

Producción de bioplásticos sostenibles a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca (Manihot esculenta)

Production of sustainable bioplastics from yucca and pulp flour (Manihot esculenta)

Para citar este trabajo:

Quintanilla, M., Rosado, G., y Arias, M., (2024) Producción de bioplásticos sostenibles a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca (*Manihot esculenta*). *Reincisol*, 3(6), pp. 819-836. [https://doi.org/10.59282/reincisol.V3\(6\)819-836](https://doi.org/10.59282/reincisol.V3(6)819-836)

Autores:

Mónica Paola Quintanilla Villacis

Instituto Superior Tecnológico Tsa´chila

Ciudad: Santo Domingo, País: Ecuador

Correo Institucional: monicaquintanillavillacis@tsachila.edu.ec

Orcid <https://orcid.org/0009-0005-9421-3465>

Gissela Ximena Rosado Zambrano

Instituto Superior Tecnológico Tsa´chila

Ciudad: Santo Domingo, País: Ecuador

Correo Institucional: gisselarosadozambrano@tsachila.edu.ec

Orcid <https://orcid.org/0009-0004-1497-6520>

Miguel Angel Arias Jara

Instituto Superior Tecnológico Tsa´chila

Ciudad: Santo Domingo, País: Ecuador

Correo Institucional: miguelarias@tsachila.edu.ec

Orcid <https://orcid.org/0000-0002-8212-3228>

RECIBIDO: 15 junio 2024

ACEPTADO: 13 julio 2024

PUBLICADO: 12 agosto 2024

Resumen

El presente trabajo de titulación abordó el problema de la contaminación plástica mediante la evaluación de un bioplástico derivado de la harina de cáscara y pulpa de yuca (*Manihot esculenta*). El objetivo general fue evaluar las propiedades del material bioplástico obtenido. Específicamente, se caracterizaron las propiedades fisicoquímicas de la harina de cáscara de yuca, se elaboraron películas bioplásticas y se determinaron sus propiedades físicas, químicas y mecánicas. Se empleó una metodología experimental que incluyó el diseño de mezclas con variaciones en las proporciones de cáscara, pulpa de yuca, almidón, agua y glicerina, así como diferentes temperaturas de secado. Los resultados mostraron que cinco formulaciones lograron formar películas bioplásticas, destacando F4 por su alta absorción de agua y biodegradabilidad, y F3 por su menor biodegradabilidad. La elasticidad varió significativamente, siendo F3 y F5 las más elásticas. Las pruebas de absorción en agua, espesor y elasticidad evidenciaron la influencia de las formulaciones en las propiedades del bioplástico. En conclusión, las variaciones en la composición y condiciones de procesamiento afectan notablemente las propiedades del bioplástico, demostrando la importancia de optimizar estos parámetros para producir materiales sostenibles y adecuados para diversas aplicaciones.

Palabras clave: Cáscara de yuca; bioplástico; propiedades fisicoquímicas; elasticidad; biodegradabilidad.

Abstract

The present thesis work addressed the problem of plastic pollution by evaluating a bioplastic derived from cassava (*Manihot esculenta*) peel and pulp flour. The general objective was to evaluate the properties of the obtained bioplastic material. Specifically, the physicochemical properties of cassava peel flour were characterized, bioplastic films were produced, and their physical, chemical, and mechanical properties were determined. An experimental methodology was employed, which included a mixture design with variations in the proportions of peel, cassava pulp, starch, water, and glycerin, as well as different drying temperatures. The results showed that five formulations successfully formed bioplastic films, with F4 standing out for its high water absorption and biodegradability, and F3 for its lower biodegradability. Elasticity varied significantly, with F3 and F5 being the most elastic. Water absorption, thickness, and elasticity tests evidenced the influence of the formulations on the properties of the bioplastic. In conclusion, variations in composition and processing conditions significantly affect the properties of the bioplastic, demonstrating the importance of optimizing these parameters to produce sustainable materials suitable for various applications.

Keywords: Cassava peel; Bioplastic; physicochemical properties; elasticity; biodegradability.

En las últimas décadas, la creciente preocupación por los impactos ambientales de los plásticos derivados del petróleo ha impulsado el interés en la producción de bioplásticos sostenibles. Estos materiales, elaborados a partir de fuentes renovables, representan una alternativa prometedora para mitigar la crisis ambiental desencadenada por el uso excesivo de plásticos convencionales. En este contexto, la yuca (*Manihot esculenta*), un tubérculo ampliamente cultivado en Ecuador, ha emergido como una materia prima valiosa para la producción de bioplásticos debido a su alto contenido de almidón y su disponibilidad en grandes cantidades (Riera, Maldonado, & Palma, 2018).

