

**EVALUACIÓN DE LA CÁSCARA DE BANANO Y AGUACATE PARA LA  
OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN  
VALLEDUPAR, CESAR**

**AUTOR (ES):**

**KEVIN CALEB BOTELLO GUTIÉRREZ**

**YÉSICA LUCÍA ORDÓÑEZ SOLÁEZ**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2025-1**

**EVALUACIÓN DE LA CÁSCARA DE BANANO Y AGUACATE PARA LA  
OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE EN  
VALLEDUPAR, CESAR**

**AUTOR (ES):**

**KEVIN CALEB BOTELLO GUTIÉRREZ  
YESICA LUCÍA ORDÓÑEZ SOLÁEZ**

**DIRECTOR:**

**KARINA PAOLA TORRES CERVERA**

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA  
VALLEDUPAR - CESAR  
2025-1**

## RESUMEN

La concientización sobre los impactos en la salud y el ambiente de los residuos plásticos es la base para el impulso creciente en torno a las políticas y programas internacionales, nacionales y locales para reducir la contaminación con plásticos y mejorar la gestión adecuada de los residuos plásticos. Por medio de la investigación se evaluaron los biosólidos de la cáscara de banano y cáscara de aguacate para la obtención de bioplástico como alternativa sostenible para la sustitución de plásticos convencionales en Valledupar, Cesar. Por medio de tres fases: Caracterizar la materia prima objeto de estudio para la elaboración de bioplástico, establecer las mezclas con las proporciones adecuadas para la elaboración de bioplástico a partir de cáscaras de banano y cáscaras de aguacate mediante el método de ajustes y finalmente, determinar las características físicas del bioplástico elaborado a partir de cáscaras de banano y cáscaras de aguacate mediante pruebas de densidad, resistencia a la tracción, biodegradabilidad. Los resultados de las pruebas de biodegradabilidad, resistencia a la tracción y densidad muestran que ambos bioplásticos presentan características prometedoras para su uso en aplicaciones sostenibles. Sin embargo, el bioplástico a partir de cáscara de banana mostró una mayor velocidad de biodegradabilidad en agua y una mayor pérdida de peso en la prueba de biodegradabilidad en suelo con un 79%. Por otro lado, el bioplástico a partir de cáscara de aguacate presentó una mayor resistencia a la tracción, siendo en ambos casos, bioplásticos ofrecen una buena relación entre biodegradabilidad y resistencia.

*Palabras claves: Biosólidos, biodegradabilidad, plásticos convencionales.*

## ABSTRACT

Awareness of the health and environmental impacts of plastic waste is the basis for the growing push for international, national and local policies and programs to reduce plastic pollution and improve the proper management of plastic waste. Through the research, biosolids from banana peel and avocado peel were evaluated for obtaining bioplastic as a sustainable alternative to replace conventional plastics in Valledupar, Cesar. Through three phases: Characterize the raw material under study for the production of bioplastic, establish the mixtures with the appropriate proportions for the production of bioplastic from banana peels and avocado peels using the adjustment method and finally, determine the physical characteristics of the bioplastic made from banana peels and avocado peels through density, tensile strength, and biodegradability tests. The results of the biodegradability, tensile strength, and density tests show that both bioplastics have promising characteristics for use in sustainable applications. However, the bioplastic from banana peel showed a higher biodegradability rate in water and a greater weight loss in the soil biodegradability test with 79%. On the other hand, the bioplastic from avocado peel showed a higher tensile strength, being in both cases, bioplastics offering a good relationship between biodegradability and resistance. *Keywords: Biosolids, biodegradability, conventional plastics.*

