



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión sistemática: Análisis de las propiedades de los  
bioplásticos a base de almidón**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AMBIENTAL

**AUTORES:**

Rivera Quiña Yovana Deysi (ORCID: 0000-0001-6120-868X)

Vilchez Orellana Verónica Andrea (ORCID: 0000-0001-8311-9469)

**ASESOR:**

Mg. Ugarte Alvan Carlos Alfredo (ORCID: 0000-0001-6017-1192)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2020

## **Dedicatoria**

Dedicado a Dios por su divina misericordia, a nuestros padres por la confianza y paciencia, finalmente a nuestros profesores que gracias a su asesoría constante hicieron posible el término con éxito del presente proyecto de investigación.

## **Agradecimiento**

En primera instancia agradecemos a Dios por regalarnos un día más de existencia, a nuestros padres y profesores que nos apoyaron en el proceso del proyecto de investigación.

A la Universidad César Vallejo que nos brindó sus instalaciones, en especial a los asesores MSc. Carlos Alfredo Ugarte Alván y Dr. Fernando Antonio Sernaque Auccahuasi.

## Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística	15
3.3. Escenario de estudio	15
3.4. Participantes	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.6. Procedimiento	16
3.7. Rigor científico	16
3.8. Método de análisis de datos	18
3.9. Aspectos éticos	19
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	20
V. CONCLUSIONES	33
VI. RECOMENDACIONES	34
REFERENCIAS	35
ANEXOS	45

## Índice de figuras

Figura 1. Estructura molecular de amilosa (A) y estructura molecular de amilopectina (B)	11
Figura 2. Estructura molecular del glicerol	13
Figura 3. Procedimiento de desarrollo del proyecto de investigación	46

## Índice de tablas

Tabla 1. Porcentaje de amilosa y amilopectina de las fuentes botánicas	12
Tabla 2. Matriz de categorización apriorística	45
Tabla 3. Propiedades mecánicas	22
Tabla 4. Propiedades morfológicas	26
Tabla 5. Propiedades térmicas	30

## RESUMEN

Los bioplásticos se elaboran a partir de recursos renovables como del almidón, es una alternativa al plástico a base de petróleo y son biodegradables. La investigación consiste en determinar las propiedades de los bioplásticos más utilizados a base de almidón, mediante los objetivos específicos para identificar el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades mecánicas, propiedades morfológicas y propiedades térmicas.

Se obtuvo como resultado de las propiedades mecánicas que el alargamiento de rotura para el bioplástico compuesto con nanofibra de celulosa (CNF) fue de 62.37%. Además, la resistencia de tracción del bioplástico a base de almidón de papa fue de 80 MPa.

Asimismo, las propiedades morfológicas se registraron mediante análisis FTIR, el bioplástico compuesto a base de almidón de papa con TiO<sub>2</sub> presenta una banda ancha de 3435 cm<sup>-1</sup> en el estiramiento OH. Además, según el análisis SEM, el bioplástico a base de almidón de yuca y papa registraron una estructura uniforme, suave y sin grietas.

Y, por último, el análisis de las propiedades térmicas se dio mediante el análisis termogravimétrico (TGA), para el bioplástico a base de almidón de yuca, glicerol y nanofibra de celulosa (CNF) como aditivo, obtuvo como resultado TGA de 500 °C.

Se recomienda que se realice investigaciones comparativas de bioplástico a base de almidón y glicerol con el bioplástico elaborado con aditivos para el estudio de propiedades mecánicas. Además, es necesario analizar las propiedades mecánicas, morfológicas y térmicas de bioplásticos a base de almidón con otros plastificantes poco comunes como el timol, ácido acético y agua.

**Palabras claves:** *almidón, glicerol, polímero natural, bioplástico, propiedades del bioplástico*

## ABSTRACT

Bioplastics are made from renewable resources such as starch, it is an alternative to petroleum-based plastic and they are biodegradable. The research consists of determining the properties of the most commonly used starch-based bioplastics, through specific objectives to identify the bioplastic investigated that has the best mechanical properties, morphological properties and thermal properties.

It was obtained as a result of the mechanical properties that the elongation at break for the bioplastic composed of cellulose nanofiber (CNF) was 62.37%. Furthermore, the tensile strength of the potato starch based bioplastic was 80 MPa.

Likewise, the morphological properties were recorded by FTIR analysis, the bioplastic compound based on potato starch with TiO<sub>2</sub> presents a broad band of 3435 cm<sup>-1</sup> in the OH stretch. In addition, according to the SEM analysis, the bioplastic based on cassava and potato starch registered a uniform, smooth structure without cracks.

And finally, the analysis of the thermal properties was given by thermogravimetric analysis (TGA), for the bioplastic based on cassava starch, glycerol and cellulose nanofiber (CNF) as additive, the result was TGA of 500 ° C.

It is recommended that comparative investigations of bioplastic based on starch and glycerol be carried out with bioplastic made with additives for the study of mechanical properties. In addition, it is necessary to analyze the mechanical, morphological and thermal properties of starch-based bioplastics with other rare plasticizers such as thymol, acetic acid and water.

**Keywords:** *starch, glycerol, natural polymer, bioplastic, bioplastic properties*

## I. INTRODUCCIÓN

En los últimos siglos la humanidad ha sido el principal causante del incremento de la concentración de dióxido de carbono debido al aumento del uso de los combustibles fósiles, esto conlleva a la contaminación atmosférica. Uno de los principales productos petroquímico es el plástico (Kabasci, 2020, p.5). De manera que, su producción aumentó en la década de 1950 a una cifra de 2 millones de toneladas métricas y 381 toneladas métricas en el año 2015 (Hermabessiere et al., 2019, p.2).

De modo que el uso cotidiano de los plásticos está contaminando diferentes sistemas, que conforman la tierra. (Hermabessiere et al., 2019, p.2). Por ejemplo: se encontró la presencia de macro y microplásticos en el suelo agrícola en forma de láminas de polietileno (Azoulay et al 2019, p.59), en el aire se encontró dos tipos de fibras que pueden ser naturales o artificiales es así que un estudio sobre la caracterización química en el aire de interiores mostró que 33% de las fibras recolectadas son plásticas y presentan un tamaño de 200-400  $\mu\text{m}$  (Gasperi et al., 2018, p.12). Además, cada año ingresa 2,41 millones de toneladas de plásticos a los océanos degradando así el ecosistema marino e ingresando a la cadena trófica (Rhodes, 2019, p.5).

Finalmente, al degradarse los plásticos en fracciones pequeñas ocasionan problemas de salud que conlleva a lesiones dentro del organismo. Es decir, la ingesta es una ruta viable para ingresar diversos contaminantes ambientales, los componentes del plástico irrita el tracto gastrointestinal, el metabolismo y altera el microbioma (Shruti y Kutralam, 2019, p.2).

A pesar de los diferentes usos que se le da al plástico su degradación es a largo plazo, a esto se le suma la pésima gestión residuos, que altera la cantidad donde es almacenada conllevando a botaderos informales. (Azoulay et al, 2019, p.10).

Por esta razón se ha considerado los problemas de contaminación ambiental que es originado por el plástico y se ha implementado como estrategia incluir los recursos renovables en la elaboración del nuevo material que tienen la facilidad de ser biodegradables (Agnihotri, Shukla y Pilla 2020, p.1).

Es así, que la Asociación Europea de Bioplásticos presentó un informe detallado del crecimiento de las capacidades productivas globales del bioplástico, esto se debe a la inclinación de los consumidores en utilizar productos más sustentables como se evidenció en la encuesta denominada bloques de construcción y polímeros de base biológica realizada por el Instituto de Investigación Nova-Institute para satisfacer las necesidades del consumidor (Asobiocom, 2019, p.2).

Por ello, el proyecto de investigación plantea aprovechar los residuos orgánicos siendo un material accesible y amistoso con el medio ambiente, el cual quiere dar una solución en un contexto que no se dependa del petróleo dando como alternativa el utilizar tecnologías más limpias mediante la innovación buscando nuevas fuentes de polímeros biodegradables para la obtención del bioplástico (Marichelvam, Jawaid y Asim, 2019, p.2-3).

Los bioplásticos son materiales plásticos que son de base biológica, pueden ser derivados de cereales, tubérculo y semillas; por consiguiente, la implementación del bioplástico minimiza el impacto que genera el uso del plástico no biodegradable (Rivero et al., 2017, p.1).

La elaboración del bioplástico consiste en extraer el almidón del origen botánico, el almidón es sometido a procesos de gelatinización y retrogradación para luego añadir el glicerol que actúa como agente plastificante; además se puede agregar aditivos como: NaClO, NaOH, sorbitol, gelatina, CaCO<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, silicato de sodio, timol y nanofibra de celulosa para mejorar las propiedades mecánicas, morfológicas y térmicas del bioplástico (Ciardelli et al., 2019, p.115).

De esta manera, se debe tener en cuenta que existen desarrollos de productos sostenibles como es el embalaje ecológico siendo una alternativa viable para sustituir al plástico a base de petróleo, por consiguiente incrementa la elaboración de productos ecológicos como el bioplástico, (Tjahjono y Cao, 2020, p.3).

Para esta investigación la formulación del problema fue ¿Qué propiedades son evaluadas principalmente en los bioplásticos obtenidos en las publicaciones científicas?

Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

PE1: ¿Cuál será el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades mecánicas?

PE2: ¿Cuál será el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades morfológicas?

PE3: ¿Cuál será el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades térmicas?

El objetivo general:

Determinar las propiedades que son evaluadas principalmente en los bioplásticos obtenidos en las publicaciones científicas. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

OE1: Identificar el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades mecánicas

OE2: Identificar el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades morfológicas

OE3: Identificar el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades térmicas

## II. MARCO TEÓRICO

Los antecedentes que se presentan a continuación han sido recolectados de información detallada del objetivo, metodología, resultado de las propiedades mecánicas, morfológicas, térmicas y recomendaciones para la elaboración del bioplástico. Los antecedentes que se presentan a continuación recolectan:

Abdullah, Putri y Sugandi (2019) estudió los efectos de diferentes concentraciones de almidón y glicerol sobre las propiedades mecánicas y térmicas de los bioplásticos de almidón de yuca. Abdullah, Putri y Sugandi (2019) analizaron la caracterización del bioplástico mediante la resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura, análisis termogravimétrico (TGA), microscopía electrónica de barrido (SEM) y espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR). Los resultados del estudio concluyeron en el análisis SEM formaron una superficie suave que indica que la interacción más fuerte entre las moléculas de glicerol y almidón mediante enlaces de hidrógeno. También formó una estructura más fuerte y rígida con el aumento de la resistencia a la tracción de 1,90 MPa a 2,47 MPa y la disminución del alargamiento a la rotura de 8,55% a 3,9%.

Almeida et al. (2020) estudió la elaboración de bioplástico utilizando almidón regular y ceroso y reforzadas con nanofibras de celuloso (CNF) de eucalipto. Almeida et al. (2020) analizó las propiedades morfológicas, térmicas y mecánicas. Los resultados de las propiedades morfológicas con el análisis microscopía electrónica de barrido (SEM) mostraron que presenta una superficie homogénea, lisa, sin burbujas ni grietas y buenas características de manipulación. La solubilidad en agua de las muestras disminuyó después de la incorporación de nanocelulosa. Se puede observar que análisis termogravimétrico (TGA) es de 180-250 °C, la adición de CNF incrementó la estabilidad térmica de las películas de almidón. Por otro lado, la incorporación de nanocelulosa mejoró la resistencia mecánica de las películas de almidón a 6,58 MPa y con un porcentaje de elongación de 62,37%. Asimismo, Almeida et al. (2020) recomendó su uso para materiales de empaque y en películas biodegradables.