En Ecuador, la yuca es cultivada en diversas provincias, como Morona Santiago, Pastaza, Imbabura, Santo Domingo de los Tsáchilas, Manabí y Los Ríos. En 2020, el país contaba con una superficie sembrada de 15,412 hectáreas y una producción de 64,273 toneladas, destacando su relevancia en la agricultura local (ESPAC, 2020). Sin embargo, el procesamiento de la yuca para fines alimentarios genera grandes cantidades de subproductos, como la cáscara, que a menudo son desechados. Este residuo presenta desafíos ambientales, como la contaminación del suelo y el agua y la emisión de gases de efecto invernadero (Villada, Acosta, & Velasco, 2018).

Aprovechar estos subproductos para la fabricación de bioplásticos no solo ofrece una solución para la gestión de residuos, sino que también contribuye a la economía circular. La harina de cáscara y pulpa de yuca, abundante y de bajo costo, tiene el potencial de ser utilizada en la producción de bioplásticos biodegradables, ofreciendo una alternativa más sostenible en comparación con los plásticos tradicionales (Cabrera, Arguello, & Orellana, 2023). Estos bioplásticos tienen la ventaja de descomponerse en componentes naturales en un período relativamente corto, reduciendo así la acumulación de desechos plásticos en el medio ambiente (Encalada, 2021).

En un contexto global donde se estima que la producción de plásticos alcanzará más de 359 millones de toneladas al año para 2030 (WWF, 2022), y dada la creciente preocupación por la contaminación ambiental causada por los plásticos

convencionales (Mori, 2022), esta investigación se justifica por su potencial para reducir el impacto ambiental y promover una economía más sostenible.

El presente estudio tuvo como objetivo principal investigar y desarrollar un proceso eficiente y sostenible para la producción de bioplásticos a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca. Se evaluaron las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los bioplásticos obtenidos y su biodegradabilidad.

MATERIALES Y METODOS

La investigación se realizó en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas, en el cantón Santo Domingo, en el laboratorio de química y la planta de procesamiento de alimentos del Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila. El proyecto tuvo una duración de cuatro meses.

Se empleó un enfoque mixto: el cualitativo permitió explorar alternativas para abordar problemas detectados, mientras que el cuantitativo se centró en desarrollar y analizar formulaciones para bioplásticos sostenibles a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca (*Manihot esculenta*).

La investigación incluyó una modalidad documental, que revisó literatura científica y estudios previos para construir un marco teórico sólido, y una modalidad experimental, que manipuló variables para desarrollar y caracterizar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los bioplásticos.

Se examinaron a fondo las características de la producción de bioplásticos a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca y se describió detalladamente el proceso y las propiedades de los bioplásticos obtenidos. Se emplearon técnicas de laboratorio para análisis fisicoquímicos y mecánicos, y se utilizó una ficha de observación para recolectar datos durante los análisis.

Tabla 1. Población y muestra de la investigación

Aspecto	Descripción
Población	Todas las láminas de bioplástico obtenidas a partir de las distintas formulaciones del diseño de mezclas.
Muestra	Láminas de bioplástico que cumplieron con las características físicas requeridas.

Proceso de selección	Selección rigurosa de las muestras asegurando homogeneidad. Se utilizaron yucas del tipo <i>Manihot esculenta</i> , adquiridas en el cantón Santo Domingo.
Materia prima	Yuca alcanzó la madurez fisiológica comercial antes de ser utilizada.

Nota. La elección de yucas en su madurez fisiológica comercial garantiza la calidad y homogeneidad de la materia prima, contribuyendo a la consistencia y fiabilidad de los resultados experimentales.

Tabla 2. Operacionalización de variables independientes.

VARIABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES	INSTRUMENTO
FORMULACIÓN	% de harina de yuca + % de harina de cáscara de yuca + % glicerina	Balanza analítica

Tabla 3. Operacionalización de variables dependientes.

