



# **ELABORACIÓN DE UN MODELO DE BIOPOLÍMERO A PARTIR DE RESIDUOS ORGÁNICOS PARA EL RECUBRIMIENTO DE PRÓTESIS DE MIEMBROS SUPERIORES**

**Magaly Camargo Forigua, Jorge Eliécer Carrillo Velásquez, Daniela Solarte Chicaiza**

**Universidad Militar Nueva Granada  
Cajicá, Colombia**

## **Resumen**

En Colombia la uchuva (*Physalis peruviana* L) es la quinta fruta fresca de exportación después del banano, aguacate, plátano y gulupa, y se exporta principalmente a los mercados de los Países Bajos, Alemania, Estados Unidos, Reino Unido y Canadá; en el 2017 se exportó el 40% de la producción nacional generando importantes ingresos. La fruta crece en condiciones climáticas específicas, en donde la temperatura no supera los 15 °C y se encuentra en alturas entre los 1800 a 2800 metros sobre el nivel del mar. Se ha identificado que se pueden obtener biopolímeros a partir del exocarpo de residuos orgánicos provenientes de frutas, ampliamente utilizados en la elaboración de productos como las bolsas, pajillas, agitadores, entre otros, sin embargo, no se ha realizado un estudio para fabricación de un biopolímero que puede ser utilizado como recubrimiento de una prótesis. Se plantea en esta investigación la utilización de exocarpo de la uchuva (*Physalis peruviana* L) para producir un biopolímero con el fin de recubrir una prótesis metálica de miembro superior, que tenga algunas características estéticas, como suavidad, resistencia y elasticidad muy parecida a la piel de la persona que esté utilizando dicha prótesis, como un guante estético o protésicos. Teniendo en cuenta que una prótesis es un mecanismo artificial que reemplaza una parte del cuerpo ausente, en este caso un miembro superior, lo que puede mejorar sensiblemente la calidad de vida de las personas afectadas; la mayoría de ellas sufren de distintos aspectos a nivel emocional, físico, psicológico, conductual, personal, social, económico, contextual y familiar por la pérdida de un miembro cualquiera sea su causa, esto se presenta en mayor medida en personas jóvenes, adultos y especialmente en mujeres. La metodología utilizada para la realización de este proyecto consistió en tres etapas; la primera es

la obtención del exocarpo de la uchuva (*Physalis peruviana* L), la segunda etapa es un secado y molienda del residuo orgánico, por último, se elaboró el biopolímero; obteniendo así el recubrimiento del miembro superior para su posible utilización. Esta metodología se inició en la Universidad Militar Nueva Granada sede campus, pero por la coyuntura sanitaria fue terminado en la residencia de los autores.

**Palabras clave:** exocarpo de la uchuva; biopolímero; guante protésico

### **Abstract**

*In Colombia, cape gooseberry (*Physalis peruviana* L) is the fifth fresh fruit exported after banana, avocado, plantain and gulupa, and is exported mainly to the markets of the Netherlands, Germany, the United States, the United Kingdom and Canada; in 2017, 40% of the national production was exported, generating significant income. The fruit grows in specific climatic conditions, where the temperature does not exceed 15 °C and is found at altitudes between 1800 and 2800 meters above sea level. It has been identified that biopolymers can be obtained from the exocarp of organic residues from fruits, widely used in the elaboration of products such as bags, straws, stirrers, among others, however, a study has not been carried out to manufacture a biopolymer that can be used as a coating on a prosthesis. The use of the exocarp of the cape gooseberry (*Physalis peruviana* L) to produce a biopolymer in order to coat a metallic upper limb prosthesis, which has some aesthetic characteristics, such as softness, resistance and elasticity very similar to the skin, is proposed in this research. of the person who is using said prosthesis, such as a cosmetic or prosthetic glove. Taking into account that a prosthesis is an artificial mechanism that replaces an absent part of the body, in this case an upper limb, which can significantly improve the quality of life of the affected people; most of them suffer from different aspects at an emotional, physical, psychological, behavioral, personal, social, economic, contextual and family level due to the loss of a member whatever its cause, this occurs to a greater extent in young people, adults and especially in women. The methodology used to carry out this project consisted of three stages; the first is obtaining the exocarp of the gooseberry (*Physalis peruviana* L), the second stage is drying and grinding the organic residue, finally, the biopolymer was made; thus obtaining the coating of the upper member for possible use. This methodology began at the Universidad Militar Nueva Granada campus headquarters, but due to the health situation it was completed at the authors' residence.*

**Keywords:** cape gooseberry exocarp; biopolymer; prosthetic glove

## **1. Introducción**

Los biopolímeros han tenido un amplio desarrollo en las últimas décadas, ya que se tienen gran variedad de aplicaciones debido a su extensa versatilidad, lo que les da la oportunidad de ser incluido en los distintos campos sociales, industriales, médicos entre otros. A continuación, se presenta una descripción de las investigaciones, usos y estudios que se han realizado sobre este tipo de material en los últimos años.