Amin, Asaduzzaman y Kowser (2019) estudió la caracterización y análisis de rendimiento de bioplásticos usando nanopartículas de dióxido de titanio con almidón de maíz. Amin, Asaduzzaman y Kowser (2019) analizó propiedades mecánicas, térmicas y la morfología. Como resultado se concluyó que la adición de dióxido de titanio mejoró la resistencia a la tracción de los bioplásticos de 3.55 a 3.95 MPa y disminuyó el alargamiento de 88% a 62%. La prueba de calorimetría diferencial de barrido (DSC), incremento la descomposición del bioplástico de almidón por presencia de nanopartículas de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>). Se puede observar que análisis termogravimétrico (TGA) de 410 °C. En microscopia electrónica de barrido (SEM), mostro que el bioplástico de almidón tiene superficie más consistente. Asimismo, Amin, Asaduzzaman y Kowser (2019) recomendó que pudiera ser una opción para aplicaciones de embalaje.

Azevedo et al. (2020) caracterizó los bioplásticos a base de almidón se produjeron mediante sus propiedades mecánicas, térmica, morfológicas. Azevedo et al. (2020) evaluó la resistencia a la tracción, elongación a la rotura, análisis de color, transparencia, opacidad, humedad y ensayo de biodegradación. Como resultado del estudio se concluyó que la muestra de maíz y de papa con 5ml de glicerol presentaron una resistencia a la tracción y alargamiento 0.73 MPa y 7,5 % maíz, 0,36 MPa y 3,4 % de papa. En cuanto a las propiedades térmicas la degradación del almidón de papa fue de 140,39°C y del bioplástico a base de almidón de maíz de 152,86°C. Los bioplásticos a base de almidón de papa se biodegradaron en 5 días, y los de almidón de maíz tardaron 40 días. Asimismo, Azevedo et al. (2020) recomendó que la solución de silicato de sodio obtenida de fuentes renovables se puede incorporar en bioplásticos a base de almidón para la producción de biodegradables envases con actividad antifúngica.

Borchani, Carrot y Jaziri (2016) estudió biocomposición de fibras de alfalfa en bioplástico. Borchani, Carrot y Jaziri (2016) analizó las propiedades térmicas y mecánicas en relación con su morfología. Como resultado del estudio se concluyó que el análisis termogravimétrico (TGA), demostró que los biocompuestos basados en fibras tratadas a una temperatura de 128,9

°C. En la prueba de calorimetría diferencial de barrido (DSC) demostró que la incorporación de fibras de alfa tratadas a la matriz provoca un aumento aparente en la tasa de cristalización debido a que las fibras actúan como un agente nucleante eficaz para la cristalización. En las propiedades mecánicas en alargamiento de rotura es 7,3% y en resistencia 58 MPa del biopolímero. En microscopía electrónica de barrido (SEM) revelaron una buena compatibilidad y superficie lisa. La biodegradabilidad fue en 20 días. Asimismo, Borchani, Carrot y Jaziri (2016) recomendó utilizar en campos de aplicaciones de corta duración como embalaje.

Ismail et al. (2016) estudió el potencial del plástico sintetizado utilizando almidón de base biológica. Ismail et al. (2016) analizó las propiedades químicas, mecánicas y térmicas. Como resultado se concluyó que la resistencia a la tracción obtenida para los bioplásticos a base de almidón de patata es de 0,6 MPa y 1,6 % en elongación. En la prueba de análisis termogravimétrico (TGA) mostró que el 51.8% de pérdida de peso se produjo a 250 °C para la papa. La alta biodegradabilidad de bioplásticos a base de papa en una semana de duración es del 43% y 26%. Ismail et al. (2016) recomendó que este bioplástico se podría convertir en una alternativa adecuada a los plásticos convencionales existentes.

Kader y Wan (2017) estudió la película bioplástica a partir de una combinación de dos biopolímeros de la misma fuente, cáscara de plátano y almidón de maíz. Kader y Wan (2017) analizó las propiedades mecánicas, térmicas y morfológicas de las películas de cáscara de plátano (película BP) con diferentes concentraciones de almidón de maíz (1% hasta 5%) como co-biopolímero y la película sin almidón de maíz actuó como control. Como resultados del estudio se concluyó que las propiedades mecánicas de la película de BP con 4% de almidón de maíz dio la mayor resistencia a la tracción 34,72 MPa y alargamiento 29,1 %. La prueba de absorción de agua mostró que las películas de BP con un 3% de almidón de maíz eran resistentes a la absorción de agua al absorber agua hasta un 60,65%. Las propiedades morfológicas analizadas mediante espectroscopía FTIR para la película de control de BP con 4% de almidón de maíz fueron

comparables con la mayoría de los picos presentes. El análisis térmico mediante calorimetría diferencial de barrido (DSC) detectó la temperatura de fusión tanto para la película de control de BP como para la película de BP con 4% de maíz respectivamente a  $T$  comienzo de 54.41 ° C y 67,83 ° C. Análisis termogravimétrico es de 112,88 °C. Asimismo, Kader y Wan (2017) recomendó que la combinación de almidones de dos fuentes diferentes se pueda utilizar como alternativa en la producción de bioplásticos.

Kus y Ates (2020) estudió la producción de bioplástico a partir de almidón de maíz con el glicerol para convertirlo en un material bioplástico. Kus y Ates (2020) analizaron espectroscopía FTIR, análisis termogravimétrico (TGA), microscopia electrónica de barrido (SEM) y análisis mecánicos para caracterizar los nanocompuestos de base bioplástica. Se utilizó diferentes cantidades de adición  $\text{TiO}_2$  (1%, 3% y 5%) para obtener las condiciones óptimas para el material bioplástico. Como resultado del estudio se concluyó que el análisis SEM para el bioplástico del bioplástico con  $\text{TiO}_2$  se observó una estructura ondulada y homogénea. El análisis de TGA bioplástico con  $\text{TiO}_2$  es de 351,3 °C. Las propiedades mecánicas que se analizaron fueron la fuerza de tracción y el porcentaje de elongación del bioplástico con  $\text{TiO}_2$  fue de 8.39 MPa y 62%. Asimismo, Kus y Ates (2020) recomendó utilizar como alternativa de embalaje.

Marichelvam, Jawaid y Asim (2019) estudió los bioplásticos a base de almidón de maíz y arroz para aplicaciones de envasado. Marichelvam, Jawaid y Asim (2019) analizó las propiedades de biodegradabilidad, microscopia electrónica de barrido (SEM), análisis termogravimétrico (TGA) y propiedades de sellado del bioplástico a base de almidón de maíz y yuca. Como resultados del estudio se concluyó que las propiedades de tracción mejoraron a 12.5 MPa y alargamiento en 6,8 %. El análisis térmico mediante TGA de las películas reveló que 250-300°C. El análisis morfológico mediante SEM demostró que la estructura superficial de la película perdió uniformidad debido a la degradación microbiana. La biodegradabilidad en la prueba de enterramiento del suelo se llevó a cabo en

15 días. Marichelvam, Jawaid y Asim (2019) recomendó que el almidón aplicar en envasado y en materiales de embalaje.

Neto et.al (2017) estudió la caracterización del almidón termoplástico biodegradable (TPS) derivado del fruto de la palma pejibaye (*Bactris gasipaes* Kunth) plastificado con glicerol y sorbitol. Neto et.al (2017) analizó la caracterizaron el bioplástico por prueba de tracción, elongación, microscopia electrónica de barrido (SEM) y análisis termogravimétrico (TGA). Como resultado del estudio se concluyó que el almidón plastificado rindió una fuerza de tracción de  $1,3 \pm 0,2$  MPa, porcentaje de elongación de  $9,4 \pm 1,6\%$ . El análisis térmico mostró un 61,14% de pérdida de masa en el rango de temperatura 290 - 388 °C. Los estudios morfológicos, mediante SEM, mostraron que el almidón plastificado presentaba una superficie homogénea, sin separación de fases y sin fisuras, con pocos gránulos no gelatinizados. El análisis de su biodegradación mediante pruebas de enterramiento del suelo mostró una pérdida de masa total de  $84,4 \pm 4,4\%$ , a las 18 semanas. Asimismo, Neto et.al (2017) recomendó sus propiedades termoplásticas sugieren un gran potencial de aplicación en envases de alimentos mínimamente procesados, helados comestibles.

Nordin et al. (2020) estudió la preparación de bioplástico a partir del almidón de maíz (CS) incorporadas con glicerol, timol mediante la técnica de fundición en solución. Nordin et al. (2020) analizó los cambios estructurales, propiedades físicas, mecánicas y térmicas. Como resultado del estudio se concluyó que el análisis morfológico mediante espectroscopía FTIR revelaron que existían enlaces de hidrógeno intermoleculares entre CS, glicerol y timol. La presencia de glicerol tuvo un impacto más notable en la resistencia a la tracción de 27,51 MPa y alargamiento 2,22 %. El análisis termogravimétrico (TGA) de las películas reveló 190-250°C de temperatura máxima de degradación de la película CS con glicerol y timol desplazados a una temperatura más alta en comparación con otras películas, lo que indica una mejor estabilidad térmica. Asimismo, Nordin et al. (2020) recomendó utilizar como material de envasado y seguir trabajando en las propiedades antimicrobianas.

Oleyaei et al. (2016) estudió las propiedades funcionales de las películas de bioplástico con diferentes concentraciones de  $\text{TiO}_2$ . Oleyaei et al. (2016) utilizó el análisis FTIR para caracterizar la morfología y las propiedades térmicas de las películas con el análisis TGA y propiedades mecánicas. Como resultado del estudio se concluyó que el análisis FTIR, formaron nuevos enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo del almidón y las nano partículas. El análisis SEM presento en la muestra de bioplástico superficie uniforme y lisa en toda el área. La fuerza de tracción dio como resultado 3.86 MPa y el porcentaje de elongación fue de 62,8 %. El análisis TGA indicó 220°C que aumentó el grado de cristalinidad del nano compuesto en el bioplástico. Asimismo, Oleyaei et al. (2016) recomendó que las nano partículas de  $\text{TiO}_2$  mejoraron las propiedades funcionales de la película de almidón de papa y ampliaron el potencial de las aplicaciones de envasado de alimentos.

Podshivalov et al. (2017) estudió la morfología de la microestructura y las propiedades operativas de las películas biocompuestas comestibles de gelatina, almidón de patata y glicerol. Podshivalov et al. (2017) analizó las propiedades mecánicas; las propiedades térmicas fueron analizadas mediante análisis termogravimétrico (TGA) y las propiedades morfológicas mediante el análisis microscopia electrónica de barrido (SEM). Como resultado del estudio se concluyó que los resultados del análisis morfológico SEM del bioplástico mostraron una morfología heterogénea separada en fases con la matriz de gelatina como una fase continua y microgránulos de almidón como una fase menor. El análisis TGA de 350°C indicó que la adición de almidón mejora la cristalinidad de la matriz de la gelatina. La resistencia de tracción es de 80 MPa y el porcentaje de elongación es de 1,8%.

