

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v6i12.0105>

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A BASE DE CÁSCARA DE COCO Y PAPAYA

OBTAINING AND CHARACTERIZATION OF A BIOPLASTIC BASED ON COCONUT SHELL AND PAPAYA

Macías-Giler Elvis^{1*}; Anchundia-Sabando Orlando¹; García-Muentes Segundo¹; García-Vinces Gonzalo¹; Giler-Intriago Sonia¹

¹Carrera de Ingeniería Química, Facultad de Ciencias Matemáticas, Físicas y Químicas, Universidad Técnica de Manabí, UTM. Portoviejo, Ecuador.

*Correo: emacias5947@utm.edu.ec

Resumen

El uso indiscriminado del plástico, además de su alto tiempo de degradación ha llevado al mundo a un estado de contaminación preocupante, por lo que cada vez más es necesario buscar alternativas de ecomateriales. Es allí donde entran los bioplásticos, los cuales son plásticos originados de materias naturales con características propicias para reemplazar al plástico tradicional, y con la ventaja de que son biodegradables. El propósito de la presente investigación fue obtener un bioplástico a base de la fibra de la cáscara de coco y papaya, con características óptimas para ser usado como funda para el traslado de objetos. Para ello, se realizaron procedimientos de laboratorio con el fin de tratar ambas materias primas, a las cuales se le realizaron pruebas de caracterización, luego se realizó la formulación del bioplástico, usando como aditivos la maicena (almidón de maíz), glicerina, ácido acético y ácido ascórbico. Además, el bioplástico obtenido se sometió a diferentes pruebas fisicoquímicas y mecánicas, y a una prueba de biodegradabilidad. De esta investigación se logró elaborar un bioplástico con color anaranjado claro, translúcido, de textura lisa, con una buena flexibilidad y resistencia, el cual tiene las siguientes propiedades: humedad de 16.157% y humedad relativa de 19.271%, porcentaje de cenizas de 10.78%, también, presentó un alto grado de biodegradabilidad. Finalmente, se concluye que es posible obtener un bioplástico con propiedades óptimas para ser utilizado como funda para el traslado de objetos, a partir de cáscara de coco y papaya, usando el método casting.

Palabras clave: Bioplástico, cáscara, coco, papaya, método casting.

Abstract

The indiscriminate use of plastic, in addition to its long degradation time, has led the world to a worrying state of contamination, making it increasingly necessary to look for alternative eco-materials. This is where bioplastics come in, which are plastics originated from natural materials with favorable characteristics to replace traditional plastic, and with the advantage of being biodegradable. The purpose of this research was to obtain a bioplastic based on coconut and papaya husk fiber, with optimal characteristics to be used as a cover for transporting objects. For this purpose, laboratory procedures were carried out in order to treat both raw materials, to which characterization tests were performed, then the bioplastic formulation was carried out, using cornstarch (corn starch), glycerin, acetic acid and ascorbic acid as additives. In addition, the bioplastic obtained was subjected to different physicochemical and mechanical tests, and to a biodegradability test. From this research it was possible to elaborate a bioplastic with a light orange color, translucent, smooth texture, with good flexibility and resistance, which has the following properties: humidity of 16.157% and relative humidity of 19.271%, percentage of ashes of 10.78%, also, it presented a high degree of biodegradability. Finally, it is concluded that it is possible to obtain a bioplastic with optimum properties to be used as a cover for transporting objects, from coconut and papaya shells, using the casting method.

Keywords: Bioplastic, shell, coconut, papaya, casting method.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 09 de septiembre de 2022.

Fecha de aceptación: 28 de octubre de 2022.

Fecha de publicación: 10 de julio de 2023.



1. Introducción

Las ventajas del plástico como son su bajo costo y su versatilidad, han originado un consumo indiscriminado del mismo, esto ha llevado al planeta a un alto grado de contaminación, debido a que este tarda de 100 a 400 años en degradarse, por lo que según Avenllán et al. (2020), se acumula en forma de residuos sólidos, que emanan vapores y sustancias tóxicas, además la mayor parte termina en los océanos, afectando la vida marina.

Las cifras mundiales, arrojan que cada año se elaboran alrededor de 300 millones de toneladas de este material (Cedeño & Zambrano, 2021). Por su parte, a nivel de Ecuador, el uso de plástico per cápita se ubica en 20 kg, cifras que muestran la gravedad de la contaminación ambiental por plástico en el mundo y el país (Cedeño & Zambrano, 2021).

