



FACULTAD DE INGENIERÍA Y COMPUTACIÓN

**“Análisis Potencial de Productos Biopoliméricos como
Materia Prima para Elaborar Empaques Biodegradables”**

Presentado por:

**Sayddi Kassandra Jesus Salazar Chuquimia
Melanie Sophia Ñahui Chavez**

Para Optar el Grado de Bachiller en:

**INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

Asesor: Jose Alberto Aguilar Franco

Arequipa, octubre de 2019

DEDICATORIA

A nuestros papás, amigos y profesores por su gran apoyo sin condiciones durante nuestros años de formación universitaria.

AGRADECIMIENTOS

A nuestros padres por el apoyo que nos brindaron día a día para alcanzar nuestras metas.

Y a nuestros docentes por las enseñanzas y experiencias que nos brindaron.

*Agradecer a Dios, por bendecirnos cada día, guiarnos y fortalecernos en nuestra constante
lucha por lograr el sueño de ser profesionales.*

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

El presente trabajo de investigación consta de una revisión bibliográfica de potenciales productos compuestos por polímeros naturales que podrían llegar a ser utilizados como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables.

Por tanto, se consultaron distintas bases de datos de investigaciones: Science Direct, Scopus, Scielo, Redalyc, Dialnet y Latin Index; la búsqueda arrojó 1394 artículos relacionado al tema de investigación, se identificó que 155 artículos son de acceso libre y que aproximadamente el 51% de las publicaciones corresponden a artículos de investigación. El presente trabajo de investigación contempló el análisis de 22 artículos de investigación, donde alrededor del 36% de artículos provienen del país de Colombia, además se consideró un horizonte de tiempo para la búsqueda no mayor a 10 años.

Por otro lado, el procesamiento de los artículos encontrados permitió centrar la investigación. Se identificó que los polímeros naturales pueden provenir de diversas fuentes, entre ellas de polisacáridos, proteínas y lípidos. La revisión bibliográfica condujo a optar por la evaluación de productos compuestos por polisacáridos, fuente principal de obtención del almidón, presente en productos como: yuca, plátano, quinua y arrozillo, potenciales productos analizados en el trabajo.

La evaluación se realizó sobre el proceso de obtención de almidón que consideró ciertos criterios como: su facilidad de aplicación en otros productos, estructura y descripción completa del proceso y facilidad de acceso a la materia prima posteriormente mediante el método de ponderación de factores se obtuvo como resultado que a nivel teórico el método de obtención de almidón de plátano es el más completo. Teniendo en consideración que una investigación de tipo experimental permitiría resultados más certeros se consideró conveniente proponer parámetros para evaluar el producto final, que a futuro al ampliar la investigación permitan obtener un producto final de mejores características.

Palabras Clave: Empaques, biodegradables, biopolímero, polímero, almidón.

ABSTRACT & KEYWORDS

This research work consists of a literature review of possible products composed of natural polymers that could be used as a complementary raw material in the development of biodegradable packaging.

Therefore, consult other research databases: Science Direct, Scopus, Scielo, Redalyc, Dialnet and Latin Index; The search yielded 1394 articles related to the research topic, identified that 155 articles are freely available and approximately 51% of the publications corresponding to research articles. The present research work contemplated the analysis of 22 research articles, where around 36% of articles come from the country of Colombia, it was also considered a time horizon for the search no longer than 10 years.

On the other hand, the processing of articles found focused on research. It was identified that natural polymers can provide the memory of various sources, including polysaccharides, proteins and lipids. The literature review led to the evaluation of products composed of polysaccharides, the main source of obtaining starch, present in products such as cassava, banana, quinoa and rice, products analyzed at work.

The evaluation was carried out on the process of obtaining starch that considered certain criteria such as: its ease of application in other products, structure and complete description of the process and ease of access to the additional raw material through the factor weighting method that resulted. On a theoretical level, the method of obtaining banana starch is the most complete. Taking into account that an experimental investigation would allow more certifying results, it would be considered convenient to propose parameters to evaluate the final product, that in the future when expanding the research, a final product of better characteristics will be obtained.

Keywords: Packaging, biodegradable, biopolymer, polymer, starch.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	I
LISTA DE TABLAS	III
LISTA DE ACRÓNIMOS	IV
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	3
1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	5
2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	5
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	5
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	5
3. JUSTIFICACIÓN:.....	6
3.1. JUSTIFICACIÓN POR CONVENIENCIA:.....	6
3.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA:.....	6
3.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA:.....	7
3.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA:.....	8
4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:	8
4.1. TEMPORAL:.....	8
5. RESUMEN DE LA ESTRUCTURA CAPITULAR.....	9
CAPÍTULO II: REFERENCIAL TEÓRICO	10
6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	10
7. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL.....	16
7.1. EMPAQUES	16
7.2. SISTEMAS DE EMPAQUES PARA ALIMENTOS	16
7.2.2. EMPAQUE ASÉPTICO	17
7.2.3. EMPAQUE INTELIGENTE	17
7.2.4. EMPAQUE ACTIVO	17
7.3. POLÍMEROS:.....	17
7.4. CLASIFICACIÓN DE POLÍMEROS	18
7.4.1 POLÍMEROS SINTÉTICOS	18
7.4.2 POLÍMEROS NATURALES O BIOPOLÍMEROS	18
7.5. CLASIFICACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS	18
7.6. BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE EMPAQUES:.....	19
7.6.1. POLISACÁRIDOS:.....	19
I. ALMIDÓN:	19
i. PROPIEDADES ESTRUCTURALES DEL ALMIDÓN:	20
ii. TIPOS DE ALMIDONES:	20
iii. EL ALMIDÓN COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPOLÍMEROS:.....	21
iv. FUENTES DE ALMIDÓN:.....	21

a) YUCA:.....	21
b) PLÁTANO:.....	21
c) QUINUA:.....	22
v. MATERIALES QUE PUEDEN AGREGARSE AL ALMIDÓN PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES.....	22
II. CELULOSA:.....	23
i. FUENTES DE CELULOSA:.....	23
a) RESIDUOS LIGNO CELULÓSICOS:.....	23
b) AGAVE LECHUGUILLA TORREY:.....	24
c) DURIAN:.....	24
7.6.2. PROTEÍNAS.....	24
i. FUENTES DE PROTEÍNA:.....	24
a) FIBROÍNA DE SEDA:.....	24
b) CASEÍNA:.....	25
7.6.3. LÍPIDOS.....	25
i. COMPUESTOS DE NATURALEZA LIPÍDICA:.....	25
a) CERAS:.....	25
8. MÉTODOS IDENTIFICADOS.....	25
8.1. MÉTODO 1.....	26
8.1.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	26
8.1.2. FASE EXPERIMENTAL.....	26
8.1.3. RESULTADOS.....	27
8.2. MÉTODO 2.....	27
8.2.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	27
8.2.2. FASE EXPERIMENTAL.....	28
8.2.3. RESULTADOS.....	29
8.3. MÉTODO 3.....	29
8.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	29
8.3.2. FASE EXPERIMENTAL.....	29
8.3.3. RESULTADOS.....	30
8.4. MÉTODO 4.....	31
8.4.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS.....	31
8.4.2. FASE EXPERIMENTAL.....	31
8.4.3. RESULTADOS.....	31
9.INDICADORES PARA EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO FINAL	33
CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	37
10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	37
11. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO.....	40
12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	47
13. BIBLIOGRAFÍA.....	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama de Flujo de obtención de almidón de yuca	27
Figura 2 Diagrama de Flujo para la obtención de almidón de cáscara de plátano.....	28
Figura 3 Diagrama de Flujo para obtención de almidón de quinua	30
Figura 4 Metodologías para la obtención de almidón a utilizarse en la elaboración de empaques biodegradables.....	32
Figura 5 Ventana de Navegación de Software Mendeley.....	38
Figura 6 Ejemplo de Tabla en Microsoft Excel para gestionar la información.....	38
Figura 7 Pasos metodológicos para el Desarrollo de la Investigación.....	40
Figura 8 Número de Publicaciones por año (2004 - 2019).....	42
Figura 9 Cantidad de publicaciones por tipo de documento	43
Figura 10 Porcentaje de artículos obtenidos de bases de datos	44
Figura 11 Porcentaje de países de las publicaciones de artículos	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Evaluación de las metodologías de acuerdo a parámetros	33
Tabla 2 Resultados de búsqueda.....	42
Tabla 3 Número de artículos obtenidos de bases de datos.....	44
Tabla 4 Países de publicación de los Artículos.....	44
Tabla 5 Años de publicaciones de los artículos	45
Tabla 6 Revistas utilizadas en la revisión bibliográfica	46

LISTA DE ACRÓNIMOS

A	Área	[m ²]
ASTM	American Society of Testing Materials	[-]
ANDEVA	Análisis de Varianza	[-]
M	Masa	[g]
	M _f : Masa final	[g]
	M _o : Masa inicial	[g]
OMS	Organización Mundial de la Salud	[-]
PEAD	Polietileno de Alta Densidad	[-]
PES	Polietileno succinato	[-]
PBA	Polibutinel adipato	[-]
PBS	Polibutilen succinato	[-]
PLA	Ácido poliláctico	[-]
PLC	Policaprolactona	[-]
PGA	Ácidos poliglicólico	[-]
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	[-]
PSI	Unidad de presión	[$\frac{\text{lb}}{\text{in}^2}$]
PVA	Polivinil alcohol	[-]
RPM	Revoluciones por Minuto	[-]
RTVA	Rango de Transmisión al Vapor de Agua	[$\frac{\text{g}}{\text{h}\cdot\text{mm}^2}$]
T	Tiempo	[s]
USP	United States Pharmacopeial Convention	[-]
UV	Ultravioleta	[-]

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

En un mundo globalizado como el nuestro, donde el consumismo es un accionar de cada día, se han hecho evidente la utilización de empaques plásticos como envolturas o recubrimientos de productos que compramos. Sin embargo, el problema surge cuando después de haber utilizado los productos desechamos los empaques, esto por su característica de un solo uso. En el Perú el uso promedio de plástico es de 30 kg por persona al año, alrededor de 947 mil toneladas de plásticos que se adquieren en diferentes formas, de este total el 74.8% se convierte en basura. (Ministerio del Ambiente, 2017)

Se utiliza el plástico como materia prima en la elaboración de estos empaques por sus características como durabilidad y bajos costos de fabricación; la característica de durabilidad ocasiona que los residuos plásticos perduren en el medio ambiente lo que provoca daños al ecosistema y convierte a los empaques plásticos en potenciales fuentes de contaminación. El plástico, ocupa el segundo lugar en cuanto a cantidad de residuos desechados en el mundo después de los residuos orgánicos pues al final de su vida útil se convierten en residuos.

En el mundo aproximadamente el 91% del plástico que se fabrica no se recicla, y en el Perú, solo se recicla el 0.3% de las 950 mil toneladas de plásticos que se desechan mientras que el 43.7% termina en los botaderos, ríos y por ende en los mares.(Ministerio del Ambiente, 2017)

La (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2018) indicó que en promedio unos 13 mil millones de toneladas de plástico se filtran al océano cada año, el 80% llega al mar desde la tierra y el restante proviene de otras fuentes marinas, haciendo una equivalencia diríamos que cada minuto se vierte al mar un equivalente a un camión de basura lleno de plásticos. Estos residuos plásticos que llegan al mar dañan a aproximadamente 600 especies marinas. En el Perú, el 90% de las aves marinas habría ingerido plástico.(Ministerio del Ambiente, 2017)

La producción del plástico ha venido en aumento en los últimos años. Según (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2018) esta se disparó en los últimos 50 años. En el 2017 la producción mundial de plásticos alcanzó los 348 millones de toneladas, un 3.8% más en comparación al 2016 y se estima que para el 2020 se superarán los 500 millones de toneladas.

Entre los principales países productores de plástico en el mundo se encuentra China con un 24.9% de los 348 millones de toneladas, seguido de Europa con un 18.35% y Norteamérica con 17.7%.

Surge entonces, ante tal preocupación por el cuidado del medio ambiente, la necesidad de plantear soluciones que contribuyan a reducir los efectos negativos de los residuos plásticos generados. Es así que el presente trabajo de investigación busca realizar un análisis de potenciales productos compuestos por polímeros naturales que puedan servir de complemento para la fabricación de empaques biodegradables, una alternativa de solución a los empaques plásticos tradicionales compuestos por polímeros sintéticos derivados del petróleo.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El plástico es un polímero sintético derivado del petróleo. El petróleo por su parte es un recurso fósil no renovable. Aproximadamente, del total del petróleo extraído en el mundo, el 55% es destinado a la producción de plástico. (Arévalo Niño, Alemán Huerta, Rojas Verde, & Morales Rodríguez, 2010)

De esta forma los polímeros sintéticos se han convertido en parte de nuestro día a día desempeñando un papel fundamental no solo en nuestras vidas sino también en la economía del mundo moderno. Es importante resaltar la trascendencia de los polímeros sintéticos, plásticos, pues estos se aplican en prácticamente todo como en transporte, construcciones, equipos deportivos, solo por dar un ejemplo y como dejar de lado su aplicabilidad en la elaboración de empaques de alimentos. (Arévalo Niño et al., 2010)

Entre las funciones básicas de los empaques se encuentran las de protección, conservación, no solo del alimento sino la calidad del mismo. (Arévalo Niño et al., 2010) Sin embargo, aquellos empaques plásticos elaborados de polietileno sintético causan disrupción endocrina y otras enfermedades como parkinson, diabetes, obesidad entre otras por los aditivos que se utilizan en su fabricación de acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), además al ser desechados contaminan el medio ambiente por su lenta degradación que se da entre 100 años y en algunos casos podría llegar hasta los 1000 años. Esto representa un problema no solo para los seres humanos sino también para los animales ya que estos desechos plásticos llegan hasta sus diferentes hábitats y los destruyen contaminándolos y al mismo tiempo termina con la vida de los animales que viven ahí.

