



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Obtención de películas de bioplástico usando almidón y fibra de
residuos lignocelulósicos

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORES:

Fernández Segura, Keyko Lorena (ORCID: 0000-0001-8817-9057)

Velásquez Valencia, Marcionila Yarme (ORCID: 0000-0001-5422-2862)

ASESOR:

Dr. Cruz Monzón, José Alfredo (ORCID: 0000-0001-9146-7615)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

TRUJILLO – PERÚ

2020

Dedicatoria

Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios por darnos las fuerzas y por estar presente en cada momento.

Escecialmente a nuestras queridas madres por su sacrificio de día a día y por el apoyo incondicional en el transcurso de nuestra carrera profesional.

Keyko Fernández Segura

Marcionila Velásquez Valencia

Agradecimiento

Agradecer eternamente a la Universidad César Vallejo por la oportunidad que nos brindó para realizar nuestros estudios y también por sus enseñanzas para ser mejores seres humanos.

A nuestro asesor, Dr. José Alfredo Cruz Monzón por su arduo trabajo de transmitirnos sus conocimientos y lograr nuestros objetivos .

A nuestros familiares por cada uno de sus aportes, y por la confianza que nos tuvieron para el desarrollo de dicha investigación.

Keyko Fernández Segura

Marcionila Velásquez Valencia

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Escenario de estudio.....	9
3.3. Participantes	9
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	9
3.5. Procedimiento	9
3.6. Rigor científico	12
3.7. Método de análisis de datos.....	12
3.8. Aspectos éticos	12
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	13
V. CONCLUSIONES.....	21
VI. RECOMENDACIONES.....	22
REFERENCIAS.....	23
ANEXOS	33

Índice de tablas

Tabla 1: Artículos encontrados en la primera búsqueda	10
Tabla 2: Criterios de inclusión	10
Tabla 3: Artículos científicos de acuerdo al criterio de inclusión.....	11
Tabla 4: Artículos definidos para resultados.....	11
Tabla 5: Artículos que reportan el uso de almidón	15
Tabla 6: Artículos que reportan el uso de almidón más fibra	18

Índice de figuras

Figura 1: Artículos de base de datos por año con palabras claves	13
Figura 2: Porcentaje de residuos lignocelulósicos.....	14

Resumen

El uso de los plásticos derivados del petróleo se ha convertido en una problemática que no solo afecta al planeta o al medio ambiente sino también a la salud de las personas, ya que es un material de gran uso masivo. Por otro lado, las grandes empresas agroindustriales que liberan grandes volúmenes de biomasa en forma de residuo vegetales que aún contienen altos niveles de almidón y fibra que muchas veces son combustionados incrementando los niveles de gases de efecto invernadero. Una alternativa ante esta problemática, es la utilización de polímeros naturales. Es por ello, que la presente investigación tuvo por finalidad realizar una revisión sistemática existente sobre la obtención de películas de bioplástico usando como materia prima almidón y fibra de residuos lignocelulósicos. La metodología se basó en la búsqueda de artículos de revistas indexadas y de acceso libre como Scielo, Redalyc, Scopus, IOPscience, Pubmed, así mismo utilizando palabras claves y se consideró artículos de del 2013 al 2020 en idioma Inglés - Español. Los resultados evaluados nos muestran que los residuos de cáscara de yuca y la cáscara de arroz son los materiales más estudiados y que han mostrado niveles de almidón y fibra respectivamente utilizables en la obtención de películas de bioplástico de características comerciales.

Palabras clave: revisión sistemática, películas de bioplástico, residuos lignocelulósicos, almidón, fibra.

Abstract

The use of plastics derived from oil has become a problem that affects not only the planet or the environment but also the health of people, since it is a material of great massive use. On the other hand, large agribusiness companies that release large volumes of biomass in the form of plant residues that still contain high levels of starch and fiber that are often combusted by increasing levels of greenhouse gases. An alternative to this problem is the use of natural polymers. That is why the present investigation was completed with an existing systematic review on obtaining bioplastic films using starch and fiber as lignocellulosic waste as raw material. The methodology was based on the search for articles from indexed and free access journals such as Scielo, Redalyc, Scopus, IOPscience, Pubmed, also using keywords, and articles from 2013 to 2020 in English - Spanish language were considered. The evaluated results show that cassava husk and rice husk residues are the most studied materials and that they have shown respectively usable starch and fiber levels in obtaining bioplastic films with commercial characteristics.

Keywords: systematic review, bioplastic films, lignocellulosic residues, starch, fiber.

I. INTRODUCCIÓN

Aproximadamente en los últimos 10 años, el uso de plásticos derivados del petróleo aumentado drásticamente (Sariadi, Harunsyah y Raudah, 2019, p.1). Lamentablemente, los materiales plásticos a partir de los recursos petroquímicos se han empleado en las industrias ocasionando una incertidumbre (Aanchal, Sangeeta y Shailendra, 2020, p.1577). Es por eso, que una bolsa plástica demora aproximadamente 100 años en descomponerse y una botella puede llegar hasta 1000 años (Castillo et al. 2015, p.2). Aún así, los plásticos se han empleado para diferentes necesidades, como el envasado de alimentos, bebidas, electrodomésticos y juguetes (Hasan, Rahmayani y Munandar, 2018, p.1).

Hoy en día, se usa un 5 % del petróleo disponible a nivel mundial para elaborar 200 millones de toneladas de plásticos anualmente. De manera que, en el año 2100 se considera que la producción de los plásticos se incrementará a 2000 millones de toneladas al año, Por lo que será utilizado el 50% de petróleo disponible en ese momento. Donde habrá un impacto significativo, se predice que habrá un incremento radical en los precios de los plásticos (Gonzales et al. 2013, p.2).

El plástico, es un material de gran uso a nivel mundial, debido a su alta producción y consumo (Ramírez et al. 2015, p.2), además de ser económico y liviano (Sariadi, Harunsyah y Raudah, 2019, p.1). Sin embargo, genera un problema ambiental en los ecosistemas (Vázquez, 2016, p.63), por su largo tiempo de biodegradación (Harunsyah, Mustapha y Reza, 2019. p.1).

La demanda de bioplástico se incrementa por los problemas ambientales provocados por el uso del plástico (Isroi et al. 2017, p.3). La producción de bioplástico conlleva a la generación de nuevos materiales (De Melo et al. 2017, p.11) provenientes de fuentes renovables (Tirolli, 2013, p.765). Es por ello, que hoy en día, se están desarrollando diversos estudios sobre los polímeros naturales (Amalia, Imawan y Listyarini, 2019, p.1), donde el almidón es el principal polisacárido que se usa como materia prima para

biopelículas (Lestari et al. 2020, p.1), debido a su bajo costo, biodisponibilidad y por ser un material de degradación no tóxico. (Zamudio et al. 2015, p.2).

