



# Revista Digital La Pasión del Saber

ISSN:2244-7857 / Depósito Legal: ppi200902CA3925

## Elaboración de pitillos biodegradables a partir de las cáscaras de mango. (*Mangifera Indica*)

Andrea Cazorla<sup>1</sup>

<https://orcid.org/0009-0008-2541-5399>

Universidad Politécnica Territorial de Valencia  
Valencia, Venezuela.

Jissel González<sup>2</sup>

<https://orcid.org/0009-0000-8481-4383>

Universidad Politécnica Territorial de Valencia  
Valencia, Venezuela.

Recibido: 03-12-2025

Aceptado: 17-12-2025

### Resumen

En el contexto actual de crisis ambiental y búsqueda de soluciones sostenibles, esta investigación propone una alternativa ecológica a los plásticos de un solo uso mediante la elaboración de pitillos biodegradables a partir de cáscaras de mango (*Mangifera indica*), un residuo orgánico abundante en la comunidad de La Honda, estado Carabobo, Venezuela. El objetivo principal fue desarrollar un bioplástico pectocelulósico capaz de contribuir a la protección ambiental y fomentar la economía circular mediante la revalorización de residuos locales. La metodología experimental se estructuró en cinco etapas: (1) pretratamiento de las cáscaras con limpieza y deshidratación; (2) molienda para obtener harina fina; (3) dosificación y mezcla con plastificantes naturales (glicerina, ácido acético, cítrico y láurico); (4) moldeado y sellado en forma de pitillo; y (5) secado para garantizar estabilidad estructural y funcionalidad. Las pruebas de laboratorio evidenciaron un alto potencial de biodegradación: en medio acuático, el bioplástico perdió hasta un 61,67% de su masa en siete días. Asimismo, se verificó que los pitillos no alteraron las propiedades organolépticas de las bebidas, manteniendo su funcionalidad. En conclusión, el estudio demuestra la viabilidad de producir pitillos biodegradables a partir de cáscaras de mango, ofreciendo una solución práctica y sostenible. Este proyecto responde a una necesidad ambiental global y establece un precedente para la innovación científica y la revalorización de residuos locales en favor del desarrollo sostenible.

<sup>1</sup> TSU en Procesos Químicos egresada de la Universidad Politécnica Territorial de Valencia; Estudiante de Ingeniería Química.  
Correo: andrea.cazorla95@gmail.com

<sup>2</sup> TSU en Procesos Químicos egresada de la Universidad Politécnica Territorial de Valencia. Estudiante de Ingeniería Química.  
Correo: jisselgonzalez16@gmail.com

**Palabras clave:** Cáscara de mango; Pitillo; Pectinas; Bioplástico; Biodegradabilidad.

## Production of biodegradable straws from mango peels (*Mangifera Indica*)

### Abstract

In the current context of environmental crisis and the search for sustainable solutions, this research proposes an ecological alternative to single-use plastics by developing biodegradable straws from mango peels (*Mangifera indica*), an abundant organic waste product in the community of La Honda, Carabobo State, Venezuela. The main objective was to develop a pectocellulosic bioplastic capable of contributing to environmental protection and promoting a circular economy through the valorization of local waste. The experimental methodology was structured in five stages: (1) pretreatment of the peels through cleaning and dehydration; (2) grinding to obtain fine flour; (3) dosing and mixing with natural plasticizers (glycerin, acetic, citric, and lauric acids); (4) molding and sealing into straw shapes; and (5) drying to ensure structural stability and functionality. Laboratory tests demonstrated a high biodegradability potential: in an aquatic environment, the bioplastic lost up to 61.67% of its mass in seven days. Furthermore, it was verified that the straws did not alter the organoleptic properties of the beverages, maintaining their functionality. In conclusion, the study demonstrates the feasibility of producing biodegradable straws from mango peels, offering a practical and sustainable solution. This project addresses a global environmental need and sets a precedent for scientific innovation and the repurposing of local waste to promote sustainable development.