Así mismo, los empaques se caracterizan por su composición en materiales plásticos sintéticos de buenas características y bajos costos. Sin embargo, después de ser usados estos empaques son desechados. Usualmente, los procesos de remoción y disposición de los desechos implican costos y tienen a la vez un efecto adverso en el medio ambiente. (Enríquez C., Velasco M., & Ortiz G., 2012)

Actualmente, se están considerando como alternativa a los plásticos de origen sintético los denominados polímeros naturales o biopolímeros. Su utilización permitirá sin duda que la contaminación producida por el desecho de los plásticos vaya disminuyendo por el uso de un material más amigable con el medio ambiente. (Mendoza Quiroga & Velilla Díaz, 2011). Esto

a partir del creciente interés por la utilización de recursos renovables y por el cuidado al medio ambiente. (Navia P. & Villada C., 2013). Cabe resaltar, que los empaques elaborados con biopolímeros se destacan por su propiedad de biodegradabilidad, que contribuye a la disminución de la contaminación, también tiene potencial para evitar la alteración de alimentos y la posibilidad de generar nuevos mercados a productos derivados de fuentes naturales renovables.

Los residuos son acumulados como rellenos sanitarios porque no son biodegradables y además porque no están establecidos los procedimientos de reciclaje adecuados. (Navia P. & Villada C., 2013). La disposición inadecuada de dichos residuos genera un gran problema de contaminación ambiental y una alteración a los ecosistemas. (López, Chávez, & S., 2017).

En las tres últimas décadas los residuos por envases plásticos sintéticos se han incrementado a 13 000 millones de toneladas a nivel mundial. En el Perú, por su parte, se generan aproximadamente 2 247 579 toneladas diarias de residuos sólidos los cuales en su mayoría son plásticos. (López et al., 2017)

Generalmente los cambios en hábitos de consumo, crecimiento demográfico y aumento del poder adquisitivo y cambios en los hábitos de consumo son factores que han provocado que cada vez mayor parte de la población haga uso de empaques no biodegradables. (Ríos Osorio, Alvarez-López, Cruz Riaño, & Restrepo-Osorio, 2017)

Por lo tanto, debido a que los empaques de plástico constituyen un problema global, se abordará el tema mediante la investigación de productos de composición biopolimérica que puedan ser utilizados como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables.

1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Por lo antes mencionado el problema se caracteriza por el uso excesivo de polímeros de origen sintéticos en la elaboración de empaques.

Se ha evidenciado que las causas del problema son:

- (1) Desconocimiento de polímeros de origen natural y sus propiedades biodegradables, debido a limitados casos de éxito sobre la aplicabilidad de los polímeros naturales en la elaboración de empaques.
- (2) Limitada tecnología para la transformación de polímeros naturales.
- (3) Bajos costos de transformación de polímeros sintéticos, porque este tipo de polímero se puede transformar de forma fácil y sencilla.

(4) Cambios en los hábitos de consumo, actualmente los consumidores buscan el facilismo y practicidad en todo su entorno, como en la comida, utilizando por ejemplo empaques en alimentos que ya poseen un empaque natural.

Por contraste, los efectos son:

- (1) Acumulación de residuos sólidos plásticos ya que no son biodegradables y hay una deficiente cultura de disposición de residuos generándose así contaminación ambiental.
- (2) Contaminación Ambiental que provoca la pérdida de ecosistemas.
- (3) Contaminación de los alimentos albergados en los empaques, por su composición ocasionando enfermedades de salud a personas y animales.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Existe un producto de composición biopolimérica que pueda ser utilizado como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables?

1.4. SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1. ¿Cuáles son los productos compuestos por polímeros naturales potenciales para ser usados como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables?
2. ¿Qué métodos existen para la obtención de polímeros naturales a ser utilizados en la elaboración de envases biodegradables?

2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Analizar los principales productos compuestos por polímeros naturales como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Identificar aquellos productos que puedan ser utilizados como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables.
- Reconocer el compuesto biopolimérico de cada producto a ser utilizado para la elaboración de empaques biodegradables.
- Discriminar el compuesto biopolimérico de mayor asequibilidad.

- Identificar y contrastar los procesos de obtención para el biopolímero seleccionado a ser utilizado en la elaboración de empaques biodegradables.
- Distinguir indicadores que permitan evaluar las características del producto.

3. JUSTIFICACIÓN:

3.1. JUSTIFICACIÓN POR CONVENIENCIA:

En el campo de la Ingeniería Industrial se ha evidenciado el importante rol del Ingeniero en la toma de decisiones y en las orientaciones que tiene este a la resolución de problemas, selección de alternativas y optimización de resultados (Acevedo Borrego & Linares Barrantes, 2012). Es por ello, que en el presente trabajo de investigación se analizan diferentes alternativas que puedan disminuir el problema medioambiental generado por la producción y uso indiscriminada de plástico.

Por tanto, es necesario abordar alternativas eco amigables para contribuir en la mitigación de dicho inconveniente ambiental. Además, se debe tener en cuenta que los desechos generados por los plásticos son aproximadamente entre el 20% y el 40% en volumen de desperdicios sólidos en los países con grandes industrias (Hermida, 2011) y adicional a ello no existe una cultura de reciclaje ni un programa de gestión de residuos.

Es por ello que surge la necesidad de investigar productos que sean una alternativa en la elaboración de empaques biodegradables.

3.2. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA:

Sobre este tema tan relevante, se han realizado investigaciones de artículos de corte académico y tesis.

En la mayoría de los artículos investigados, se encontró información acerca de la obtención de polímeros naturales y muy pocos artículos detallaban el proceso de elaboración luego de tener el biopolímero. En cuanto a las tesis de Ingeniería Industrial encontradas, principalmente se desarrolla un producto desde la obtención del polímero natural hasta la elaboración del empaque biodegradable.

Los principales idiomas de los artículos científicos revisados eran inglés y portugués. Desarrollar esta investigación permitió conocer que en el Perú no existe mucha bibliografía respecto a este tema.

Esta tesina busca contribuir al campo de la Ingeniería Industrial en cuanto al desarrollo de una investigación de productos que pueden servir como materia prima en lugar de polímero sintético para elaborar empaques biodegradables.

3.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA:

La tesina se hizo mediante un análisis comparativo porque se hizo una revisión bibliográfica de artículos de investigación para poder identificar los productos que pueden ser utilizados como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables, según el tipo de reflexión, la presente investigación es descriptiva y analítica, en el caso de descriptiva es porque se detallan las características de los diferentes productos así como del proceso de obtención de biopolímeros para elaborar empaques biodegradables y es analítica debido a que se realizó una comparación de las metodologías identificadas para la obtención del almidón (biopolímero), además se analizaron indicadores útiles presentes en los artículos de investigación para la evaluación de producto terminado.

La revisión bibliográfica fue realizada basada en la recopilación de artículos de investigación y tesis de diversas bases de datos como son: Science Direct, Scopus, Scielo, Redalyc, Dialnet y Latin Index, las bases de datos de las que se analizaron más artículos fueron Scielo con 6 artículos y Scopus con 6 artículos. Fueron considerados aquellos artículos comprendidos entre los años 2009 y 2019.

Por otro lado, las palabras claves usadas para la búsqueda fueron: empaques, biodegradables, biopolímeros, almidón; cabe mencionar que estas palabras fueron buscadas en inglés con sus traducciones respectivas: Packaging, biodegradable, biopolymer y starch.

En la tabla 2 Resultados de búsqueda, la cual se presenta en el análisis bibliométrico, podemos evidenciar que el tema de investigación es relevante debido a la existencia de gran cantidad de documentos relacionados a las palabras claves (1394 artículos). Asimismo, se evidencia cómo ha crecido el interés en el tema.

Además, se investigó el número de publicaciones por año relacionadas al tema de investigación elegido, en donde se puede notar que existe un crecimiento evidente desde el año 2004 al año 2018, lo que se muestra en la figura 8 Número de publicaciones por año (2004-2018), la cual también se muestra más adelante en el análisis bibliométrico, en la gráfica se visualiza el crecimiento gradual en cada año sobre todo el notorio crecimiento de interés por investigar el tema entre los años 2010 y el año 2011, ya que a partir de este último las publicaciones fueron mayores.

El desarrollo de la bibliometría será presentado más adelante en el capítulo IV denominado Análisis Bibliométrico.

3.4. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA:

Se busca que el producto seleccionado que cumpla con ciertos criterios establecidos, pueda ser utilizado como materia prima complementaria en la elaboración de empaques biodegradables, ampliándose el estudio de trabajo de investigación a una tesis de proyecto de inversión. El resultado de la investigación también podría servir para que empresas de la industria del plástica como Plastiempaques, Pamolsa, Tecnipack S.A.C, entre otras consideren a los polímeros naturales o biopolímeros como materia prima complementaria potencial en la elaboración de empaques biodegradables, llegándose en un futuro a lograr la sustitución de los polímeros sintéticos como parte de la política ambiental de las mismas empresas y el interés del consumidor por el medio ambiente que está creciendo actualmente; además en el Perú de acuerdo a la Ley 30884 se tiene un plazo hasta el año 2021 para que se deje de comercializar y usar plásticos descartables .

4. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

4.1. TEMPORAL:

La presente investigación tuvo una duración aproximadamente de 6 meses, desde el mes de septiembre del 2018 hasta diciembre del mismo año, y luego fue retomada en julio del 2019.

4.2. TEMÁTICA:

Para la realización de la investigación se cuenta con el acceso a bases de datos, fuentes de información primaria y secundaria y así mismo se dispone de las bases de datos de la Universidad Católica San Pablo.

Esta investigación tiene relevancia en temas desarrollados en los cursos dictados en Ingeniería Industrial, los cuales son Gestión del Medio Ambiente, debido a que se pretende identificar el proceso más adecuado para elaborar productos biodegradables que no contaminen el ambiente. Así mismo tiene relación con Ingeniería del Producto porque se realiza una revisión bibliográfica de la materia prima para la elaboración de empaques biodegradables.

5. RESUMEN DE LA ESTRUCTURA CAPITULAR

Capítulo I: En este capítulo se realizó una introducción con la finalidad que se pueda tener una visión general del tema desarrollado en nuestra investigación, luego se presenta la descripción del problema, objetivos de la investigación y finalmente las justificaciones de la realización de la presente tesina.

Capítulo II: El capítulo inicia con los antecedentes de nuestra investigación, luego se elaboró el marco teórico en el que se desarrollan diferentes conceptos que permiten el sustento del planteamiento, se realizó una descripción de los términos relacionados a empaques, polímeros y su clasificación. También se realizó un repaso de los biopolímeros que se utilizan en la elaboración de empaques, explicando que es un polisacárido y almidón así mismo de las fuentes de donde se puede obtener almidón como la yuca, plátano, quinua y arrocillo. Además, se explicaron los materiales que permiten mejorar las propiedades del almidón puede obtener almidón como la yuca, plátano, quinua. Además, se explicaron los materiales que permiten mejorar las propiedades del almidón.

Capítulo III: En el capítulo III se abordan aspectos como la metodología de la investigación que detalla los resultados de investigación realizadas fundamentándose en estadística encontrada sobre el tema a abordar utilizándose para la búsqueda palabras clave, las cuales fueron: plástico, empaques, biodegradable, entre otros.

Capítulo IV: Este capítulo hace referencia a las conclusiones y análisis de resultado, está en relación a lo encontrado producto del trabajo de investigación como la potencialidad de los productos con composición de biopolímeros para la elaboración de empaques biodegradables.

CAPÍTULO II: REFERENCIAL TEÓRICO

6. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

(Arévalo Niño et al., 2010) y (Sánchez Aldana, Contreras-Esquivel, Nevárez-Moorillón, & Aguilar, 2015) realizaron investigaciones relacionadas a la elaboración de películas biodegradables a partir extractos pécticos y cítricos; sus investigaciones presentan enfoques distintos pero de igual forma buscan contribuir a la reducción del uso de plásticos en nuestras vidas que al haber sido elaborados a base de petroquímicos, son no biodegradables y su utilización ocasiona problemas ambientales serios por la acumulación de residuos sólidos.

(Arévalo Niño et al., 2010) señalan en la investigación desarrollada que las funciones básicas de los empaques son la protección y conservación, porque un empaque bueno no solo sirve para preservar su contenido sino también que debe mantener la calidad del alimento, tras este enunciado se han realizado varias investigaciones sobre la innovación de empaques para alimentos, esto crece al igual que demanda del consumidor por obtener una alta calidad en alimentos y seguridad sobre ellos, por ello se busca que exista una relación entre el producto que es contenido, el empaque y el medio ambiente interactúen de tal forma que se mantenga la calidad del producto y se incremente la calidad de vida del mismo.

Otro punto que se indican es que los materiales obtenidos a partir de residuos lignocelulósicos son de gran interés industrial porque al igual que los otros biopolímeros son de origen renovable y sus derivados son biodegradables. Entre los principales componentes de materiales lignocelulósicos se encuentran: la celulosa, como uno de los biopolímeros más abundantes que pueden encontrarse en bagazo de caña, cascarilla, zacate, entre otros y la lignina como segunda fuente más abundante que existe en la naturaleza.

Su investigación buscó incorporar los residuos agroindustriales, es decir residuos, por lo que se elaboraron películas mediante la técnica del castin o vaciado en placa utilizando residuos de la industria citrícola, pectina y alcohol polivinílico, además de benzoato de sodio para estudiar el efecto de este, así como la caracterización de las películas a partir de pruebas a las propiedades fisicomecánicas y de barrera de las películas. Se obtuvieron valores de resistencia a la tensión que fluctuaron entre 5.81 y 11.29 MPa y que se mejoraron con la adicción del conservador lo que permitió incrementar su grosor incrementando su resistencia a la tensión, también se analizó la elongación, y valores de permeabilidad. Se concluyó que fue posible la incorporación de residuos agroindustriales en la elaboración de empaques, cuyas propiedades fisicomecánicas y de barrera se mostraron similares a las de

otras películas y que pueden ser utilizados como materia prima potencialmente útil en la industria de los empaques de alimentos.