VARIABLES DEPENDIENTES	INDICADORES	INSTRUMENTO
Análisis fisicoquímico del bioplástico	Espesor	Calibrador-micrómetro
	Índice de solubilidad en agua	Balanza analítica
Análisis mecánico	Elasticidad	Metro
Análisis de biodegradabilidad	Pérdida de peso(%)	Balanza analítica

Diseño experimental

Se aplicó un diseño de mezclas para evaluar distintas formulaciones de bioplásticos a partir de cáscara y pulpa de yuca, considerando variaciones en los ingredientes y parámetros de procesamiento. Luego, se realizó un análisis de textura y resistencia para seleccionar las 5 mejores formulaciones entre las 20 propuestas. Finalmente, se utilizó un diseño experimental completamente al azar (DCA) con 5 tratamientos y 3 repeticiones para validar estas formulaciones seleccionadas, optimizando así el rendimiento y las propiedades finales de los bioplásticos.

Tabla 4. Planteamiento del diseño experimental

Fuentes de variables	Grados de libertad
Tratamientos	5
Repeticiones	3
Unidades experimentales	15

Nota. La cantidad de unidades experimental analizadas aseguraron una adecuada cobertura y robustez en el análisis de las propiedades y rendimiento de los bioplásticos obtenidos.

Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración del bioplástico.

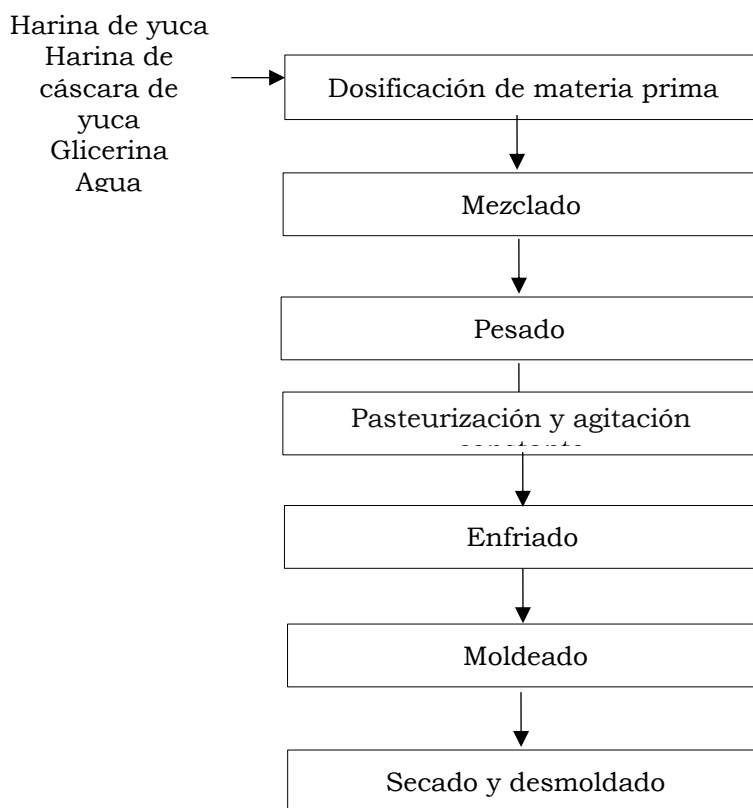


Tabla 5. Recolección de datos

Tipo de análisis	Descripción	Método y parámetros
Harina de pulpa y cáscara de yuca	Análisis físico-químico: Evaluación de granulometría, carbohidratos, proteínas, cenizas, humedad y almidón.	Realizado en laboratorio externo certificado utilizando métodos estándar.
Películas bioplásticas	Espesor: Medida del grosor de las películas. Absorción en agua: Cantidad de película disuelta en agua.	Usando calibrador o micrómetro especializado. Se midió el peso del material disuelto y se calculó el Índice de Solubilidad en Agua (ISA).

Elasticidad: Evaluación de la respuesta a la tracción.

Se midió la deformación de la muestra bajo carga, calculando la diferencia de longitud.

Biodegradabilidad: Capacidad de degradación en condiciones ambientales.

Se realizó pruebas en suelo, agua o aire durante 30 días.

Nota. Estos datos son esenciales para asegurar que los bioplásticos cumplen con los estándares de rendimiento y sostenibilidad, proporcionando información valiosa para la optimización y el desarrollo de materiales más eficientes y respetuosos con el medio ambiente.

RESULTADOS

Análisis fisicoquímico de la harina de cáscara de yuca

Los resultados de la caracterización de la harina de cáscara de yuca se muestran en la Tabla 6, proporcionando información de gran importancia sobre sus propiedades físicas y químicas.

