoFHQC2BNQQ6wF6BAgGEAU#v=onepage&q=Uso%20de%20plastificantes%20bioplastico&f=false>

Huacho, I. F., Mancheno, P. A., Rodríguez, A. I., y Brito, H. L. (2022).
Identificación del tiempo de degradación de láminas de plástico
procedente del plátano malayo (*Musa Acuminata*) | AlfaPublicaciones.
7, 4(1.2), 11. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.2.189>

Iconica Sport. (2021). *Organización micro y macro de las fibras de colágeno*
[Imagen digital]. <https://www.iconicasports.com/tratamiento-de-colageno-inyectable-en-patologias-musculo-tendinosas-y-articulares/tratamientos-con-colageno-inyectable/>

Instituto Tecnológico del Plástico. (2019). Clasificación e identificación de
materiales plásticos. *AIMPLAS*.
<https://www.aimplas.es/blog/clasificacion-e-identificacion-de-materiales-plasticos/>

Instron. (2021). *Máquinas de ensayo de tracción*. <https://www.instron.com/es-es/resources/test-types/tensile-test>

Jaén, M., Esteve, P., y Banos-González, I. (2018). Los futuros maestros ante el problema de la contaminación de los mares por plásticos y el consumo. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias.*, 16(1), 1-17. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2019.v16.i1.1501

Juarez, D., Ferrandiz, S., Balart, R., y García, D. (2012). 3c Tecnología. *Estudio, análisis y clasificación de elastómetros termoplásticos*, 1(2), 22.

JUBEDI, S.L. (2019). *LDPE (Polietileno baja densidad)*. <https://jubedi.com/wp-content/uploads/2019/09/LDPE-Polietileno-baja-densidad.pdf>

Laborda Blanc, M. Á. (2022). *Uso de envases biodegradables en la industria alimentaria* [Trabajo de fin de grado, Universidad Zaragoza]. <https://zaguan.unizar.es/record/111720/files/TAZ-TFG-2022-396.pdf>

Larico Mamani, C. A. (2020). *Evaluación de la adición de tres niveles del remanente de almendra (Bertholletia excelsa) en la alimentación de patos pegin (Annas platyrhynchos domesticus) en la fase de crecimiento y acabado en la ciudad de Riberalta—Beni* [Tesis, Universidad Mayor de San Andres]. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/25758>

Lawrence, E. (2018). *ISO 527-2 Ensayos de tracción para plásticos*. Instron.
<https://www.instron.com/es-es/testing-solutions/iso-standards/iso-527-2>

López-Gómez, A., Ros-Chumillas, M., Buendía-Moreno, L., y Martínez-Hernández, G. B. (2020). Active Cardboard Packaging With Encapsulated Essential Oils for Enhancing the Shelf Life of Fruit and Vegetables. *Frontiers in Nutrition*, 7.
<https://doi.org/10.3389/fnut.2020.559978>

Mamani Huamán, C. A. (2018). *Obtención de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de (tarsos) de pollo provenientes de la industria avícola en la región Arequipa* [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7216/IQmahuca.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Mendoza Villamar, M. M. (Director). (2020). *Elaboración de utensilios de bioplástico a base de la cáscara de plátano*.
<https://www.eumed.net/rev/cccss/2020/05/elaboracion-utensilios-bioplastico.html>

Merck. (2019). *Síntesis de polímeros*.
<https://www.sigmaaldrich.com/EC/es/applications/materials-science-and-engineering/polymer-synthesis>

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. (2021). Subproductos de origen animal. *Gobierno de España Ministerio de Agricultura, Pesca y*

Alimentación. <https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/sanidad-animal-higiene-ganadera/sandach/>

Ministerio del Ambiente de Perú. (2017). *¿Qué son los microplásticos? Menos Plástico Más Vida.* <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/que-son-los-microplasticos/>

Morán, A. (2016, marzo 1). Aminoácidos, péptidos y proteínas [Text]. *Dciencia | Blog de ciencia para todos.* <https://www.dciencia.es/aminoacidos-peptidos-y-proteinas/>

Normalización Española. (2003). *UNE-EN ISO 604:2003 Plásticos.* <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0030105>

Normalización Española. (2011). *UNE-EN ISO 179-1:2011 Plásticos. Determinación de las propiedades al impacto Charpy. Parte 1: Ensayo de impacto no instrumentado. (ISO 179-1:2010).* UNE Normalización Española. <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0047160>

Normalización Española. (2019). *UNE-EN ISO 32100:2019 Tejidos recubiertos de plástico o caucho.* <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0063025>

Núñez Solís, A. C. (2014). *Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo* [Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2879>

Orjuela Palacio, J., y Zaritzky, N. (2021). Evaluación de las condiciones del proceso de extracción de queratina mediante hidrólisis alcalina con hidróxido de sodio. *Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos*, 6.