## LISTA DE FIGURAS

### Contenido

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>10</b>
<b>1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>12</b>
<b>2. JUSTIFICACIÓN</b>	<b>14</b>
<b>3. OBJETIVOS</b>	<b>16</b>
3.1 OBJETIVO GENERAL	16
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	16
<b>4. MARCO DE REFERENCIA</b>	<b>17</b>
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
4.2 MARCO TEÓRICO	20
4.3 MARCO CONCEPTUAL	25
4.4 MARCO CONTEXTUAL.	27
4.5 MARCO LEGAL	1
<b>5. MARCO METODOLÓGICO</b>	<b>4</b>
5.1. LÍNEA Y SUBLINEA DE INVESTIGACIÓN	4
5.2. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN	4
5.3. ALCANCE DE INVESTIGACIÓN	4
5.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	4
5.5. MUESTREO POBLACIONAL	5
5.6. DESARROLLO METODOLÓGICO	5
<b>6. RESULTADOS Y ANÁLISIS</b>	<b>15</b>

6.1 Caracterizar la materia prima objeto de estudio para la elaboración de bioplástico a partir de cáscaras de banano y cáscaras de aguacate mediante pruebas técnicas de laboratorio. 15

6.2 Establecer las mezclas con las proporciones adecuadas para la elaboración de bioplástico a partir de cáscaras de banano y cáscaras de aguacate mediante el método de ajustes. 25

6.3 Determinar las características físicas del bioplástico elaborado a partir de cáscaras de banano y cáscaras de aguacate mediante pruebas de densidad, resistencia a la tracción, biodegradabilidad. 37

**7. CONCLUSIONES 52**

**8. RECOMENDACIONES 53**

**BIBLIOGRAFÍA 54**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Bioplásticos	23
<b>Figura 2.</b> Estructura de almidón de banano	24
<b>Figura 3.</b> Ubicación de Valledupar, Cesar	0
<b>Figura 4.</b> Recolección de los residuos	15
<b>Figura 5.</b> Pretratamiento efectuado a cada uno de los residuos	16
<b>Figura 6.</b> Obtención del almidón	17
<b>Figura 7.</b> Pesaje del granulo	18
<b>Figura 8.</b> Prueba de color	19
<b>Figura 9.</b> Dosificación de bioplástico a partir de cáscaras de banano (M1, M2 Y M3 respectivamente)	21
<b>Figura 10.</b> Dosificación de bioplástico a partir de cáscaras de aguacate (M1, M2 Y M3 respectivamente)	23
<b>Figura 11.</b> Proceso de elaboración de bioplástico	24
<b>Figura 12.</b> Láminas de bioplástico de cascara de aguacate y banano finales	24
<b>Figura 13.</b> Determinación de la masa y volumen	26
<b>Figura 14.</b> Determinación de la masa y volumen	28
<b>Figura 15.</b> Montaje ensayo de resistencia a la tracción bioplástico	29
<b>Figura 16.</b> Montaje ensayo de resistencia a la tracción bioplástico	30
<b>Figura 17.</b> Ensayo de resistencia a la tracción entre los dos bioplásticos	32
<b>Figura 18.</b> Aplicación de la encuesta	46
<b>Figura 19.</b> Pregunta 1.	47
<b>Figura 20.</b> Pregunta 2.	48
<b>Figura 21.</b> Pregunta 3	49
<b>Figura 22.</b> Pregunta 4.	50
<b>Figura 23.</b> Pregunta 5.	51

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Normatividad aplicable al proyecto	1
<b>Tabla 2.</b> Peso de tamices (cáscara de banano)	18
<b>Tabla 3.</b> Peso de tamices (cáscara de aguacate)	18
<b>Tabla 4.</b> Ensayos bioplásticos cascaras de banano	20
<b>Tabla 5.</b> Ensayos bioplásticos cascaras de aguacate	22
<b>Tabla 6.</b> Resistencia A La Tracción - Lámina De Bioplástico	29
<b>Tabla 7.</b> Resistencia A La Tracción - Lámina De Bioplástico	31
<b>Tabla 8.</b> Pérdida De Masa En La Láminas De Bioplástico Sumergidas En Agua	33
<b>Tabla 9.</b> Pérdida de masa en biodegradabilidad suelo	34
<b>Tabla 10.</b> Pérdida De Masa En La Láminas De Bioplástico Sumergidas En Agua	35
<b>Tabla 11.</b> Pérdida de masa en biodegradabilidad suelo	36
<b>Tabla 12.</b> ACV Bioplásticos vs plástico convencional	38
<b>Tabla 13.</b> Diseño experimental	44
<b>Tabla 14.</b> Análisis de ANOVA para tratamientos en la etapa final	44
<b>Tabla 15.</b> TIR para bioplásticos	46