En tanto, (Sánchez Aldana et al., 2015) desarrollaron su investigación elaboraron y caracterizaron películas biodegradables a partir de extractos pécticos de bagazo de limón mexicano donde se utilizaron insumos adicionales como el glicerol y el aceite de limón. Obtuvieron 20 películas para las cuales realizaron pruebas mecánicas y de permeabilidad del vapor de agua, en búsqueda de la mejor película, se seleccionó la película de mejores características, esta fue elaborada a base de extracto péctico de bagazo de limón con 1% de pectina, 0.75% de glicerol y 500mg/kg de aceite esencial de limón cuyos resultados a las pruebas fueron de $1.48 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ y permeabilidad al vapor de agua de $5.17 \times 10^{-11} \text{ g}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{m}^{-1} \text{ Pa}^{-1}$. A lo que concluyeron que la aducción del aceite esencial de limón no afectó las propiedades de la película.

(Arzapalo Quinto, Huamán Condo, Quispe Solano, & Espinoza Silva, 2015) por su parte en su investigación dan a conocer la aplicabilidad del almidón proveniente de la quinua para la elaboración de empaques biodegradables. Mencionan las características del almidón como polisacárido más utilizado en la industria alimentaria y su importancia como ingrediente principal debido a su versatilidad y costo bajo. Por sus propiedades físico químicas y funcionales los almidones pueden ser utilizados como agentes espesantes, elementos ligantes, agentes estabilizantes y agentes de relleno.

La quinua por su parte es un grano cultivado en el Perú desde épocas prehispánicas, es considerado uno de los alimentos del futuro mundialmente por su capacidad de adaptación agronómica. En el Perú se cultiva en grano de quinua en grandes cantidades, 100 cultivares, de las que se obtiene el grano en sus distintas variedades. (Arzapalo Quinto et al., 2015)

El grano de quinua contiene porcentajes elevado de almidón entre el 58% a 68%. Sin embargo, el almidón de la quinua no ha sido estudiado a profundidad pese a sus extraordinarias propiedades funcionales como su excelente estabilidad frente al congelamiento y retrogradación.

El almidón de quinua tiene la potencialidad de ser usado como alternativa relevante para sustituir a los almidones modificados químicamente, polímeros sintéticos en la elaboración de envases biodegradables.

Para el desarrollo de su investigación, el grupo de investigación utilizó tres tipos de variedades de quinua (collana negra pasankalla roja y blanca Junín) provenientes de regiones productoras de quinua del Perú: Ayacucho, Puno y Junín. Primero se obtuvieron las muestras o también llamadas unidades experimentales, seguidamente se evaluó la

materia prima y del método de extracción del almidón para a continuación evaluar la calidad del almidón a través de análisis químicos y fisicoquímicos, análisis de propiedades físicas, funcionales, el establecimiento de parámetros de calidad del almidón y un análisis estadístico.

Como resultados del estudio de caracterización se concluyó que el rendimiento del almidón de quinua a nivel laboratorio era superior para la variedad blanca con un valor de 30.64%. Como parte de las pruebas de viscosidad se determinó que la variedad negra Collana era la más viscosa y en cuanto el índice de adsorción esta variedad se muestra como la más estable. Los resultados de la investigación pueden ser usados como marco de referencia para la preparación de otros productos o para otro tipo de uso.

(Durango, Soares, & Arteaga, 2011) realizan una investigación acerca de biopolímeros, mencionan que están presentes en polisacáridos como el almidón, proteínas y lípidos, al igual que los demás grupos de investigadores en sus investigaciones, ellos mencionan que las características principales son su biodegradabilidad, estética en cuanto a su apariencia, e incluso que su comestibilidad.

En la investigación desarrollada, mencionan que hay tres clasificaciones de empaques que pueden ser comestibles, estas son (1) hidrocoloidales, los cuales son elaborados a base de almidón o proteínas, (2) lipídicos, que como su nombre menciona resultan de lípidos, (3) Compuestos, provenientes de proteínas que contienen más lípidos o polisacáridos igual con más lípidos. Los tres tipos tienen alta permeabilidad al vapor de agua.

También indican que los empaques son elaborados en su mayoría de derivados de almidón, celulosa, quitosano, alginato, carragenina, pectina, pululana y otros, siendo el almidón el polímero natural más utilizado debido a que es fácil de procesar, tiene costos bajos en su obtención, es abundante y además como ya se mencionó es de fácil manipulación, biodegradable y comestible.

(Alarcón Aranguren & Barajas Sepúlveda, 2013) hacen especial énfasis en la protección del medio ambiente a través de la utilización de materiales biodegradables a partir de productos compuestos que puedan ser transformados en sustancias nuevas favorables para el ecosistema.

Es así que se mencionan a los biopolímeros generados a partir de almidones, conocidos por sus características de biodegradabilidad y que pueden ser utilizados en la elaboración de empaques para productos vegetales destacándose entre sus beneficios los de garantizar la salubridad de los alimentos, su fácil y rápida degradabilidad permitiendo de esta forma reducir la contaminación ambiental cuando son desechados.

Su investigación está focalizada en evaluar las propiedades y características de los biopolímeros que podrían funcionar como materia prima para la elaboración de empaques biodegradables para productos como la lechuga cressa que permitan que el producto pueda conservarse y mantener las condiciones de salubridad necesarias cuando este sea transportado o comercializado.

La lechuga cressa es una de las especies vegetales más comestibles en Colombia es una de las más comercializadas del sector agrícola. Comúnmente esta es comercializada en empaques de polietileno (PEAD) que dificulta su conservación y que por sus componentes altos en petroquímicos generan contaminación del suelo cuando estos son desechados además que demoran largos periodos de tiempo en degradarse.

Surge como alternativa el uso de biopolímeros, como el almidón que puede ser encontrado en productos como la yuca, papa, maíz, entre otros que se caracterizan por su degradabilidad e impacto positivo en el medio ambiente. De utilizarse el almidón como materia prima en la elaboración de empaques sus componentes naturales no generarían daños al medio ambiente cuando estos se desechen convirtiéndose así en el candidato perfecto a ser utilizado como alternativa de empaques biodegradables para la conservación de los productos naturales, para efectos del estudio, la lechuga cressa.

(Enríquez C., Velasco M., & Fernandez Q., 2013) concuerda con (Alarcón Aranguren & Barajas Sepúlveda, 2013) ya que considera al almidón como uno de polímeros más prometedores para la elaboración de películas biodegradables que puedan ser utilizados para reemplazar a los materiales que se utilizan en la elaboración de empaques tradicionales. Sin embargo, también se pone en manifiesto la desventaja de las películas biodegradables frente a los empaques tradicionales, puesto que de ser solamente utilizado el almidón en la elaboración de empaques estos tendrían ciertas limitaciones referidas a sus propiedades mecánicas pobres, su alta permeabilidad al vapor de agua, una cierta tendencia a la retrogradación, rigidez entre otros. Por tanto, (Enríquez C. et al., 2013) señala que es necesario contrarrestar tales limitaciones con el fin de crear películas biodegradables con características cada vez más similares a las sintéticas. Su investigación se centra en la revisión literaria de distintos artículos con el fin de determinar los componentes más comunes empleados en la elaboración de películas biodegradables basada en el almidón y sus principales métodos de procesamiento.

El estudio (Alarcón Aranguren & Barajas Sepúlveda, 2013) contempló el análisis de 21 biopolímeros: 7 de ellos obtenidos a partir de almidón de papa, 7 a partir de almidón de yuca y 7 a partir de almidón de maíz. Es así que el estudio se dividió entre etapas que permitieron

el procesamiento de la información: primero la etapa de identificación y selección donde se buscó estandarizar el proceso de fabricación de los biopolímeros, la segunda etapa la de aplicación donde se explotaron las diversas formas de aplicación del biopolímero y la tercera etapa la de evaluación donde se desarrolló la propuesta final de empaque con el objetivo de conocer su comportamiento en contacto con el producto de estudio: la lechuga cresspa.

Como resultados se obtuvo que de las tres fuentes de almidón: papa, yuca o maíz en la etapa de fabricación de los biopolímeros los almidones de papa y yuca presentaron color transparente y mejor resistencia que el de maíz. Para la etapa dos se encontró que los biopolímeros obtenidos debían ser modificados para mejorar sus características físico química dependiendo de los requerimientos de propuestas de empaques. En la última etapa se halló que el empaque elaborado con el material de apoyo al ser sometido a un seguimiento mostro que presenta resistencia al desprendimiento y falla estructurales por deformación afectando la forma del empaque y la lechuga al estar contenida.

Por tanto, se exploró la aplicación de los biopolímeros en la elaboración de empaques flexibles al vacío obteniéndose resultados favorables tanto en la estructura del empaque como en sus propiedades para la conservación de la lechuga. Para comprobar la efectividad del empaque se lo sometió a condiciones reales a las que se le dio seguimiento encontrándose que el producto se conservó por un plazo mayor de 2 a 3 días en contraste con los productos empaquetados en plástico de polietileno, forma en la que se comercializa actualmente.

El grupo de investigadores de (Castillo et al., 2015), realizaron una investigación sobre el “Bioplástico a base de la cáscara de Plátano”, en dónde explican lo difícil que es la degradación del plástico, este tarda alrededor de 100 años en desaparecer, y otros plásticos incluso podrían tardar hasta 1000 años, incluso indican que el plástico es la tercera aplicación más utilizada en el planeta.

Además, según su investigación existen bioplásticos que tienen características muy similares a los plásticos elaborados a partir de petróleo, mencionan que una de las diferencias principales entre plástico de origen natural y plástico de origen sintético es que el primero es totalmente biodegradable y no es tóxico, además si es proveniente de almidón este luego de ser degradado se puede usar como abono. Estas ventajas que se tienen surgen a raíz de que la materia prima es de origen vegetal.

Debido a esto, a lo largo de los últimos años se han desarrollado investigaciones acerca de materiales que contengan biopolímeros para poder sustituir al plástico convencional. El bioplástico también colabora con el desarrollo sostenible ya que en el proceso de elaboración

de plástico sintético se emiten grandes cantidades de dióxido de carbono y con la elaboración de bioplástico estas emisiones se reducen en 0.8 y 3.2 toneladas aproximadamente.

Incluso, se evidencia que el uso de materia prima a partir de bioplástico se está extendiendo en diferentes sectores, no solo para la elaboración de empaques, campos como los de medicina en cuanto a prótesis, hilos de sutura y otros, en alimentación para productos de catering y envases descartables, en juguetes y ropa.

(Haro-Velasteguí, Borja-Arévalo, & Triviño-Bloisse, 2017) presentan un proyecto de investigación basado en el análisis sobre el tratamiento que se les brinda a residuos orgánicos que pueden ser utilizados como materia principal para elaborar materiales plásticos biodegradables con el objetivo de hacer frente al problema generado por usar de forma excesiva los materiales plásticos de origen sintético derivados del petróleo que provoca niveles de contaminación que por su vasto ciclo de degradación desprenden sustancias tóxicas al ecosistema.

Su investigación se centra en aprovechar una de las fuentes que genera mayor cantidad de residuos, la industria agrícola, en la que los residuos son comúnmente raíces, tallos, hojas o cualquier parte de la planta que no son utilizados; así también se busca aprovechar los subproductos provenientes de los cultivos de arroz, café, banano entre otros.

Tanto, (Haro-Velasteguí et al., 2017) como (Castillo et al., 2015) consideran para efectos de su investigación que los residuos generados por la producción de plátano son relevantes ya al ser estos no procesados o reciclados son materia prima disponible, especialmente porque se considera a estos residuos como fuente potencial de celulosa y almidón que pueden utilizarse como materia prima para producir plástico biodegradable que entre los beneficios que tienen es que se descomponen de forma rápida siendo útil como compost (abono) para el suelo a diferencia de los plásticos tradicionales que tienen tiempos más largos de degradación y que su disposición inadecuada afecta la biodiversidad.

Así mismo concuerdan (García-tejeda, Zamudio-flores, Bello-pérez, Romero-Bastida, & Solorza-Feria, 2011) y (Castillo et al., 2015) en que el plátano es una fuente de materia prima importante, sin embargo se han identificado ciertos inconvenientes como son el color y las bajas propiedades mecánicas del plátano que se obtienen de sus películas, sin embargo tales características pueden mejorar a través de un proceso de oxidación química de los grupos hidroxilo secundarios y del grupo hidroxilo primario cuyo principal objetivo es la oxidación alcalina en su forma ligera, es decir el blanqueamiento del plátano para así poder

eliminar todas sus impurezas y evaluar sus propiedades físicas, químicas, térmicas y morfológicas.

7. MARCO TEÓRICO - CONCEPTUAL

7.1. EMPAQUES

(Ríos Osorio et al., 2017) Se refieren a los empaques como aquellos objetos físicos destinados a contener en su interior un producto o alimento pudiéndose clasificar como empaques primarios cuando se encuentra en contacto directo con el producto y secundarios cuando contienen otros empaques en su interior.

Los empaques cumplen diversas funciones, entre ellas: contención, protección, comodidad y comunicación esta última referida a proporcionar al consumidor información sobre el producto.

Sin la existencia de empaques sería muy dificultoso que empresas de industrias procesadoras de alimentos distribuyan y comercialicen sus productos puesto que estos estarían expuestos a gran cantidad de factores externos que ocasionarían efectos directos en el producto produciendo su deterioro. (Rubio-Anaya & Guerrero-Beltrán, 2012)

Gracias a que los empaques cuentan con gran cantidad de funciones y que son usados para almacenar distintos tipos de alimentos, sus características y propiedades varían. Por tanto, se utilizan diferentes materiales para fabricarlos como, por ejemplo: vidrio, metales, papel, cartón, hojalata, aluminio o combinaciones.

Por su forma los empaques pueden distinguirse en: cajas, latas, bolsas, frascos, películas y otros.

7.2. SISTEMAS DE EMPAQUES PARA ALIMENTOS

(Ríos Osorio et al., 2017) sugieren una clasificación para empaques primarios, que a continuación detallamos:

7.2.1. EMPAQUES EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS

Son aquellos en los que dentro del empaque se realiza una inyección de gases que pueden ser: oxígeno, dióxido de carbono, nitrógeno o combinación de otros gases con el objetivo de incrementar la vida útil de los alimentos.