Syafri et al. (2017) estudió el efecto del PCC sobre las propiedades físicas, mecánicas y térmicas del bioplástico a partir de almidón de yuca. Syafri et al. (2017) analizó las propiedades físicas, térmicas y mecánicas de los compuestos bioplásticos con la adición de carbonato de calcio precipitado (PCC) se investigaron mediante mediciones de resistencia a la tracción,

análisis termogravimétrico (TGA), microscopía electrónica de barrido (SEM) y análisis espectroscopía FTIR. Como resultado se concluyó que la resistencia a la tracción 3,38 MPa y porcentaje de elongación de 39,91 % se obtuvo mediante la adición de 4% de PCC. El análisis TGA es de 400°C muestra que la adición de PCC mejora la estabilidad térmica de los compuestos bioplástico. Las imágenes SEM mostraron estructura uniforme y no porosa, indicaron que el contenido de relleno de PCC. El análisis FTIR indicó que los compuestos bioplásticos con PCC redujeron las propiedades hidrófilas al dañar el enlace de hidrógeno entre las moléculas de almidón y el agua. Asimismo, Syafri et al. (2017) recomendó utilizar para envasado de productos farmacéuticos y alimentarios.

Syafri et al. (2018) estudió la caracterización y análisis del bioplástico de almidón de yuca reforzado con nanofibras de celulosa (CNF). Syafri et al. (2018) analizó las propiedades físicas, mecánicas y térmicas se caracterizaron mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), espectroscopía FTIR, análisis termogravimétrico (TGA). Como resultado del estudio se concluyó que la morfología con el análisis SEM presenta estructura es uniforme. El análisis TGA del bioplástico es de 350-500 °C. Las propiedades mecánicas del bioplástico elaborado a partir del almidón de yuca reforzado con CNF presentan resistencia de tracción y porcentaje de elongación de 12,84 MPa y 30,76% respectivamente. La adición de CNF al bioplástico ha aumentado la humedad, propiedades de absorción, cristalinidad y estabilidad térmica.

El almidón es un carbohidrato de reserva de energía presente en las plantas, está conformado por los polisacáridos: amilopectina y amilosa, la proporción de ambos varia de acorde a la fuente biológica; sin embargo, el porcentaje de amilosa varia del 20 al 25% y el contenido de amilopectina varia del 75 al 80% en peso. Estos polisacáridos presentan diferente estructura, la amilosa presenta cadenas lineales de glucosa ( $\alpha$  1,4) y la amilopectina presenta cadenas ramificadas de glucosa ( $\alpha$  1,4) y ( $\alpha$  1,6), ambos cadena se encuentran unidas con enlaces glucosídicos (Dasumiati, Saridewi y Malik, 2019, p.3). En la siguiente figura se detalla la estructura molecular de los polisacáridos:

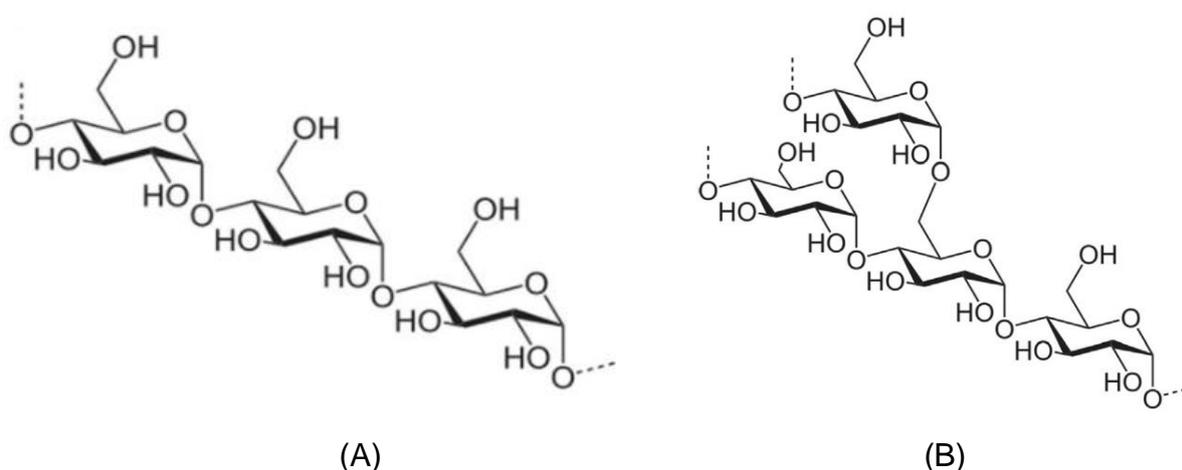


Figura 1. Estructura molecular de amilosa (A) y estructura molecular de amilopectina (B)

Fuente: Kabasci, 2020

El almidón es insoluble al agua, su naturaleza hidrofóbica limita su solubilidad en agua fría; sin embargo, en agua caliente se solubiliza formando una pasta gelatinosa (Ojogbo, Ogunsona y Mekonnen, 2020, p.10). La gelatinización es una propiedad física del almidón que lo ayuda a convertirse en soluble, sucede cuando se calienta el almidón en el agua a cierta temperatura y el almidón se hincha al absorberlo. Esto provoca la separación de amilosa y amilopectina, creando una pasta viscosa (Marichelvam, Jawaid y Asim, 2019, p.2).

El almidón tiene la capacidad de transformarse a un material termoplástico, para ello se rompe los enlaces hidrogeno presentes en la cadena de sus polisacáridos,

este proceso se llama gelatinización que se da cuando los gránulos del almidón pierden su cristalinidad, es decir, su estructura organizada cuando es sometido a temperaturas elevadas en presencia de agua dando lugar a la formación de gel. La retrogradación se da cuando el almidón luego de ser gelatinizado es expuesto a temperaturas frías provocando que se reasocie la amilosa y amilopectina para formar una estructura cristalina; es decir, se da la formación de nuevos enlaces de hidrogeno entre el almidón y el agua (Ruiz, 2006, p.6).

El almidón de yuca contiene aproximadamente el 16-20%pp de amilosa y 84-80%pp de amilopectina (Ceseracciu et al., 2015, p.5). El contenido de amilosa aproximada presente en el almidón de maíz es de 28%, del almidón de la papa es de 23-31% y de amilopectina es de 77-69% y el almidón del arroz presenta 20-30% de amilosa aproximada y el 80-70% de amilopectina, el ñame presenta 24-27%pp de amilosa y 76-73%pp de amilopectina (Muller, González-Martínez y Chiralt , 2017, p.6). El contenido de amilosa del durazno es de 12.4%pp y de la amilopectina es de 66.6%pp, el plátano presenta 18.5%pp de amilosa (Alves et al., 2017, p.3). En la siguiente tabla se determina el porcentaje de acuerdo a la fuente biológica:

Fuente Botánica	% Amilosa	% Amilopectina
Yuca	16-20	84-80
Maíz	28	72
Papa	23-31	77-69
Arroz	20-30	80-70
Trigo	30	70
Ñame	24-27	76-73
Durazno	12.4	66.6
Plátano	18.5	81.5

Tabla 1. Porcentaje de amilosa y amilopectina de las fuentes botánicas  
Fuente: Elaboración propia

Los bioplásticos son elaborados de base biológica y son biodegradables, es decir, los bioplásticos están compuestos de biomasa derivada de tubérculos, cereales, semillas que son extraídos de los recursos renovables como el almidón, que es sintetizado por organismos vivos como las plantas (Kabasci, 2020, p.3-4).

El glicerol es una molécula de bajo peso molecular, actúa como plastificante que se utiliza para incrementar la flexibilidad del bioplástico, este es el plastificante más utilizado para la elaboración de bioplástico a partir de almidón (Mangsur et al., 2019, p.2) La adición del glicerol disminuye la rigidez y mejora las propiedades mecánicas, fuerza de tracción y alargamiento de rotura (Saiful et al., 2019, p.2). En la siguiente figura nos muestra la forma estructural del glicerol:

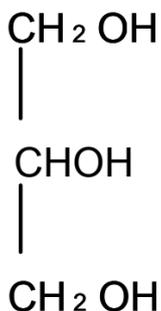


Figura 2. Estructura molecular del glicerol  
Fuente: Das, Sathish y Stanley, 2018

El glicerol debilita la estructura molecular del almidón, separa los enlaces glucosídicos que lo unen y logra aumentar los espacios entre las cadenas de glucosa, modificando la solubilidad del almidón. Por lo tanto, las moléculas de plastificante no están unidas químicamente a las del polímero, estos se encuentran unidos mediante enlaces que pueden perderse por evaporación. Además retarda la retrogradación (Sanyang et al., 2017, p.136-137).

Las propiedades de los bioplásticos a base de almidón; está compuesto por los polisacáridos: amilosa y amilopectina. La composición de los polisacáridos variará de acuerdo a la fuente botánica que se utilice para la elaboración del bioplástico, la cantidad de amilosa presente en el almidón influye en las propiedades térmicas, morfológicas y mecánicas (Marichelvam, Jawaid y Asim, 2019, p.2-3).

La resistencia de tracción es una propiedad mecánica, consiste en medir la capacidad de aceptar cargas o fuerzas sin que se dañe o rompa el compuesto, lo que indica la tensión máxima antes que se pueda quebrar (Harunsyah, Yunus y Fauzan, 2019, p.5). Se encuentra relacionado a la cantidad de amilosa presente, si aumenta la resistencia de tracción también aumenta la cantidad de amilosa (Marichelvam, Jawaid y Asim, 2019, p.2). La presencia de plastificantes y de otro

influye en la resistencia de tracción, en los almidones extraídos sin ningún proceso tienen una tensión de rotura hasta de 90MPa (Koch, 2018, p.9).

El alargamiento de rotura también es una propiedad mecánica e indica el cambio del bioplástico cuando alcanza la longitud máxima hasta su rotura, es por ello, que su porcentaje de alargamiento de rotura es la longitud máxima en comparación a la longitud inicial del bioplástico (Harunsyah, Yunus y Fauzan, 2019, p.5). Los plásticos formulados con glicerol incrementan su capacidad de alargamiento un promedio del 20-800% (Coreño-Alonso y Méndez-Bautista, 2010, p.8).

Las propiedades morfológicas se analizan mediante microscopio electrónico de barrido (SEM) que observa la morfología superficial donde determina la rugosidad y si hay presencia de rugosidades, grietas o malformaciones en las películas del bioplástico. El análisis infrarrojo por Transformadas de Fourier (FTIR) se utiliza para medir la vibración de las moléculas al absorber la radiación infrarroja evaluar la estructura química mediante un espectrofotómetro y así detectar la presencia de grupos funcionales (Syafri et al., 2018, p. 12)

Las propiedades térmicas se analizan mediante el análisis termogravimétrico (TGA) que determina la estabilidad térmica del almidón plastificado detectando el cambio de peso de la muestra del bioplástico a determinadas temperaturas o a una temperatura constante con variación de tiempo; es decir, el análisis TGA determina la temperatura en la que ocurre mayor pérdida de masa. La cantidad de amilosa de la fuente botánica influye en la temperatura de descomposición al disminuirlo (Nordin et al., 2019, p. 4)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación es aplicada ya que se recolecta información del tema de bioplástico en revistas indexadas, así mismo, se interpretan los resultados y pueden ser utilizados como una base de información opcional, el cual concuerda con lo que nos dice (Burns y Grove, 2005, p.32), es decir, que la investigación aplicada se da con el fin de obtener leyes y teorías buscando información de artículos, revistas o libros para así dar solución a problemas específicos.

El diseño de esta investigación es narrativo tópico no experimental ya que no existe manipulación de variables, en cambio se estudian situaciones ya existentes. Y su enfoque es cualitativo porque es el proceso metodológico el cual emplea palabras, textos, imágenes y gráficos, con una larga data de grandes sustentos filosóficos y científicos (Sánchez Flores, 2019, p.5). El estudio narrativo de tópico está enfocado en la recolección de información de experiencias de una temática específica (Hernández, Fernández y Baptista, 2019, p. 515).