Por otro lado, las fibras sirven como material de refuerzo ya que es una alternativa para lograr una mejor resistencia de dicho material (Cajiao et al. 2020, p.536). El uso de fibras vegetales permitirá disminuir la fabricación de plásticos sintéticos ya que son de mayor costo y no son amigables con el ambiente (González et al. 2014, p.21).

Se formuló como problema ¿Que evidencia científica existe sobre la obtención de películas de bioplástico usando almidón y fibra de residuos lignocelulósicos? Si bien sabemos, hay artículos que hablan sobre la obtención de bioplástico usando almidón y residuos lignocelulósicos que reemplazan a los plásticos convencionales; donde la mayoría de los artículos mayormente usan el almidón como principal material para la elaboración del bioplástico; sin embargo, son pocos los que hablan de la elaboración de películas de bioplástico usando a la vez almidón y fibra lignocelulósica, ya que la fibra sirve como reforzamiento mejorando algunas características físico-mecánicas del bioplástico, es por eso que, con la recopilación y revisión de literatura para dicho artículo se espera mostrar información veraz sobre el uso del almidón y fibra lignocelulósica para la obtención de bioplástico, teniendo en cuenta los criterios de exclusión e inclusión. De manera que, el uso de almidón y fibra de residuos agroindustriales pueden ser una alternativa para reemplazar el plástico (Espina, Cruz y Siche, 2016, p.11), por su tiempo de biodegradación (Ruhul et al. 2019, p.9). Por esa razón, actualmente los investigadores se están enfocando en el material ecológico porque es beneficioso e inofensivo para la salud humana (Song y Mohamad, 2019, p.1); asimismo, reducirá la contaminación ambiental provocado por los residuos de plásticos a base de petróleo (Zoumaki, Tzetzis y Mansour, 2019, p.1).

Así mismo, se planteó como objetivo general realizar una revisión de la literatura científica existente sobre la obtención de películas de bioplástico usando como materia prima almidón y fibra de residuos lignocelulósicos y como objetivos específicos identificar los principales residuos lignocelulósicos utilizados para la obtención de películas de bioplástico usando almidón y fibra, determinar las concentraciones

adecuadas del plastificante para la mejora en las propiedades de las películas de bioplástico, Identificar las fibras empleadas en mezclas con matriz de almidón que obtuvieron mejores características mecánicas en la elaboración de películas.

II. MARCO TEÓRICO

Según Sarifuddin, Shahrim, Azman (2018) en su estudio “Efecto del orégano esencial sobre las propiedades de las películas de almidón con núcleo de mango”, la relación de mezcla de almidón de almendra de mango y glicerol se fijó en 1%, mientras que la composición del (OEO) varió de 0, 0.3, 0.4, 0.5 y 0.6%. En esta investigación, evaluaron el efecto del aceite esencial de orégano sobre las características mecánicas, biodegradables y morfológicas de las películas de almidón de semilla de mango - glicerol. En la resistencia a la tracción el valor más alto es 1,10 MPa, compuesta por almidón y glicerol, mientras que la adición 0,4% de OEO 0.93MPa. La película sin la adición de aceite de orégano obtuvo mejores resultados en las propiedades de la resistencia a la tracción. Sin embargo, en el alargamiento a la rotura la adición del aceite de orégano hizo efecto, ya que con el 0.4% de OEO obtuvieron el valor máximo de alargamiento a la rotura, donde se muestra mayor flexibilidad en comparación con la muestra control. Concluyeron en el estudio que la adición de aceite esencial de orégano (OEO) en las películas logró mejores características en el alargamiento a la rotura, mientras que en la resistencia a la tracción no hubo mayor efecto.

Según Costa et al. (2017), en su estudio “Producción de nanocompuestos de almidón biodegradables utilizando nanocristales de celulosa extraídos de fibras de coco”, basándose en la metodología, los nanobiocompuestos se preparó por el método de fundición, que se maneja para la preparación y secado de películas, el proceso abarcó con el desarrollo de una solución formadora de película en la cual la matriz polimérica 4% de almidón de yuca o de papa y 1.0% glicerol, fueron inicialmente disueltos. La solución se preparó con agua destilada, la combinación se agregó luego a una suspensión de nanocristales de celulosa que contenían cantidades variables de nanocristales 0,5, 1 y 1,5%, luego las nuevas mezclas se calentaron a temperatura de gelatinización del almidón 70 ° C bajo agitación. Posteriormente, pesaron 45g de las combinaciones en placas petri y se deshidrataron en un invernadero bajo flujo de aire 35 ± 2 ° C durante 18-20 h. Los resultados demostraron que la fortalezas de las películas fue entre 3.23 MPa (control FM) y 4.41MPa (FM10), que está relacionado

con almidón de yuca en la cual no se observó un aumento de la concentración de nanocristales de celulosa para aumentar la resistencia a la ruptura de las películas, así mismo los valores determinados de la tensión en la rotura oscilaron entre 17.54% (FM10). Concluyeron que la adición de nanocristales de celulosa obtenidos a partir de fibra de coco verde a las matrices poliméricas en particular proporcionó un refuerzo mecánico eficiente.

Según Muhammad et al (2019), tiene como título “Propiedades mecánicas de la forma bioplástica de nanocristales de celulosa (cáscara de mangostán) utilizando glicerol como plastificante”, en el presente estudio se produjo un bioplástico basado en almidón de yuca como matriz y nanocristales de celulosa de la cáscara de mangostán como relleno de refuerzo. La fibra de cáscara de mangostán se agregó en diferentes concentraciones 0, 4, 10 y 19% del mismo modo el almidón de yuca 45, 43, 41 y 37% con la adición de glicerol de 32, 31, 29 y 26%. Posteriormente la fibra siguió una serie de pasos como: designificación, blanqueo, hidrólisis y sonicación. Como resultados obtuvieron que la resistencia a la tracción de las películas de bioplástico alcanzó el valor máximo de 1,93 MPa, que estaba compuesto por 45% de almidón, 32% de glicerol y 0% de fibra de mangostán; muestras que las otras formulaciones sus resultados fueron ligeramente inferiores a la muestra sin la adición de fibra. Por otro lado el alargamiento a la rotura su valor máximo alcanzó 21.06%, está muestra estaba conformada por 41% de almidón, 29% de glicerol y 10% de fibra, asimismo a comparación de las otras muestras obtuvieron menor valor en este parámetro. Concluyeron que las películas de bioplástico reforzadas con fibra mejoraron las propiedades mecánicas.