Orjuela Palacio, J., Zaritzky, N., y Lanari, M. (2015). *Esquema de la estructura de la queratina*. http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/47852/Documento_completo.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Oviedo Zegarra, C. A. (2019). *Análisis del uso de la queratina como biomaterial* [Trabajo de fin de grado, Universidad Católica San Pablo]. http://54.213.100.250/bitstream/20.500.12590/16565/1/OVIEDO_ZEGARRA_CAR_QUE.pdf

Parker, L. (2022, abril 27). *Los microplásticos ya están en nuestros cuerpos. ¿Cuánto nos dañan?* National Geographic. <https://www.nationalgeographic.com/medio-ambiente/2022/04/los-microplasticos-ya-estan-en-nuestros-cuerpos-cuanto-nos-danan>

Ph Technology. (2021, mayo 21). *Propiedades mecánicas de plásticos para la industria—PH Technology*. <https://ph-technology.net/propiedades-mecanicas-de-plasticos-para-la-industria/>

Piñeros Moreno, M., y Herrera Muriel, R. (2018). *Proyecto de factibilidad económica para la fabricación de bloques con agregados de plástico reciclado (PET), aplicados en la construcción de vivienda* [Trabajo de fin de grado, Universidad Católica de Colombia]. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/b7d5ff9a-9471-49b4-9733-b5467c1485ae/content>

Pluas Mora, R. J., Martínez Aguirre, C. A., y Zambrano Demera, Y. E. (2020). *Los bioplásticos: Para una alternativa ecológica*. 5(50), 274-282. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i10.1805>

Portilla Jiménez, J. G. (2022). Análisis del Marco Normativo de Economía Circular en Ecuador Orientado al Sector de los Plásticos. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 13(1), 38-47. <https://doi.org/10.29166/revfig.v13i1.3364>

Posada, J. C., y Montes Flores, E. (2021). Revisión: Materiales poliméricos biodegradables y su aplicación en diferentes sectores industriales. *Informador Técnico*, 86(1), 94-110. <https://doi.org/10.23850/22565035.3417>

Quesada, D., y Gómez, G. (2019). *¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente*. 2(1), 79-86. <https://doi.org/10.35454/rncm.v2n1.063>

Quintero, N. (2020). Reometría. *Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología*, 19. <http://200.11.218.106/index.php/agrollania/article/view/963>

Rabell Contreras, M. F., Vázquez Morillas, A., Espinosa Valdemar, R. M., Beltrán Villavicencio, M., Osada Velázquez, M. H., y Gonzáles Filio, J. U. (2013). Propuesta metodológica para la evaluación de la degradabilidad de plásticos mediante composteo. *Universidad Nacional Autónoma de México*, 29(3), 127-133.

Ramos Benítez, E. M. (2021). *Obtención de colágeno hidrolizado mediante la reacción enzimática con bromelina sobre gelatina* [Tesis de grado, Universidad de las Fuerzas Armadas]. <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/29340/1/T-ESPE-052309.pdf#page27>

Real Academia Española. (2014). *Polipéptido* | *Diccionario de la lengua española*. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. <https://dle.rae.es/polipéptido>

Remsen, J. V., Areta, J. I., Bonaccorso, E., Claramunt, S., Jaramillo, A., Lane, D., Pacheco, J. F., Robbins, M., Stiles, G., y Zimmer, K. (2020). *A Classification of the Bird Species of South America*. South American Classification Committee. <https://www.museum.lsu.edu/~Remsen/SACCBaseline.htm>

Reynoso, S. L. (2018). *Los Polímeros Plásticos: Los Conceptos Básicos que debes conocer durante y al salir de la Universidad*. Sara L Reynoso. <https://books.google.com.ec/books?id=fmZhEAAAQBAJ&pg=PA50&dq=proceso+de+polimerizaci%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwi0-cGfxNz8AhWKIGoFHZ51CvE4ChDrAXoECAQQBQ#v=onepage&q=proceso%20de%20polimerizaci%C3%B3n&f=false>

Riera, M. A., Zamora, Y., Zambrano, M., Mendoza, A., Díaz, D., y Avellán, A. (2020). OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L.). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), Art. 1. <https://doi.org/10.48204/j.colonciencias.v7n1a1>

Riesco Ávila, J. M., y González Lozano, F. A. (2016). *Análisis cromatográfico de combustibles obtenidos a partir de desechos plásticos*. 2(1). [http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/2989/1/An%
c3%a1lisis%20Cromatogr%
c3%a1fico%20de%20Combustibles%20Obtenidos%20a%20Partir%20de%20Desechos%20PI%
c3%a1sticos.pdf](http://repositorio.ugto.mx/bitstream/20.500.12059/2989/1/An%c3%a1lisis%20Cromatogr%c3%a1fico%20de%20Combustibles%20Obtenidos%20a%20Partir%20de%20Desechos%20PI%c3%a1sticos.pdf)