Tabla 6. Análisis de la harina de cáscara de yuca

PARÁMETRO	UNIDAD	MÉTODOS	± Incertidumbre relativa (k=2)	ESPECIAL AL-016-24
Humedad*	%	PEE 100. NTE INEN-ISO 6496:1999, 1era Ed, 2015.	NA	9.17
Ceniza*	%	PEE 101. AOAC 923.03 Ed. 21, 2019 /, Gravimetría	NA	6.64
Proteína (F: 6,25)*	%	PEE 103. AOAC 2001.11 Ed. 21. 2019	NA	5.36
Fibra cruda*	%	INEN 552:2013	NA	15.57

Nota. Estos análisis son fundamentales para evaluar la calidad y características de la harina de cáscara de yuca, influyendo directamente en la formulación y el rendimiento de los bioplásticos producidos.

Análisis preliminar del diseño de mezclas

La Tabla 7 muestra los detalles de cinco formulaciones específicas seleccionadas después de un análisis preliminar que examinó 20 combinaciones diferentes de

ingredientes, incluyendo harina de cáscara y pulpa de yuca, además de agua, glicerina y diversas temperaturas.

Tabla 7. Mejores formulaciones para la obtención de bioplástico

Formulación	Cáscara de Yuca (%)	Pulpa de Yuca (%)	Almidón(g)	Agua (ml)	Glicerina (ml)	Temperatura(°C)
F1	25	75	2	97	1	30
F2	50	50	2	97	1	30
F3	75	25	6	97	2	35
F4	50	50	5	93	2	30
F5	75	25	6	92	2	35

Nota. Estas variaciones reflejan un enfoque sistemático para identificar las condiciones óptimas que maximizan la calidad y propiedades del bioplástico, demostrando la influencia crucial de estos factores en la textura y resistencia.

Las formulaciones varían en la proporción de cáscara y pulpa de yuca, desde una mayor proporción de pulpa en F1 (75%) y F2 (50%) hasta una mayor proporción de cáscara en F3 y F5 (75%), mientras que F4 mantiene una proporción equilibrada (50%). La cantidad de almidón también varía, con 2 g en F1 y F2, 6 g en F3 y F5, y 5 g en F4. Las cantidades de agua y glicerina son relativamente constantes, con la mayoría utilizando 97 ml de agua y 1-2 ml de glicerina, aunque F4 usa menos agua (93 ml). Las temperaturas de secado son mayormente de 30°C, salvo en F3 y F5 que utilizan 35°C.

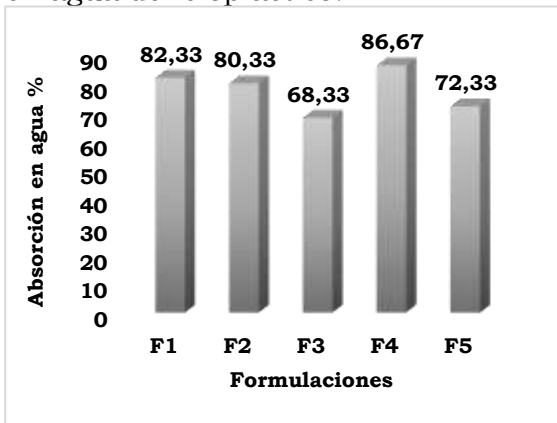
Caracterización del bioplástico

A continuación, se presentan los resultados del análisis del espesor, elasticidad, capacidad de absorción de agua y biodegradabilidad de las formulaciones obtenidas a partir de harina de cáscara y pulpa de yuca. Estos análisis fueron esenciales para optimizar las condiciones de producción y asegurar que el bioplástico cumpla con los estándares de calidad y sostenibilidad requeridos.

Figura 1. Resultados de la absorción

Figura 2. Resultados del espesor del

en agua del bioplástico.