Mediante este trabajo de investigación se pretende recopilar datos de diferentes investigaciones de índole internacional, a fin de evaluar la información más relevante de los últimos cinco años y que pueda aportar datos vinculados a las palabras claves.

#### **3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística.**

La matriz de categorización apriorística tiene como contenido los objetivos con sus respectivas categorías, subcategorías y criterios de las propiedades de los bioplásticos a base de almidón el cual se muestra en la (Tabla 2).

#### **3.3. Escenario de estudio**

El escenario es el lugar en el cual se a llevar a cabo el estudio o investigación, así como el acceso al mismo, las características de los participantes y los recursos disponibles que han sido determinados desde la elaboración del proyecto de investigación (Podshivalov et al., 2017, p.2).

En la siguiente investigación, el escenario de estudio se realizará según los antecedentes de los diversos artículos recolectados que han considerado el uso

del laboratorio químicos para la elaboración del bioplástico. El laboratorio químico presenta simbología de precaución y señales sobre rutas de evacuación con el fin de mitigar los daños que puede ocurrir. Además, cuenta con materiales e instrumentos óptimos para la elaboración del bioplástico, entre ellos se encuentra placas, estufa, agitador magnético, torqueómetro, plastificante, almidón.

### **3.4. Participantes**

Como participantes de una investigación se define al conjunto finito o infinito de elementos con características para los cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación (Hernandez, Fernández y Collado, 2010, p.44).

En el presente trabajo de investigación los participantes serán las investigaciones e información que se encuentre en los artículos indexados en revistas científicas tales como SAGE Journals, Springer, ScieceDirect, Scopus, Scielo, DOAJ, Redalyc, IOP Sciece, ResearchGate y PubMed.

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

La técnica en investigación se entiende como el procedimiento de obtener, detectar y consultar la bibliografía y otros tipos de materiales que se utilizan de manera selectiva de forma que puedan ser útiles para el propósito del estudio (Hernandez, Fernández y Collado, 2010, p. 33).

La técnica que se utilizó fue la exploración bibliográfica virtual y el instrumento de recolección de datos se llevó a cabo mediante artículos de investigación enfocados al tema, como antecedentes, cuadros de resumen, palabras claves. Para la recolección de los datos se llevó a cabo en un proceso de selección de exclusión e inclusión en cual se muestra la cantidad de artículos (Figura 3).

### **3.6. Procedimiento**

El procedimiento de un trabajo de investigación son los pasos o fases que se siguen para desarrollar el trabajo. Por consiguiente, se consideraron los siguientes pasos que se muestran en la (Figura 3).

### **3.7. Rigor científico**

Dependencia

El criterio de dependencia nos quiere dar a entender la solidez que tiene una información, resultado de un estudio que nos permita acceder al método

empleado para poder comprender con mayor facilidad (Varela y Vives, 2016, p.6). Para alcanzar la solidez de los datos se debe emplear procedimientos como descripción detallada del proceso de recogida, análisis de la investigación, además, tener una estrategia para revisar y comparar los resultados emergentes con teorías previamente formuladas (Noreña et al., 2012, p. 267).

Este criterio de dependencia se cumple desde el inicio de la investigación que empieza por buscar palabras claves de un título y de esta forma poder hallar variables de investigaciones ya realizadas.

### Credibilidad

La credibilidad se refiere a la coherencia que existe entre los hallazgos y la realidad, estableciendo confianza de verdad dirigida hacia los investigadores en el contexto del estudio, esto se logra por medio de métodos establecidos y organización de estudio como las entrevistas, análisis de documentos, artículos, entre otros (Varela y Vives, 2016, p.6). Este criterio también se define como autenticidad, por esta razón el autor evita hacer conjeturas sobre la investigación para no afectar los hallazgos reales estudiados por los profesionales (Noreña et al, 2012, p. 267).

Este criterio de credibilidad se aplica mediante la comparación de los resultados, ya que pueden ser iguales o similares, realizado por diferentes autores en sus investigaciones. Por ello, la información obtenida ha sido recopilada de revistas indexadas como SAGE Journals, Springer, ScieceDirect, Scopus, Scielo, DOAJ, Redalyc, IOP Sciece, ResearchGate y PubMed, como consecuencia a ello se entiende que los resultados de los artículos científicos revisados son verídicos y respaldados.

### Transferencia

En este criterio de transferibilidad nos proporciona la información suficiente sobre el trabajo de estudio y campo para poder realizar una comparabilidad de los resultados con otros estudios, que se analizaran de forma minuciosa. Para ello, se requiere especificar los métodos utilizados, tiempo de duración, recolección de datos y número de participantes en el trabajo de campo (Varela y Vives, 2016) La

investigación cualitativa no es aplicable a todas las investigaciones, es por ello que el muestreo teórico permite dimensionar la información de los resultados (Noreña et al, 2012, p. 267).

Esto se aplica cuando al investigar se analiza experiencias, conocimientos y procedimientos previos al aprendizaje que son extraídos de una investigación o fuente confiable. Es decir, que la información que ha sido utilizada y plasmada en este proyecto de investigación podrá ser comparada con otras investigaciones científicas relacionadas al objeto de estudio.

#### Confirmación (confirmabilidad) o auditabilidad

La confirmación es el último criterio que se refiere que en la medida posible se debe asegurar los resultados de las experiencias, por ello se debe incluir la toma de decisiones para seleccionar una relación de fundamentos teóricos que serán utilizados (Varela y Vives, 2016, p.6). Es por ello, que el investigador tiene un compromiso ético de reportar e informar donde se realizara el trabajo de campo respetando el protocolo del comité de investigación (Noreña et al, 2012, p. 267).

Este criterio se aplica en el trabajo de investigación, al momento de la confirmación de las fuentes que se utilizaron durante la recolectaron los datos verificados mediante una base de patentes. Para ello, la información que se ha utilizados de los artículos científicos será analizada a través de fichas de análisis de contenido.

### **3.8. Método de análisis de datos**

El método de análisis de información se realizará en base a artículos científicos que contienen las palabras claves de la investigación, en el cual se utilizarán los criterios de agrupación como categoría y sub categoría de la matriz apriorística; que presenta las siguientes categorías: se expone como primera categoría las propiedades mecánicas y se relaciona con dos (02) sub categoría de fuerza de tracción y porcentaje de elongación así mismo se relaciona con tres (03) criterios de acuerdo al producto del bioplástico elaborado, de acuerdo a la resistencia de tracción del bioplástico elaborado y de acuerdo al alargamiento en la rotura del bioplástico elaborado; en la segunda categoría se tiene las propiedades morfológicas y se relaciona con dos (02) sub categorías espectrometría infrarroja

por transformada de Fourier (FTIR) y análisis microscopia electrónica de barrido (SEM) así mismo se relaciona con dos (02) criterios de acuerdo a la fuente botánica y de acuerdo a la cantidad de glicerol; por último, se encuentra la categoría de propiedades térmicas y se relaciona con una (01) sub categoría de análisis termogravimétrico (TGA) así mismo se relaciona con un (01) criterio de acuerdo a la fuente botánica. Señaladas en la Tabla 2. Matriz de categorización apriorística, donde se describe sus semejanzas.

### **3.9. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación recopila la información obtenida de artículos científicos, revisión sistemática y libros de diversos autores, que fueron recolectados en distintas plataformas virtuales, con ello cumple con los lineamientos de la Resolución de Consejo Universitario N°0126.2017/ UCV.

Además, se respeta la autoría de la información recolectada ya que está correctamente citada en el estilo ISO 690 Y 690-2.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para la identificación de las propiedades en función de los autores investigados, los cuales utilizaron materias primas, se muestran en las siguientes tablas:

Se obtuvieron 15 artículos originales que tenían el término “Bioplástico” en el título. En estos se encontraron 15 autores en total. La mayoría utilizó aditivos exceptuando tres artículos, estos fueron: Abdullah, Putri y Sugandi (2019) y Ismail et al. (2016) y Azevedo et al. (2020) al evaluar el bioplástico a base de almidón de papa.

En la (Tabla 3) se muestran las propiedades mecánicas de los bioplásticos a base de almidón, se ha considerado el alargamiento de rotura que es la longitud máxima en comparación con la longitud inicial del bioplástico y la resistencia de tracción que es la capacidad de ejercer fuerza sin dañar o quebrar la muestra.

Comparando las propiedades más utilizadas ya mencionadas, once de los artículos de bioplástico nos presentan mayor alargamiento de rotura. Para ello se clasifico según la fuente biológica. Se presenta los siguientes autores en la clasificación de la yuca. Estos fueron: Abdullah, Putri y Sugandi (2019) empleo almidón de yuca y glicerol presento como resultado 3,9% siendo el porcentaje menor, Syafri et al. (2018) aplico almidón de yuca y glicerol más la adición de nanofibra de celulosa con un 30,76%, Syafri et al. (2017) empleo almidón de yuca y glicerol más la adición del carbonato de calcio precipitado dando el mayor resultado de 39,91%, alcanzando el porcentaje más alto en la clasificación del almidón de yuca. Del mismo modo, se presenta los siguientes autores en la clasificación del maíz. Estos fueron: Azevedo et al. (2020) empleo como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de silicato de sodio dando el resultado más bajo de 7,5%, Amin, Asaduzzaman y Kowser (2019) y Kus y Ates (2020) emplearon como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de TiO<sub>2</sub> con un resultado de 62%, no obstante, Almeida et al. (2020) demostró que el almidón maíz y glicerol más la adición de nanofibra celulosa presentó mayor porcentaje de 62,37%. De la misma forma se clasifica el porcentaje de la papa. Estos fueron: Ismail et al. (2016) que utilizó almidón de papa y glicerol el cual obtuvo como resultado más bajo de 1,6%, Azevedo et al. (2020) empleo almidón de papa y glicerol el cual obtuvo como resultado 3,4%; sin embargo, Oleyaei et al. (2016)

elaboró el bioplástico a base de almidón de papa más la adición de  $\text{TiO}_2$  el cual indicó un resultado mayor de 62,8%. Y, por último, se tiene la clasificación del melocotón mediante el autor Neto et.al (2017) aplicó almidón de melocotón y glicerol más la adición de sorbitol dando como resultado más bajo del alargamiento de rotura 1,6%.

Sin embargo, para la propiedad mecánica de la resistencia de atracción se debe tener en cuenta que la cadena de la amilopectina presenta ramificaciones el cual otorga una estructura semicristalina esto quiere decir que dificulta que el glicerol actúe de forma óptima dentro de sus cadenas ( $\alpha$  1,4) y ( $\alpha$  1,6). En esta propiedad los bioplásticos compuestos mostraron que cinco artículos presentan mayor resistencia de tracción el cual reduce las cadenas de los biopolímeros y disminuye la flexibilidad. Estos fueron Marichelvam, Jawaid y Asim (2019) utilizó como fuente el almidón de arroz y glicerol más la adición de gelatina dando el resultado más bajo de 12,5 MPa, Nordin et al. (2020) utilizó como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de timol dando el resultado de 27,51 MPa, Kader y Wan (2017) empleo como fuente el almidón de plátano y glicerol más la adición de NaOH dando el resultado 34.72 MPa, Borchani, Carrot y Jaziri (2016) elaboró el bioplástico con almidón de alfalfa más la adición de NaClO y consiguió un resultado 58 MPa. No obstante, el artículo que tuvo mayor resistencia de tracción fue Podshivalov et al. (2017) elaborado con almidón de papa más la adición de gelatina obtuvo como resultado de 80 MPa.