Rimac León, A. C. (2019). *Bioplásticos* [Trabajo de investigación, Universidad Científica del Sur]. <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/806/TB-Rimac%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Rodrigues, N. (2021, marzo 22). *Cómo realizar un análisis de costo-beneficio paso a paso*. Hubspot. <https://blog.hubspot.es/sales/analisis-costo-beneficio>

Rodríguez, P. (2021). *Tipos de plásticos: Clasificación y reciclaje* [DVK Seguros]. <https://dkv.es/corporativo/blog-360/medioambiente/reciclaje/tipos-de-plasticos-clasificacion-reciclaje>

Romero López, N. (2018). *Determinación de plastificantes en films poliméricos* [Trabajo de fin de grado, Universidad de Jaén].

https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/9245/1/TFG_Nazareth27_Julio.pdf

Rosso, P. P., y Álvarez, J. (2022). *Aves de los humedales chilenos: Guía de campo*. Ediciones UC.

<https://books.google.com.ec/books?id=PdSgEAAAQBAJ&pg=PT42&dq=Queratina+aves&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiZjtKtiNz8AhVgQzABHYOEDjA4ChDrAXoECAoQBQ#v=onepage&q=Queratina%20aves&f=false>

Ruiloba, I., Li, M., Quintero, R., y Correa, J. (2018). Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango. *Revista de Iniciación Científica*, 4, 28-32. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v4.0.1815>

Sabry, F. (2022). *Bioplástico: La vida en bioplástico es más fantástica. ¿Son plásticos de base biológica o biodegradables? ¿Es victoria o pura ficción?* One Billion Knowledgeable.

Sáez, J. A. de S. (2000). *Introducción a la física de los materiales*. Secretariado de Publicaciones e Intercambio Editorial, Universidad de Valladolid.

Salgado Cantaro, L. R., y Herrera Valerio, V. A. (2020). *Análisis de la Sostenibilidad para la producción de bioplásticos a partir de los residuos de Musa Balbisiana y Zea Mays* [Trabajo de fin de grado, Universidad Peruana Unión]. https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/3174/Lourdes_Trabajo_Bachiller_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sarria Villa, R. A., y Gallo-Corredor, A. (2016). *La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos*. https://www.researchgate.net/publication/323200126_La_gran_problema_matica_ambiental_de_los_residuos_plasticos_Microplasticos

Shavandi, A., Silva, T. H., Bekhit, A. A., y Bekhit, A. E.-D. A. (2017). Keratin: Dissolution, extraction and biomedical application. *Biomaterials Science*, 5(9), 1699-1735. <https://doi.org/10.1039/c7bm00411g>

Sierra, L. V., Azabache Zarta, M. P., Agudelo Valencia, R. N., y Hernández Fernández, J. A. (2019). Evaluación de la Hidrólisis enzimática de plumas de pollo para la obtención de Queratina. *Revista Politécnica*, 15(30), Art. 30. <https://doi.org/10.33571/rpolitec.v15n30a2>

Soriano, M. (2020, junio 30). *Manejo en producción comercial de pato— Avicultura*. Veterinaria Digital - Avicultura, Porcicultura, Rumiantes y Acuicultura. <http://https%253A%252F%252Fwww.veterinariadigital.com%252Farticulos%252Fmanejo-en-produccion-comercial-de-pato%252F>

Toledo, M. de los A. (2019). *Revisión bibliográfica de los métodos de análisis de micro (nano) plásticos en el medioambiente y en la biota marina* [Trabajo de fin de Máster, Universidad Nacional de Educación a Distancia]. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Matoledo/Toledo_Martinez__Maria_Angeles_TFM.pdf

Torres de la Torre, C. (2019). *El futuro de los plásticos o los plásticos del futuro*. <http://www.scielo.org.ar/pdf/ccedce/n87/1853-3523-ccedce-87-229.pdf>

Trangenstein, J. A., y Colella, P. (1991). A higher-order Godunov method for modeling finite deformation in elastic-plastic solids. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 44(1), 41-100. <https://doi.org/10.1002/cpa.3160440103>

Tuta Casa, A. T. (2020). *Evaluación técnico financiera de la producción de aceite crudo partiendo del aprovechamiento de residuos plásticos post industriales tipo PP (Polipropileno) a través del proceso de pirolisis de la empresa IPSA S.A.S.* [Proyecto integral de grado, Fundación Universidad de América]. <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/8179/1/6152656-2020-2-IQ.pdf>

Universidad Nacional Autónoma de México. (2016, febrero 20). Dirección General de Comunicación Social. *Dirección General de Comunicación Social*. https://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2016_040.html

Uribe Lara, L. E. (2014, diciembre 22). *Desplazamiento de las aves, conforme a sus patas*. NaturaLista Mexico; NaturaLista Mexico. <https://www.naturalista.mx/posts/3747-desplazamiento-de-las-aves-conforme-a-sus-patas>

Vargas-García, Y., Pazmiño-Sánchez, J., y Dávila-Rincón, J. (2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos.