bioplástico

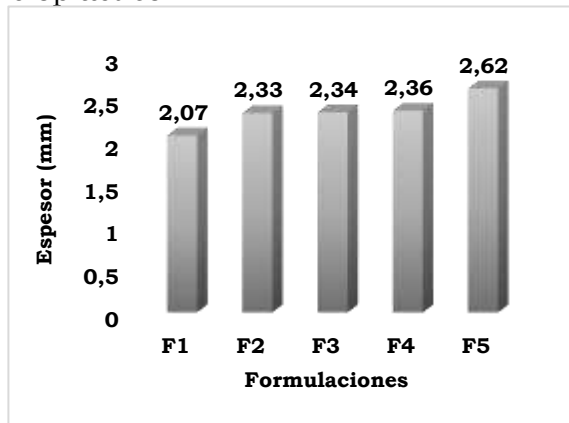
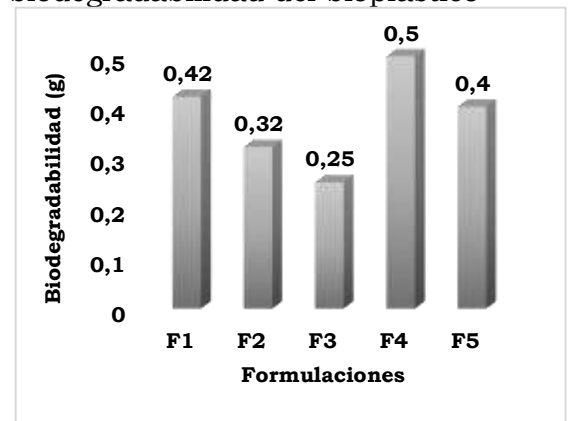
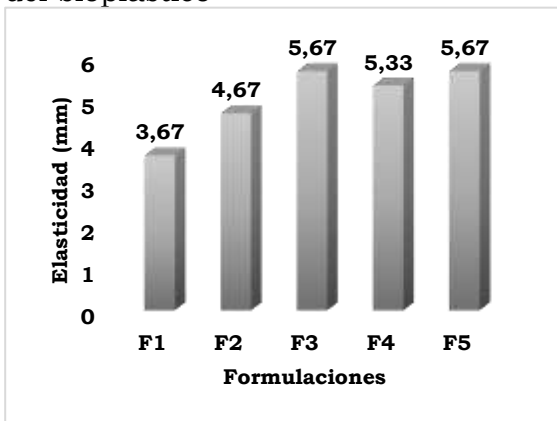


Figura 3. Resultados de la elasticidad del bioplástico

Figura 4. Resultados de la biodegradabilidad del bioplástico



Absorción en agua

El resultado del ADEVA del porcentaje de absorción en agua, muestra diferencias estadísticas significativas para la formulación (p -valor 0.0045), lo que indica que las diferentes formulaciones de bioplástico a partir de cáscara y pulpa de yuca tienen un impacto significativo en el porcentaje de absorción en agua, evidenciando una notable variabilidad entre las formulaciones. Sin embargo, la repetición no es significativa (p -valor 0.1557), sugiriendo que las variaciones observadas en el porcentaje de absorción en agua no se deben a diferencias entre repeticiones, por lo tanto, se destaca la relevancia de las diferencias observadas entre las formulaciones ($p < 0.05$).

Espesor

Según el resultado del ADEVA del espesor del bioplástico, mostro diferencias estadísticas significativas para la formulación ($p < 0.05$), lo que indica que las diferentes formulaciones de bioplástico a partir de cáscara y pulpa de yuca tienen un impacto significativo en el espesor del bioplástico, evidenciando una notable variabilidad entre las formulaciones. Sin embargo, la repetición no es significativa ($p < 0.05$), sugiriendo que las variaciones observadas en el espesor no se deben a diferencias entre repeticiones.

Elasticidad

El resultado del ADEVA de la elasticidad del bioplástico, demostró diferencias estadísticas altamente significativas tanto para la formulación ($p < 0.05$) como para la repetición ($p < 0.05$). Esto indica que las diferentes formulaciones de bioplástico a partir de cáscara y pulpa de yuca tienen un impacto significativo en la elasticidad, evidenciando una notable variabilidad entre las formulaciones. Asimismo, la repetición también es altamente significativa, lo que sugiere que las variaciones observadas en la elasticidad se deben a diferencias entre las repeticiones, indicando consistencia y reproducibilidad en los resultados.

Biodegradabilidad

Respecto al resultado del ADEVA de la biodegradabilidad del bioplástico, mostro diferencias estadísticas significativas para la formulación ($p < 0.05$), lo que indica que las diferentes formulaciones de bioplástico a partir de cáscara y pulpa de yuca tienen un impacto significativo en la biodegradabilidad, evidenciando una notable variabilidad entre las formulaciones. Sin embargo, la repetición no es significativa ($p < 0.05$), sugiriendo que las variaciones observadas en la biodegradabilidad no se deben a diferencias entre repeticiones.