Por todo lo antes expuesto, es de suma importancia buscar alternativas de materiales que puedan sustituir al plástico, manteniendo sus propiedades características, pero siendo más inocuos con el medio ambiente. Es

allí donde surgen los bioplásticos, los cuales según afirma García (2015), son materiales plásticos derivados de sustancias naturales vegetales, cuya característica principal es que son biodegradables.

Así mismo, es importante mencionar que la cáscara de coco ha sido empleada como combustible, como material textil para elaborar cuerdas, colchones, cepillos, entre otros y en las industrias civil, de jardinería y horticultura es usada como biomanto para suelos. Además, el endocarpio del coco, ofrece buenas características como insumo para obtener carbón activado, y puede servir, además, como material para tableros aglomerados o para elaborar tazas o platos para uso doméstico (Londoño, 2017). Por su parte, la cáscara de papaya tiene sus aplicaciones principalmente en el área de la belleza y la salud, ya que funciona como protector solar o como ungüento para la piel quemada, como hidratante y exfoliante, incluso para eliminar manchas (Spiegato, 2022).

Por tanto, existen investigaciones anteriores que sirven como base para el presente estudio. Así, en el ámbito internacional se tienen los

siguientes trabajos: García (2020), elaboró el estudio denominado "Diseño innovador para la obtención y caracterización de un bioplástico utilizando como materia base la fibra de la cáscara de coco y papaya"; seguidamente se encuentra el trabajo de Holguín (2019), cuyo nombre fue "Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa"; también se tiene el experimento realizado por Castillo et al. (2015), "Bioplástico a base de la cáscara de plátano" y el trabajo de García (2015), denominado "Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz".

Por otra parte, entre los estudios llevados a cabo en Ecuador se encuentran el trabajo de Cedeño & Zambrano (2021), "Diseño de una línea de producción para la obtención de bioplásticos aprovechando los residuos del café a escala industrial en la ciudad de Quevedo" y la investigación de Avenllan et al. (2020), "Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*)".

Así, para el desarrollo de la presente investigación se plantea como objetivo obtener un bioplástico a

base de la fibra de la cáscara de coco y papaya, con características óptimas para ser usado en la elaboración de fundas biodegradables para el traslado de objetos.

2. Metodología

La presente es una investigación de tipo experimental, ya que se basó en experimentos y análisis donde se manejaron variables, bajo condiciones controladas. Además, es cuantitativa, ya que los datos manejados son numéricos y se usaron fórmulas matemáticas para el cálculo de las propiedades.

La población objeto de estudio consiste en las cáscaras de coco y papaya disponibles en la ciudad de Portoviejo, las cuales se recolectaron en lugares de venta de coco, fruterías o restaurantes. Las muestras son las cáscaras seleccionadas, las cuales cumplen con las características de ser de fruta madura, y no tener partes dañadas o podridas.

Dichas muestras fueron seleccionadas mediante un muestreo aleatorio simple, en el cual se eligieron al azar de toda la población disponible, y para los

análisis se realizaron las pruebas por triplicado.

Para la determinación de las propiedades del bioplástico elaborado, se llevaron a cabo pruebas fisicoquímicas y se determinó el porcentaje de degradabilidad. Así, los métodos usados fueron métodos volumétricos, gravimétricos y de estequiometría de reacción.

Se utilizó el análisis estadístico, mediante el cálculo de promedio, varianza y porcentaje de error de los datos obtenidos en las pruebas para la caracterización del bioplástico.

2.1. Materiales

Los materiales usados para la elaboración de bioplástico son estufa, bandejas, molinillo eléctrico, refrigerador, envase o recipiente plástico, vaso de precipitado de 1000 ml, placa calefactora, termómetro, cronómetro, licuadora, filtro o cernidor fino, cuchillo, frascos o envases con tapas herméticas, balanza analítica, pipetas graduadas, espátulas, funda plástica.

Los reactivos usados para la elaboración de bioplástico son cáscaras de coco, cáscaras de

papaya, solución de bicarbonato de sodio (NaHCO_3) al 10% p/v, solución de ácido ascórbico ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) al 5% p/v, glicerina de grado técnico (97%), maicena (almidón de maíz), ácido acético, aceite vegetal.