7.2.2. EMPAQUE ASÉPTICO

Es un tipo de envase que se enfoca en que, los alimentos que estén contenidos dentro, se encuentren en condiciones asépticas y herméticamente selladas lo que involucra que no existan gases, vapor de agua o cualquier microorganismo.

7.2.3. EMPAQUE INTELIGENTE

Este tipo de empaques se diferencia de los demás por su capacidad de detectar riesgos microbiológicos, registrar y realizar un seguimiento del producto con el propósito de comunicar al consumidor sobre la calidad del mismo permitiéndole tomar decisiones o advertirle sobre los riesgos de consumir dicho producto.

7.2.4. EMPAQUE ACTIVO

Son aquellos que modifican las condiciones de los alimentos puesto que buscan incrementar su vida útil o mejorar sus propiedades sensoriales manteniendo su calidad. Entre los empaques del tipo activo se encuentran:

Filmes y revestimientos:

Entre los empaques se distinguen los filmes y revestimientos, estos funcionan al igual que barreras contra elementos o factores externos, estos pueden ser comestibles. Estos pueden ser elaborados a base de biopolímeros que le otorgan ciertas características como ser biodegradables, comestibles, agradable apariencia estética y buenas propiedades contra el oxígeno y el vapor de agua.

Como filmes: Pueden ser finas películas, formadas paralelamente y aplicadas al producto.

Como revestimientos: Pueden ser suspensiones o emulsiones aplicadas directamente sobre la superficie del alimento donde se secan formando una capa muy delgada. (Durango et al., 2011)

7.3. POLÍMEROS:

Los polímeros son sustancias químicas conformadas por una gran cantidad de monómeros (moléculas simples) que se encuentran unidos mediante enlaces covalentes que suelen ser en su mayoría átomos de carbono. (Ríos Osorio et al., 2017)

7.4. CLASIFICACIÓN DE POLÍMEROS

Los polímeros según su origen pueden ser: naturales o sintéticos. A continuación, son detallados.

7.4.1 POLÍMEROS SINTÉTICOS

Los polímeros sintéticos son macromoléculas creadas por el hombre y se dividen según su comportamiento en dos categorías: termoplásticos y termorrígidos. Los polímeros tienen características muy bien definidas según su categoría, los primeros, los termoplásticos se caracterizan por ablandarse o fundirse cuando se calientan y generalmente son solubles en disolventes adecuados. Al contrario, los termorrígidos se descomponen cuando son calentados y no pueden ser fundidos o solubilizarse. (Hermida, 2011)

Existen polímeros de uso común, entre ellos se encuentran los plásticos. El plástico hace referencia a una clase de material que puede ser moldeado, estos se caracterizan por ser materiales técnicamente importantes por sus propiedades, la más importantes sus bajos costos. Entre los polímeros sintéticos comúnmente usados en la elaboración de empaques se encuentra: el polietileno, polipropileno, copolímeros de etileno, las poliamidas y los poliésteres. (Hermida, 2011)

7.4.2 POLÍMEROS NATURALES O BIOPOLÍMEROS

Los biopolímeros por su parte son macromoléculas que son obtenidas de fuentes naturales renovables o también se pueden obtener mediante un proceso de síntesis a partir de petroquímicos generando así biopolímeros capaces de degradarse. (Ríos Osorio et al., 2017)

Los plásticos biodegradables, polímeros naturales, constituyen una prometedora alternativa para contrarrestar el masivo consumo y contaminación producto del uso de polímeros sintéticos que no se degradan.

7.5. CLASIFICACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS

(Ríos Osorio et al., 2017) acotan que mayormente las clasificaciones de los biopolímeros se realizan según su composición química, método de síntesis, importancia económica, entre otras. Sin embargo, la clasificación que se presenta a continuación se realizó de acuerdo al origen y biodegradabilidad:

Tipo A: Origen Natural y biodegradables:

- Polisacáridos (almidón, celulosa, lignina, quitina)
- Proteínas (gelatina, caseína, gluten de trigo, seda y lana)
- Lípidos (triglicéridos)
- Poliésteres producidos por microorganismos y plantas
- Poliésteres bioderivados de monómeros (ácido poliláctico, PLA)
- Diversos polímeros (cauchos)

Tipo B: Origen Natural y no biodegradables

- Poliamidas
- Poliesteramidas
- Poliésteres insaturados
- Resinas epóxicas
- Resinas fenólicas

Tipo C: Origen sintéticas y biodegradables

- Poliésteres alifáticos (ácidos poliglicólico, PGA; policaprolactona, PLC; polibutilen succinato, PBS)
- Polivinil alcohol (PVA)
- Polialquileno dicarboxilatos (polietileno succinato, PES; polibutinel adipato, PBA)
- Polianhidridos

7.6. BIOPOLÍMEROS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE EMPAQUES:

Los polímeros naturales o biopolímeros pueden provenir de diversas fuentes como son:

7.6.1. POLISACÁRIDOS:

Los polisacáridos son especialmente conocidos por su compleja estructura y su gran diversidad.

I. ALMIDÓN:

El almidón es el polisacárido más abundante en la naturaleza conocido por su alta disponibilidad en la naturaleza, su bajo coste, características de biodegradabilidad y también porque se constituye como material de reserva de muchas plantas; este puede hallarse en forma de granos pequeños parte de semillas, tubérculos y raíces.

El almidón es utilizado en la industria para la fabricación de papel, pegantes e incluso en la industria textil, así como en la industria de alimentos preparados y en la industria farmacéutica. (Luna, Villada, & Velasco, 2009)

i. PROPIEDADES ESTRUCTURALES DEL ALMIDÓN:

El almidón está compuesto de dos sustancias: amilosa y amilopectina y esta es contenida en forma de gránulos en diversas formas y tamaños (Isbeth et al., 2018). Cabe resaltar que la proporción de estos componentes varía en su composición química y su estructura de componentes de acuerdo a la fuente de la cual son obtenidos (Isbeth et al., 2018); por otro lado, la estructura ramificada característica de la amilopectina le otorga propiedades mecánicas pobres además se sabe que cuanto mayor sea el contenido de amilopectina mayor será la cristalinidad de las películas, mientras que la amilosa influye en el embalaje de amilopectina de cristalinos dentro del gránulo de almidón, este aspecto es importante porque determina ciertas propiedades como: la absorción de agua, hinchazón y gelatinización. (Isbeth et al., 2018)

ii. TIPOS DE ALMIDONES:

- **Almidones plastificados:**

Son aquellos que poseen características parecidas a la de los plásticos convencionales, especialmente las propiedades mecánicas; son muy resistentes a las grasas y a los alcoholes, pero cuando se los someten a agua caliente se degradan con facilidad.

- **Almidones Termoplásticos:**

Son aquellos con altas concentraciones de almidón, en algunos casos del 90%; se caracterizan por su estabilidad en presencia de aceites y grasas; sin embargo, suelen ser muy vulnerables en agua fría o caliente. Pueden ser degradados en medios acuosos en un promedio de 5 días.

- **Almidón Espuma:**

Son aquellos que tienen un porcentaje de almidón del 100%, se caracterizan por ser antiestáticos, aislantes y amortiguadores siendo completamente biodegradables. (Rubio-Anaya & Guerrero-Beltrán, 2012)

iii. EL ALMIDÓN COMO MATERIA PRIMA PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPOLÍMEROS:

En la producción de biopolímeros (bioplástico) es necesario que la estructura granular del almidón se rompa o funda, el hecho de que tenga que someterse al almidón a este proceso hace que no cuente con las propiedades necesarias para trabajar como un almidón termoplástico por ello es necesario el uso de plastificantes que incrementarán su flexibilidad y habilidad para reducir la interacción de los enlaces de hidrógeno aumentando su espacio molecular.

iv. FUENTES DE ALMIDÓN:

Existen variedad de productos de los cuales se puede obtener el almidón, como cereales, leguminosas y tubérculos. (Kumar, Singh, Gupta, Ali, & Baboota, 2019). Sin embargo, de acuerdo a la bibliografía revisada para esta investigación sobre estudios relacionados a la obtención de almidón, se identificaron las siguientes fuentes principales:

a) YUCA:

(Navia, Ayala, & Villada, 2014) indican que la yuca es una materia prima que puede ser usada en la producción de bioplásticos, esto debido a que tiene una capacidad de plastificarse por medio de técnicas como la denominada termocompresión, de combinarse con polioles, por ejemplo, con glicerol, que junto al calor permiten formar enlaces entre los polímeros y aditivos afines originan material plastificado.

La yuca tiene un alto contenido de almidón y se caracteriza por la gran proporción de amilosa contenida en su estructura a diferencia de otras fuentes naturales de almidón.

b) PLÁTANO:

El plátano es considerado como uno de los productos agrícolas de los cuales se generan mayor cantidad de residuos en su producción, ya que solamente el fruto es lo que se comercializa y consume, las demás partes de la planta como el tallo o piel del plátano no son aprovechados por el contrario son considerados residuos que generan la proliferación de plagas que afectan otros cultivos sin embargo, se constituye como alternativa la utilización del plátano para la elaboración de bioplástico por su gran contenido de celulosa y almidón. (Haro-Velasteguí et al., 2017)

c) QUINUA:

La quinua es un grano cultivado en el Perú, es considerado por su alto valor nutricional y por su gran capacidad de adaptación agronómica. Existen aproximadamente alrededor de 100 variedades de quinua que se distinguen por la forma en la que son preparadas para el consumo. Se sabe que son una fuente de almidón que tiene a comparación del almidón presente en otros alimentos mayor estabilidad frente al congelamiento y a la retrogradación. (Arzapalo Quinto et al., 2015).

v. MATERIALES QUE PUEDEN AGREGARSE AL ALMIDÓN PARA MEJORAR SUS PROPIEDADES

Existen diferentes materiales o componentes que tras mezclarse con el almidón los hacen más parecidos a los plásticos, cada componente se usa con el objetivo de mejorar ciertas propiedades como pueden ser las mecánicas, térmicas de barrera, entre otras. (Enríquez C., Velasco M., & Ortiz G., 2012)

a) Materiales de Relleno y de refuerzo:

Se adicionan con el objetivo de otorgarle mayor fuerza, es decir, consistencia y volumen a la mezcla además de otorgarle ciertas propiedades como la biodegradabilidad, elasticidad, rigidez, entre otros, los más utilizados son: productos derivados de la celulosa, gomas, polímeros derivados de plantas y de animales, además de polímeros sintéticos hidrofóbicos. (Enríquez C. et al., 2012)

Los plastificantes tienen propiedades que disminuyen la actividad del agua lo que ocasiona que el crecimiento de microbios se vea limitado. (Kumar et al., 2019)

b) Plastificantes:

Los plastificantes son en su mayoría líquidos de gran viscosidad que se añaden a la mezcla con el propósito de mejorar la flexibilidad del material, los más conocidos son los polioles, entre los que se encuentran el glicerol o glicerina. (Enríquez C. et al., 2012)

c) Agentes Acoplantes:

Los agentes acoplantes son también conocidos como mediadores, esto quiere decir que funcionan como mediadores de fase, los más conocidos son los grupos epóxicos y ácidos anhídridos. (Enríquez C. et al., 2012)

d) Agua:

Se requiere añadir agua a la mezcla antes de combinarla con cualquier polímero.

e) Aditivos:

Existen infinidad de aditivos, pero la decisión de cual añadir depende del resultado que se desea obtener; entre lo más usados se encuentran los estabilizantes con rayo ultravioleta (UV), sustancias ininflamables, heridas, antioxidantes, fertilizantes y estabilizantes.

f) Agente destructorante:

Como su nombre indica su objetivo es deestructurar el almidón para deshacer su estructura para mejorar su unión con otros polímeros.

Se debe tomar en cuenta en la elaboración de materiales a partir de almidón, la fragilidad de las mezclas con altas concentraciones de esta sustancia. Con la finalidad de superar esta naturaleza frágil del almidón y alcanzar una biodegradabilidad completa se utiliza también glicerol (plastificante), úrea y poliéter. (Kumar et al., 2019)

II. CELULOSA:

La celulosa es otro de los biopolímeros naturales más abundantes, conforma básicamente las paredes celulares de las plantas; sin embargo, se diferencia del almidón porque este presenta mayor resistencia a la biodegradación. (Rubio-Anaya & Guerrero-Beltrán, 2012)

Este polímero natural tiene afinidad por el agua (hidrofilia), insolubilidad y estructura cristalina, lo que ocasiona que sea difícil de usar, sin embargo, la celulosa es una materia prima muy barata para elaborar cualquier producto. (Kumar et al., 2019)

i. FUENTES DE CELULOSA:

De acuerdo a la bibliografía revisada sobre estudios relacionados a la obtención de celulosa esta fue extraída de productos como:

a) RESIDUOS LIGNO CELULÓSICOS:

Según comenta (Arévalo Niño et al., 2010) los residuos lignocelulósicos constituyen la raíz de gran cantidad de materiales poliméricos de interés en la industria, todo ello debido a sus especiales características, entre ellas: su biodegradabilidad y su carácter renovable.

Entre ellos los residuos cítricos (cáscaras de limón) así también la cascarilla de arroz y la fibra de demás residuos lignocelulósicos provenientes del banano, caña y coco.

b) AGAVE LECHUGUILLA TORREY:

Agave Lechuguilla es considerada una fuente para la extracción de celulosa por ser una planta altamente fibrosa. La celulosa es una molécula biológica, una de las más abundantes y una de las cuales compone mayor porcentaje de los biopolímeros de la tierra, son considerados por ser recursos renovables y biodegradables. (Nepomuceno Catalán et al., 2018)

c) DURIAN:

La fruta Durian se encuentra principalmente en zonas del sudeste asiático en países como Tailandia, Indonesia, Filipinas y Malasia. Su corteza está conformada de 31% a 35% de celulosa (mayor cantidad), 11% aproximadamente de lignia y entre 15% y 18% de base seca o también conocida como hemicelulosa. Este fruto tiene un olor muy desagradable y contamina el medio ambiente cuando no es desechado de forma adecuada, por lo que es necesario que pueda identificarse una forma de reutilizarlo. (Zhao, Lyu, Lee, Cui, & Chen, 2019)

7.6.2. PROTEÍNAS

Las proteínas pueden ser de dos tipos: fibrilares y globulares. En cuanto a la elaboración de empaques se considera a las proteínas globulares como aquellas más potenciales debido a sus propiedades como la solubilidad en agua y su capacidad para actuar como emulgentes, un ejemplo es el caseinato de sodio, que es altamente soluble en mezclas acuosas además presentan resistencia a la desnaturalización química y a la coagulación, esto quiere decir que muy estables.