De forma general los biopolímeros son utilizados como envases sostenibles en alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos, de acuerdo con Saha, Hoque y Mahbub en el capítulo trece del su libro *Advanced Processing, Properties, and Applications of Starch and Other Bio-Based Polymers* publicado en el año 2020 se menciona que estos materiales tienen una gran diversidad, adicionalmente es posible realizar grandes modificaciones mecánicas que pueden cambiar el proceso de envase en los alimentos y obtener una mejor conservación, a su vez pueden ser sostenibles, neutros en carbono y renovables. De igual forma son considerados biodegradables, esto se debe a tienen la propiedad de ser compostables, con un periodo de descomposición del noventa por ciento aproximadamente en un tiempo de seis a ocho meses (Saha, *et al*, 2020).

Se han propuesto diferentes estudios para la obtención de biopolímeros y su posible aplicación, entre ellos se encuentra la elaboración de biopelículas producidas con cáscaras de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana publicado en el 2019 por Mayhuire, Huamani, Zanardi y Medina, en donde se utilizó el exocarpo de la naranja, con pectina y glicerina para determinar el efecto de la adición de celulosa bacteriana, que es obtenida de una fermentación estática en las biopelículas. En esta investigación, se determinó que el contenido de pectina afectó las propiedades de la biopelícula, debido a la interacción con el glicerol, pero la celulosa bacteriana incremento la resistencia de tensión en ellas, lo que redujo la elongación y permeabilidad (Mayhuire, *et al*, 2019).

Dentro de las investigaciones que se han desarrollado se encuentra pajillas hechas a base de un bioplástico de cáscara de mango publicado en el año 2019 por López López y Paniagua Castro, el cual corresponde a un proyecto de innovación en el área de ciencias ambientales donde se realizó la caracterización de un pajilla creada a base de cáscara de mango (López López, *et al*, 2019).

Así mismo, Vázquez González y Flores González en el 2019 publicaron la Elaboración y caracterización de un biopolímero de cáscaras de papaya, que corresponde a una investigación experimental, en el área de ciencias ambientales, donde se aprovecharon los desechos de fruta de la papaya, posteriormente se realizó una caracterización de sus propiedades entre ellas el punto de fusión, la resistencia a ácidos base y la biodegradabilidad. Está última fue identificada al someter el biopolímero a un ambiente ácido y básico y enterrarlo en el suelo. Donde se demostró su resistencia y un alto punto de fusión mayor a 300 °C (Vázquez González, *et al*, 2019).

Por otra parte, en la Elaboración de bioplástico a partir de la cascara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de Piura Perú publicado en el año 2017 por Pizá, Rolando, Ramírez, Villanueva, y Zapata, el cual corresponde a un proyecto que tenía como objetivo analizar de forma experimental la producción de bioplásticos a partir de la cascara de plátano verde, lo anterior fue desarrollado durante dos meses y medio, y buscaba brindar una oportunidad de negocio a las empresas grandes y mediana empresas productoras de chifes en la ciudad e Piura a largo plazo (Pizá, *et al*, 2017).

Y por último recientemente, se ha desarrollado un polímero biodegradable obtenido de cáscaras de naranja en la Universidad Panamericana en México, el objetivo de esta investigación fue revalorizar y utilizar los residuos orgánicos del exocarpo de la naranja, debido a que por su alto



contenido de agua, aceites esenciales (d-limoneno) y acidez, se reduce la factibilidad de ser utilizadas en prácticas ecológicas como lo es un proceso de compostaje, motivo por el cual se plantea su transformación para obtener un plástico biodegradable no-tóxico como parte de una estrategia de economía circular. Donde se lograron desarrollar empaques desechables a través de un bioplástico generado por el residuo de la cascara de naranja (Berger, *et al*, 2020).

## 2. Pregunta de investigación

En la ciudad de Bogotá se generan aproximadamente 7.000 toneladas de residuos al día, donde el 51,32% corresponde a material orgánico (Consortio NCU - UAESP, 2018), el cual podría ser aprovechado en otras áreas debido a su capacidad de degradación y transformación en otro tipo de materia orgánica. Entre ellos se incluye la elaboración de biopolímeros elaborados a partir de residuos degradables.

Por otra parte, los plásticos al ser un material sintético producido a partir del petróleo altamente modificable y maleables a las necesidades es ampliamente utilizando, a lo anterior se le suman sus características de resistencia, versatilidad, elasticidad y en especial su bajo costo lo que lo ha convertido en un elemento de la vida cotidiana ya que se encuentra en la ropa, empaques de comida, bolsas y demás recipientes desechables (Clinica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP), *et al*, 2019).