## 7. CONCLUSIONES

La recolección de residuos de cáscara de aguacate y cáscara de banana se demostró como una fuente viable y sostenible para la producción de bioplásticos. La determinación de la dosis óptima de dosificación con 70 g de almidón, 70 mL de agua y un 0,23% y 0,21% de retención de gránulos, permitió obtener un bioplástico con propiedades óptimas. Esto tiene implicaciones positivas para la reducción de residuos orgánicos y la promoción de prácticas sostenibles en la producción de materiales. La utilización de residuos de cáscara de aguacate y cáscara de banana para la producción de bioplásticos puede contribuir significativamente a la reducción de la huella ambiental de la producción de materiales.

Los resultados de las pruebas de biodegradabilidad muestran que el bioplástico a partir de cáscara de banana presentó una mayor velocidad de biodegradabilidad en agua y una mayor pérdida de peso en la prueba de biodegradabilidad en suelo, con un 79% de pérdida de peso. Por otro lado, el bioplástico a partir de cáscara de aguacate presentó una mayor resistencia a la tracción. Ambos bioplásticos ofrecen una buena relación entre biodegradabilidad y resistencia, lo que los hace adecuados para su uso en productos sostenibles.

La producción de bioplásticos a partir de residuos orgánicos, como la cáscara de banana y aguacate, son alternativas sostenibles y rentables que puede ayudar a reducir la contaminación plástica y promover la economía circular. Con un impacto ambiental significativamente menor en comparación con los plásticos tradicionales, una tasa de retorno del 27% y 25% anual y una fuerte demanda de los consumidores, esta opción presenta una oportunidad viable para empresas y gobiernos que buscan promover la sostenibilidad y reducir la contaminación.

## **8. RECOMENDACIONES**

Se recomienda a futuras investigaciones:

Explorar nuevos residuos orgánicos: Investigar otros residuos orgánicos que puedan ser utilizados para producir bioplásticos, como cáscaras de frutas, verduras, granos, etc.

Mejorar la eficiencia del proceso: Investigar formas de mejorar la eficiencia del proceso de producción de bioplásticos, reduciendo costos y aumentando la calidad del producto final, incluyendo más de tres láminas por bioplástico elaborado.

Desarrollar bioplásticos con propiedades específicas, investigando formas de desarrollar bioplásticos con propiedades específicas, como resistencia a la humedad, temperatura, etc.

Desarrollar productos híbridos, investigando formas de desarrollar productos híbridos que combinen bioplásticos con otros materiales sostenibles, como papel, cartón, etc.

Realizar un análisis financiero detallado que contemple tanto los costos de inversión inicial como los costos de producción final del bioplástico.

Considerar el uso de bioplásticos como una estrategia rentable a largo plazo, ya que ofrece beneficios como; acceso a mercados verdes, reducción de riesgos regulatorios e incentivos fiscales lo que compensa la inversión inicial más alta.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Acosta, M., & Candela, S. (2020). Obtención de bioplástico utilizando colágeno de los residuos de pescado del terminal pesquero Villa María del Triunfo-2020 [Trabajo de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio de la Universidad César Vallejo.