Entre las proteínas globulares más conocidas se encuentra la soya de las cual se pueden obtener películas biodegradables de dos formas: a partir de la leche de soya o de soluciones aisladas de proteína de soya. (Rubio-Anaya & Guerrero-Beltrán, 2012)

Una desventaja que tienen los plásticos elaborados a partir de las proteínas es que está formada por queratina y además son sensibles a la humedad relativa, para disminuir ello se combinan con materiales de base biológica. (Kumar et al., 2019)

i. FUENTES DE PROTEÍNA:

a) FIBROÍNA DE SEDA:

La fibroína de seda es la proteína fundamental de la fibra de seda representando el 80% de su estructura; dicha proteína está constituida por diversos aminoácidos entre los que resaltan están la alanina, serina y la tirosina.

La fibroína de seda proveniente de las actividades de la industria serícola en la cual se generan residuos y subproductos fibrosos provenientes de capullos de rechazo

pueden ser usados como biomateriales en distintas formas como: películas, esponjas, geles o andamios celulares, estos subproductos son usados en diversos sectores como: medicina, farmacia y cosmetología o bien en el desarrollo de nuevos materiales que son potenciales reemplazos del plástico convirtiendo a la fibroína en una potencial materia prima para elaborar empaques o bolsas biodegradables. (Ríos Osorio et al., 2017)

b) CASEÍNA:

Proviene de la leche, posee una estructura de bobina aleatoria que la hace fácil de procesar. Los productos fundidos resultantes de la caseína son altamente estirables es por esta razón que son adecuados para el soplado de películas. Como una característica principal es que las películas de caseína son opacas, además son insolubles en agua. Generalmente se usa esta proteína como plástico termoestable para la elaboración de botones y etiquetas de botellas. (Kumar et al., 2019).

7.6.3. LÍPIDOS

Los lípidos son usados como cubiertas para obstruir el transporte de humedad gracias su baja polaridad, las películas elaboradas a base de lípidos son comúnmente combinados con polisacáridos famosos por su resistencia mecánica. (Rubio-Anaya & Guerrero-Beltrán, 2012)

i. COMPUESTOS DE NATURALEZA LIPÍDICA:

a) CERAS:

El uso de ceras se remonta a principios del siglo XII, en China donde se vertía la cera sobre frutas como limones, naranjas, melones, peras etc. Para otorgarles brillo y reducir la pérdida de firmeza producto de la disminución de humedad. Existen recubrimientos de cera natural como la candelilla que junto con aditivos como el aloe vera y el ácido elágico incrementan la vida útil de los alimentos. (Guerrero-beltrán & A, 2013)

Entre las ceras más conocidas por su uso en alimentos son: la de abeja, carnauba (hojas de palma), copoernica y candelilla. (Ríos Osorio et al., 2017)

8. MÉTODOS IDENTIFICADOS

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada se identificó que existen muchos productos que pueden sustituir el plástico en la elaboración de empaques biodegradables.

Cada uno de estos productos, según sus propiedades, tiene diferentes formas de obtener el almidón, celulosa o la sustancia necesaria para elaborar el envase.

Como se mencionó en el capítulo anterior, existen dos tipos de origen de biopolímeros, el animal y vegetal. En cuanto al origen animal, se tiene a la fibroína de seda. Y de origen vegetal a cítricos, yuca, plátano, agave lechuguilla a Torre, quinua.

A continuación, se describe las metodologías de obtención del almidón a partir de la yuca.

8.1. MÉTODO 1

8.1.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Yuca
- Glicerol USP con pureza 99%
- Fibra de fique con humedad 11%
- Agua
- Herramienta de corte
- Mezclador Industrial

8.1.2. FASE EXPERIMENTAL

La yuca debe ser cortada en trozos a continuación, estos trozos tienen que ser transformados en harina, una vez realizado ello se mezcla con polvillo de fique y glicerol, en las siguientes cantidades 60%, 25% y 15% respectivamente.

Esta actividad se realiza en una mezcladora 1800 segundos con adición de 60% de agua (p/p).(Navia et al., 2014)

En la figura 1 se detalla el diagrama de flujo para la obtención de almidón de yuca.

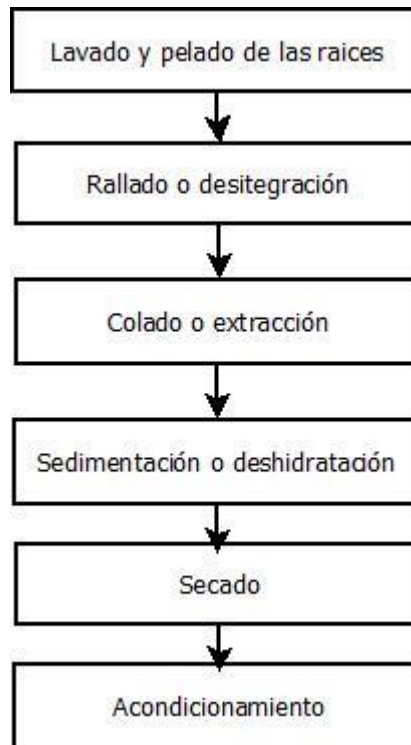


Figura 1 *Diagrama de Flujo de obtención de almidón de yuca*

Fuente: (Aristizábal & Sanchez, 2007)

8.1.3. RESULTADOS

Se obtiene un almidón con el cual se puede elaborar biopolímero, para ello debe ser mezclado de manera homogénea con una mezcladora industrial por el tiempo de 30 minutos, agregándole agua (p/p) al 60%, luego se debe moldear durante 3 minutos y con una presión neumática de 5 psi. Sin embargo, es necesario estudiar más este empaque y el almidón para la predicción de su vida útil. (Navia et al., 2014)

8.2. MÉTODO 2

8.2.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Cáscara de plátano
- Jugo de naranja agria
- Agua
- Vinagre
- Glicerina
- Parrillas
- Termómetro
- Horno de estufa

- Unidad manual de Molienda
- Herramienta de corte
- Tamiz

8.2.2. FASE EXPERIMENTAL

De acuerdo a (Castillo et al., 2015) El procedimiento de elaboración es sencillo, primero se debe elaborar una solución antipardecimiento, la cual sirve para prevenir la oxidación del almidón. Se obtuvo del jugo de naranja agria.

A continuación, se procedió a realizar un lavado de los plátanos para eliminar cualquier bacteria, con la herramienta de corte cortar a lo largo del plátano para desprender su cáscara, en este momento es cuando se sumerge la cáscara del plátano en la solución antipardecimiento.

Usando la misma herramienta de corte, se raya el endocarpio del plátano, y luego se coloca en las parrillas para que se deshidraten, posteriormente con la unidad manual de molienda, se procede a triturar y moler hasta obtener un polvillo.

La última parte del proceso es tamizar el polvillo de la cáscara de plátano con la finalidad de obtener una granulometría homogénea.

En la figura 2 se muestra el procedimiento para la extracción de almidón del plátano, el cual está separado por 5 partes.



Figura 2 Diagrama de Flujo para la obtención de almidón de cáscara de plátano

Fuente: Elaboración Propia.

8.2.3. RESULTADOS

Como resultado de este proceso, se tiene el almidón que se puede convertir en un biopolímero al ser mezclado con vinagre y glicerina.

8.3. MÉTODO 3

8.3.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Quinoa (Collana negra, Pasankalla roja y blanca Junín)
- Recipiente
- Licuadora
- Tamiz
- Unidad de Molienda

8.3.2. FASE EXPERIMENTAL

Los granos de quinoa se deben limpiar mediante un lavado, para retirar la suciedad y bacterias de la materia prima, a continuación, durante 6 horas se debe remojar en agua y bisulfito de sodio. Luego pasa a ser molido en la licuadora durante 4 minutos, se deja que se concentre, posteriormente se centrifuga por 2000 RPM por 15 minutos.

La siguiente parte del proceso es dejar secar a una temperatura de 30°C durante 5 horas, para posteriormente molerlo. Y el resultado pasa a ser tamizado con el tamiz de malla N°230. (Arzapalo Quinto et al., 2015)

En la figura 3 se muestra el diagrama de flujo para la obtención de almidón de yuca.

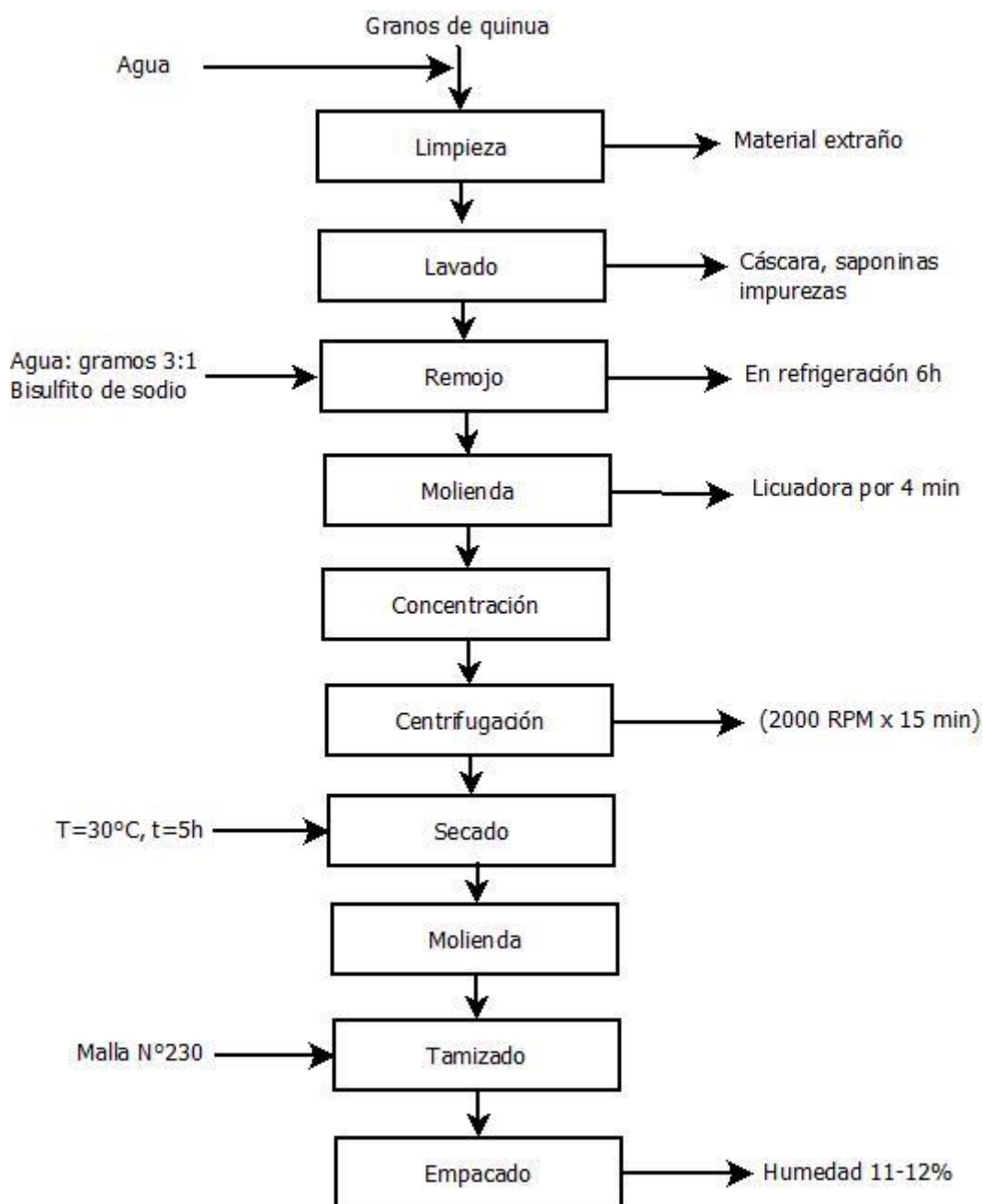


Figura 3 Diagrama de Flujo para obtención de almidón de quinua

Fuente: (Arzapalo Quinto et al., 2015)

8.3.3. RESULTADOS

El porcentaje de humedad máximo que la quinua debe tener es 12%, y los tres tipos que fueron utilizados se hallan dentro de este rango. Comparando el almidón de la papa (2%) y camote (1.4%), y la cantidad de almidón que se obtiene de la quinua 58.1% y 64.2% se nota claramente que hay mucha mayor cantidad de almidón en la quinua que en los otros productos. (Arzapalo Quinto et al., 2015)

Luego de la obtención del almidón, se puede elaborar el envase biodegradable.

8.4.MÉTODO 4

8.4.1. MATERIALES Y EQUIPOS UTILIZADOS

- Arrocillo
- Agua
- Alcohol
- Tamiz
- Unidad de molienda

8.4.2. FASE EXPERIMENTAL

Primero, se realiza el proceso de ruptura del arrocillo para obtener partículas más pequeñas, a continuación, se realiza el tamizado con ayuda del material tamiz, luego se procede con el lavado, esta actividad se realiza utilizando agua y alcohol. (Tamayo Gutiérrez, Sarasty Miranda, & Mosquera Quelal, 2017)

Finalmente se realiza un centrifugado de la muestra obtenida.

8.4.3. RESULTADOS

Como resultado final de obtiene el almidón, para que luego este producto sea mezclado con mesocarpio de coco, puede ser también, tallo de caña de azúcar, pseudotallo de banana para la realización.(Tamayo Gutiérrez et al., 2017).