Los materiales usados para la caracterización de la materia prima y del bioplástico obtenido fueron: balanza analítica, cronómetro, crisoles de porcelana, espátulas, estufa, desecador, mufla, micrómetro, termobalanza, espectrofotómetro UV, balones aforados de 250 ml, pipeta volumétrica de 50 ml, contenedores plásticos con tapa, mangueras plásticas, buretra, soporte universal, matraces, máquina universal de ensayos de tensión.

Los reactivos usados para la caracterización de la materia prima y del bioplástico obtenido son agua destilada, muestras de bioplástico obtenido, hidróxido de bario ($\text{Ba}(\text{OH})_2$) 0,025 N, tierra abonada, agua destilada, solución de ácido clorhídrico (HCl) 0,1 N, ácido sulfúrico (H_2SO_4), peróxido de hidrógeno (H_2O_2), ácido bórico (H_3BO_3), pastilla de Kjeldahl, rojo de metilo, DNS (dinitrosalicílico), fenol al 5%.

2.2. Métodos

2.2.1. Tratamiento de cáscaras de coco

Se aplicó un procedimiento similar al de García (2020):

1. Se sumergieron las cáscaras de coco en una solución de bicarbonato de sodio 10 % p/v por 15 días, para ablandar las fibras. Luego se escurrió el lixiviado de las cáscaras.
2. Se limpiaron las partes dañadas o podridas de las cáscaras, se separó el mesocarpio del endocarpio, y se retiraron los restos del fruto.
3. Luego, se colocaron en bandejas metálicas y se secaron en estufa a 100 °C. El tiempo de secado varió entre 8 a 16 horas, por lote de cáscaras.
4. Se pulverizaron las cáscaras con un molinillo eléctrico.
5. Se reservaron en frasco con tapa.

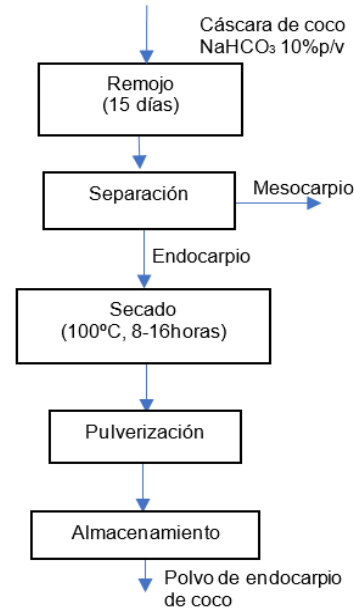


Figura 1. Diagrama de flujo del tratamiento de cáscara de coco.

2.2.2. Tratamiento de cáscaras de papaya

Se usó como referencia el procedimiento de García (2020):

1. Se limpiaron las partes dañadas o podridas de las cáscaras de papaya.
2. Luego estas fueron sumergidas en una solución antioxidante de ácido ascórbico al 5 % p/v por 24 horas. Se almacenaron bajo condiciones de refrigeración (4-10 °C).
3. Posteriormente, se calentaron las cáscaras junto con la solución de ácido ascórbico a 85 °C en una placa calefactora, cuidando que la temperatura se mantuviera constante durante 30 minutos.

4. Se escurrió el lixiviado de las cáscaras, y se secaron en una estufa hasta que quedaron bien secas.
5. Se trituraron y tamizaron, hasta obtener un polvo.
6. Finalmente, se reservó el polvo de cáscaras de papaya en un frasco con tapa.

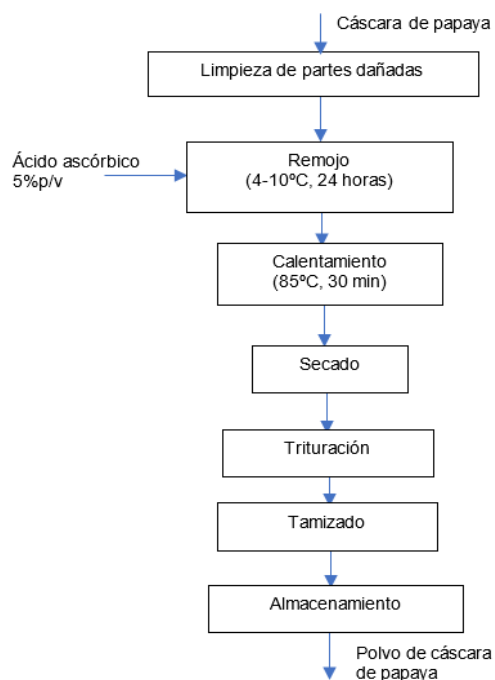


Figura 2. Diagrama de flujo del tratamiento de cáscara de papaya.