Por otra parte, Nascimento et al (2016), en su investigación “Nanocelulosa producida a partir de cáscaras de arroz y su efecto sobre las propiedades de las películas de almidón biodegradables”, Produjeron nanocelulosa a partir de cascarillas de arroz mediante blanqueo (con una solución de NaOH al 5% seguida de una solución de ácido peracético) e hidrólisis ácida a una temperatura moderada (45°C) seguida de ultrasonidos. Indagaron la microestructura, la cristalinidad y la estabilidad térmica de estos materiales y estudiaron sus efectos sobre las propiedades de las películas de

almidón. Los resultados obtenidos con la adición de fibra de cáscara de arroz tuvo un aumento de 18 MPa en la resistencia a la tracción y 15% de alargamiento. Concluyeron que la adición de 2.5% de la fibra de cáscara de arroz sobre las películas de almidón-glicerol resultó dando mejores características .

Según Pagno, et al (2016), en estudio “Síntesis de películas biodegradables con propiedades antioxidantes basadas en almidón de yuca que contiene nanocápsulas de bixína”, la película se preparó con una suspensión de almidón de yuca al 4%, la dispersión de almidón se gelatinizó a 82 ° C durante 15 minutos con agitación constante en un baño de agua (DeLeo B450). Después se agregó 0.25% de glicerol, dando así como una película control. Así mismo, se añadieron diferentes concentraciones de nanocápsulas de bixína a las otras muestras con la cantidad de 2, 5, 8 y 10 %. La solución de la película se vacía sobre placas acrílicas. Después, las películas se almacenaron en una cámara a 35 ± 2 ° C, expuestas a luz fluorescente a una humedad relativa de 75%. Como resultado tuvieron que las propiedades mecánicas con la adición de 2% de bixína, tuvo una máxima resistencia a la tracción de 14.40 MPa, mientras que la película estándar tuvo 12.13 MPa. Sin embargo, utilizando concentraciones más altas al 2%, las películas tienden a disminuir a 1.94MPa con la adición del 10%. Finalmente concluyeron que al utilizar concentraciones superiores al 2% de bixína tiene como efecto a disminuir la resistencia a la tracción, pero en el alargamiento en la rotura es todo lo contrario, ya que a mayor concentración de bixína el alargamiento es mucho mejor.

Ante las teorías relacionadas, los residuos lignocelulósicos, es una de las principales fuentes de biomasa que se refiere a la materia vegetal, así como los desechos y residuos orgánico, que generalmente son provenientes de la agroindustria, esto ocasiona un gran problema ambiental debido a su inadecuada gestión de estos residuos. Sin embargo, una mínima cantidad de biomasa, se puede utilizar como subproducto para diferentes fabricaciones de productos ya que permite disminuir la acumulación de desechos, que sin ningún tratamiento generan impactos negativos con el ambiente (Cajiao et al. 2020, p. 533).

Las películas de bioplástico certifican la biodegradabilidad ya que son obtenidos de la biomasa y originados a base de materia orgánica. Los bioplásticos solucionan los problemas ambientales mediante las fuentes de recursos renovables de un producto de uso común (Basma et al. 2020, p. 853). Uno de los materiales para elaborar películas es el almidón; que es una sustancia blanca, insípida, inodora, granulada que no es tóxica y es biodegradable, también se dice que es un polímero semicristalino que consta de unidades de α -D- glucopiranosilo 1,4-enlazadas siendo una macromolécula que está compuesta por amilopectina y amilasa, que mejora las propiedades mecánicas de las películas de bioplástico (Abdul et al. 2018, p. 5).

Por otro lado, también tenemos a la fibra que se encuentra mayormente en la parte vegetal, mientras que otros se derivan de las actividades por la agroindustria generando principalmente los desechos que se pueden encontrar en los tallos, semillas, hojas y cáscaras (Reis et al. 2019, p.2). Así mismo, las fibras naturales de los residuos agrícolas están encontrando su importancia en el sector del envasado de alimentos debido a las numerosas circunstancias favorables, por ejemplo, su ligereza, su mínimo esfuerzo y su amigabilidad con la tierra (Mallick, Soni y Dharm, 2020, p.1).

Hay que considerar que el plastificante es uno de los ingredientes principales para hacer películas que sirve para superar la naturaleza frágil de la capa de película. Entre los diferentes tipos de plastificantes tenemos el glicerol que se utiliza abundantemente porque es bastante seguro para oprimir los enlaces de hidrógeno internos, de carácter que aumentará las distancias intermoleculares ya que es una sustancia versátil, no es irritante y de bajo grado de toxicidad sobre el ambiente (Arifin, Indiarito y Ciptaningtiyas, 2020, p.2).

Dentro de los parámetros tenemos la resistencia a la tracción que es el área de sección transversal inicial de gran unidad de carga mayor de la muestra, demuestra que la capacidad de admitir una carga o tensión sin originar que el compuesto se perjudique o se rompa, se establece con una tensión mayor antes de romperse, es decir, estiramiento sin romperse al final (Sariadi, Harunsyah y Raudah, 2019, p.3), también el alargamiento a la rotura es una indicación de la flexibilidad de los bioplásticos y el

aumento de longitud que ha sufrido, se expresa como un porcentaje (Maulida, Siagian, Tarigan, 2016, p.2).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo cualitativa básica, puesto que las conclusiones son aportes para futuras investigaciones y tiene un diseño de investigación no experimental correspondiendo a una revisión sistemática.

3.2. Escenario de estudio

Se seleccionaron artículos pertenecientes a revistas indexadas de diferentes bases de datos relacionados a la obtención de películas de bioplástico utilizando almidón y fibra a partir de residuos lignocelulósicos, asimismo, se consideró información a nivel nacional e internacional.

3.3. Participantes

Los participantes de dicha investigación son los artículos científicos relacionados al tema de películas de bioplástico.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos IOPscience, Scielo, Scopus y Pubmed.

3.5. Procedimiento

Se describe la metodología usando la revisión sistemática de la investigación relacionada a la obtención de películas de bioplástico usando almidón y fibra de residuos lignocelulósicos.

3.5.1. Proceso de búsqueda de artículos

Primeramente, se llevó a cabo la búsqueda de artículos en las bases de datos IOPscience, Scielo, Redalyc, Scopus y Pubmed. Así mismo, para la búsqueda se utilizaron palabras claves como “biodegradable

films” (películas biodegradables), “biodegradable materials” (materiales biodegradables), “Bioplastic” (bioplástico). En la primera fase de búsqueda se encontraron un total de 256 artículos (tabla 01).