Finalmente, tras los métodos de obtención de almidón identificados, se elaboró un cuadro de comparación, para poder elegir de manera teórica uno de ellos, tomando en cuenta ciertos parámetros que más adelante se detallan.

DESCRIPCIÓN	METODOLOGÍA 1	METODOLOGÍA 2	METODOLOGÍA 3	METODOLOGÍA 4
Materiales y Equipos Utilizados	<ul style="list-style-type: none"> • Yuca • Glicerol USP con pureza 99% • Fibra de fique con humedad 11% • Agua • Herramienta de corte • Mezclador Industrial - - - - - 	<ul style="list-style-type: none"> • Cáscara de platano • Jugo de naranja agria • Agua • Vinagre • Glicerina • Parrillas • Termómetro • Horno de estufa • Unidad manual de Molienda • Herramienta de corte • Tamiz 	<ul style="list-style-type: none"> • Quinoa (Collana negra, Pasankalla roja y blanca Junín) • Recipiente • Licuadora • Tamiz • Unidad de Molienda - - - - - - 	<ul style="list-style-type: none"> • Arrocillo • Agua • Alcohol • Tamiz • Unidad de molienda - - - - - -
Fase Experimental	<ol style="list-style-type: none"> 1 Lavado de las raíces 2 Rallado o desintegración 3 Colado o extracción 4 Sedimentación o deshidratación 5 Secado 6 Acondicionamiento - - - - 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Elaboración de las solución antipardeamiento 2 Lavado 3 Separación e inmersión de la cáscara 4 Rayado del endocarpio y deshidratación 5 Molienda 6 Trituración 7 Tamizado - - 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Limpieza 2 Lavado 3 Remojo 4 Molienda 5 Concentración 6 Centrifugación 7 Secado 8 Molienda 9 Tamizado 10 Empacado 	<ol style="list-style-type: none"> 1 Rupura del arrozillo 2 Tamizado 3 Lavado 4 Centrifugado - - - - - -
Resultados	Se obtuvo almidón que posteriormente, unido con otras sustancias, puede convertirse en un biopolimero			
PARÁMETROS DE EVALUACIÓN	<ol style="list-style-type: none"> 1 Permeabilidad 2 Porcentaje de solubilidad 3 Propiedades de barrera 4 Evaluación de las propiedades mecánicas 5 Evaluación de las propiedades térmicas (Análisis termogavimétrico, Microscopía electrónica de barrido y Espectrofotometría con transformada de fourier) 6 Evaluación de las propiedades físicas 7 Evaluación de las propiedades funcionales 8 Análisis Estadístico 			

Figura 4 Metodologías para la obtención de almidón a utilizarse en la elaboración de empaques biodegradables

Fuente: Adaptado de (Aristizábal & Sanchez, 2007)(Castillo et al., 2015) (Arzapalo Quinto et al., 2015)(Tamayo Gutiérrez et al., 2017)

Debido a que no se cuenta con la información suficiente para identificar cual es la mejor metodología. A nivel teórico se proponen los siguientes parámetros para obtener el método más adecuado de obtención del almidón.

- Proceso más completo
- Descripción más completa del proceso
- Proceso de fácil adecuación para otros productos
- Materiales de fácil acceso

Tabla 1 *Evaluación de las metodologías de acuerdo a parámetros*

Parámetros	Ponderación	Metodología 1	Metodología 2	Metodología 3	Metodología 4
Proceso más completo	0.25	3	5	4	2
Descripción detallada del proceso	0.40	2	3	3	2
Proceso de fácil adecuación	0.20	3	5	3	2
Materiales de fácil acceso	0.15	2	4	5	5
PONDERADO		2.45	4.05	3.55	2.45

Fuente: Elaboración Propia

Tras la evaluación mostrada en la tabla 1, el método que cumple con los parámetros es el método 2, esto debido a que se muestra un proceso completo, muestra una descripción del proceso a detalle, el proceso es sencillo de adecuar y los materiales para realizarlo son de un acceso fácil, además en el proceso muestra partes adicionales que otros métodos no, como el lavado del producto, la solución de antipardeamiento, la cual sirve para prevenir la oxidación en frutas y verduras (Castillo et al., 2015)

9. INDICADORES PARA EVALUAR LAS CARACTERÍSTICAS DEL PRODUCTO FINAL

Para la evaluación del producto final, películas obtenidas a partir del almidón que serán utilizadas en la elaboración de bioplástico necesario en la fabricación de empaques biodegradables es importante considerar los siguientes indicadores:

- **PERMEABILIDAD**

La permeabilidad es una propiedad que ha sido estudiada debido a la importancia que tiene en relación al deterioro de los alimentos, se sabe que tiene un relación directamente proporcional con la difusividad y solubilidad del material en el agua, es decir mientras el material sea más soluble en el agua su permeabilidad será menor. (Sánchez Aldana, Contreras-Esquivel, Nevárez-Moorillón, & Aguilar, 2015)

El objetivo es determinar el rango de transmisión de vapor de agua el cual debe realizarse por el método estándar modificado del E96-95. Para ello deben obtenerse muestras previamente cortadas en forma de círculos, las cuales deben ser colocadas en cápsulas de plástico que deben ser selladas herméticamente con las películas obtenidas del proceso para luego ser pesadas e introducidas a una cámara controlada con humedad interna del 100%. El cálculo de la permeabilidad usa la ecuación 1, que es mostrada a continuación.

$$RVTA = \frac{(M_f - M_o)}{t \cdot A} \quad (1)$$

Ecuación 1 *Rango de transmisión al vapor de agua*

Fuente:(Arévalo Niño et al., 2010)

Donde:

M_o = Masa inicial de la película (g)

M_f = Masa final de la película (g)

t = Tiempo (h)

A = Área (mm^2)

La ecuación 1 tiene las siguientes unidades: $\frac{g}{h \cdot mm^2}$

• **PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD**

La prueba para la determinación del porcentaje de humedad tiene como objetivo determinar la cantidad de materia soluble, la cual puede calcularse mediante la aplicación de la fórmula (2), que relaciona los pesos del producto tanto el inicial como el final.

$$S = \frac{(M_{o\ seco} - M_{f\ seco})}{M_{o\ seco}} \cdot 100 \quad (2)$$

Ecuación 2 *Solubilidad*

Fuente: (Palma Rodríguez, Salgado Delgado, Páramo Calderón, Vargas Torres, & Meza Nieto, 2017)

Donde:

M_o = Masa inicial seco del producto (g)

M_f = Masa final seco del producto (g)

La ecuación 2 da como resultado un porcentaje (%).

• **PROPIEDADES DE BARRERA**

Se considera entre las propiedades de barrera la permeabilidad al oxígeno, esta debe determinarse con base en la norma ASTM D1434-82 para la cual es necesario contar con muestras de forma circular las cuales deben situarse en celdas de

transmisión de gas formando semibarreras entre cámaras con el objetivo que la diferencia de presión provoque que el gas permee a través de la muestra. (Paz Peña, Albán Bolaños, & Villada Castillo, 2016)

- **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS**

Las propiedades mecánicas permiten conocer la capacidad que tienen las películas del empaque para conservar la integridad del producto empacado y la resistencia del material que los recubre. (Sánchez Aldana et al., 2015)

Las pruebas requeridas para evaluar las propiedades mecánicas deben realizarse mediante: (Palma Rodríguez et al., 2017)

- ✓ Esfuerzo máximo a la ruptura
- ✓ Módulo de Young
- ✓ Porcentaje de elongación (%)

- **EVALUACIÓN DE LA PROPIEDADES TÉRMICAS**

El objetivo es determinar las temperaturas de fusión, cristalización y transición vítrea las cuales pueden obtenerse mediante la realización de un análisis termogravimétrico así como una microscopía electrónica de barrido. (Mendoza Quiroga & Velilla Díaz, 2011) Pudiéndose aplicar también el método de espectrofotometría de transformadas de fourier.

Análisis Termogravimétrico

Este esta enfocado a la determinación de los cambio en el peso de la película mientras la temperatura se incrementa, permite tener conocimiento de cuan resistente es el material mediante una relacion directa entre su peso y la temperatura además del tiempo en la que la muestra es sometida a los cambios de temperatura. (Sánchez Aldana et al., 2015)

Microscopía electrónica de barrido:

La microscopia muestra la superficie de la película la cual puede ser rugosa o lisa, heterogénea u homogénea, también se observa el espesor de la película permitiendo identificar si existe variabilidad. (Sánchez Aldana et al., 2015) Es decir, permite observar la estructura, tamaño y morfología.

Espectrofotometría con transformada de fourier:

La espectrofotometría permite identificar los diferentes espectros de la película, se observan bandas las cuales muestran los extractos pécticos de la estructura de la película. (Sánchez Aldana et al., 2015)

- **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS**

Se requiere determinar:

Colorimetría: Se refiere a la medición del color de las películas, este debe realizarse con un colorímetro además de una placa blanca de calibración que permitirá clasificar los lados en dos: (Sánchez Aldana et al., 2015)

Brillante: Lado que se encuentre en contacto con la superficie.

Opaco: Lado expuesto hacia el ambiente durante el secado.

- **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES**

En cuanto a las propiedades funcionales, es necesario considerar:

- ✓ Viscosidad
- ✓ Temperatura de gelatinización
- ✓ Índice de solubilidad
- ✓ Índice de absorción del agua
- ✓ Poder de hinchamiento
- ✓ Rtregradación
- ✓ Estabilidad al descongelamiento

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se realiza mediante la aplicación de análisis de varianza (ANDEVA), que permitirá probar los efectos de la solubilidad, permeabilidad al vapor de agua y propiedades de las películas elaboradas a partir de almidón. (Palma Rodríguez et al., 2017)

CAPÍTULO III: MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

10. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

10.1. Descripción del objeto de estudio y unidad de análisis

La presente investigación tiene como objetivo principal analizar productos naturales como frutas, verduras, tubérculos y otros, que sean materia prima que pueda sustituir el plástico para elaborar empaques biodegradables.

Este análisis se realizó mediante la recolección, revisión de artículos científicos de revistas científicas provenientes de bases de datos como ScienceDirect, Scopus, Scielo, Dialnet, Latin Index.

10.2. Método de Investigación

El presente trabajo de investigación se realizó por medio de un análisis comparativo ya que se hizo una revisión bibliográfica de investigaciones relacionadas a los productos naturales que pueden utilizarse en la elaboración de empaques biodegradables. De acuerdo al tipo de reflexión, nuestra tesina es de tipo descriptiva y analítica, descriptiva porque se detallan las características de los productos naturales y sus respectivos procesos de obtención de biopolímero para elaborar envases biodegradables, así como de los indicadores para evaluar las características del producto final obtenido, es analítica ya que se hizo una comparación entre las metodologías para la obtención de almidón (biopolímero) y se determinó de acuerdo a ciertas características la metodología más adecuada, también se hizo un análisis de los indicadores para evaluar el producto final, presentes en los artículos revisados, de los cuales se seleccionaron los que eran más relevantes y trascendentales para poder realizar una correcta evaluación del producto terminado.

La técnica que utilizamos fue la recopilación de información, esta se hizo utilizando buscadores como la biblioteca digital de la Universidad Católica San Pablo y diversas bases de datos que serán detalladas más adelante, ello con la finalidad de obtener información veraz y confiable del tema tratado para un correcto análisis. En el campo de ingenierías podemos mencionar algunas de las bases de datos más conocidas, las cuales son: IOP Science, ScienceDirect, ACM DL (Digital Library), Gale, Concytec, arXiv.org, Redib, Base, World Digital Library, Redalyc y Scielo.

10.3. Instrumentos de Investigación

Una de las herramientas que usamos para la elaboración de la tesina fue el Software Mendeley, el cual es un gestor de referencias bibliográficas, útil para la elaboración de trabajos de investigación ya que facilita el registro y citado de las fuentes de información.

Esta herramienta también fue útil para la elaboración de la bibliometría ya que también permite tener acceso a investigaciones que otros usuarios ya registraron.

Asimismo, otra herramienta que usamos fue el Software de Microsoft Excel, en el cual elaboramos tablas, y estadísticas para una mejor gestión y análisis de la información obtenida y también para poder hacer el análisis bibliométrico. El encabezado de la tabla (Figura 5) muestra el número de orden de artículo de investigación, año de publicación, título del artículo de investigación, autor, revista, base de datos de donde la obtuvimos, país de publicación, palabras claves, problema, objetivos, metodología y resultados del artículo de investigación.