1. Se agregaron maicena (almidón de maíz), glicerina, ácido acético y una solución de ácido ascórbico al 5%, a un vaso de precipitado y se mezcló.
2. Se calentó dicha mezcla en una placa calefactora, hasta obtener una mezcla homogénea.
3. En una licuadora, se agregó la cáscara de papaya previamente tratada, y la cáscara de coco tratada, la mezcla del paso anterior se le agrega ácido ascórbico al 5%; y se licuaron por 4 min, hasta obtener una mezcla homogénea.
4. La mezcla obtenida, se distribuyó sobre un papel plástico para que tomara la forma laminada.
5. Finalmente, se reservó la lámina de bioplástico obtenida, a temperatura ambiente, en recipientes herméticos.

2.2.3. Formulación de bioplástico

Tabla 1.

Formulación utilizada para obtención de bioplástico.

Reactivo	Cantidad (rango)
Maicena (almidón de maíz)	(10 – 20) g
Glicerina	(5 – 10) ml
Ácido acético	(5 – 10) ml
Cáscara de papaya	(15 – 30) g
Endocarpio de coco	(0,1 – 2) g
Ácido ascórbico al 5%	(100 – 200) ml

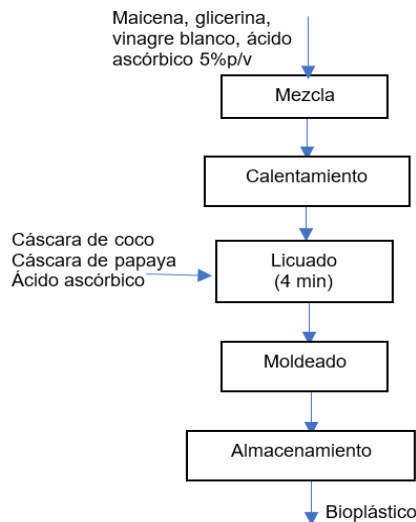


Figura 3. Diagrama de flujo de la formulación del bioplástico.

2.2.4 Pruebas físico-químicas realizadas

2.2.4.1. Humedad

Se tomó un poco de muestra, luego se introdujo en una termobalanza marca BOECO Germany para determinar el % de humedad.

2.2.4.2. Contenido en material volátil (Cenizas)

Se determinó aplicando un procedimiento similar al de García (2020):

1. Se llevaron 2 crisoles a la estufa para eliminar la humedad.
2. Se midió 1 g de muestra en cada crisol.

3. Estos crisoles se introdujeron en una mufla para ser calcinados a 600°C durante 2 horas.

4. Se trasladaron ambos crisoles con sus cenizas a desecadores.

5. Finalmente, se pesó el conjunto enfriado a temperatura ambiente, para determinar su porcentaje de cenizas, empleando la siguiente fórmula:

$$\%ceniza = \frac{(P_1 - P_2)}{(P - P_1)} \times 100$$

Donde:

P: peso en gramos del crisol + muestra.

P1: peso en gramos del crisol + ceniza.

P2: peso en gramos del crisol vacío.

2.2.4.3. Proteína cruda (método Kjeldahl)

1. Se prepararon 0,5 g de muestra de cáscara de papaya, los cuales fueron diluidos con 5 ml de H₂SO₄ y 5 ml de H₂O₂ en un matraz.

2. Se coloca una pastilla de Kjeldahl de 2 g en una placa calefactora a 420 °C hasta que la muestra se torne de color verde esmeralda.

3. Dejar enfriar.

Destilación:

1. Se preparó una muestra de 0,52 g de ácido bórico en 13 ml de agua destilada, en un vaso de precipitado.
2. Se agregaron unas gotitas de rojo de metilo. Se procedió al proceso de destilación, recuperando el amoniaco como condensado.

Valoración-titulación:

1. La solución recuperada en el proceso de destilación se titula con ácido clorhídrico (HCl).
2. El volumen gastado de HCl hasta el viraje de color del indicador, se toma como dato para el cálculo del porcentaje de nitrógeno y posteriormente para el porcentaje de proteína cruda.