**Keywords:** Mango Peel; Straw; Pectins; Bioplastic; Biodegradability.

### Introducción

En el contexto actual, donde la sostenibilidad y la conservación del medio ambiente resultan cada vez más imprescindibles, el uso de plásticos convencionales derivados de combustibles fósiles constituye un problema crítico, dado que estos materiales persisten en el entorno durante cientos de años, afectando ecosistemas, la vida silvestre e incluso ingresando a la cadena alimentaria en forma de microplásticos. Los bioplásticos, definidos como polímeros de base biológica, integran dos conceptos fundamentales de sostenibilidad: biodegradabilidad y renovabilidad. Por un lado, pueden degradarse en el medio ambiente hasta convertirse en CO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>O, evitando la acumulación de desechos y el daño a organismos marinos; por otro, se elaboran a partir de materias primas renovables como maíz, caña de azúcar o algas, reduciendo la dependencia del petróleo y mitigando el impacto climático (Lackner, 2015).

En los últimos años, los plásticos de origen biológico o biodegradables han cobrado relevancia por su potencial para sustituir a los plásticos sintéticos derivados de petroquímicos. Cada vez más, se emplean materias primas de biomasa como almidón, celulosa, quitosano y pectina en la fabricación de bioplásticos. Sin embargo, sus propiedades mecánicas suelen ser insuficientes para aplicaciones específicas, y la síntesis basada en celulosa requiere procesos complejos, elevados costos y, en

ocasiones, el uso de productos químicos tóxicos. De allí la necesidad de encontrar métodos simples y sostenibles para producir bioplásticos de alto rendimiento a partir de recursos de biomasa (Zhang et al., 2023).

En este sentido, la elaboración de pitillos biodegradables a partir de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) representa una alternativa innovadora. El mango es una fruta de alto valor nutricional, rica en vitaminas, fibra, antioxidantes y micronutrientes; sin embargo, su cáscara y semilla suelen considerarse residuos. Estudios recientes han demostrado que la cáscara es fuente de compuestos bioactivos (Rubiano-Charry et al., 2019) y constituye entre el 5 % y el 20 % del peso total del fruto. Su composición incluye carbohidratos (80 %), fibra cruda (8 %), pectina (13 %), proteínas (4 %) y grasas (2 %) (Kant, 2023), lo que la convierte en un recurso prometedor para la elaboración de bioplásticos. Teóricamente, la presencia de pectina y celulosa, biopolímeros intrínsecos de la cáscara, permite formar matrices poliméricas estables y biodegradables, moldeables en utensilios de un solo uso, lo cual constituye un principio fundamental en la química de materiales sostenibles.

La producción científica sobre bioplásticos ha aumentado en las últimas décadas, impulsada tanto por el endurecimiento de legislaciones ambientales como por la creciente conciencia ecológica. En Venezuela, sin embargo, los estudios sobre bioplásticos derivados de desechos agroalimentarios son escasos. Entre los antecedentes o investigaciones desarrolladas en Latinoamérica destacan los trabajos de Chinchayhuara y Quispe (2018), quienes en la Universidad César Vallejo (Perú) desarrollaron bioplásticos a partir de cáscaras de plátano y mango, concluyendo que los elaborados con cáscara de mango presentaron mejor calidad y mayor biodegradabilidad. Asimismo, Seraqué et al; (2020) evaluaron la biodegradabilidad de bioplásticos elaborados con cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*, determinando que la reducción de peso inicial fue significativa y que la biodegradabilidad se relaciona directamente con la cantidad de glicerol añadido. Ambos estudios recomiendan combinar almidón con otros polímeros para mejorar propiedades mecánicas como resistencia al agua, flexibilidad y durabilidad.