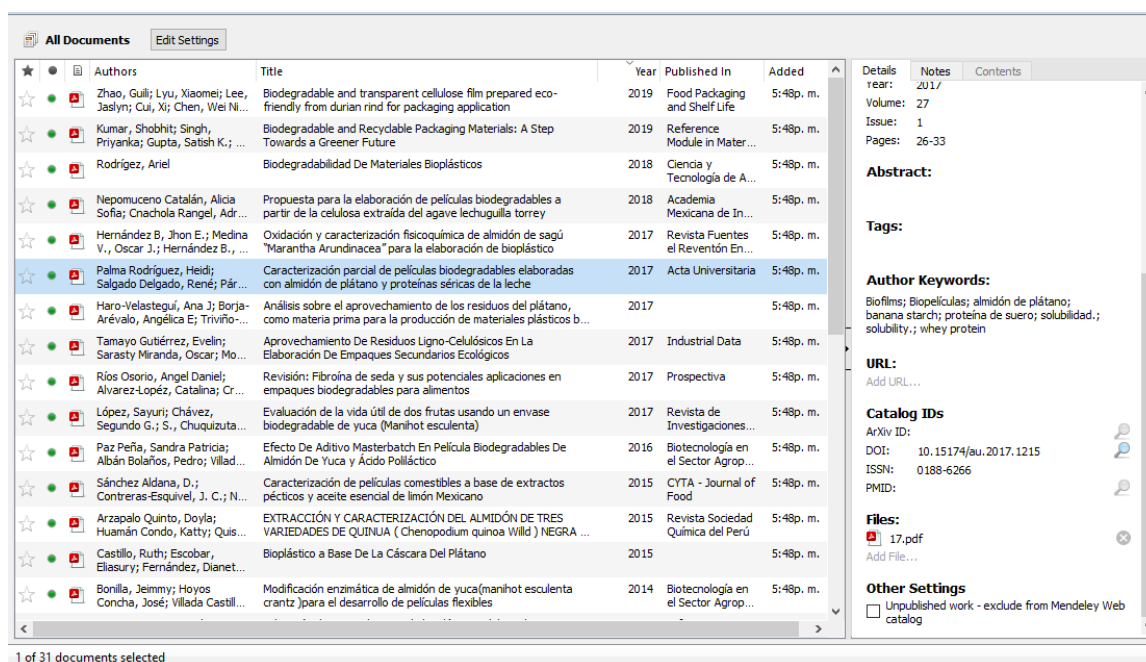


Figura 5 Ventana de Navegación de Software Mendeley
Fuente: Software Mendeley

ARTÍCULOS DE INVESTIGACIÓN											
N°	Año	Título	Autor	Revista	Base de datos	País	Palabras claves	Problema	Objetivos	Metodología	Resultados
7	2017	Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables	Ana J. Haro-Velastegui, Angélica E. Borja-Arévalo, Soraya Y. Triviño-Blaise	Dom. Cien., ISSN: 2477-8818 Vol. 3, núm. 2, (esp.), mayo, 2017, pp. 506-525	Dialnet	Ecuador	Residuos; plátano; plástico biodegradable.	El cuidado y la preservación del medio ambiente se han acentuado en los últimos años, debido a la generación y acumulación de residuos agrícolas que tienen un impacto negativo, ya que afectan en general todas las actividades, personas y espacios lo cual se convierte en un problema para la sociedad, por lo que no existen lugares idóneos que permitan la colocación correcta de los mismos.	Realizar un análisis sobre el aprovechamiento o tratamiento que se les brinda en la actualidad a los residuos orgánicos generados en el cultivo del plátano para ser utilizados como materia prima en la elaboración de materiales plásticos biodegradables, aprovechando de esta manera las partes de la planta considerados como desechos como es el caso del raquis, pseudotallo y la cáscara del plátano en estado verde; para la extracción de celulosa y almidón	En esta investigación se desarrolló, primero una investigación de tipo Cuantitativa, para describir lo que se investiga obteniendo datos numéricos. Luego, se realizó la investigación cualitativa, con el fin de recolectar datos para aportar conocimiento en los cuales no se ha efectuado mediciones numéricas. Se aplicó una encuesta en Guayaquil, para la obtención de información.	De acuerdo a la encuesta que se aplicó en Guayaquil, se obtuvo que el sector de la Industria está en el Norte de Ecuador (44%). El tiempo de la Industria es de 10 años en adelante (mayor tiempo). El tamaño de industrias plásticas es mediana (46%). Existe una tendencia de crecimiento del reciclaje de plástico. De la investigación se obtuvo, Los bioplásticos obtenidos a partir de la celulosa ya sea pura o en mezclas se utiliza para fabricar juguetes, equipos deportivos, aplicaciones médicas, interiores de autos, decoración y construcción. El proceso de obtención de celulosa a partir de estos residuos del plátano.

Figura 6 Ejemplo de Tabla en Microsoft Excel para gestionar la información
Fuente: Software Microsoft Excel

En Excel, también se elaboraron matrices de información, cuadros comparativos y gráficos.

Finalmente, realizamos mapas mentales para un mejor entendimiento de cada artículo seleccionado con ello pudimos identificar las palabras claves, los productos naturales a desarrollar, indicadores clave lo que nos permitió darle la estructura a la tesina.

10.4. Descripción de los pasos realizados para la elaboración de la investigación

Previa selección del tema, los siguientes pasos se hicieron para la elaboración de la presente tesina:

1. Para la elaboración de la tesina primero hicimos una identificación de las bases de datos útiles y confiables de dónde podríamos obtener información veraz.
2. Luego se realizó una revisión de artículos científicos recientes relacionados al tema, estos fueron obtenidos de las bases de datos: ScienceDirect, Scopus, Scielo, Dialnet, Latin Index, IEEE Xplore, Redalyc.
3. En este paso hicimos una selección de estos artículos tomando como referencia su contenido e importancia con el tema del presente trabajo. Es importante aclarar que durante el desarrollo de la tesina se siguió buscando artículos y seleccionando los más relacionados al tema.
4. Posteriormente, se organizó la información en tablas y matrices de Excel como se observa en la figura 5. Esto para un mejor manejo de la información y no olvidar algún artículo importante.
5. En esta etapa se realizó un análisis de la información que luego sería colocada en la tesina, este análisis consistió en leer los artículos, resumirlos e identificar la información más importante.
6. Elaboramos mapas mentales de cada artículo con la finalidad de tener una mejor visualización de la información y poder identificar las palabras claves relevantes para la tesina, de los artículos de investigación, que permitan elaborar también la estructura que se le daría a la investigación. Además, nos permitió identificar qué temas tratar dentro del marco teórico, y así obtener los resultados de la información.
7. En esta etapa se empezó a desarrollar la tesina, identificando el problema, estableciendo objetivos, construyendo el marco teórico y estado del arte.
8. Usando las herramientas ya mencionadas desarrollamos la bibliometría, elaboramos la introducción y las conclusiones del trabajo.

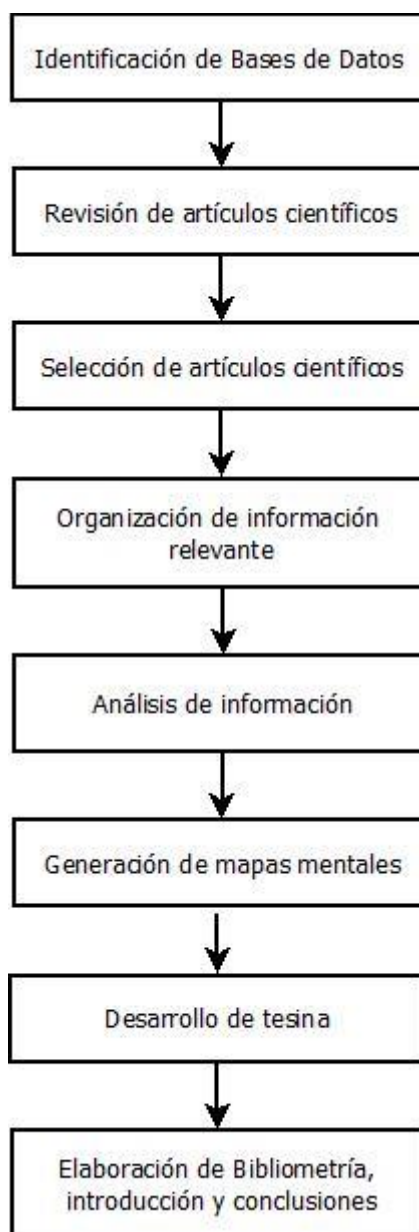


Figura 7 Pasos metodológicos para el Desarrollo de la Investigación

Fuente: Elaboración Propia

11. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO

11.1. Bibliometría

La revisión de bibliografía relacionada al tema de investigación fue vital para el desarrollo del presente trabajo. Para poder realizar la tesina, básicamente se buscó y revisó la literatura (artículos de investigación), para luego poder seleccionar solo aquella información que aporta valor a la investigación.

También se consideraron las bases de datos confiables para poder obtener la información, por ello todos los artículos fueron recopilados de un buscador confiable.

11.1.1 Definición de palabras clave

Tras un análisis previo del tema que se desarrolla, se definieron una gran cantidad de palabras claves que permitirían obtener artículos de investigación que contengan la información que se precisaba. Luego se realizó una búsqueda, en donde se pudieron descartar aquellas palabras que no arrojaban los resultados necesarios.

Las palabras clave para realizar la búsqueda de referencias bibliográficas que se utilizaron fueron las siguientes: (1) “empaques”, (2) “biodegradables”, (3) “biopolímeros”, (4) “almidón”.

Es importante mencionar que parte de los artículos utilizados fueron encontrados gracias a la búsqueda de estos utilizando las palabras claves en inglés: (1) “Packaging”, (2) “biodegradable”, (3) “biopolymer”, (4) “polymer”, (5) “starch”.

Principalmente, se utilizaron ciertas combinaciones de palabras que permitieron encontrar mayor cantidad de referencias, estas son: (1) “packaging” AND “biodegradable”, (2) “packaging” AND “biodegradable” AND “biopolymer”, (3) “biopolymer” AND “starch”, y (4) “polymer” AND “biodegradable”.

11.1.2. Bases de datos de consulta

Como bases de consulta se consideraron aquellas que son reconocidas a nivel internacional, de esta forma se asegura la confiabilidad de la información obtenida para la realización de la tesina. Las principales bases de datos consultadas fueron: Science Direct, Scopus, Scielo, Redalyc, Dialnet y Latin Index.

Como principales fuentes de consulta se utilizó Scielo, Dialnet y Scopus.

11.1.3. Resultados

Como consideraciones para las búsquedas iniciales, se estableció un periodo de tiempo de antigüedad para los artículos de investigación. Este no debe ser mayor a los 15 años; por tanto, el periodo de tiempo definido está comprendido entre los años 2004 y 2019. Así mismo, solo se consideraron revisiones de artículos, libros y aquellos documentos de acceso libre.

Los resultados de búsqueda se resumen en la tabla 2:

Tabla 2 *Resultados de búsqueda*

Resultado de Búsqueda Inicial	Número de documentos
“Packaging” AND “Biodegradable”	160
“Packaging” AND “Biodegradable” AND “Biopolymer”	44
“Biopolymer” AND “Starch”	434
“Polymer” AND “Biodegradable”	756
TOTAL	1394

Fuente: Elaboración Propia

Por tanto, en los últimos 15 años, según se muestra en la tabla 2, 1394 artículos han sido publicados referente al tema del presente trabajo. Además, la mayor cantidad de artículos encontrados fueron 756, de la combinación de palabras claves “Polymer” AND “Biodegradable”.

De acuerdo a Scopus, muestran 115 artículos de acceso libre que coinciden con las 5 palabras claves de búsqueda.



Figura 8 *Número de Publicaciones por año (2004 - 2019)*

Fuente: Science Direct

Como se evidencia en la figura 8 las investigaciones respecto al tema han ido incrementado en gran medida, sobre todo entre los años 2010 y 2011, y a pesar que en el año 2013 las publicaciones decrecieron un poco, desde el siguiente año se

observa nuevamente la tendencia creciente. Por lo que se puede deducir que existe un interés actual en este tema de investigación y es relevante.

11.1.4. Información sobre el tipo de documento

En los últimos 15 años, se han publicado diferentes documentos acerca de este tema, en la figura 9, se muestra la clasificación realizada y la cantidad de publicaciones.

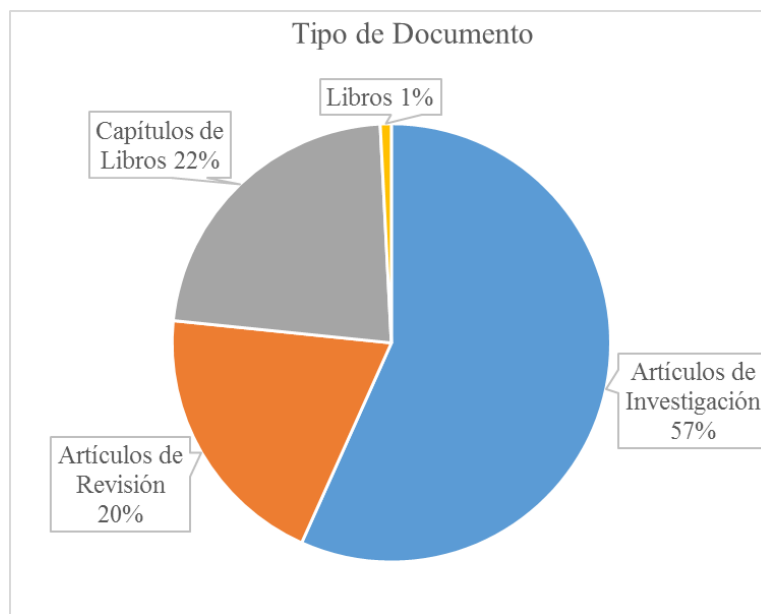


Figura 9 Cantidad de publicaciones por tipo de documento
Fuente: Adaptación de Scopus

La mayor cantidad de publicaciones relacionadas al tema de investigación son del tipo Artículo de Investigación cuyo porcentaje es más de la mitad, luego siguen Capítulos en libros, y de libros solo existen 1% de publicaciones.

11.1.5. Información sobre revistas indexadas

De acuerdo al análisis se encontró que las revistas que tienen mayor cantidad de publicaciones respecto al tema son (1) Journal of Applied Polymer Science, (2) Carbohydrate Polimers, (3) Journal of Polymers and the enviroment, (4) Polymers, (5) International Journal of Biological Macromolecules.

11.1.6. Información respecto a las referencias bibliográficas de la presente tesina

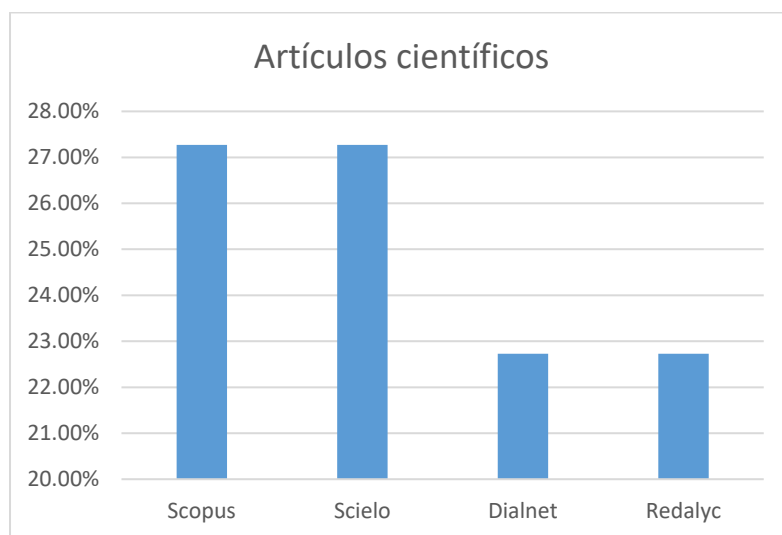
A partir de la revisión bibliográfica realizada, se ha elaborado un análisis bibliométrico, en la tabla 3 se muestra el resumen de la información encontrada según las bases de datos.