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77128/Acosta\\_BML](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77128/Acosta_BML)

-

Alcivar-Gavilanes, Maura G., Carrillo-Anchundia, Katuska L., & Rieral, Maria A. (2022). Development of a Bioplastic from Banana Peel. *Ingeniería e Investigación*, 42(3), 202. Epub October 27, 2022. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.92768>

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, EPA- (2023). ¿Cómo abordar los desechos plásticos? Disponible:

[https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/swm\\_plasticwaste-spanish.pdf](https://www.epa.gov/system/files/documents/2023-09/swm_plasticwaste-spanish.pdf)

Cardona, J. S. (2019). OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA [Trabajo de pregrado, Fundación Universidad de América]. Repositorio institucional.

<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

Celedón, N.; Ramírez, I.; (2022). Evaluación De Bioplástico Elaborado A Partir Del Almidón De Papa Como Alternativa Para La Sustitución De Plásticos Convencionales En Valledupar [Trabajo de pregrado, Universidad Popular del Cesar].

Chariguamán, J. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.) [Trabajo de pregrado, Escuela Agrícola Panamericana]. Repositorio Institucional. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

Chapuel, A., (2019). Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (*persea americana* mill) y banano (*musa acuminata* aaa) para el recubrimiento de papaya. Disponible: <https://repositorio.ug.edu.ec/items/62d2e83f-fb20-4d60-847c-f44b33a35bf7>

Clavijo, A., (2023). CÁSCARA DE PLÁTANOS Y BANANOS COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA SUSTITUCIÓN DEL PLÁSTICO SINTÉTICO EN EL DEPARTAMENTO DEL META. En línea: <https://repository.usta.edu.co/server/api/core/bitstreams/124cfa63-ed5f-4bc6-9853-a11f379043b4/content>

Ciro, H. (2006). REOLOGIA DE FLUIDOS Y SU APLICACION EN EL ÁREA DE LOS ALIMENTOS [Trabajo de pregrado, Universidad Nacional de Colombia - Sede Medellín]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/59571>

Conceptos Básicos | Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA) Centroamérica | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022). Fao.org. <https://www.fao.org/in-action/pesa-centroamerica/temas/conceptos-basicos/es/>

Corpocesar (2021). Boletín de prensa. Disponible:

<https://www.corpocesar.gov.co/files/boletin-prensa-031-22-06-2021.pdf>

Fajardo, A. Y. (2023). Estudio de la producción de un bioplástico a partir de almidón de yuca. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10882/13293>

Foro Económico Mundial (2022). Soluciones de la industria circular para un tratado global sobre plásticos.

[https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_Circular\\_Industry\\_Solutions\\_SP\\_2024.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_Circular_Industry_Solutions_SP_2024.pdf)

Foro Económico Mundial. 2022. Top 25 Recycling Facts and Statistics for 2022. <https://www.weforum.org/agenda/2022/06/recycling-global-statistics-facts-plastic-paper>.

GARCEL P, Leonel: Transferencia de Cantidad de Movimiento, Calor y Masa. Segunda Edición. Editorial Félix Varela, La Habana, Cuba, 2011.

García, G. T., & Rodríguez, A. S. (2021). ESTUDIO DE LA VIABILIDAD AMBIENTAL Y ECONÓMICA DE UN BIO LUBRICANTE GENERADO A PARTIR DE ACEITES VEGETALES USADOS DE LOCALES COMERCIALES DE LA COMUNA OCHO DE VILLAVICENCIO [Trabajo de pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/37759/2021gyeraldgarcia.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

García-Díaz, Marilyn, Gandon-Hernández, José, & Maqueira-Tamayo, Yudisel. (2013). Estudio de la obtención de biodiesel a partir de aceite comestible usado. Tecnología Química, 33(2), 162-169. Recuperado en 14 de septiembre de 2021, de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852013000200005&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852013000200005&lng=es&tlng=es).