Sobre la base de estas recomendaciones, la presente investigación propone un enfoque novedoso que aprovecha los biopolímeros de la cáscara de mango como fuente principal para la fabricación de pitillos biodegradables. El objetivo es desarrollar un producto sostenible que revalorice este residuo agroalimentario, evaluando sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales para determinar su viabilidad como sustituto de los plásticos convencionales de un solo uso en aplicaciones de contacto con alimentos, contribuyendo así a la mitigación del impacto ambiental negativo asociado a estos productos.

## **Materiales y Método**

La investigación se desarrolló bajo un enfoque experimental aplicado, orientado a la elaboración de pitillos biodegradables a partir de cáscaras de mango (*Mangifera indica*), aprovechando sus biopolímeros naturales, pectina y celulosa, como materia prima. El

estudio se realizó en las instalaciones de la Universidad Politécnica de Valencia y en la comunidad La Honda del municipio Libertador, estado Carabobo, Venezuela.  
El proceso constó de cinco etapas principales:

### 1. Preparación inicial de las cáscaras

Se recolectaron cáscaras de mango (*Mangifera indica*) en estado de madurez fisiológica. Estas fueron lavadas con agua potable para eliminar impurezas, cortadas en tiras y pesadas. Posteriormente, se sometieron a un proceso de deshidratación controlada en estufa a 60 °C durante 8 horas. El material seco se trituró mediante molienda mecánica hasta obtener una harina fina y homogénea (ver Figura 1).

**Figura 1**  
Acondicionamiento de las cáscaras de mango.



### 2. Formulación de la mezcla bioplástica:

La síntesis se realizó mediante el método de mezclado termoplástico. La harina obtenida de las cáscaras de mango (*Mangifera indica*) se combinó con plastificantes y aditivos, según se detalla en la Tabla 1: glicerina (99,5 %), ácido acético (5 %), ácido cítrico (100 %), agua destilada y ácido láurico (98 %). La mezcla se homogeneizó manualmente bajo calentamiento constante a 80 °C durante 45 minutos, hasta obtener una masa biopolimérica moldeable (ver Figura 2).

**Tabla 1**

*Cantidades de materia prima para obtención del bioplástico*

Ingredientes	Muestra 1 (g ± 0,0001)	Muestra 2 (g ± 0,0001)	Muestra 3 (g ± 0,0001)
Cáscara de mango	9	9	9
Glicerina	3,5	3,5	3,5
Agua destilada	78,5	77,5	76,5
Ácido acético	7	7	7
Ácido cítrico	1	2	3
Ácido láurico	1	1	1

**Figura 2**

*Mezcla del bioplástico*



### 3. Laminado y moldeo:

La masa bioplástica se extendió en láminas de espesor uniforme y se sometió a un presecado en estufa a 55 °C durante 50 minutos, con el fin de facilitar su manipulación. Posteriormente, se realizó el conformado manual, enrollando las láminas sobre moldes cilíndricos de vidrio de 8 mm de diámetro. El sellado longitudinal se efectuó mediante humectación con la misma mezcla biopolimérica. Finalmente, los pitillos se sometieron a un curado final en una estufa durante 48 horas a 55 °C, con el propósito de eliminar la humedad remanente y garantizar la estabilidad estructural (ver Figura 3).

**Figura 3**  
*Laminación y moldeo del pitillo*



#### 4. Caracterización y pruebas de funcionalidad:

**a. Evaluación Sensorial:** Los pitillos se probaron en tres medios líquidos: agua potable, bebida gaseosa y néctar de fruta. Se evaluó la presencia de sabores u olores extraños, así como la integridad física durante el consumo (ver Figura 4).

**Figura 4**  
*Pruebas organolépticas de los pitillos en tres medios líquidos*



**b. Ensayo de Biodegradabilidad en Medio Acuoso:** La tasa de degradación hidrolítica se evaluó mediante análisis gravimétrico, adaptando el método reportado por

Seraqué et al. (2020). Se sumergieron muestras de peso inicial conocido ( $M_i$   $M\_i$ ) en agua de grifo a temperatura ambiente ( $25 \pm 2 ^\circ\text{C}$ ) durante un periodo de 7 días. Posteriormente, las muestras fueron retiradas, secadas y pesadas ( $M_f$   $M\_f$ ) para calcular el porcentaje de pérdida de masa (%Pm) según la Ecuación 1.

$$\%Pm = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100$$

Las muestras evaluadas correspondieron a diferentes concentraciones de agente reticulante (Muestras N.º 1, 2 y 3), como se observa en la Figura 5.