Tabla 3 *Número de artículos obtenidos de bases de datos*

Nombre de las Bases de Datos	Cantidad de artículos	Porcentaje que representa
Scopus	6	27.27%
Scielo	6	27.27%
Dialnet	5	22.73%
Redalyc	5	22.73%
Total	22	100%

Fuente: Elaboración propia

Como se aprecia, la mayoría de artículos fueron obtenidos de Scopus y de Scielo, A continuación, se muestra el gráfico de los porcentajes.

Figura 10 *Porcentaje de artículos obtenidos de bases de datos*

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, se analizaron los países de los cuales provinieron los artículos, en donde se observa que se obtuvieron más artículos de investigaciones realizadas en Colombia y México, de acuerdo a la tabla 4 mostrada a continuación.

Tabla 4 *Países de publicación de los Artículos*

Países que publicaron los artículos	Cantidad de artículos	Porcentaje que representa
Colombia	8	36.36%
Ecuador	2	9.09%
India	1	4.55%
México	6	27.27%
Panamá	1	4.55%
Perú	3	13.64%
Singapur	1	4.55%
Total	22	100%

Fuente: Elaboración propia

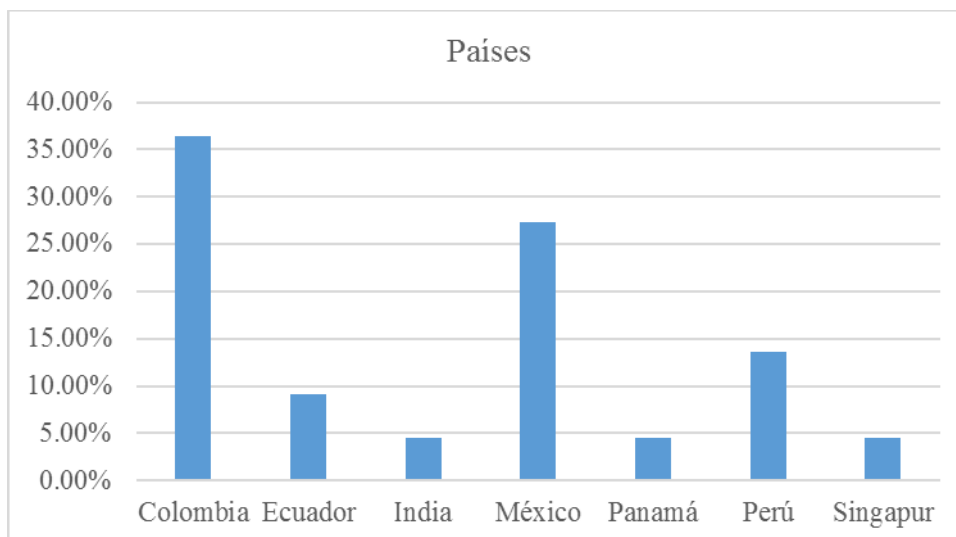


Figura 11 *Porcentaje de países de las publicaciones de artículos*
Fuente: *Elaboración propia*

Los artículos que se investigaron fueron publicados en los siguientes años, como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5 *Años de publicaciones de los artículos*

Años de las publicaciones	Cantidad de artículos	Porcentaje que representa
Año 2019	2	9.09%
Año 2018	2	9.09%
Año 2017	4	18.18%
Año 2016	1	4.55%
Año 2015	3	13.64%
Año 2014	1	4.55%
Año 2013	2	13.64%
Año 2012	2	9.09%
Año 2011	2	9.09%
Año 2010	1	4.55%
Año 2009	1	4.55%
Total	22	100.00%

Fuente: Elaboración propia

Los artículos analizados fueron de un horizonte de 10 años, y en mayor cantidad del año 2017, como se ve en la Tabla 5. Es importante mencionar que se analizó una “Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca”, esta investigación es del año 2007 y ha sido citada por diversos autores en sus publicaciones a lo largo del tiempo, por lo que se ha visto por conveniente citarla de forma directa.

Las revistas en las que fueron publicados los artículos de investigación utilizados para la realización de la tesina, son las siguientes:

Tabla 6 *Revistas utilizadas en la revisión bibliográfica*

Revistas Indexadas
Biología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial
CyTA - Journal of food
I+D Revista de Investigaciones
Industrial Data
Información Tecnológica
Ingeniería y Ciencia
Reference Module in Materials Science and Materials Engineering
Revista Científica Guillermo de Ockham
Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research
Revista Prospectiva
Sociedad Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Algal

Fuente: Elaboración propia

12. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- A partir de la revisión bibliográfica realizada se han identificado variedad de productos naturales, entre ellos: yuca, plátano, quinua, residuos ligno celulósicos (arrocillo, coco, psudotallo del banano), ágave lechugilla torrey y durian que podrían utilizarse como fuente de biopolímeros para la elaboración de empaques biodegradables.
- Se identificó que estos productos están compuestos de biopolímeros o polímeros naturales que pueden ser polisacáridos, proteínas o lípidos, la mayoría de ellos está compuesto por polisacáridos entre ellos el almidón y la celulosa. La clasificación de productos según su compuesto biopolimérico se detalla en el capítulo II.
- La revisión bibliográfica nos permitió discernir entre los compuestos biopoliméricos al almidón como el polisacárido de mayor abundancia en la naturaleza, por su especial estructura que lo hacen más fuerte y flexible, por sus costos bajos y por su facilidad de procesamiento y como aquel compuesto en el que gran cantidad de investigaciones se han enfocado para la elaboración de empaques biodegradables.
- Se logró comparar los métodos de obtención del almidón para los distintos productos que lo contienen: yuca, plátano, quinua y arrocillo, se tuvieron en consideración los siguientes criterios de comparación ponderados (1) el proceso más completo, (2) descripción más completa, detalla del proceso (3) proceso de fácil adecuación para otros productos (4) materiales de fácil acceso; tras la comparación se identificó al plátano como potencial producto para la elaboración de empaques biodegradables por su método ya que este obtuvo la mejor calificación en la evaluación ponderada lo que indica que cumple de mejor forma con los criterios establecidos.
- Finalmente, se distinguieron diferentes parámetros que ayudan a conocer si el biopolímero obtenido es adecuado, en esta revisión bibliográfica se indicaron los que fueron utilizados en la literatura verificada, sin embargo, no se ha podido probar cuál de las cuatro metodologías es la mejor según estos parámetros, porque para ello se requeriría un trabajo experimental por lo que se recomienda que se realice una ampliación de esta investigación llevándola a la parte práctica, de tal forma se podrá identificar el mejor método.

13. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón Aranguren, L. M., & Barajas Sepúlveda, D. F. (2013). Biopolímeros: una alternativa para la elaboración de empaques agroindustriales. *I+D Revista de Investigaciones*, 1, 38–48.
- Arévalo Niño, K., Alemán Huerta, M. E., Rojas Verde, M. G., & Morales Rodríguez, L. A. (2010). Películas biodegradables a partir de residuos de cítricos : propuesta de empaques activos. *Arévalo et Al., 2010. Rev Latinoam Biotecnol Amb Algal* 1(2):124-134, 1, 124–134.
- Aristizábal, J., & Sanchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Acerca De*, 153. Retrieved from <http://www.fao.org/genetic-resources/es/%0A>
- Arzapalo Quinto, D., Huamán Condo, K., Quispe Solano, M., & Espinoza Silva, C. (2015). Extracción y caracterización de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) Negra Collana, Pasankalla Roja y Blanca Junín. *Revista Sociedad Química Del Perú*, 81(1), 44–54.
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., & Peñaloza, S. (2015). Bioplástico a Base De La Cáscara Del Plátano. *Revista de Iniciación Científica*, 1–4. Retrieved from <http://ridda2.utp.ac.pa/handle/123456789/165>
- Durango, A. M., Soares, N. de F., & Arteaga, M. R. (2011). Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 9(1), 112–118.
- Enríquez C., M., Velasco M., R., & Fernandez Q., A. (2013). Caracterización De Almidones De Yuca Nativos Y Modificados Para La Elaboración De Empaques Biodegradables. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(spe), 21–30.
- Enríquez C., M., Velasco M., R., & Ortiz G., V. (2012). Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables basadas en almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182–192.
- García-tejeda, Y. V., Zamudio-flores, P. B., Bello-pérez, L. A., Romero-Bastida, C. A., & Solorza-Feria, J. (2011). *Oxidación Del Almidón Nativo De Plátano Para Su Uso Potencial En La Fabricación De Materiales De Empaque Biodegradables : Caracterización Física , Química , Térmica*. 12(3), 125–135.

- Guerrero-beltrán, & A, M. C. V. J. (2013). Recubrimientos de frutas con biopelículas. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 5–14.
- Haro-Velasteguí, A. J., Borja-Arévalo, A. E., & Triviño-Bloisse, S. Y. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de Las Ciencias*, 3(2), 506–525. <https://doi.org/10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.2.esp.506-525>
- Hermida, É. (2011). Polímeros. In *Guía Didáctica*. Retrieved from http://www.inet.edu.ar/wp-content/uploads/2012/11/09_Polimeros.pdf
- Isbeth, Y., Ramírez, C., Martínez-cruz, O., Toro-sánchez, C. L. Del, Wong-corrall, F. J., Borboa-flores, J., ... Cinco-moroyoqui, F. J. (2018). *Las características estructurales de los almidones y sus propiedades funcionales*. 6337. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Kumar, S., Singh, P., Gupta, S. K., Ali, J., & Baboota, S. (2019). Biodegradable and Recyclable Packaging Materials: A Step Towards a Greener Future. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, 1–10. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.10934-8>
- López, S., Chávez, S. G., & S., C. T. (2017). Evaluación de la vida útil de dos frutas usando un envase biodegradable de yuca (Manihot esculenta). *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(1), 373–380. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.311>
- Luna, G., Villada, H., & Velasco, R. (2009). Almidón termoplástico de yuca reforzado con fibra de Fique: Preliminares. *DYNA*.
- Mendoza Quiroga, R., & Velilla Díaz, W. (2011). Metodología para la caracterización termo-mecánica de películas plásticas biodegradables. *Prospectiva*, 9(1), 46–51.
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Cifras del Mundo y del Perú, ¿Por qué es necesario tomar conciencia?* Retrieved from <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>
- Navia, D. P., Ayala, A. A., & Villada, H. S. (2014). Adsorción de vapor de agua de bioplásticos elaborados con harina de dos variedades de yuca (Manihot esculenta Crantz). *Informacion Tecnológica*, 25(6), 23–32. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642014000600004>
- Navia P., D. P., & Villada C., H. S. (2013). Impacto de la investigación en empaques biodegradables en ciencia, tecnología e innovación. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 173–180. Retrieved from

<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n2/v11n2a20.pdf>

- Nepomuceno Catalán, A. S., Cnachola Rangel, A. G., Gutiérrez Luna, S., Martínez González, G. M., Flores Flores, T. del C., & Jiménez-islas, H. (2018). Propuesta para la elaboración de películas biodegradables a partir de la celulosa extraída del agave lechuguilla torrey. *Academia Mexicana de Investigación y Docencia En Ingeniería Química*, (January), 196–200.
- Palma Rodríguez, H., Salgado Delgado, R., Páramo Calderón, D., Vargas Torres, A., & Meza Nieto, M. (2017). Caracterización parcial de películas biodegradables elaboradas con almidón de plátano y proteínas séricas de la leche. *Acta Universitaria*, 27(1), 26–33. <https://doi.org/10.15174/au.2017.1215>
- Paz Peña, S. P., Albán Bolaños, P., & Villada Castillo, H. S. (2016). Efecto De Aditivo Masterbatch En Película Biodegradables De Almidón De Yuca y Ácido Poliláctico. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 110. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(14\)110-118](https://doi.org/10.18684/bsaa(14)110-118)
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. (2018). *Plásticos de un solo uso*. Retrieved from https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25523/singleUsePlastic_sustainability_factsheet_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Ríos Osorio, A. D., Alvarez-López, C., Cruz Riaño, L. J., & Restrepo-Osorio, A. (2017). Revisión: Fibroína de seda y sus potenciales aplicaciones en empaques biodegradables para alimentos. *Prospectiva*, 15(1), 7–15. <https://doi.org/10.15665/rp.v15i1.685>
- Rubio-Anaya, M., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2012). Polímeros utilizados para la elaboración de películas biodegradables. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 6, 173–181. Retrieved from <http://web.udlap.mx/tsia/files/2013/12/TSIA-62Rubio-Anaya-et-al-2012.pdf>
- Sánchez Aldana, D., Contreras-Esquivel, J. C., Nevárez-Moorillón, G. V., & Aguilar, C. N. (2015). Caracterización de películas comestibles a base de extractos pécticos y aceite esencial de limón Mexicano. *CYTA - Journal of Food*, 13(1), 17–25. <https://doi.org/10.1080/19476337.2014.904929>
- Tamayo Gutiérrez, E., Sarasty Miranda, O., & Mosquera Quelal, E. (2017). Aprovechamiento De Residuos Ligno-Celulósicos En La Elaboración De Empaques Secundarios Ecológicos. *Industrial Data*, 20(2), 37. <https://doi.org/10.15381/idata.v20i2.13959>

Zhao, G., Lyu, X., Lee, J., Cui, X., & Chen, W. N. (2019). Biodegradable and transparent cellulose film prepared eco-friendly from durian rind for packaging application. *Food Packaging and Shelf Life*, 21, 1–6.
<https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100345>