En relación a los resultados, el porcentaje de amilosa presente en la fuente botánica influye en las propiedades mecánicas (Syafri et al., 2018), es decir a mayor cantidad de amilosa mejor alargamiento de rotura y resistencia de tracción, no obstante, las propiedades mecánicas se incrementan al utilizar plastificante, la adición de glicerol al ingresar entre su cadena lineal de amilosa mejora la flexibilidad del bioplástico (Saiful et al., 2019) debilitando su estructura molecular y aumentando los espacios entre la cadena (Sanyang et al., 2017); la adición de  $\text{TiO}_2$  como nanopartícula se adhiere con mayor facilidad en las cadenas glucosídicas del almidón, actúa disminuyendo su cristalinidad (Fei et al., 2013); sin embargo el porcentaje de alargamiento de rotura es aún mayor cuando se utiliza el glicerol y la nanofibra de celulosa (CNF) como aditivo ya que presenta una estructura nanocelulósica de 5 a 60 nm (Syafri et al., 2018) es decir, la fuerte

interacción entre las cadenas  $\alpha$  de amilosa y de la cadena  $\beta$  de la celulosa incrementa la flexibilidad del bioplástico (Xu et al., 2020).

**Tabla 3. Propiedades mecánicas**

N°	Autor	Año	Materia prima	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de Glicerol (ml)	Aditivo	Cantidad de Aditivo (ml)	Propiedad Mecánica	
								% Alargamiento de rotura	Resistencia de tracción (MPa)
1	Borchani, Carrot y Jaziri	2016	alfalfa	5	25	NaClO	2	7,3	58
2	Kader y Wan	2017	plátano	25	2	NaOH	3	29,1	34,72
3	Neto et.al	2017	melo cotón	3	0,7	Sorbitol	0.3	1,6	0,2
4	Marichelvam, Jawaid y Asim	2019	arroz	5	3	Gelatina	2	6,8	12,5
5	Syafri et al.	2017	yuca	10	2,5	Carbonato de calcio precipitado (PCC)	4	39,91	3,38
6	Syafri et al.	2018	yuca	5	30	Nanofibras de celulosa (CNF)	100	30,76	12,84
7	Abdullah, Putri y Sugandi	2019	yuca	3,5	1	-	-	3,9	2,47
8	Amin, Asaduzzaman y Kowser	2019	maíz	50	25	TiO <sub>2</sub>	0.3	62	3,95
9	Kus y Ates	2020	maíz	25	20	TiO <sub>2</sub>	1	62	8,39
10	Azevedo et al.	2020	maíz	3,5	5	Silicato de sodio	2.5	7,5	0.73
11	Nordin et al.	2020	maíz	4	25	Timol	5	2,22	27,51
12	Almeida et	2020	maíz	7	3	Nanofibr	1,5	62,37	6,58

N°	Autor	Año	Materia prima	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de Glicerol (ml)	Aditivo	Cantidad de Aditivo (ml)	Propiedad Mecánica	
								% Alargamiento de rotura	Resistencia de tracción (MPa)
	al.					celulosa (CNF)			
13	Oleyaei et al.	2016	papa	2	40	TiO <sub>2</sub>	0,5	62,8	3,86
14	Ismail et al.	2016	papa	2,5	2	-	-	1,6	0,6
15	Podshivalov et al.	2017	papa	2.5	30	Gelatina	10	1,8	80
16	Azevedo et al.	2020	papa	3,5	5	-	-	3,4	0.36

Elaboración: Fuente propia, 2020.

En la (Tabla 4) se muestran los estudios de las propiedades morfológicas de la elaboración del bioplástico a partir del almidón. Se ha considerado como propiedades morfológicas el análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) mide, registra los espectros infrarrojos la presencia de grupos funcionales y microscopia electrónica de barrido (SEM) analiza la composición superficial de la muestra.

Dentro de los artículos investigados existen cuatro autores que no examinaron el estudio FTIR. Estos fueron: Neto et.al (2017), Marichelvam, Jawaid y Asim (2019), Almeida et al. (2020) y Podshivalov et al. (2017). Los autores se enfocaron en el enlace OH. Se presenta los siguientes autores en la clasificación de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) de la yuca. Estos fueron: Syafri et al. (2017) empleo almidón de yuca y glicerol más la adición del carbonato de calcio precipitado dando como menor resultado en la banda ancha de 3296 cm<sup>-1</sup> (estiramiento de OH), Abdullah, Putri y Sugandi (2019) utilizo almidón de yuca y glicerol presento la banda ancha 3307 cm<sup>-1</sup> (estiramiento OH), Syafri et al. (2018) utilizó almidón de yuca más la adición de nanofibra de celulosa (CNF) logrando como resultado una banda ancha de 3429 cm<sup>-1</sup> (estiramiento de OH) siendo la cifra más alta del enlace. Del mismo modo, se presenta los

siguientes autores en la clasificación de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) del maíz. Estos fueron: Nordin et al. (2020) empleo como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de timol dando el resultado más bajo de banda ancha 3200-3400  $\text{cm}^{-1}$  (estiramiento OH), Azevedo et al. (2020) empleo almidón de papa y glicerol presento un resultado bajo de la banda ancha a 3290  $\text{cm}^{-1}$ , Kus y Ates (2020) utilizo como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de  $\text{TiO}_2$  con un resultado de la banda ancha a 3371  $\text{cm}^{-1}$  (estiramiento OH), Amin, Asaduzzaman y Kowser (2019) empleo como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de  $\text{TiO}_2$  con un resultado más alto de la banda ancha a 3277,76  $\text{cm}^{-1}$  (estiramiento OH),. De la misma forma se clasifica la espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) de la papa. Estos fueron: Azevedo et al. (2020) empleo almidón de papa y glicerol el cual obtuvo como resultado más bajo una banda ancha a 3285  $\text{cm}^{-1}$ , Ismail et al. (2016) que utilizó almidón de papa y glicerol el cual obtuvo como resultado de banda ancha a 3390.84  $\text{cm}^{-1}$  (estiramiento OH), Oleyaei et al. (2016) elaboró el bioplástico a base de almidón de papa más la adición de  $\text{TiO}_2$  el cual indicó un resultado alto de banda ancha a 3435  $\text{cm}^{-1}$  (estiramiento OH). Y, por último, se tiene la clasificación del plátano mediante el autor Kader y Wan (2017) utilizo como fuente el almidón de plátano y glicerol más la adición de NaOH dando el resultado una banda ancha 3317  $\text{cm}^{-1}$  (estiramiento OH) y la clasificación de la alfalfa mediante el autor Borchani, Carrot y Jaziri (2016) elaboró el bioplástico con almidón de alfalfa más la adición de NaClO y consiguió un resultado más alto de la banda ancha 3300  $\text{cm}^{-1}$  (estiramiento OH).

En relación a los resultados, el estiramiento OH se manifiesta en el rango de 3200 a 4000  $\text{cm}^{-1}$  el cual muestra que hay presencia de glicerol como plastificante, el estiramiento se da entre los enlaces de hidrógeno del plastificante y las moléculas del almidón (Azevedo et al., 2020); sin embargo el aditivo de  $\text{TiO}_2$  incrementa levemente el pico de absorción a 3435  $\text{cm}^{-1}$  del bioplástico a base de almidón de papa, lo que indica que existe muchos enlaces hidrógeno formados entre los grupos  $-\text{OH}$ , es decir a mayor absorción hay aumento de enlaces de hidrógeno entre  $\text{TiO}_2$  y los grupos hidroxilo del bioplástico (Amin et al., 2019). Sin embargo la banda de 3270  $\text{cm}^{-1}$  en el estiramiento OH, fue la banda menos intensa de los artículos registrados, debido a la adición de timol al bioplástico elaborado, ello se

debe a los efectos del timol en las películas de almidón (Syafri et al., 2017), ya que reduce las interacciones de los grupos hidroxilo en la matriz del almidón., (Nordin et al., 2020)

Además, de los artículos investigados existe un autor que no realizó el estudio de microscopía electrónica de barrido (SEM), este fue Nordin et al. (2020). Se presentan los siguientes autores en el estudio SEM de la yuca. Estos fueron: Syafri et al. (2017) empleó almidón de yuca y glicerol más la adición del carbonato de calcio precipitado, Syafri et al. (2018) aplicó almidón de yuca y glicerol más la adición de nanofibra de celulosa y el autor Abdullah, Putri y Sugandi (2019) empleó almidón de yuca y glicerol tuvieron como resultado una estructura uniforme, suave sin grietas. Del mismo modo, se presentan los siguientes autores en microscopía electrónica de barrido (SEM) del maíz. Estos fueron: Amin, Asaduzzaman y Kowser (2019) empleó como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de  $\text{TiO}_2$ , el cual obtuvo como resultado una superficie más consistente. Pero los siguientes autores Kus y Ates (2020) emplearon como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de  $\text{TiO}_2$ , Azevedo et al. (2020) empleó almidón de papa y glicerol, y Almeida et al. (2020) demostró que el almidón de maíz y glicerol más la adición de nanofibra de celulosa, mostraron una estructura homogénea sin grietas. De la misma forma se presentan los siguientes autores en microscopía electrónica de barrido (SEM) de la papa. Estos fueron: Podshivalov et al. (2017) elaborado con almidón de papa más la adición de gelatina demostró como resultado una estructura heterogénea separada en fases y microgránulos. Mientras que los siguientes autores Oleyaei et al. (2016) elaboró el bioplástico a base de almidón de papa más la adición de  $\text{TiO}_2$ , Ismail et al. (2016) que utilizó almidón de papa y glicerol, Azevedo et al. (2020) empleó almidón de papa y glicerol, demostraron que la muestra de bioplástico tenía una estructura uniforme, homogénea sin separaciones ni grietas. Y, por último, los siguientes autores utilizaron otras materias primas en microscopía electrónica de barrido (SEM): Marichelvam, Jawaid y Asim (2019) utilizó como fuente el almidón de arroz y glicerol más la adición de gelatina, en sus muestras se observó una pérdida de uniformidad presentando una superficie granulada y rugosa. Por otro lado, Borchani, Carrot y Jaziri (2016) elaboró el bioplástico con almidón de alfalfa más la adición de  $\text{NaClO}$ , Kader y Wan (2017) empleó como fuente el almidón de

plátano y glicerol más la adición de NaOH, Neto et.al (2017) aplico almidón de melocotón y glicerol más la adición de sorbitol mostraron como resultado una superficie homogénea, lisa, sin separación de fases y grietas.