Tabla 1: Artículos encontrados en la primera búsqueda

BASE DE DATOS	Nº DE ARTÍCULOS
IOPscience	92
Scielo	17
Redalyc	50
Scopus	84
Pubmed	13
Total	256

Fuente: Elaboración propia

3.5.2. Proceso de selección de artículos

Para filtrar los estudios se aplicaron los siguientes criterios de inclusión (tabla 02).

Tabla 2: Criterios de inclusión

CRITERIOS	INCLUSIÓN
Tipo de literatura	Artículos de revistas indexadas
Acceso a la literatura	Abierto
Idioma	Inglés - Español
Años de publicación	2013 - 2020

Fuente: Elaboración propia

3.5.3. Proceso de evaluación de la calidad

En un inicio fueron 256 artículos obtenidos de las distintas bases de datos (tabla 01), de los cuales 35 fueron duplicados que se detectaron

en otras bases de datos. Asimismo, aplicando los criterios de inclusión se redujo a 120 artículos (tabla 03).

Tabla 3: Artículos científicos de acuerdo al criterio de inclusión

BASE DE DATOS	Nº DE ARTÍCULOS
IOPscience	67
Scielo	9
Redalyc	15
Scopus	24
Pubmed	5
Total	120

Fuente: Elaboración propia

3.5.4. Proceso de extracción de datos

De los 120 artículos, nuevamente se procedió a seleccionar aquellos que contaban con las técnicas para la obtención de películas de bioplástico, de tal manera que solo fueron seleccionados 10 artículos científicos (tabla 04), con los cuales se trabajará la parte de resultados.

Tabla 4: Artículos definidos para resultados

BASE DE DATOS	Nº DE ARTÍCULOS
IOPscience	5
Scielo	3
Scopus	1
Pubmed	1
Total	10

Fuente: Elaboración propia

3.6. Rigor científico

En la presente investigación se ha recopilado información de diferentes bases de datos de revistas indexadas y son aceptados por la comunidad científica que permiten respaldar la información con rigor científico y veracidad.

3.7. Método de análisis de datos

La metodología y resultados para el análisis de datos fueron representados a través de tablas y figuras; indicando título, tipo de material, tipo de residuos, porcentaje y parámetros necesarios para hacer la evaluación realizando un manejo sistematizado de la información.

3.8. Aspectos éticos

El presente trabajo de investigación se desarrolló teniendo en cuenta los valores éticos y morales del investigador, lo cual contiene datos y resultados obtenidos producto de esta investigación, como la veracidad de los resultados ya que se trabajó con revistas indexadas.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En base a la búsqueda primaria de las bases de datos seleccionadas se lograron identificar 256 artículos cuyas publicaciones por año se detallan en la figura 1.

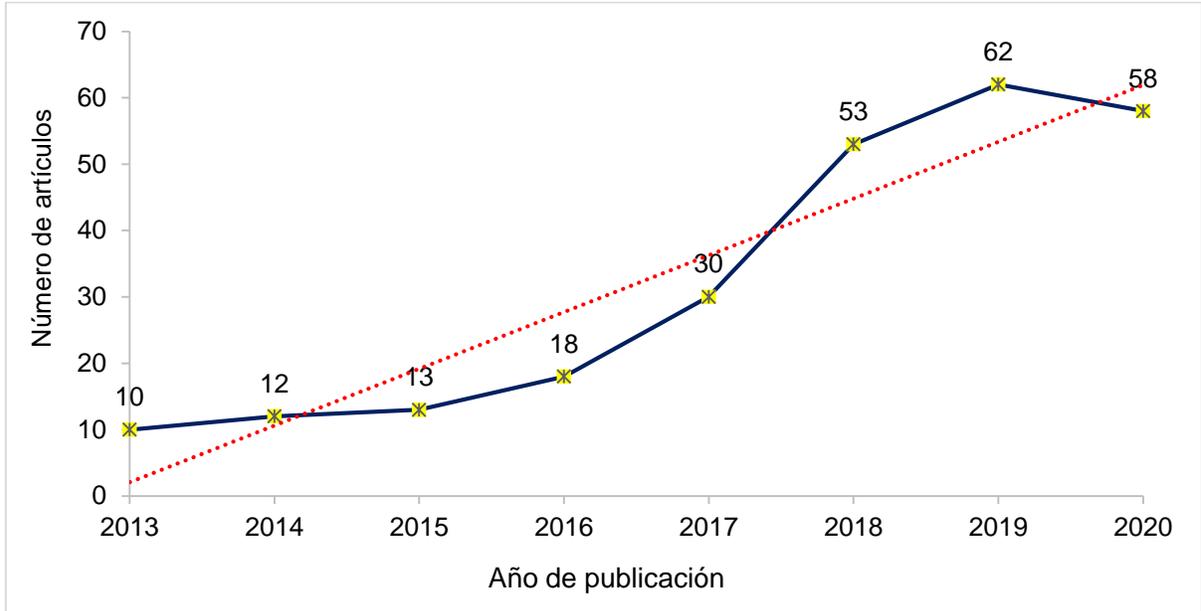


Figura 1: Artículos de base de datos por año con palabras claves

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1, se observa que en el año 2019 - 2020 se incrementó el interés en la obtención de películas de bioplástico usando almidón y fibra de residuos lignocelulósicos, lo cual se explica por los desafíos ambientales, económicos y de seguridad (Maulida, Siagian, Tarigan, 2016, p.1) ha conllevado al desarrollo de nuevos materiales (Riera y Palma, 2018) a partir de recursos renovables (Harunsyah, Yunus y Reza, 2017, p.1), para sustituir los polímeros convencionales no biodegradables (Piñeros et al. 2019, p.294 ; Ilyas et al. 2018), y que estos puedan cumplir con la función de proteger, conservar (Granda et al. 2014 ; Iriani et al. 2019) debido a que es un material ecológico para el medio ambiente y de bajo costo (Muhammad et al. 2019, p.1). Por esta razón, los bioplásticos han atraído la atención y el interés de investigadores e industrias de todo el mundo (Carissimi, Flores, Rech, 2018).

Los residuos lignocelulósicos reportados según los artículos seleccionados se muestran en la figura 2.