- Gómez, C. Mendoza, M. (2019). ESTUDIO DEL MANEJO DE RESIDUOS PLÁSTICOS EN COLOMBIA. <https://dspace.tdea.edu.co/bitstream/handle/tdea/952/Residuos%20plasticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gómez, L. & Cuadros, D. (2019). Elaboración de un plan de gestión ambiental de los residuos sólidos generados en el corregimiento de “La Mina” municipio Valledupar – Cesar. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/26910>
- Greenpeace (2024). Contaminación plástica: estas fueron las empresas más contaminantes de 2023. Disponible: <https://www.greenpeace.org/colombia/blog/issues/contaminacion/contaminacion-plastica-estas-fueron-las-empresas-mas-contaminantes-de-2023/>
- Greenpeace, & Andes, F. d. (2019). Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente. Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP)
- Greenpeace, (2022). Colombia se podría enfrentar a un "tsunami" plástico. Disponible: <https://www.elempaque.com/es/noticias/colombia-se-podria-enfrentar-un-tsunami-plastico>
- Meneses, J., Corrales, c. m., & Valencia, m. (2017). Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. EIA, ISSN 1794-1237, 8, 57-67. Obtenido de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n8/n8a06.pdf>
- Ministerio de Ambiente y desarrollo Sostenible (2023). Colombia avanza hacia la reducción de los plásticos de un solo uso. Disponible: <https://www.minambiente.gov.co/colombia-avanza-hacia-la-reduccion-de-los-plasticos-de-un-solo-uso/>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (Datos sobre producción de plásticos en Colombia). <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2022/02/plan-nacional-para-la-gestion-sostenible-de-plasticos-un-solo-uso-minambiente.pdf>

Munive (2023). Obtención de bioplástico usando almidón de la semilla de mango y aceites comestibles generados en los restaurantes de la zona centro de Valledupar-Cesar. Universidad Popular del Cesar.

OECD (2022). Global plastic waste set to almost triple by 2060, says OECD. <https://www.oecd.org/en/about/news/press-releases/2022/06/global-plastic-waste-set-to-almost-triple-by-2060.html>

OECD. (2022). Global Plastics Outlook: Policy Scenarios to 2060. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/aa1edf33en/index.html?itemId=/content/publication/aa1edf33-en>.

Ohidul, A., Mukaddis, B., & Ding, Y. (2018). Características de las bolsas de plástico y sus posibles peligros ambientales. (Elseiver, Ed.) Resources, Conservation y Recycling, 132, 121-129. doi:<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.01.037>

Paredes, R. (2020). Propuesta de elaboración de bioplástico en base a almidón de yuca para vasos descartables. Trabajo de investigación para optar el grado académico de Bachiller en Ingeniería Industrial, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial, Universidad Continental, Arequipa, Perú.

Programa para el medio Ambiente-ONU (2024). ABC de los bioplásticos <https://www.undp.org/es/el-abc-de-los-plasticos>

Programa para el medio Ambiente-ONU, (2024). Contaminación por plásticos. Disponible: <https://www.unep.org/es/contaminacion-por-plasticos>

Redondo, G. (2019). Manejo integral de residuos sólidos y el uso eficiente del recurso hídrico y ahorro energético en el CAU Valledupar, cesar de la Universidad Santo

Tomás de Colombia (abierta y a distancia).

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33424/2020geimanredondo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

UNED (2021). Bioplásticos y agroindustria. <https://editorial.uned.ac.cr/gpd-bioplásticos-y-agroindustria-9789968486880.html>

UNEP. (2021). From Pollution to Solution: A Global Assessment of Marine Litter and Plastic Pollution. <https://www.unep.org/resources/pollution-solution-global-assessment-marine-litter-and-plastic-pollution>.

Zhong, X. O., Hanafi, I., & Yi, P. T. (2018). Caracterización y propiedades de los compuestos de película polimérica biodegradable a base de polivinil alcohol y harina de residuos de frutas tropicales. Compuesto de vinil reforzado con fibra natural y polímeros de vinilo, 313-332. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102160-6.00016-0>

## **ANEXOS**

### **Anexo 1. *Recolección, y pretratamiento de materia prima***