Sin embargo, puede llegar a emitir 850 millones de toneladas métricas de gases de efecto invernadero en una planta de carbón de 180-00 mega watts en el proceso de extracción, refinamiento y eliminación de la producción y de la incineración de plástico contribuyendo al cambio climático. Tan solo en Bogotá en el año 2017 se generaron a diario 6.265 toneladas de las cuales 56% corresponden a plásticos. De igual forma para el año 2019 el consumo de plástico fue de 1'250.000 ton/año en materias primas, materiales y empaques consumidos y comprados, dando un promedio general de 24 kg por cada colombiano al año (Clinica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP), *et al*, 2019).

En vista de lo anterior y de las problemáticas ambientales asociadas a este contaminante como los son la presencia de plásticos en los océanos que asfixia y causan heridas que atentan contra las especies marinas y a su vez la incorporación de sustancias tóxicas en el ecosistema marino, la disminución de la capacidad de los rellenos sanitarios debido a su acumulación y su elevado tiempo de degradación. Es necesario realizar un trabajo de innovación donde se aprovechen los residuos orgánicos generados por la población y así disminuir el uso y consumo de plásticos.

Es así como en esta investigación se plantea realizar una estandarización para la elaboración de un recubrimiento de prótesis de miembro superior mediante la elaboración de biopolímeros a partir de residuos orgánicos, lo anterior con el fin de aportar en la disminución del uso de plástico en el área de la salud, en especial a la compra y uso de las guantes protésicos y contribuir a la conservación del ambiente.



Existen distintos autores que han desarrollado temas de investigación relacionados con la creación de biopolímeros como es el caso de la elaboración de bioplásticos a partir de la cascara de plátano verde (Pizá, *et al*, 2017), evaluación de la biodegradabilidad de diferentes formulaciones de un bioplástico sintetizado, a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L.) a escala laboratorio (Villalta Estrada, 2018). Como se puede observar el uso de biopolímeros ha llamado la atención en los últimos años debido a su amplia aplicabilidad, sin embargo, no se ha desarrollado un biopolímero que recubra la prótesis de un miembro superior, específicamente un mano, a partir del exocarpo de la uchuva.

Cabe resaltar que el programa de ingeniería biomédica de la Universidad Militar Nueva Granada (CNG) tiene una prótesis de mano, pero falta recubrirla con el guante protésico, por lo tanto, la elaboración de este biopolímero permite que se obtenga el recubrimiento final del miembro superior y así disminuir el impacto emocional, psicológico y social que pueda presentar una persona.

### 3. Metodología

Para la obtención del biopolímero, se realizan diferentes procesos como lo son la obtención del exocarpo de la uchuva, que se obtiene de manera manual, se deja secar la cascara durante 24 a 48 horas a temperatura ambiente, en caso contrario se calienta en horno a 60°C, una vez seco se tritura y pasa por un tamizaje para separarlo por tamaño.

Con el exocarpo tamizado, se realiza un calentamiento a baja temperatura de agua, almidón y glicerina que se encuentran previamente homogenizados, con agitación constante debido a que inicia el aumento de viscosidad, se adiciona ácido y continua la agitación constante y a baja temperatura, por último, se agrega el exocarpo de la uchuva tamizada. Cabe resaltar que la flexibilidad del producto obtenido depende en gran parte de la cantidad de agua que se adicione.

Inmediatamente, se tengan homogenizados todos los compuestos se pasa por el molde de mano (previamente elaborado), y se deja secar en el sol por 2 días aproximadamente, para obtener las caras de recubrimiento. Para el cubrimiento final de la mano se debe aplicar la mezcla del biopolímero entre las dos caras de mano con el fin de unir las piezas y obtener el recubrimiento total de la mano o mejor conocido como guante protésico.

Fueron realizados moldes por el lado palmar y dorsal de la mano para la facilidad de unión entre estos.

Cabe mencionar que por contingencia del COVID – 19, se realizó el procedimiento descrito anteriormente de forma casera, por lo cual existieron modificaciones en las etapas de elaboración del biopolímero, como lo fue el tamizaje del exocarpo de la uchuva, la trituración de la muestra y la homogenización final del exocarpo, en donde fue necesario hacer una solución acuosa y someterla a un tamizaje casero para evitar el paso de diferentes partículas que no fuesen tipo talco.



## 4. Resultados esperados

Se espera como resultado final del proyecto obtener el recubrimiento en biopolímero del exocarpo de la uchuva (*Physalis peruviana L*), de una prótesis de miembro superior, específicamente una mano, e igualmente, se espera que este modelo tenga diferentes características como flexibilidad, resistencia y color parecido al de la piel del usuario.