2.2.4.3. Azúcares reductores por espectrofotometría UV

1. Se toma una muestra de 1 g de cáscara de papaya y se diluye en 40 ml de agua.
2. Se toman 2 ml de la solución y se colocan en un tubo de ensayo, junto con 0,5 ml de DNS (dinitrosalicílico). Esto se realiza por triplicado.
3. Se procede a calentar en baño de maría.
4. Se lleva al espectrofotómetro.

5. Se toma lectura de los resultados que arroja el equipo.

2.2.4.4. Carbohidratos totales por espectrofotometría UV

1. Se preparó una solución con 1 g de muestra de cáscara de papaya seca, diluidos en 40 ml de agua destilada.
2. Se tomaron 2 ml de solución en 3 tubos de ensayo.
3. Se agregaron 0,5 ml de fenol al 5% y 2,5 ml de H₂SO₄, y se homogeneizaron.
4. Se llevó al espectrofotómetro y se tomó lectura de los resultados.

2.2.5. Pruebas realizadas al bioplástico obtenido

2.2.5.1. Humedad

Se utilizó el mismo procedimiento que con las cáscaras de coco y papaya, descrito anteriormente.

2.2.5.2. Cenizas

Se utilizó el mismo procedimiento que con las cáscaras de coco y papaya, descrito anteriormente.

2.2.5.3. Resistencia a la tensión

Se tomó como referencia el procedimiento usado por García (2020):

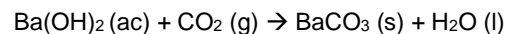
1. Se cortaron probetas de bioplástico de dimensiones de 5.0 x 10.0 cm.
2. Se aseguró la probeta en la parte superior e inferior de la maquina universal de ensayos de tensión.
3. Luego, se colocó la máquina en marcha y al finalizar la prueba (cuando la probeta se rompió), se procedió a tomar la lectura de la fuerza en la escala análoga del instrumento.
4. Se realizaron las pruebas por triplicado.

2.2.5.4. Biodegradabilidad

Se aplicó el procedimiento realizado por García (2020): Esta prueba consistió en cuantificar la cantidad de CO₂ liberado por las muestras al ser puestas en contacto con tierra y agua en un recipiente hermético. El dióxido de carbono liberado se capturó en una solución de hidróxido de bario 0,025 N. Para ello se procedió de la siguiente manera:

1. Se usaron 4 recipientes, en dos de ellos se colocaron, 10 ml de solución 0,025N de Ba(OH)₂ y en los restantes una mezcla de 60 g de tierra abonada con 20 ml de agua destilada.

2. En el recipiente de la mezcla de tierra con agua, se agregaron 5 g del bioplástico, y el otro recipiente fue utilizado como blanco.
3. Cada tapa se perforó para introducir una manguera y silicona que permitiera conectarlas entre sí.
4. Después de 35 días, se tituló la solución remanente, utilizando como valorante HCl 0,1 N estándar.
5. El cálculo del porcentaje de biodegradabilidad se basa en la estequiometria, partiendo de la siguiente reacción que se dio en cada recipiente plástico.



$$\% \text{biodegradabilidad} = \frac{\text{gCO}_2 \text{ producidos}}{\text{gCO}_2 \text{ teóricos}} \times 100$$

3. Resultados y discusión

3.1. Propiedades del bioplástico

El bioplástico obtenido posee las siguientes características: color anaranjado claro, translúcido, de textura lisa, con una buena flexibilidad y resistencia.



Figura 4. Propiedades del bioplástico.

3.1.1. Pruebas fisicoquímicas realizadas a las cáscaras de coco y papaya

Humedad

En la tabla 2 se observa el reporte de parámetros relacionados con la humedad de las biomásas analizadas, siendo la humedad de la cáscara de coco superior a la de la cáscara de papaya.

Tabla 2.
Humedad de las muestras procesadas

	Cáscara de papaya en polvo	Cáscara de coco
%humedad	5,769	10,471
%masa seca	94,23	89,529
%humedad relativa	6,122	11,69
Masa seca (g)	1,969	0,171

Contenido en material volátil (cenizas)

Para las cáscaras de papaya y coco se obtuvo una concentración de

cenizas en el orden de 12,42% y 11,66%, respectivamente.