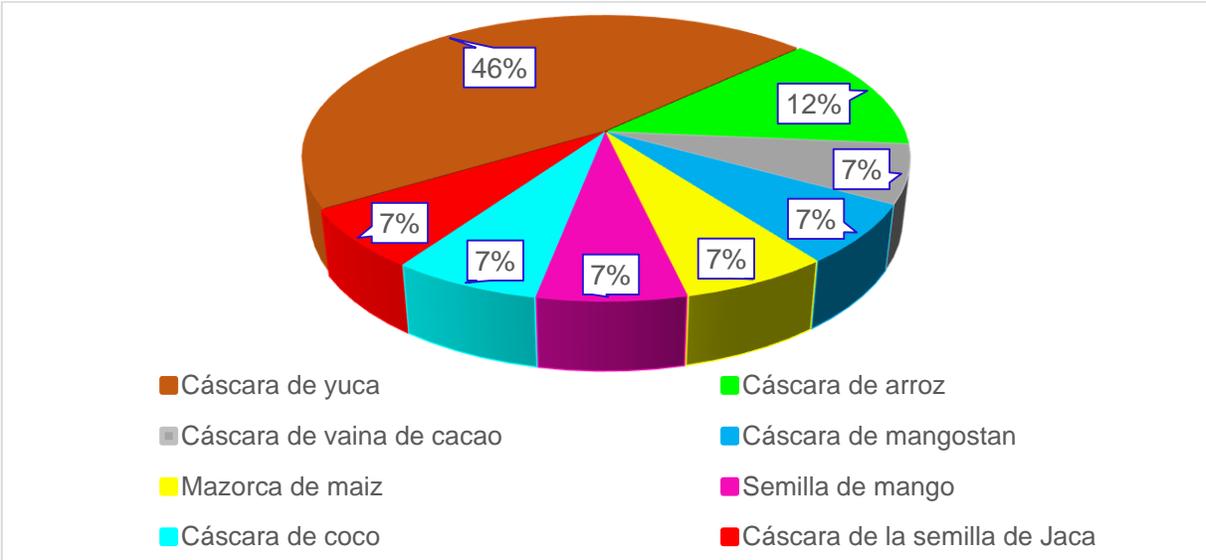


Figura 2: Porcentaje de residuos lignocelulósicos

Fuente: Elaboración propia

En la figura 2, se muestra los tipos de residuos lignocelulósicos utilizados en las diferentes investigaciones para la obtención de películas de bioplástico, lo cual se observa que el residuo de la cáscara de yuca ha sido el más estudiado en cuanto a los trabajos investigados, debido a que contiene 29.84% de almidón, 14.17% de celulosa, 23.4% de hemicelulosa, 10.88% de lignina, 5.29% de proteína cruda, 3.70% de elementos minerales (cenizas) entre otros y a su vez tiene un porcentaje bajo en azúcares totales de 4.66% (Ajala et al. 2020, p.2285) y también por ser una materia prima muy barata, renovable, biodegradable y ampliamente disponible (Yacob, 2018, p.2). Así mismo, muchas industrias no benefician al máximo la cáscara de yuca, y al ser arrojadas se convierten en un residuo que contamina el medio ambiente (Fathanah, 2018, p.2).

Tabla 5: Artículos que reportan el uso de almidón

Autor	Título	Tipo de material	Tipos de Residuos	% de almidón	Tipo de plastificante	% Plastificante	Parámetros	
							Resistencia a la tracción	Alargamiento a la rotura
							(MPa)	(%)
Santos, et al	Starch/poly (butylene adipate-co-terephthalate)/montmorillonite films produced by blow extrusion	Almidón	cáscara de yuca	52.50	Glicerol	17.50	5.58	325
Pagno, et al	Synthesis of biodegradable films with antioxidant properties based on cassava starch containing bixin nanocapsules	Almidón	cáscara de yuca	4	Glicerol	25	12.13	6.05
Fathanah, et al	Characterization of bioplastic based from cassava crisp home industrial waste incorporated with chitosan and liquid smoke	Almidón	cáscara de yuca	5	Glicerol	30	96.04	52.27
Masruri, et al	The effect of kaffir lime (Citrus hystrix DC) essential oil on bioplastic derived from cassava peel waste	Almidón	cáscara de yuca	5	Glicerol	1.5	1.8	85
Sarifuddin, Shahrin y Azman	Effect of Oregano Essential on the Properties of Mango Kernel Starch Films	Almidón	semilla de mango	1	Glicerol	1	1.10	8.7

Fuente: Propia

En la tabla N° 5, se puede evidenciar los estudios obtenidos a base de almidón para la obtención de películas con diferentes tipos de residuos. Se puede apreciar que el valor más alto resistencia a la tracción se obtuvo empleando un 5% de almidón de la cáscara de yuca y 30% de glicerol, además de ello, se adicionó cierta cantidad de quitosano como relleno, dando un resultado de 96.04 MPa (Fathanah et al. 2018, p.3-4). La incorporación de quitosano mejora la resistencia mecánica de las películas (Song y Mohamad, 2019, p.8). A su vez, (Pagno et al. 2016, p.3201) empleando 4% de almidón de cáscara de yuca y 25% de glicerol obtuvo como resultado una RT de 12.13MPa, lo cual muestra una disminución considerable en dicho parámetro. Mientras que (Masruri et al. 2019, p. 30), obtuvo el valor más bajo de la resistencia a la tracción con 1.8MPa, utilizando 5% de almidón de cáscara de yuca y 1.5% de glicerol. A pesar que en estas investigaciones se empleó el mismo tipo y concentración de almidón se muestran valores diferentes de RT, pero es importante fijarse en las concentraciones del plastificante empleado, el cual muestra menores valores de RT a medida que se disminuye su concentración, lo que sugiere que la concentración del plastificante es un factor importante en la elaboración de un bioplástico para obtener mejores características mecánicas en cuanto a elongación al emplear almidón de los residuos de yuca. Mientras que, al aumentar la adición de volumen de glicerol, aumentará el alargamiento al valor de rotura del bioplástico. Además, la adición de plastificante sirve para aumentar la flexibilidad del bioplástico (Lubis et al. 2018, p. 2). y es el glicerol un plastificante para reducir los enlaces de hidrógeno internos que mejorarán la distancia intermolecular (Arifin, Indiarito y Ciptaningtiyas, 2020, p.2). En cuanto al empleo de almidón extraído de la semilla de mango y de glicerol a concentraciones del 1% se encontró valores de RT de 1.10 MPa (Sarifuddin, Shahrim, Azma, 2018, p.), siendo dicho valor el más bajo reportado por las fuentes. Por lo que, (Yacob, 2018, p.2) recomienda que las películas de bioplástico sean reforzadas con fibra; puesto que mejoró considerablemente la RT en comparación con películas de almidón puro. Por otro lado, en cuanto al parámetro de alargamiento a la rotura el hallazgo de (Santos, 2014, p. 940-941) presenta 325%, al emplear 52.50% almidón y 17.50% glicerol, además de una cierta cantidad de PBAT como aditivo plastificante, lo que indica que

el material obtenido presenta gran plasticidad, posiblemente con la adición de este material se mejoran notablemente de las propiedades de la película. Resultados diferentes encontró (Pagno et al. 2016, p. 3201) con el mínimo valor de 6.05%, lo que indica que dichas películas son muy frágiles a la hora de someterlas a un esfuerzo mecánico. Se debe recordar que el % de alargamiento es inversamente proporcional a la resistencia a la tracción, con más cargas agregadas a la película de bioplástico, entonces disminuye el alargamiento, pero la resistencia a la tracción tiende a aumentar (Lubis et al. 2018, p.6).