## 5. Referencias

### Fuentes electrónicas

- Galli, K., & Pelozo, S. (2017). Órtesis y prótesis, Monografía Auditoría médica 2017. Obtenido de <https://www.auditoriamedicahoy.com.ar/biblioteca/Karina%20Galli%20Sabrina%20Peloso%20Ortesis%20y%20pr%C3%B3tesis.pdf>
- Berger, P., Cachutt Alvarado, C., Domínguez Soberanes, J., Hernández Lozano, L. C., Ortega Frausto, D., Macías Ochoa, M. F., & Licea Domínguez, S. (2020). Biopolymers obtained from orange waste based on a decision tree. IEEE ANDESCON, 1-6. doi:10.1109/CONCAPANXXXIX47272.2019.8977093
- Clínica Jurídica de Medio Ambiente y Salud Pública (MASP), Universidad de los Andes y Greenpeace Colombia. (2019). Situación actual de los plásticos en Colombia y su impacto en el medio ambiente. Bogotá. Obtenido de [http://greenpeace.co/pdf/2019/gp\\_informe\\_plasticos\\_colombia\\_02.pdf](http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf)
- Consorcio NCU - UAESP. (Marzo de 2018). Resumen Ejecutivo. Contrato N° 443 del 2017. Obtenido de <http://www.uaesp.gov.co/sites/default/files/documentos/Resumen%20ejecutivo.pdf>
- Greenpeace. (2018). Colombia, mejor sin plásticos. Obtenido de [http://greenpeace.co/pdf/reporte\\_plasticos.pdf](http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf)
- López López, A. M., & Paniagua Castro, I. (2019). Popotes hechos a base de un bioplástico de cáscara de mango. México, Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Oriente UNAM. Obtenido de [https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria27/feria05001\\_popotes\\_hechos\\_a\\_base\\_de\\_un\\_bioplastico\\_de\\_cascara.pdf](https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria27/feria05001_popotes_hechos_a_base_de_un_bioplastico_de_cascara.pdf)
- Mayhuire, E., Huamani, Y., Zanardi, L. M., & Medina, E. (2019). Biopelículas producidas con cáscaras de naranja y reforzadas con celulosa bacteriana. Universidad Nacional San Agustín de Arequipa. Perú: Revista Soc. Química. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n2/a10v85n2.pdf>
- Pizá, H., Rolando, S., Ramírez, C., Villanueva, S., & Zapata, A. (2017). Análisis experimental de la elaboración de bioplásticos a partir de plátano para el diseño de una línea de productos alterna para las chifleras de Piura, Perú. Universidad de Piura, Perú. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_Bio\\_plastico.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bio_plastico.pdf)
- Saha, T., Hoque, M. E., & Mahbub, T. (2020). Chapter 13 - Biopolymers for Sustainable Packaging in Food, Cosmetics, and Pharmaceuticals. Advanced Processing, Properties, and Applications of Starch and Other Bio-Based Polymers. doi:10.1016/B978-0-12-819661-8.00013-5
- Vázquez González, V., & Flores González, J. A. (2019). Elaboración y caracterización de un biopolímero de cáscaras de papaya. México, Colegio de Ciencia y Humanidades Plantel



Naucalpa UNAM. Obtenido de [https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria27/feria03301\\_elaboracion\\_y\\_caracterizacion\\_de\\_un\\_biopolimero\\_de.pdf](https://www.feriadelasciencias.unam.mx/antiores/feria27/feria03301_elaboracion_y_caracterizacion_de_un_biopolimero_de.pdf)

- Villalta Estrada, A. A. (2018). Evaluación de la biodegradabilidad de diferentes formulaciones de un bioplástico sintetizado, a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (*Mangifera indica* L. a escala laboratorio). Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, México. Obtenido de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/10915/1/Antonio%20Adolfo%20Villalta%20Estrada.pdf>

## Sobre los autores

- **Magaly Camargo Forigua:** Estudiante de Ingeniería Ambiental. Universidad Militar Nueva Granada (CNG). [est.magaly.camargo@unimilitar.edu.co](mailto:est.magaly.camargo@unimilitar.edu.co)
- **Jorge Eliécer Carrillo Velásquez:** Químico, Máster en Ciencias. Profesor titular O.T.C ingeniería Ambiental. Universidad Militar Nueva Granada (CNG). [jorge.carrillo@unimilitar.edu.co](mailto:jorge.carrillo@unimilitar.edu.co)
- **Daniela Solarte Chicaiza:** Estudiante de Ingeniería Ambiental. Universidad Militar Nueva Granada (CNG). [est.daniela.solarte@unimilitar.edu.co](mailto:est.daniela.solarte@unimilitar.edu.co)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2021 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)