En relación a los resultados, el aditivo de gelatina incrementó la actividad microbiana de la superficie del bioplástico a base de arroz, aumentando las rugosidades y la porosidad (Marichelvam, Jawaid y Asim, 2019), asimismo, también influye en la formación de estructuras heterogéneas al separarlo en fases de gránulos de almidón y matriz compuesta con gelatina (Podshivalov et al.,2017); sin embargo, la superficie es menos porosa cuando existe una interacción entre las moléculas del almidón y del glicerol (Abdullah, Putri y Sugandi, 2019)

**Tabla 4. Propiedades morfológicas**

N°	Autor	Año	Materia prima	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de Glicerol (ml)	Aditivo	Cantidad de Aditivo (ml)	Propiedad Morfológica	
								Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)	Microscopía electrónica de barrido (SEM)
1	Borchani, Carrot y Jaziri	2016	alfalfa	5	25	NaClO	2	Banda ancha 3300 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	Superficie lisa
2	Kader y Wan	2017	plátano	25	2	NaOH	3	Banda ancha 3317 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	Superficie homogénea y lisa
3	Neto et.al	2017	melocotón	3	0,7	Sorbitol	0.3	-	Superficie homogénea, sin separación de fases y grietas
4	Marichelvam, Jawaid y Asim	2019	arroz	5	3	Gelatina	2	-	Las muestras se rompieron y la estructura

N°	Autor	Año	Materia prima	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de Glicerol (ml)	Aditivo	Cantidad de Aditivo (ml)	Propiedad Morfológica	
								Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)	Microscopía electrónica de barrido (SEM)
									perdió uniformidad debido a la degradación microbiana
5	Syafri et al.	2017	yuca	10	2,5	Carbonato de calcio precipitado (PCC)	4	Banda ancha 3296 cm <sup>-1</sup> (estiramiento de OH)	Muestra una estructura uniforme y no porosa
6	Syafri et al.	2018	yuca	5	30	Nanofibra de celulosa (CNF)	100	Banda ancha 3429 cm <sup>-1</sup> (estiramiento de OH)	Estructura uniforme
7	Abdullah, Putri y Sugandi	2019	yuca	3,5	1	-	-	Banda ancha 3307 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	Superficie suave que indica que la interacción es más fuerte entre el almidón y glicerol.
8	Amin, Asadzaman y Kowser	2019	maíz	50	25	TiO <sub>2</sub>	0.3	Banda ancha a 3377,76 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	superficie más consistente

N°	Autor	Año	Materia prima	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de Glicerol (ml)	Aditivo	Cantidad de Aditivo (ml)	Propiedad Morfológica	
								Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)	Microscopía electrónica de barrido (SEM)
9	Kus y Ates	2020	maíz	25	20	TiO <sub>2</sub>	1	Banda ancha a 3371 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	Estructura ondulada y homogénea
10	Azevedo et al.	2020	maíz	3,5	5	Silicato de sodio	2.5	Banda ancha a 3290 cm <sup>-1</sup>	Estructura homogénea sin grietas
11	Nordin et al.	2020	maíz	4	25	TiO <sub>2</sub>	5	Banda ancha 3270 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	-
12	Almeida et al.	2020	maíz	7	3	Nanofibrila celulosa (CNF)	1,5	-	Superficie homogénea, lisa, sin burbujas ni grietas
13	Oleya et al.	2016	papa	2	40	TiO <sub>2</sub>	0,5	Banda ancha a 3435 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	La película de control presentó una superficie uniforme y más lisa en toda el área.
14	Ismail et al.	2016	papa	2,5	2	-	-	Banda ancha a 3390.84 cm <sup>-1</sup> (estiramiento OH)	Superficie homogénea, sin separación de fases y grietas
15	Podshivalov et al.	2017	papa	2.5	30	Gelatina	10	-	Estructura heterogénea separada

N°	Autor	Año	Materia prima	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de Glicerol (ml)	Aditivo	Cantidad de Aditivo (ml)	Propiedad Morfológica	
								Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR)	Microscopía electrónica de barrido (SEM)
									en fases y microgránulos
16	Azevedo et al.	2020	papa	3,5	5	-	-	Banda ancha a 3285 cm <sup>-1</sup>	Estructura uniforme sin grietas

Elaboración: Fuente propia, 2020.

En la (Tabla 5) se muestran el estudio de las propiedades térmicas de la elaboración del bioplástico a partir del almidón. Se ha considerado como el estudio termogravimétrico (TGA) que es cuando la masa de la muestra es analizada en un periodo de tiempo en que cambia de temperatura para su descomposición.

Se presenta los siguientes autores en el análisis termogravimétrico (TGA) de la yuca. Estos fueron: Abdullah, Putri y Sugandi (2019) empleó almidón de yuca y glicerol presento como resultado bajo 120,7 °C, Syafri et al. (2017) empleo almidón de yuca y glicerol más la adición del carbonato de calcio precipitado dando el mayor resultado 400 °C y Syafri et al. (2018) aplico almidón de yuca y glicerol más la adición de nanofibra de celulosa como resultado alcanzo a 500 °C siendo el bioplástico con la temperatura más alta sin desintegrarse. Del mismo modo, se presenta los siguientes autores en el análisis termogravimétrico (TGA) del maíz. Estos fueron: Azevedo et al. (2020) empleo como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de silicato de sodio dando el resultado más bajo 152 °C, Nordin et al. (2020) utilizó como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de timol y Almeida et al. (2020) demostró que el almidón maíz y glicerol más la adición de nanofibra celulosa y obtuvieron como resultado una temperatura de 250°C, Kus y Ates (2020) emplearon como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de TiO<sub>2</sub> con un resultado de 351,3 °C y Amin, Asaduzzaman y Kowser (2019) empleo como fuente el almidón de maíz y glicerol más la adición de TiO<sub>2</sub> con un resultado alto de 410 °C. De la misma forma se

presenta los siguientes autores en el análisis termogravimétrico (TGA) de la papa. Estos fueron: Azevedo et al. (2020) empleo almidón de papa y glicerol el cual obtuvo como resultado bajo de temperatura 140 °C, Oleyaei et al. (2016) elaboró el bioplástico a base de almidón de papa más la adición de TiO<sub>2</sub> el cual indicó un resultado de 220 °C, Ismail et al. (2016) utilizó almidón de papa y glicerol el cual obtuvo como resultado 250 °C, Podshivalov et al. (2017) elaborado con almidón de papa más la adición de gelatina obtuvo como resultado alto de 350 °C sin degradarse la muestra de bioplástico. Y, por último, los siguientes autores utilizaron otras materias primas en el análisis termogravimétrico (TGA): Kader y Wan (2017) empleo como fuente el almidón de plátano y glicerol más la adición de NaOH dando el resultado 112,88 °C, Borchani, Carrot y Jaziri (2016) elaboró el bioplástico con almidón de alfalfa más la adición de NaClO y consiguió un resultado 128,9 °C, Marichelvam, Jawaid y Asim (2019) utilizó como fuente el almidón de arroz y glicerol más la adición de gelatina dando el resultado 300 °C y Neto et.al (2017) aplico almidón de melocotón y glicerol más la adición de sorbitol dando como resultado de 388 °C.

En relación a los resultados, el TGA más alto de los resultados fue de 500°C ya que es la temperatura máxima donde se desintegra los residuos del bioplástico a partir de yuca (Syafri et al., 2018), el TGA de 410°C se refiere a la temperatura máxima donde se degrada por completo el bioplástico compuesto con TiO<sub>2</sub> (Amin, Asaduzzaman y Kowser, 2019)

**Tabla 5. Propiedades térmicas**

N°	Autor	Año	Materia prima	Cantidad de materia prima (g)	Cantidad de Glicerol (ml)	Aditivo	Cantidad de Aditivo (ml)	Propiedad Térmica
								Análisis termogravimétrico (TGA)
1	Borchani, Carrot y Jaziri	2016	alfalfa	5	25	NaClO	2	128,9 °C

N°	Autor	Año	Materia	Cantidad de	Cantidad de	Aditivo	Cantidad de	Propiedad Térmica
2	Kader y Wan	2017	plátano	25	2	NaOH	3	112,88 °C
3	Neto et.al	2017	melo cotón	3	0,7	Sorbitol	0.3	388 °C
4	Mariche Ivam, Jawaid y Asim	2019	arroz	5	3	Gelatina	2	300 °C
5	Syafri et al.	2017	yuca	10	2,5	Carbonato de calcio precipitado (PCC)	4	400 °C
6	Syafri et al.	2018	yuca	5	30	Nanofibra de celulosa (CNF)	100	500 °C
7	Abdullah, Putri y Sugandi	2019	yuca	3,5	1	-	-	120,7 °C
8	Amin, Asadzaman y Kowser	2019	maíz	50	25	TiO <sub>2</sub>	0.3	410 °C
9	Kus y Ates	2020	maíz	25	20	TiO <sub>2</sub>	1	351,3 °C
10	Azevedo et al.	2020	maíz	3,5	5	Silicato de sodio	2.5	152 °C
11	Nordin et al.	2020	maíz	4	25	Timol	5	250°C
12	Almeida et al.	2020	maíz	7	3	Nanofibra de celulosa (CNF)	1,5	250 °C
13	Oleyaei et al.	2016	papa	2	40	TiO <sub>2</sub>	0,5	220 °C

N°	Autor	Año	Materia	Cantidad de	Cantidad de	Aditivo	Cantidad de	Propiedad Térmica
14	Ismail et al.	2016	papa	2,5	2	-	-	250 °C
15	Podshiv alov et al.	2017	papa	2.5	30	Gelatina	10	350 °C
16	Azevedo et al.	2020	papa	3,5	5	-	-	140 °C

Elaboración: Fuente propia, 2020.

## V. CONCLUSIONES

Como conclusión, en base al objetivo general con respecto a la elaboración del bioplástico a partir de fuentes renovables como el almidón, posee propiedades mecánicas, morfológicas y térmicas. De acuerdo a ello, se determinó las propiedades de los bioplásticos más utilizado a base de almidón.

En síntesis, en base al objetivo específico 1 en cuanto a las propiedades mecánicas se consideró el alargamiento de rotura y la resistencia de tracción; el bioplástico con el aditivo de nanofibra de celulosa (CNF) presentó un alargamiento de rotura de 62.37%. De la misma forma, el bioplástico a base de almidón de papa presentó una fuerza de tracción de 80 MPa.

Asimismo, en base al objetivo específico 2 las propiedades morfológicas de los artículos investigados se analizaron mediante el análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR) mide y registra los espectros infrarrojos y microscopia electrónica de barrido (SEM) para identificar la composición superficial de la muestra. Los bioplásticos con nano aditivos muestran una banda ancha elevada como el bioplástico a base de papa con TiO<sub>2</sub> presentó una banda ancha a 3435 cm<sup>-1</sup> (estiramiento OH). En cuanto al análisis SEM el bioplástico a base almidón de yuca más glicerol y almidón de papa más glicerol respectivamente mostraron como resultado una estructura uniforme, suave y sin grietas según el análisis SEM.

Para finalizar con la conclusión en base al objetivo específico 3 se identificó las propiedades térmicas que se analizan mediante el estudio termogravimétrico (TGA) que determina la temperatura de degradación de materia. El bioplástico a base de almidón de yuca, glicerol y nanofibra de celulosa (CNF) como aditivo, obtuvo como resultado TGA de 500 °C.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Se recomienda que se realice investigaciones comparativas de bioplástico a base de almidón y glicerol con el bioplástico elaborado con aditivos para el estudio de propiedades morfológicas mediante el análisis de espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier (FTIR).

Además, es necesario que se estudie bioplásticos elaborados a base de celulosa, para el análisis de sus propiedades mecánicas y biodegradabilidad.

Se sugiere ahondar en el análisis de la biodegradabilidad y propiedades fisicoquímicas de bioplástico a base de almidón con el glicerol como plastificante.

También, se recomienda analizar las propiedades mecánicas, morfológicas y térmicas de bioplásticos a base de almidón con otros plastificantes poco comunes como el timol, ácido acético y agua.