Proteína cruda

Las pruebas de cuantificación de proteína cruda mediante ácido bórico y titulación con ácido clorhídrico evidenciaron un contenido de proteína cruda de 19,29% en la cáscara de papaya.

Azúcares reductores

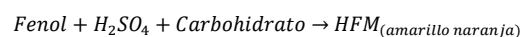
La tabla 3 muestra los resultados obtenidos para esta prueba.

Tabla 3.
Absorbancia y concentración de azúcares reductores en la cáscara de papaya

Muestra	Absorbancia (540)	Concentración (g/L)
Blanco		
Muestra 1	2,733	1,203
Muestra 2	2,727	1,201
Muestra 3	2,700	1,191
Promedio	2,720	1,198

Carbohidratos totales por espectrofotometría UV:

La reacción que se lleva a cabo es la siguiente.



Al realizar la medición en el espectrofotómetro dio un valor fuera

de rango, el cual fue de una absorbancia de 0,301. Por esta razón se realizaron determinaciones para 3 estándares arrojando los resultados expuestos en la tabla 4.

Tabla 4.

Concentraciones y absorbancias de 3 estándares para la cuantificación de los carbohidratos totales de la cáscara de papaya

Estándar	Concentración (µg/L)	Absorbancia
Estándar 5	80.000	0,182
Estándar 6	90.000	0,220
Estándar 7	100.000	0,234

Posteriormente, mediante extrapolación lineal se obtuvo la concentración de carbohidratos totales de la cáscara de papaya, para el valor de 0,301; obteniéndose 95785,71 µg/L.

3.1.2. Pruebas fisicoquímicas realizadas al bioplástico obtenido

Se aplicaron las mismas pruebas utilizadas en la caracterización de las cáscaras de papaya y coco para la caracterización del bioplástico. La tabla 5 muestra los resultados obtenidos.

Tabla 5.

Pruebas fisicoquímicas realizadas al bioplástico

	Bioplástico
%humedad	16,157
%masa seca	83,843
%humedad relativa	19,271

Masa seca (g)	0,192
% Cenizas	10,78
Resistencia a la tensión	0,39 MPa
Biodegradabilidad	Degradable

Al momento de titular la solución remanente con HCl, no hubo viraje de color; sin embargo, se evidenció la formación de un pequeño precipitado color blanco, que indicó la formación de carbonato de bario (BaCO₃).

Por otra parte, se observó que el bioplástico se degradó casi en su totalidad, ya que sólo quedaron partículas muy minúsculas.

En este sentido, se evidencia que si hubo degradabilidad del bioplástico, en los 35 días; sin embargo, no se pudo cuantificar debido a que la muestra se destruyó y no se encontraban trazas de bioplástico.

4. Conclusión

Se logró encontrar una formulación óptima para elaborar bioplástico a partir de cáscara de coco y papaya, a través del método casting, usando la cáscara de papaya, cáscara de coco, maicena (almidón de maíz), glicerina, ácido acético y ácido ascórbico al 5%.

El bioplástico presentó un alto grado de biodegradabilidad.

Las características del bioplástico elaborado son color anaranjado claro, translúcido, de textura lisa, con una buena flexibilidad y resistencia. Además, sus propiedades son: humedad de 16,157%, humedad relativa de 19,271%, porcentaje de cenizas de 10,78% y una resistencia a la tensión de 0,39 MPa.

Bibliografía

- Arango, A. (2016). Desarrollo de un proceso de extracción limpia de colorantes a base de curcumina. Medellín, Antioquia, Colombia. Recuperado el 08 de Julio de 2021, de <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2844/Tesis%20Doctorado%20en%20Ingenier%c3%ada-%c3%81LVARO%20ARANGO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., & Peñaloza, S. (2015). Bioplástico a base de la cáscara del plátano. *Revista de Iniciación Científica*, 1(1), 34-37.
- Cedeño, N., & Zambrano, J. C. (2021). Diseño de una línea de producción para la obtención de bioplásticos aprovechando los residuos del café a escala industrial en la ciudad de Quevedo. Quevedo, Los Ríos, Ecuador. Recuperado el 11 de octubre de 2021, de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6115/1/T-UTEQ-095.pdf>
- Deossa, L., & Ortiz, A. (2010). Prefactibilidad del proyecto: diseño de una planta de extracción a escala de colorantes naturales. Antioquia, Colombia. Recuperado el 15 de Julio de 2021, de <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/2989>
- García, A. (2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. El Salvador. Recuperado el 13 de octubre de 2021, de <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>
- García, A. (2020). Diseño innovador para la obtención y caracterización de un bioplástico utilizando como materia base la fibra de la cáscara de coco y papaya. El Salvador. Recuperado el 11 de octubre de 2021, de <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/02/01-Quimica-bioplastico-fibra-de-coco-Ebook.pdf>
- Holguín, J. (2019). Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. Bogotá, Colombia. Recuperado el 11 de octubre de 2021, de