**Figura 5**  
*Comportamiento de las muestras frente a la biodegradabilidad en medio acuático*



## Resultados

Los resultados obtenidos evidencian que la formulación de bioplásticos a partir de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) presenta un desempeño prometedor en términos de funcionalidad y degradabilidad.

El primer aspecto relevante es la viabilidad funcional del pitillo como sustituto de los plásticos de un solo uso. La Tabla 2 muestra que, en todos los medios líquidos ensayados (agua potable, bebida gaseosa y néctar de fruta), los pitillos no generaron alteraciones perceptibles en el sabor ni en el olor de las bebidas, manteniendo además su integridad estructural durante el consumo.

**Tabla 2**

*Pruebas organolépticas y estabilidad del pitillo en bebidas*

Medio de la prueba (bebida)	Percepción gustativa del pitillo	Percepción gustativa de la bebida	Integridad estructural del pitillo
Agua potable	Neutro	Característico	Estable
Gaseosa de limón	Neutro	Característico	Estable
Jugo de durazno comercial	Neutro	Característico	Estable

En cuanto al análisis gravimétrico, se evidenciaron pérdidas de masa diferenciadas según la concentración de ácido cítrico empleado como agente reticulante. La muestra N.º 1 presentó una degradación moderada (16,40 %), mientras que la muestra N.º 3 alcanzó un 61,67 % de pérdida de masa en siete días. La presencia de crecimiento de hongos y cambios en la coloración del agua refuerzan la evidencia de biodegradación activa, asociada a la liberación de pigmentos naturales y a la acción de microorganismos ambientales (ver Tabla 3).

**Tabla 3**

*Pruebas de biodegradabilidad en medio acuático*

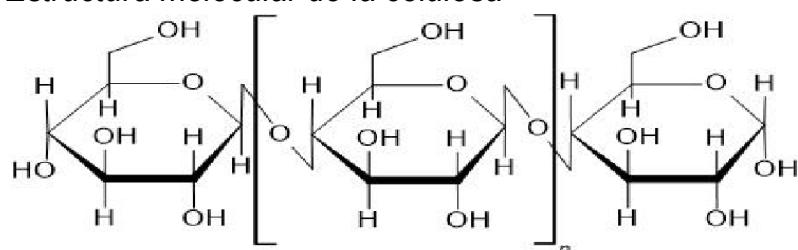
Parámetros clave	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Masa inicial (g ± 0,0001)	0,2064	0,2304	0,6330
Masa final (g ± 0,0001)	0,1723	0,1450	0,2426
Pérdida de masa (%)	16,40%	37,07%	61,67%

*Nota.* Todas las muestras presentaron signos visibles de degradación biológica (crecimiento fungico) y cambios en la coloración del agua debido a la liberación de pigmentos naturales de la cáscara.

La caracterización molecular permitió identificar la función de los principales componentes: la celulosa como armazón estructural (Figura 6), la pectina como matriz cohesiva (Figura 7) y el ácido cítrico como agente reticulante y catalizador de degradación (Figura 8).