## REFERENCIAS

ABDULLAH, A.H.D., PUTRI, O.D. y SUGANDI, W.W. Effects Of Starch-Glycerol Concentration Ratio On Mechanical And Thermal Properties Of Cassava Starch-Based Bioplastics. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 20, no. 4. 2019 [Fecha de consulta: 15 de setiembre 2020] Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/337892505\\_EFFECTS\\_OF\\_STARCH-GLYCEROL\\_CONCENTRATION\\_RATIO\\_ON\\_MECHANICAL\\_AND\\_THERMAL\\_PROPERTIES\\_OF\\_CASSAVA\\_STARCH-BASED\\_BIOPLASTICS](https://www.researchgate.net/publication/337892505_EFFECTS_OF_STARCH-GLYCEROL_CONCENTRATION_RATIO_ON_MECHANICAL_AND_THERMAL_PROPERTIES_OF_CASSAVA_STARCH-BASED_BIOPLASTICS)

AGNIHOTRI, Shubh, SHUKLA, Srishti y PILLA, Srikanth. Sustainability Issues in Bioplastics: *Elsevier*, [en línea], 10 de abril de 2020. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2020] Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619347316?via%3Dihub>

ALMEIDA, V.S. de, BARRETTI, B.R.V., ITO, V.C., MALUCELLI, L., CARVALHO FILHO, M.A. da S., DEMIATE, I.M., PINHEIRO, L.A., LACERDA, L.G., ALMEIDA, V.S. de, BARRETTI, B.R.V., ITO, V.C., MALUCELLI, L., CARVALHO FILHO, M.A. DA S., DEMIATE, I.M., PINHEIRO, L.A. Y LACERDA, L.G. Thermal, Morphological, And Mechanical Properties Of Regular And Waxy Maize Starch Films Reinforced With Cellulose Nanofibers (CNF). *Materials Research* [en línea], vol. 23, no. 2. 2020 [Fecha de consulta: 5 de noviembre 2020] Disponible en:

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1516-14392020000200201&tIng=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-14392020000200201&tIng=en)

AMIN, Md. Ruhul, CHOWDHURY, Mohammad y KOWSER, Md. Arefin, Characterization and performance analysis of composite bioplastics synthesized using titanium dioxide nanoparticles with corn starch. *Heliyon* [en línea], vol. 5, no. 8. 2019. [Consulta: 4 mayo 2020]. Disponible en:

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

ISSN 2405-8440.

ASOBIOCOM. Asociación Española de Plásticos Biodegradables Compostables. *Asobiocom.es*, [en línea], 17 de diciembre de 2019. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2020] Disponible en:

<https://www.asobiocom.es/european-bioplastics-publica-su-informe-anual-sobre-el-mercado-y-la-industria-de-los-bioplasticos/>

AZEVEDO, L., ROVANI, S., J. SANTOS, J., B. DIAS, D., S. NASCIMENTO, S., F. OLIVEIRA, F., G. A. SILVA, L. y A. FUNGARO, D. Biodegradable Films Derived from Corn and Potato Starch and Study of the Effect of Silicate Extracted from Sugarcane Waste Ash. *ACS Applied Polymer Materials*, vol. 2, no. 6, pp. 2160-2169. 2019 [Fecha de consulta: 5 de noviembre 2020] Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/acsapm.0c00124>

AZOULAY, David [et al]. The Hidden Costs of a Plastic Planet. *Plasticandhealth*, [en línea], febrero 2019. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2020] Disponible en: <https://www.ciel.org/wp-content/uploads/2019/02/Plastic-and-Health-The-Hidden-Costs-of-a-Plastic-Planet-February-2019.pdf>

BORCHANI, K.E., CARROT, C. y JAZIRI, M. Rheological behavior of short Alfa fibers reinforced Mater-Bi® biocomposites. *Polymer Testing*, vol. 77. 2019 [Fecha de consulta: 5 de noviembre 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359835X15002948?via%3Dihub>

BURNS, Nancy y GROVE, Susan. Investigación en enfermería, [en línea], 2005. [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2020] Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=5UNB9ZknC84C&pg=PA32&dq=investigacion+aplicada&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj25r6G4vrpAhW5LLkGHTKkC-k4ChDoAQg1MAI#v=onepage&q=investigacion%20aplicada&f=false>

CALDERA, M. y HERRERA, A. Adhesive polymers and the formation of joints through polymerization reactions and intermolecular forces. *Educacion Quimica*, , [en línea], vol. 30, n° 2. 2019 [Fecha de consulta: 23 de setiembre 2020] Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-893X2019000200002&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-893X2019000200002&lng=es&nrm=iso)

CESERACCIU, Luca [et al], Robust and Biodegradable Elastomers Based on Corn Starch and Polydimethylsiloxane (PDMS). *ACS Applied Materials & Interfaces*, vol. 7, no. 6, pp. 3742-3753. 2015. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020] Disponible en:

<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/am508515z>

CIARDELLI, Francesco [et al]. The Obtainment of Bioplastics. *Polymers from Fossil and Renewable Resources* [en línea], 2019. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2020] Disponible en:

[https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-94434-0\\_5#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-319-94434-0_5#citeas)

COREÑO-ALONSO, Juan y MÉNDEZ-BAUTISTA, María. Relationship between structure and properties of polymers. *Educacion Quimica* [en línea], vol. 21, no. 4. 2010 [Fecha de consulta: 20 de abril de 2020] Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/283137601\\_Relationship\\_between\\_structure\\_and\\_properties\\_of\\_polymers](https://www.researchgate.net/publication/283137601_Relationship_between_structure_and_properties_of_polymers)

ISSN 18708404.

DAS, Sruthy, SATHISH, Asha y STANLEY, John. Production of Biofuel and Bioplastic from *Chlorella Pyrenoidosa*. *Materials Today: Proceedings* [en línea], 2018. [Fecha de consulta: 30 de noviembre de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221478531831126X>

DASUMIATI, SARIDEWI y Malik. Food packaging development of bioplastic from basic waste of cassava peel (*manihot utilisima*) and shrimp shell. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 1 de agosto de 2019. [Fecha de consulta: 23 de abril de 2020] Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/602/1/012053>

GASPERI, Johnny [et al] Microplastics in air: Are we breathing it in? *Current Opinion in Environmental Science and Health*, [en línea], febrero 2018. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2468584417300119>

HARUNSYAH, Yunus. y FAUZAN, Reza. Effect of Clove Essential Oil Addition on Characteristics of Cassava Starch Bioplastic Film Incorporated Zinc Oxide-organoclay as Reinforcement. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. [en línea], 1 de junio de 2019. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020] Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/536/1/012138>

\_ISSN: 1810-634X

HERMABESSIERE, Ludovic [et al], Microplastic contamination and pollutant levels in mussels and cockles collected along the channel coasts. *Environmental Pollution* [en línea], vol. 250, 9 de abril 2019. [Fecha de consulta: 19 de abril de 2020] Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749119306414?via%3>

Dihub

ISSN 18736424.

ISMAIL, N.A., MOHD TAHIR, S., NORIHAN, Y., ABDUL WAHID, M.F., KHAIRUDDIN, N.E., HASHIM, I., ROSLI, N. y ABDULLAH, M.A. Synthesis and Characterization of Biodegradable Starch-Based Bioplastics. *Materials Science Forum* [en línea], vol. 846, pp. 673-678. 2019 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en:

<https://www.scientific.net/MSF.846.673>

JUDAWISASTRA, H., SITOANG, R.D.R., MARTA, L. y MARDIYATI, 2017. Water absorption and its effect on the tensile properties of tapioca starch/polyvinyl alcohol bioplastics. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, [en línea], vol. 223, julio de 2017 [Fecha de consulta: 1 mayo 2020] Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/223/1/012066/meta>

ISSN:1757-8981

KABASCI, Stephan, Biobased plastics. *Plastic Waste and Recycling* [en línea], 2020. [Consulta: 4 mayo 2020]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128178805000049?vi>

a%3Dihub

KADER, F y WAN, L.W. The development of banana peel/corn starch bioplastic film: a preliminary study. *Bioremediation Science and Technology Research*, [en línea], vol. 6, pp. 673-678. 2017 [Consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://journal.hibiscuspublisher.com/index.php/BSTR/article/view/352>

KOCH, Kristine. Chapter 19 - Starch-Based Films. *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* [en línea], 2018 [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081008683000196?via%3Dihub>

KUZ, P. y ATEŞ, M. Starch-Based Bioplastic Materials for Packaging Industry. *Journal of Sustainable Construction Materials and Technologies*, vol. 5, no. 1. 2020 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/325419224\\_Starch\\_Based\\_Bio-Plastics\\_The\\_Future\\_of\\_Sustainable\\_Packaging](https://www.researchgate.net/publication/325419224_Starch_Based_Bio-Plastics_The_Future_of_Sustainable_Packaging)

MANGSUR, Masitoh [et al]. THE INFLUENCE OF COMPOSITION OF CNT (CARBON NANOTUBE) ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF BIOPLASTIC MADE FROM CASSAVA STARCH. *Jurnal Sains Materi Indonesia* [en línea], vol. 20, no. 4. 2019 [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020] Disponible en: [http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/5514/pdf\\_1](http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/5514/pdf_1)

ISSN 1411-1098.

MARICHELVAM, M.K., JAWAID, Mohammad y ASIM, Mohammad, Corn and Rice Starch-Based Bio-Plastics as Alternative Packaging Materials. *Fibers* [en línea], vol. 7, no. 4. 2019. [Consulta: 9 junio 2020]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2079-6439/7/4/32>

ISSN 2079-6439.

MTS SYSTEMS CORPORATION. Métodos de ensayo nota técnica – materiales plásticos. MTS System Corporation, [en línea], 2019 [Fecha de consulta: 03

de mayo 2020] Disponible en:  
[https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts\\_4016220.pdf](https://www.mts.com/cs/groups/public/documents/library/mts_4016220.pdf)

MULLER, Justine, GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, Chelo y CHIRALT, Amparo, Combination of Poly(lactic) Acid and Starch for Biodegradable Food Packaging. *Materials* [en línea], vol. 10, no. 8, pp. 952. 2017. [Consulta: 9 julio 2020]. Disponible en:

<http://www.mdpi.com/1996-1944/10/8/952>

ISSN 1996-1944.

NETO, B.A. de M., JUNIOR, C.C.M.F., SILVA, E.G.P. da, FRANCO, M., SANTOS REIS, N. dos, FERREIRA BONOMO, R.C., ALMEIDA, P.F. de y PONTES, K.V. Biodegradable thermoplastic starch of peach palm (*Bactris gasipaes* kunth) fruit: Production and characterisation. *International Journal of Food Properties* [en línea], vol. 20, no. sup3, pp. S2429-S2440. 2017 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2017.1372472>

NORDIN, N., OTHMAN, S.H., RASHID, S.A. y BASHA, R.K. Effects of glycerol and thymol on physical, mechanical, and thermal properties of corn starch films. *Food Hydrocolloids*, vol. 106. 2020 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X19328322?via%3Dihub>

NOREÑA, A. [et.al]. Aplicabilidad de los criterios de rigor y éticos en la investigación cualitativa. Dialnet, [en línea], 2012. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020] Disponible en:

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4322420>

OJOGBO, E., OGUNSONA, E.O. y MEKONNEN, T.H., 2020. *Chemical and physical modifications of starch for renewable polymeric materials*. 2020. S.I.: s.n.

OLEYAEI, S.A., ZAHEDI, Y., GHANBARZADEH, B. y MOAYEDI, A.A. Modification of physicochemical and thermal properties of starch films by incorporation of

TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 89. 2016 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813016303956>

PODSHIVALOV, Aleksandr [et al], Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. *Carbohydrate Polymers*, [en línea], vol. 157. 2017. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861716312061>

ISSN 01448617.