Una Revisión. *Revista Politécnica*, 48(2), 7-20.
<https://doi.org/10.33333/rp.vol48n2.01>

Vele Salto, A. M., Abril González, M. F., Zalamea Piedra, T. S., Pinos Vélez, V. P., Vele Salto, A. M., Abril González, M. F., Zalamea Piedra, T. S., y Pinos Vélez, V. P. (2021). Mini revisión: Aplicación de líquidos iónicos en hidrólisis ácida de material lignocelulósico para la obtención de azúcares. *Ciencia en Desarrollo*, 12(1), 55-67.
<https://doi.org/10.19053/01217488.v12.n1.2021.12477>

Villarasa, A. (2020, septiembre 17). *Tipos de aminoácidos, sus características y dónde encontrarlos—Mejor con Salud*. Mejor Con Salud.
<https://mejorconsalud.as.com/tipos-aminoacidos-caracteristicas-encontrarlos/>

Weatherspark. (2022). *El clima en Guayaquil, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador)—Weather Spark*. Weather Spark.
<https://es.weatherspark.com/y/19346/Clima-promedio-en-Guayaquil-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Williams, C. M. (2007). *Gestión de residuos de aves de corral en los países en desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
<https://www.fao.org/3/al716s/al716s00.pdf>

WWF. (2019, junio 12). *Los humanos estarían consumiendo el plástico equivalente a una tarjeta de crédito por semana*.
<https://wwf.panda.org/es/?348417/ComiendoPlastico>

Yufera, E. P. (2020). *Química orgánica básica y aplicada: De la molécula a la industria*. Tomo 2. Reverte.

Zabala Celi, J. (2018). *La industria del reciclaje en la ciudad de Quito, propuesta de modelo de negocio para la industria de reciclaje de plástico PET* [Tesis de Master, Universidad Andina Simón Bolívar].
<https://repositorio.uasb.edu.ec/bitstream/10644/6118/1/T2624-MBA-Zabala-La%20industria.pdf>



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Minuche Vallejo, María Roberta**, con C.C: # **0706792942** autora del **componente práctico del examen complejo: Elaboración de láminas biodegradables y flexibles obtenidas a partir del extracto de colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (*Anas platyrhynchos*)** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **16 de febrero de 2023**

Nombre: **Minuche Vallejo, María Roberta**
C.C: **0706792942**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN			
TEMA Y SUBTEMA:	Elaboración de láminas biodegradables y flexibles obtenidas a partir del extracto de colágeno de patas y queratina de plumas de pato pekinés (<i>Anas platyrhynchos</i>)		
AUTOR(ES)	María Roberta Minuche Vallejo		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Lcda. Patricia García Mora, Ph. D.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de educación técnica para el desarrollo		
CARRERA:	Carrera de Ingeniería Agroindustrial		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	16 de febrero de 2023	No. DE PÁGINAS:	110
ÁREAS TEMÁTICAS:	Agroindustria, extracciones, reciclaje		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	pato, plástico, biodegradable, hidrólisis, colágeno, queratina		
RESUMEN/ABSTRACT:			
<p>Uno de los principales factores que influyen en la contaminación medioambiental y en el cambio climático es la acumulación de residuos plásticos de un solo uso obtenidos a partir de materias primas no renovables, los cuales suelen acabar en los océanos o en el suelo, tardando décadas en descomponerse. Ante dicha problemática, el objetivo del presente trabajo es desarrollar, a partir de residuos de la industria alimentaria, láminas plásticas flexibles y biodegradables que puedan ser usadas como reemplazo a los plásticos convencionales, potenciando de este modo la economía circular al dar un valor agregado a los descartes agroindustriales. Para la obtención de dichas láminas se emplearán los residuos generados tras el procesado de aves de corral destinadas a la alimentación, concretamente el colágeno y la queratina presentes en las patas y plumas del pato pekinés (<i>Anas platyrhynchos</i>), respectivamente. Dichas proteínas serán extraídas mediante hidrólisis y los extractos obtenidos serán mezclados con glicerina en diferentes concentraciones, a fin de establecer, en base a las propiedades mecánicas y de degradación, la mejor formulación para el desarrollo de láminas plásticas biodegradables y flexibles. Se realizará una propuesta de la rentabilidad para comparar de una forma detallada lo que costaría la elaboración y comercialización del proyecto.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 991511414	E-mail: maría.minuche@cu.ucsg.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.		
	Teléfono: +593 987361675		
	E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			