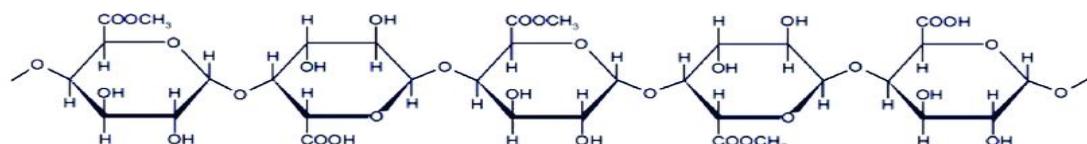
**Figura 6**

*Estructura molecular de la celulosa*



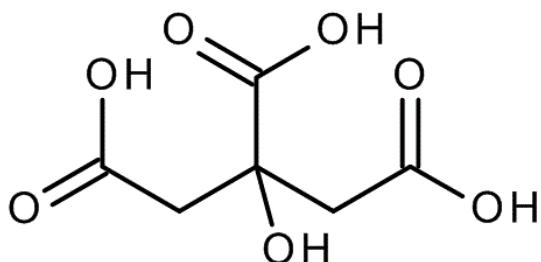
*Nota:* Tomado de Molina, A., & Flórez-Castillo, J. M. (2020).

**Figura 7**  
*Estructura molecular de la pectina*



Nota: Tomado de Castiblanco, O., & Yáñez, F. (2020).

**Figura 8**  
*Estructura molecular del ácido cítrico*



Nota: Tomado de Sigma-Aldrich (2025).

## Discusión de resultados

La neutralidad organoléptica observada en las muestras, se atribuye al origen natural y al pretratamiento de las cáscaras, validando la hipótesis de que un material elaborado a partir de pectina y celulosa provenientes de residuos agroalimentarios puede reemplazar al plástico convencional.

La notable funcionalidad y la posterior degradabilidad del bioplástico pueden explicarse a nivel molecular por la interacción entre celulosa, pectina y ácido cítrico. Los grupos carboxilo (-COOH) del ácido cítrico reaccionan con los grupos hidroxilo (-OH) de las cadenas de celulosa y pectina, formando enlaces éster intra e intermoleculares. Esta reticulación genera una matriz tridimensional más compacta y resistente, que contribuye a la estabilidad estructural inicial del bioplástico.

Sin embargo, a mayores concentraciones y en presencia de agua, el ácido cítrico actúa como catalizador ácido de la hidrólisis. Los protones liberados atacan los enlaces glucosídicos y glicosídicos, dividiendo las largas cadenas poliméricas en fragmentos más pequeños, más solubles y accesibles para la acción microbiana. Este patrón explica la rápida degradación observada en las Muestras 2 y 3.

Los resultados contrastan favorablemente con estudios previos, como los de Seraqué et al. (2020) y Chinchayhuara & Quispe (2018), quienes reportaron que los bioplásticos basados en almidón requerían períodos más prolongados o la adición de plastificantes para alcanzar tasas de degradación similares. El hecho de que la Muestra 3 perdiera casi

dos tercios de su masa inicial en solo una semana demuestra el potencial superior del sistema pectocelulósico de la cáscara de mango para una rápida biodegradación.

La observación cualitativa de crecimiento fúngico y el cambio de coloración del agua confirman que el bioplástico es metabólicamente accesible para los microorganismos, validando que el material no es recalcitrante y se integra al ciclo natural de degradación.

El éxito de este desarrollo radica en el cumplimiento de los dos pilares de sostenibilidad planteados en la introducción:

- **Renovabilidad:** Uso de un desecho agroindustrial (cáscara de mango), promoviendo la economía circular.
- **Biodegradabilidad:** Obtención de un producto con vida útil programada, capaz de degradarse en días o semanas en lugar de siglos.

Finalmente, aunque los ensayos se realizaron en condiciones controladas de laboratorio, se recomienda ampliar la evaluación a escenarios reales de uso y disposición final, incluyendo ambientes de compostaje y aguas residuales. Asimismo, la caracterización mecánica, resistencia a la tracción, flexión y permeabilidad, permitirá establecer parámetros comparativos más robustos frente a materiales comerciales.

## Conclusiones

A partir de la investigación realizada y de la discusión de resultados, se establecen las siguientes conclusiones:

El bioplástico optimizado (Muestra N.º 3) alcanzó un desempeño ambiental destacado, con una pérdida de masa del 61.67 % en solo siete días de inmersión en medio acuoso, evidenciando un proceso de hidrólisis acelerada y rápida reintegración al ciclo biológico. Este hallazgo constituye el aporte más relevante de la investigación.