Tabla 6: Artículos que reportan el uso de almidón más fibra

Autor	Título	Tipos de material y residuo				Tipo de plastificante	% Plastificante	Parámetros	
		Almidón	%	Fibra	%			Resistencia a la tracción	Alargamiento a la rotura
Lubis, et al	Production of bioplastic from jackfruit seed starch (<i>Artocarpus heterophyllus</i>) reinforced with microcrystalline cellulose from cocoa pod husk (<i>Theobroma cacao L.</i>) using glycerol as plasticizer	cáscara de semilla de jaca	8	cáscara de la vaina de cacao	2	Glicerol	20	0.637	7.04
Mallick, Soni y Dharm	Improving the Mechanical, Water Vapor Permeability, Antimicrobial properties of Corn-Starch/Poly Vinyl Alcoholfilm (PVA): Effect of Rice husk fiber (RH) & Alovera gel(AV)	mazorca de maíz	40	cáscara de arroz	40	Glicerol	0.1	40.39	300.02
Nascimentoa, et al	Nanocellulose Produced from Rice Hulls and its Effect on the Properties of Biodegradable Starch Films	cáscara de yuca	72.5	cáscara de arroz	2.5	Glicerol	25	18	15
Muhammad, et al	Mechanical properties of bioplastic form cellulose nanocrystal (CNC) mangosteen peel using glycerol as plasticize	cáscara de yuca	41	cáscara de mangostán	10	Glicerol	29	1.30	21.06
Costa, et al	Production of biodegradable starch nanocomposites using cellulose nanocrystals extracted from coconut fibers	cáscara de yuca	4	cáscara de coco	1	Glicerol	1	4.41	17.54

Fuente: Propia

En la tabla N° 6, se presentan los resultados de hallazgos obtenidos empleando almidón más fibra en películas biodegradables con diferentes tipos de residuos. Se puede apreciar que el valor más alto de resistencia a la tracción es (40.39MPa), el cual se obtuvo empleando 40% de almidón extraído de mazorca de maíz, 40% de fibra de la cáscara de arroz y 1% de glicerol, además de le adicionaron cierta cantidad de alcohol polivinílico. A su vez, dicha formulación fue la que obtuvo el valor máximo en cuanto al parámetro de alargamiento a la rotura 300.02% (Mallick, Soni y Dharm, 2020, p.4). Es posible que el PVA haya influido ya que tiene buenas propiedades mecánicas (Trinath et al. 2018, p.4). Sin embargo, (Nascimento et al. 2016, p.8) trabajando con 73% de almidón de la cáscara de yuca, 2.5% de fibra de cáscara de arroz y 25% de glicerol, logró una RT de 18MPa y un alargamiento a la rotura de 15%, probablemente el alto contenido de almidón empleado influyó en una reducción de los parámetros mecánicos a comparación con el autor anterior. Según (Sarifuddin et al. 2018, p.1) el alto contenido de almidón disminuye el alargamiento a la rotura. Además, se encontró el valor más bajo de la RT el cual fue de 0.637MPa con la composición de 8% de almidón de semilla de jaca, 2% de fibra de la cáscara de la vaina de cacao y 20% de plastificante. Del mismo modo obtuvo el valor mínimo en alargamiento a la rotura de 7.04% (Lubis et al. 2018, p.5). Mientras que en otro estudio (Muhammad et al. 2019, p. 8) uso 41% de almidón de cáscara de yuca, 10% de fibra de cáscara de mangostán y 29% de plastificante llegando a un resultado aproximadamente de 1.3MPa y un alargamiento de 21.06%. Probablemente la resistencia a la tracción haya disminuido por el aumento del contenido de almidón ((Trinath et al. 2018, p.7), además, al aumentar la adición de volumen de glicerol, aumentara también el alargamiento a la rotura de la película (Lubis et al. 2018, p.6). Las fibras de celulosa que componen gran parte de los residuos y el almidón extraído de estos, son hidrofílicas y compatibles entre sí. Por lo tanto, al usar una matriz como almidón y la fibra para elaborar bioplástico permitirá tener una buena adhesión con una transferencia de tensión desde la matriz a la fibra. Esto explicaría el aumento de las propiedades de las películas de almidón reforzadas con fibras de celulosa en comparación con las propiedades de la película de almidón sin fibras de celulosa. Como lo citado por (Yacob, 2018, p.9) donde

se mejoró las propiedades físico-mecánicas de tracción y alargamiento con parámetros iniciales empleando solo almidón de 38.66 MPa y 3.85% hasta 40.70 y 4.62% con el empleo de almidón reforzado con fibra (Yacob, 2018, p.9).

V. CONCLUSIONES

Los residuos lignocelulósicos más estudiados y reportados en las bases de datos de acceso libre para la producción de bioplástico, son la cáscara de yuca (46%) y la cáscara de arroz(12%).

Respecto al plastificante utilizado, los resultados reportados muestran valores variables, pero en el caso del uso exclusivo de almidón se requiere altos porcentajes de plastificante, mientras que para mezclas de almidón y fibra se hace necesario la presencia de diferentes aditivos como el alcohol polivinílico, quitosano, entre otros, para lograr películas de bioplástico de características adecuadas.

Según lo consultado, se logró identificar la mezcla almidón-fibra que obtuvo mejores características mecánicas en la elaboración de películas de bioplástico, la cual fue de almidón extraído de mazorca de maíz-cáscara de arroz al 40%.

VI. RECOMENDACIONES

Investigar sobre las variables que más afectan en el proceso de recuperación de almidón y fibra a fin de optimizar el proceso.

Utilizar residuos lignocelulósicos para la elaboración de películas, ya que es muy barato y amigable con el medio ambiente.