RHODES, Christopher J., Solving the plastic problem: From cradle to grave, to reincarnation. *Science Progress*, [en línea], vol. 102, no. 3. 2019. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2020] Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0036850419867204>

ISSN 20477163.

RIVERO, C.P [et al]. Bioplastics From Solid Waste. Current Developments in Biotechnology and Bioengineering: Solid Waste Managemen. *Elsevier Inc.* [en línea], 2017. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444636645000010#!>

ISBN 9780444636751.

SAIFUL, Helwati, SALEHA, S. y IQBALSAYAH,, Development of bioplastic from wheat Janeng starch for food packaging. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* [en línea], vol. 523, 2019. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020] Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/523/1/012015>

ISSN 1757-899X.

SÁNCHEZ , Fabio. Fundamentos Epistémicos de la Investigación Cualitativa y Cuantitativa: Consensos y Disensos. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria* [en línea], vol. 13, no. 1. 2019. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020] Disponible en:

[http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2223-25162019000100008&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2223-25162019000100008&script=sci_arttext)

ISSN 2223-2516.

SANYANG, M.L. [et al]. 2017. Sugar palm starch-based composites for packaging applications. *Bionanocomposites for Packaging Applications*. Springer [en línea], enero de 2018 [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020] Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/321226776\\_Sugar\\_Palm\\_Starch-Based\\_Composites\\_for\\_Packaging\\_Applications](https://www.researchgate.net/publication/321226776_Sugar_Palm_Starch-Based_Composites_for_Packaging_Applications)

SHRUTI, V.C. y KUTRALAM, Gurusamy. Bioplastics: Missing link in the era of Microplastics. *ScienceDirect*, [en línea], 20 de diciembre 2019. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719341166?via%3Dihub>

ISSN: 18791026

NETO, B.A. de M., JUNIOR, C.C.M.F., SILVA, E.G.P. da, FRANCO, M., SANTOS REIS, N. dos, FERREIRA BONOMO, R.C., ALMEIDA, P.F. de y PONTES, K.V. Biodegradable thermoplastic starch of peach palm (*Bactris gasipaes* kunth) fruit: Production and characterisation. *International Journal of Food Properties* [en línea], vol. 20, no. sup3, pp. S2429-S2440. 2017 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10942912.2017.1372472>

NORDIN, N., OTHMAN, S.H., RASHID, S.A. y BASHA, R.K. Effects of glycerol and thymol on physical, mechanical, and thermal properties of corn starch films. *Food Hydrocolloids*, vol. 106. 2020 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X19328322?via%3Dihub>

OLEYAEI, S.A., ZAHEDI, Y., GHANBARZADEH, B. y MOAYEDI, A.A. Modification of physicochemical and thermal properties of starch films by incorporation of TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol.

89. 2016 [Fecha de consulta: 9 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813016303956>

PODSHIVALOV, A., ZAKHAROVA, M., GLAZACHEVA, E. y USPENSKAYA, M. Gelatin/potato starch edible biocomposite films: Correlation between morphology and physical properties. *Carbohydrate Polymers*, vol. 157. 2017 [Fecha de consulta: 1 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861716312061?via%3Dihub>

SYAFRI, E., KASIM, A., ABRAL, H. y ASBEN, A. Effect of precipitated calcium carbonate on physical, mechanical and thermal properties of cassava starch bioplastic composites. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, vol. 7, no. 5. 2017 [Fecha de consulta: 1 octubre 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320748469\\_Effect\\_of\\_Precipitated\\_Calcium\\_Carbonate\\_on\\_Physical\\_Mechanical\\_and\\_Thermal\\_Properties\\_of\\_Cassava\\_Starch\\_Bioplastic\\_Composites](https://www.researchgate.net/publication/320748469_Effect_of_Precipitated_Calcium_Carbonate_on_Physical_Mechanical_and_Thermal_Properties_of_Cassava_Starch_Bioplastic_Composites)

SYAFRI, E., KASIM, A., ABRAL, H., SUDIRMAN, SULUNGBUDI, G.T., SANJAY, M.R. y SARI, N.H. Synthesis and characterization of cellulose nanofibers (CNF) ramie reinforced cassava starch hybrid composites. *International Journal of Biological Macromolecules*, vol. 120. 2018 [Fecha de consulta: 10 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813018324206?via%3Dihub>

TJAHJONO, Benny y CAO, Dongmei. Advancing bioplastic packaging products through co-innovation: A conceptual framework for supplier-customer collaboration *ScienceDirect*, [en línea], 10 de abril de 2020. [Fecha de consulta: 02 de mayo de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619347316?via%3Dihub>

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. Vicerrectorado de investigación. [en línea], 2019. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020] Disponible en:

[https://www.ucv.edu.pe/datafiles/TRANSPARENCIA/GUIAS\\_Y\\_REGLAMENTOS/RCUN%C2%B00313-2017-UCV\\_1%20REGLAMENTO%20DE%20INVESTIGACION.pdf](https://www.ucv.edu.pe/datafiles/TRANSPARENCIA/GUIAS_Y_REGLAMENTOS/RCUN%C2%B00313-2017-UCV_1%20REGLAMENTO%20DE%20INVESTIGACION.pdf)

VARELA, Margarita y VIVES, Tania, Autenticidad y calidad en la investigación educativa cualitativa: multivocalidad. *Investigación en Educación Médica*, [en línea], 2016. [Fecha de consulta: 02 de junio de 2020] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2007505716300072>

ISSN 20075057.

WATERLINE, Hoja Informativa sobre Sustancias. *Waterline*, [en línea], 8 de julio de 2015. [Fecha de consulta: 25 de abril de 2020] Disponible en: <http://www.waterlinemexico.com/noticias/las-caracteristicas-del-agua-destilada/>

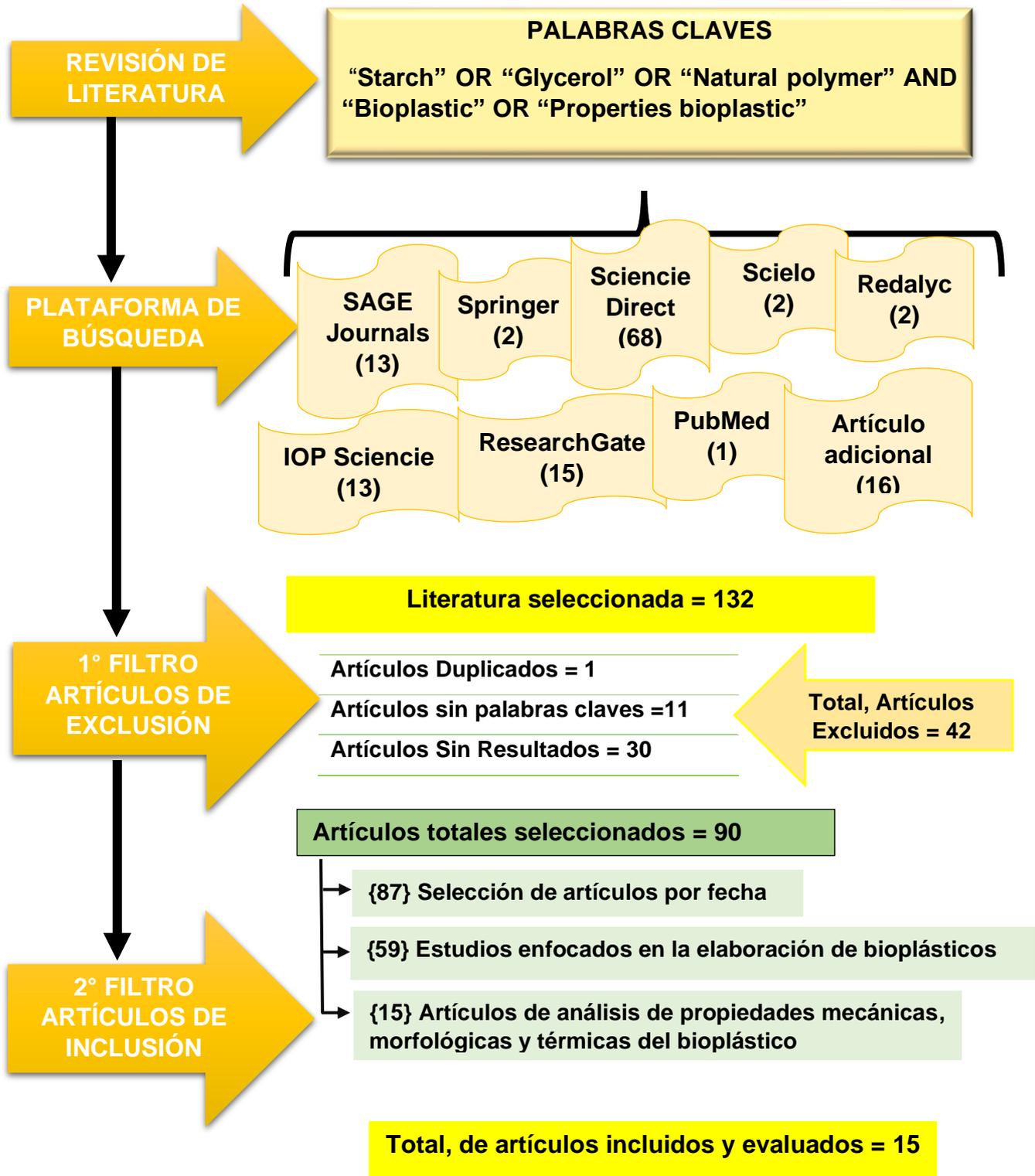
## ANEXOS

Tabla 1. Matriz de categorización apriorística

Objetivos específicos	Problemas específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio 1	Criterio 2	Criterio 3
Identificar el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades mecánicas	¿Cuál es el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades mecánicas?	Propiedades Mecánicas	Fuerza de tracción  Porcentaje de elongación	De acuerdo al producto del bioplástico elaborado (Kabasci, 2020)	De acuerdo a la resistencia de tracción del bioplástico elaborado (Harunsyah, Yunus y Fauzan, 2019)	De acuerdo al alargamiento en la rotura del bioplástico elaborado (Harunsyah, Yunus y Fauzan, 2019)
Identificar el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades morfológicas.	¿Cuál es el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades morfológicas?	Propiedades Morfológica	FTIR  SEM	De acuerdo a la fuente botánica (Syafri et al., 2018)	De acuerdo a la cantidad de glicerol (Sanyang et al., 2017)	
Identificar el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades térmicas	¿Cuál es el bioplástico investigado que presenta mejores propiedades térmicas?	Propiedades Térmicas	TGA	De acuerdo a la fuente botánica (Nordin et al., 2019)		

Elaboración: Fuente propia, 2020

Figura 1: Procedimiento de desarrollo del proyecto de investigación





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Declaratoria de Originalidad de los Autores**

Nosotros, RIVERA QUIÑA YOVANA DEYSI, VILCHEZ ORELLANA VERONICA ANDREA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA: ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LOS BIOPLÁSTICOS A BASE DE ALMIDÓN", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

<b>Nombres y Apellidos</b>	<b>Firma</b>
RIVERA QUIÑA YOVANA DEYSI <b>DNI:</b> 73542198 <b>ORCID</b> 0000-0001-6120-868X	Firmado digitalmente por: YRIVERAQ12 el 28-12-2020 22:27:39
VILCHEZ ORELLANA VERONICA ANDREA <b>DNI:</b> 72905776 <b>ORCID</b> 0000-0001-8311-9469	Firmado digitalmente por: VAVILCHEZO el 28-12- 2020 22:29:21

Código documento Trilce: INV - 0181202