- <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>
- Lamdim, M. I. L., Strieder, M. M., Vardanega, R., Silva, E. K., & Meireles, M. A. A. (2020). Biorefinery of turmeric (*Curcuma longa* L.) using non-thermal and clean emerging technologies: an update on the curcumin recovery step. *RSC advances*, 10(1), 112-121.
<https://doi.org/10.1039/C9RA08265D>
- Londoño, Y. (2017). Propuesta de una línea de empaques biodegradables a partir de fibra de coco y bambú laminado. El Salvador. Recuperado el 11 de octubre de 2021, de http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/4299/1/Propuesta_Linea_Empaque_Londono_2017.pdf
- López, P. (2017). Química e industria de la curcumina. Lima, Perú. Recuperado el 15 de Julio de 2021
- Martinez-Correa, H. A., Paula, J. T., Kayano, A. C. A., Queiroga, C. L., Magalhães, P. M., Costa, F. T., & Cabral, F. A. (2017). Composition and antimalarial activity of extracts of *Curcuma longa* L. obtained by a combination of extraction processes using supercritical CO₂, ethanol and water as solvents. *The Journal of Supercritical Fluids*, 119, 122-129.
<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.08.017>
- Mathon, Y. (2012). Envases y embalajes. San Martín, Colombia: Instituto Nacional de Tecnología Industrial - INTI.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. (05 de septiembre de 2019). MAG trabaja para fortalecer la producción de coco en Esmeraldas. Recuperado el 13 de octubre de 2021, de <https://www.agricultura.gob.ec/mag-trabaja-para-fortalecer-la-produccion-de-coco-en-esmeraldas/>
- Morán, S. (23 de junio de 2020). Ecuador, ahogado en basura, está lejos de cumplir las metas de los ODS al 2030. Ecuador. Recuperado el 13 de octubre de 2021, de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/ecuador-ahogado-basura-esta-lejos-cumplir-metas-ods-al-2030>
- Priyanka, Khanam, S. (2018). Influence of operating parameters on supercritical fluid extraction of essential oil from turmeric root. *Journal of Cleaner Production*, 188, 816-824.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.052>
- Riera, M. A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.).

- Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), 1-11.
<https://doi.org/10.48204/j.colociencias.v7n1a1>
- Rimac, A. (2019). Bioplásticos. Lima, Perú. Recuperado el 11 de octubre de 2021, de <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/806/TB-Rimac%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Román, M., Rivera, C., Cardona, L., Muñoz, L., Gómez, D., Passaro, C., & Quiceno, J. (2016). Guía de extracción por fluidos supercríticos: Fundamentos y aplicaciones. Rionegro, Antioquia, Colombia. Recuperado el 8 de Julio de 2021, de https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/4698/guia_extraccion_fluidos_supercriticos.pdf;jsessionid=095E7EBF18727C38A63530330A3E5777?sequence=1
- Spiegato. (2022). ¿Cuáles son los diferentes usos de la cáscara de papaya? Obtenido de <https://spiegato.com/es/cuales-son-los-diferentes-usos-de-la-cascara-de-papaya>
- Van Nong, H., Hung, L. X., Thang, P. N., Chinh, V. D., Vu, L. V., Dung, P. T., ... & Nga, P. T. (2016). Fabrication and vibration characterization of curcumin extracted from turmeric (*Curcuma longa*) rhizomes of the northern Vietnam. *SpringerPlus*, 5(1), 1-9.
<https://doi.org/10.1186/s40064-016-2812-2>
- Velásquez, A. M. (2008). La tecnología de fluidos supercríticos, un proceso limpio para el sector industrial. Recuperado el 27 de Julio de 2021, de https://www.researchgate.net/publication/277208201_La_tecnologia_de_fluidos_supercriticos_un_proceso_limpio_para_el_sector_industrial