Investigar sobre los diferentes tipos de plastificantes para conocer el efecto que tiene sobre la película de almidón, así mismo como varía las concentraciones.

Perfeccionar la técnica del desarrollo de películas para obtener mejores resultados.

REFERENCIAS

AANCHAL, Mittal, SANGEETA, Garg y SHAIENDRA, Bajpai. Fabrication and characteristics of poly (vinyl alcohol)-starch-cellulosic material based biodegradable composite film for packaging application. *Materials Today: Proceedings* [en línea]. 2020, vol. 21. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214785319338969>

ISSN: 2214-7853

ABDUL [et al]. Enhancement of basic properties of polysaccharide-based composites with organic and inorganic fillers: A review. *Journal of Applied Polymer Science* [en línea]. Septiembre – 2018. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/app.47251>

ISSN: 00218995

AJALA [et al]. Kinetics modelling of acid hydrolysis of cassava (*Manihot esculanta* Cranz) peel and its hydrolysate chemical characterization. *Journal of King Saud University – Science* [en línea]. Junio - 2020, vol. 32, n^o 4. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1018364720300963?token=82CD40C9B5F3A522B88B8C9C7DB549A4E27708005846D90C9290FD81B75AC44096C4DCA829A17543A442FADA3F38C8E3>

ISSN: 10183647

AMALIA, IMAWAN y LISTYARINI. Fabrication and characterization of thick films made of chitosan and nanofibrillar cellulose derived from pineapple leaf. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019, vol. 496. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/496/1/012021/pdf>

ISSN: 1757-8981

ARIFIN, INDIARTO y CIPTANINGTIYAS. Physical characteristics of edible film from modified breadfruit starch (*Artocarpus atilis* F.) with glycerol. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. 2020, vol. 443. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/443/1/012028/pdf>

ISSN:1755-1307

BASMA, Alashwal [et al]. Improved properties of keratin-based bioplastic film blended with microcrystalline cellulose: A comparative analysis. *Journal of King Saud University - Science* [en línea]. Enero - 2020, vol. 3, n^o 1. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364718321001/pdf?isDTMR edir=true&download=true>

ISSN: 10183647

CARISSIMI, Mariel, FLORES, Simone y RECH, Rosane. Effect of microalgae addition on active biodegradable starch film. *Algal Research* [en línea]. Junio – 2018, vol. 32. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926418300110>

ISSN: 22119264

CAJIAO, Elsa [et al]. Review: Composite materials based on lignocellulosic residues, synthesis and mechanical properties. *sylwan* [en línea]. Mayo 2020, vol. 164, n^o 5. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/341959090_Review_Composite_materials_based_on_lignocellulosic_residues_synthesis_and_mechanical_properties

ISSN: 0039-7660

CASTILLO, Ruth [et al]. Bioplástico a base de la cáscara del plátano. *Journal of Undergraduate Research* [en línea]. 2015, vol.1 n^o 1. [Fecha de consulta: 7 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346/339>

ISSN: 24120464.

COSTA, Jamile [et al.]. Production of biodegradable starch nanocomposites using cellulose nanocrystals extracted from coconut fibers. *Polímeros* [en línea]. 2017, vol. 27, n°4. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.scielo.br/pdf/po/v27n4/0104-1428-po-27-4-320.pdf>

ISSN: 1678-5169

DE MELO, Bianco [et al.]. Biodegradable thermoplastic starch of peach palm (*Bactris gasipaes kunth*) fruit: Production and characterisation. *International Journal of Food Properties* [en línea]. 2017, vol. 20, n° 53. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020].

Disponible en:

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

ISSN: 10942912.

ESPINA, Miguel, CRUZ, J y Siche, Raúl. Propiedades mecánicas de bandejas elaboradas con almidón de especies vegetales nativas y fibras de residuos agroindustriales. *Scientia Agropecuaria* [en línea]. Mayo – 2016, vol. 7, n° 2. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7n2/a06v7n2.pdf>

ISSN: 2077-9917.

FATHANAH [et al.]. Characterization of bioplastic based from cassava crisp home industrial waste incorporated with chitosan and liquid smoke. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, vol. 334. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/334/1/012073/pdf>

ISSN: 1757-8981

GRANDA [et al]. Desarrollo y caracterización de una película activa biodegradable con antioxidantes (alfa-tocoferol) a partir de las proteínas del lactosuero. *Vitae* [en línea]. Enero – 2014, vol. 21, n ° 1. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/pdf/1698/169831207002.pdf>

ISSN: 0121-4004

GONZÁLEZ, Yolanda [et al]. Síntesis y biodegradación de polihidroxicanoatos: plásticos de origen microbiano. *Revista internacional de contaminación ambiental* [en línea]. Febrero - 2013, vol. 29, n ° 1. [Fecha de consulta: 17 de mayo de 2020].

Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992013000100007&lang=es

ISSN: 01884999.

GONZÁLEZ [et al]. Valoración mecanotérmica de una resina biodegradable como agente de acoplamiento de materiales compuestos celulósicos/polímero hidrofóbico. *Madera: Ciencia y Tecnología* [en línea]. 21 - Agosto - 2014, vol.16, n ° 4. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2020].

Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2014000400009&lang=es

ISSN: 0718-221X.

HARUNSYAH, YUNUS y REZA. Effect of Clove Essential Oil Addition on Characteristics of Cassava Starch Bioplastic Film Incorporated Zinc Oxide-Organoclay as Reinforcement. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019, vol. 536. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

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

ISSN: 1757-8981

HARUNSYAH, YUNUS y REZA. Mechanical properties of bioplastics cassava starch film with Zinc Oxide nanofiller as reinforcement. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2017, vol. 210. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/210/1/012015/pdf>

ISSN: 1757-8981

HASAN, RAHMAYANI y MUNANDAR. Bioplastic from Chitosan and Yellow Pumpkin Starch with Castor Oil as Plasticizer. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, vol. 333. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/333/1/012087/pdf>

ISSN: 1757-8981

IRIANI [et al]. The Effect of Agricultural Waste Nanocellulose on The Properties of Bioplastic for Fresh Fruit Packaging. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. 2019, vol. 309. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/309/1/012035/pdf>

ISSN: 1755-1307

IYAS [et al]. Sugar palm nanocrystalline cellulose reinforced sugar palm starch composite: Degradation and water-barrier properties. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. [en línea]. 2018, vol. 368. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/368/1/012006/pdf>

ISSN: 1757-8981

ISROI [et al]. Bioplastic production from cellulose of oil palm empty fruit bunch. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [en línea]. 2017, vol. 75. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/65/1/012011/pdf>

ISSN: 1755-1315.