Se validó la eficiencia de la cáscara de mango (*Mangifera indica*) como fuente viable y sostenible de biopolímeros (pectina y celulosa) para la elaboración de pitillos biodegradables.

Los pitillos obtenidos demostraron estabilidad estructural en diferentes medios acuosos y neutralidad organoléptica (sabor y olor neutros), confirmando su aptitud para aplicaciones de contacto alimentario como sustituto del plástico convencional.

El análisis de biodegradabilidad determinó que la Muestra N.º 3, con mayor concentración de ácido cítrico como agente reticulante, fue la formulación óptima.

El estudio cumplió con los principios de la química verde y la economía circular, al transformar un residuo agroindustrial en un producto funcional de alto valor, ofreciendo una solución tecnológica local al problema de los plásticos de un solo uso.

## Recomendaciones para futuras investigaciones

Explorar la variación de otros agentes reticulantes naturales (por ejemplo, ácido málico) para mejorar la estabilidad mecánica del pitillo sin comprometer la tasa de biodegradación.

Incluir ensayos de tracción y elongación para caracterizar las propiedades mecánicas del material, validando su resistencia frente a pitillos plásticos comerciales.

Realizar pruebas de biodegradabilidad bajo condiciones controladas de compostaje (norma ISO 14855 o similar) con el fin de obtener certificaciones formales de compostabilidad.

## Referencias

- Castiblanco, O., & Yáñez, F. (2020). Estudio comparativo del comportamiento de algunas pectinas comerciales como inhibidores en la formación de hidratos de tetrahidrofurano. *Inventum*, 15(28), 113–127 <https://doi.org/10.26620/uniminuto.inventum.15.28.2020.113-127>
- Chinchayhuara, R., & Quispe, R. (2018). *Elaboración de bioplásticos con residuos orgánicos a base de cáscara de plátano y mango para reducir la contaminación por el uso de plásticos sintéticos en Trujillo - 2018-I* [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. <https://surl.li/novmoh>
- Kant, K. (2023). Mango peel processing: A way of nutrient feeding. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/373048261\\_MANGO\\_PEEL\\_PROCESSING\\_A WAY\\_OF\\_NUTRIENT\\_FEEDING](https://www.researchgate.net/publication/373048261_MANGO_PEEL_PROCESSING_A WAY_OF_NUTRIENT_FEEDING)
- Lackner, M. (2015). Bioplásticos: Plásticos de base biológica como alternativas renovables y/o biodegradables a los petroplásticos. *Semantic Scholar*. <https://doi.org/10.1002/0471238961.koe00006>
- Molina, A., & Flórez-Castillo, J. M. (2020). Biopolímeros como sistemas de bioencapsulación. *ResearchGate*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.19521.17767/1>
- Rubiano-Charry, K. D., Ciro-Velásquez, H. J., & Aristizabal-Torres, I. D. (2019). Aprovechamiento de los subproductos del mango como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de rollos comestibles. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(2), e1078. <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n2.2019.1078>
- Sernaqué Auccahuasi, F.A., Huamán Mogollón, Pecho Chipa, H.& Chacón Chacón, M.E. (2020). Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*. *Centro Agrícola*, 47(4), 22-31. Epub 01 de octubre de 2020. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0253-57852020000400022&lng=es&tIlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000400022&lng=es&tIlng=es).
- Sigma-Aldrich. (2025). Ácido cítrico: Cristales de grado reactivo ACS, ≥99,5 %. <https://www.sigmaaldrich.com/VE/en/product/sial/251275#product-documentation>
- Zhang, S., Fu, Q., Li, H., Wu, P., Waterhouse, G., Li, Y., & Ai, S. (2023). A pectocellulosic bioplastic from fruit processing waste: Robust, biodegradable, and recyclable. *Chemical Engineering Journal*, (463), 142-452. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2023.142452>