LESTARI, Retno [et al]. Bioplastic from Jackfruit Seeds and Rice. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2020, vol. 835. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/835/1/012035/pdf>

ISSN: 17578981

LUBIS [et al]. Production of bioplastic from jackfruit seed starch (*Artocarpus heterophyllus*) reinforced with microcrystalline cellulose from cocoa pod husk (*Theobroma cacao* L .) using glycerol as plasticizer. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, vol. 309. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/309/1/012100/pdf>

ISSN: 1757-8981

MALLICK, SONI y DHARM. Improving the Mechanical, Water Vapor Permeability, Antimicrobial properties of Corn-Starch/Poly Vinyl Alcoholfilm (PVA): Effect of Rice husk fiber (RH) & Alovera gel(AV). *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2020, vol. 798. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/798/1/012002/pdf>

ISSN: 1757-8981

MAULIDA, SIAGIAN y TARIGAN. Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline Cellulose Avicel PH101 Using Sorbitol as Plasticizer. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 2016, vol. 710, n°1. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/710/1/012012/pdf>

ISSN: 1742-6588

MASRURI [et al]. The effect of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC) essential oil on bioplastic derived from cassava peel wast. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 2019, vol. 1374. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1374/1/012015/pdf>

ISSN: 1742-6588

MUHAMMAD [et al]. Mechanical properties of bioplastic form cellulose nanocrystal (CNC) mangosteen peel using glycerol as plasticizer. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 2019, vol. 1349. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1349/1/012099/pdf>

ISSN: 1742-6588

NASCIMENTO, Pedro [et al.]. Nanocellulose produced from rice hulls and its effect on the properties of biodegradable starch films. *Materials Research* [en línea]. 2016, vol. 19, n°1. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.scielo.br/pdf/mr/v19n1/1516-1439-mr-1980-5373-MR-2015-0423.pdf>

ISSN: 1980-5373

PAGNO, Carlos [et al]. Synthesis of Biodegradable Films With Antioxidant Properties Based on Cassava Starch Containing Bixin Nanocapsules. *J Food Sci Technol* [en línea]. Agosto 2016, vol. 53, n°8. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5055884/>

ISSN: 0022-1155

PIÑEROS, Nicolás [et al]. Propiedades Microestructurales y Ópticas de Películas Biodegradables a Base de Almidón Termoplástico y Poli (ϵ -Caprolactona) con Actividad Antioxidante. *Información Tecnológica* [en línea]. Agosto - 2019, vol. 30, n° 4. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n4/0718-0764-infotec-30-04-00293.pdf>

ISSN: 0718-0764.

RAMIREZ [et al]. Comportamiento térmico de películas de almidón de plátano con poli (etileno tereftalato) degradado. *Revista Mexicana de Ingeniería Química* [en línea]. Abril - mayo 2015, vol. 14, n° 2. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2020].

Disponible en:

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-27382015000200027&lang=es

ISSN: 16652738.

REIS [et al]. Effect of Cellulose Nanocrystals from Different Lignocellulosic Residues to Chitosan/Glycerol Films. *Polymers* [en línea]. 2019, vol. 11, n ° 4. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.mdpi.com/2073-4360/11/4/658/pdf>

ISSN: 18791344

RIERA, María y PALMA, Ricardo. Obtención de bioplástico a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances en Química* [en línea]. Noviembre – 2018, vol. 13, n ° 3. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2020].

Disponible en:

<http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/avancesenquimica/article/viewFile/13983/21921925061>

ISSN: 2073436

RUHUL [et al]. Characterization and performance analysis of composite bioplastics synthesized using titanium dioxide nanoparticles with corn starch. *Heliyon* [en línea]. Agosto - 2019, vol. 5. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019356646/pdf?isDTMR edir=true&download=true>

ISSN: 2405-8440 -

SARIADI, HARUNSYAH y RAUDAH. Effect of ZnO / Clay Nanoparticles Concentration Ratios to Improve the Mechanical Properties of Cassava Starch Bioplastics Film for Food Packaging Applications. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019, vol. 536. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/536/1/012039/pdf>

ISSN: 1757-8981

SARIFUDDIN, SHAHRIM y AZMAN. Effect of Oregano Essential on the Properties of Mango Kernel Starch Films. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, vol. 429. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/429/1/012062/pdf>

ISSN: 1757-8981

SARIFUDDIN [et al]. Preparation and characterization of jackfruit seed starch/poly (vinyl alcohol) (PVA) blend film. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, vol. 290. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/290/1/012065/pdf>

ISSN: 17578981

SANTOS [et al]. Starch/poly (butylene adipate-co-terephthalate)/montmorillonite films produced by blow extrusion. *Quim. Nova* [en línea]. 2014, vol. 37, n°6. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://www.scielo.br/pdf/qn/v37n6/v37n6a03.pdf>

ISSN: 0100-4042

SONG, Chie y MOHAMAD, Wahab. Preparation and characterization of micro-crystalline cellulose / chitosan films. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019, vol. 701. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/701/1/012054/pdf>

ISSN: 1757-8981

TIROLLI, Henrique. Thermal and microscopic analysis of biodegradable laminates made from cassava flour, sorbitol and poly (butylene adipate-coterephthalate) PBAT. *Acta Scientiarum. Technology* [en línea]. Octubre – diciembre 2013, vol. 35, n° 5. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303228848021>

ISSN: 1806-2563

TRINATH [et al]. Development and characterization of biodegradable blending Starch/PVA Films theoretical and experimental comparison. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, vol. 402. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/402/1/012129/pdf>

ISSN: 17578981

VÁZQUEZ, Alethia [et al]. Generación, legislación y valorización de residuos plásticos en iberoamérica. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* [en línea]. 2016, vol. 32. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2016.32.05.05/46673>

ISSN: 01884999

YACOB [et al]. Effect of cellulose fiber from sago waste on properties of starch-based films. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2018, vol. 368. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/368/1/012028/pdf>

ISSN: 1757-8981

ZAMUDIO, Paul [et al]. Caracterización fisicoquímica, mecánica y estructural de películas de almidones oxidados de avena y plátano adicionadas con betalaínas. *Agrociencia* [en línea]. 2015, vol. 49, nº 5. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v49n5/v49n5a2.pdf>

ISSN: 1405-3195

ZOUMAKI, TZETZIS y MANSOUR. Development and characterization of starch - based nanocomposite materials. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* [en línea]. 2019, vol. 564. [Fecha de consulta: 21 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/564/1/012037/pdf>

ISSN: 1757-8981