La capacidad de absorción de agua de las formulaciones de bioplástico varió significativamente según los resultados obtenidos mediante la prueba de Tukey (0.05). La formulación F4 mostró la mayor absorción con un 86.67%, mientras que la formulación F3 tuvo la menor absorción con un 68.33%. Estas variaciones pueden atribuirse a las diferencias en la proporción de cáscara y pulpa de yuca, así como a las cantidades de almidón, agua, glicerina y la temperatura de procesamiento. Comparativamente, el estudio de Jara (2023) informó una solubilidad en agua del 77.05% y 80.23% para biopelículas de *Alocasia macrorrhiza*, lo que subraya la alta capacidad de absorción del termoplástico obtenido en este estudio.

En cuanto al espesor de las formulaciones, la prueba de Tukey (0.05) reveló que la formulación F1 presentó un espesor significativamente menor (2.07 mm) en comparación con las demás, que varían entre 2.33 mm y 2.62 mm. Estas diferencias en espesor son estadísticamente significativas y sugieren que la composición de F1 resulta en un bioplástico más delgado. Comparando estos resultados con el estudio de Yautibug (2021), se observó que los espesores obtenidos están dentro del rango aceptable según la norma INEN 2637:2006, que permite un espesor de hasta 2 mm.

La elasticidad de las formulaciones también varió significativamente, con F1 mostrando la menor elasticidad (3.67), mientras que F3 y F5 presentaron la mayor elasticidad (5.67), según la prueba de Tukey (0.05). Estos resultados concuerdan con la literatura revisada, donde Martínez et al. (2021) observaron una mayor elasticidad en bioplásticos elaborados con almidón de cáscara de yuca, atribuyendo esta propiedad al alto contenido de amilosa y amilopectina en el almidón utilizado.

Finalmente, la biodegradabilidad de las formulaciones mostró diferencias notables, con F4 destacándose por su alta biodegradabilidad (0.5) y F3 presentando la menor (0.25). Estas variaciones indican que la composición y el proceso de producción influyen en la capacidad del bioplástico para degradarse. La formulación F4, con la mayor biodegradabilidad, es adecuada para aplicaciones que requieren una rápida degradación, mientras que F3 sería más apropiada para usos que demanden mayor durabilidad. Estos resultados cumplen con la norma europea EN 13432,

que exige una biodegradabilidad del 90% en un máximo de seis meses, observándose que en un lapso de 30 días el bioplástico perdió peso, lo que indica su capacidad de biodegradarse eficazmente.

CONCLUSIÓN

La caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de yuca (*Manihot esculenta*) revela que posee un contenido de humedad adecuado para el almacenamiento, un nivel de proteínas del 5.36%, un alto contenido de ceniza (6.64%), y una notable proporción de fibra cruda (15.57%). La caracterización fisicoquímica de la harina de cáscara de yuca proporciona una base sólida para el desarrollo y la optimización de bioplásticos, asegurando que el material resultante tenga las propiedades adecuadas para su aplicación específica y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental.

De las 20 formulaciones evaluadas, solo cinco (F4, F7, F8, F12 y F17) lograron formar películas bioplásticas, destacando la influencia de la proporción de cáscara y pulpa de yuca, junto con la cantidad de almidón, agua, glicerina y la temperatura de secado.

La formulación F4 mostró la mayor absorción de agua y biodegradabilidad, mientras que F1 fue la más delgada y F3 la menos biodegradable. La elasticidad varió significativamente, destacando F3 y F5 como las más elásticas. Estos resultados subrayan la importancia de optimizar las proporciones de ingredientes y condiciones de procesamiento para producir bioplásticos sostenibles y adecuados para diversas aplicaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarado, G., & Cornejo, F. (2009). Obtención de harina de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la alimentación de celíacos. *ESPOL*, <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/6391>.
- Amaya, J. (2019). Estudio de la dosificación del almidón extraído del banano en un polímero de tipo termoplástico. *Revista Colombiana de Química*, 48, 43-51. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim.v48n1.74469>

- Briones, S., & Riera, M. (2020). Residuos de la cáscara de yuca y cera de abejas como potenciales materiales de partida para la producción de bioplásticos. *Avances en Química*, 15(1), 3-11 .
- Buitrago, J. (1990). La yuca en la alimentación animal. Cali. *CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical)*, pp. 25-33. ISBN 978-958-9183-10-6. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/54118>.
- Cabrera, M. J., Arguello, J., & Orellana, K. (2023). Alternativas agroindustriales de los tubérculos de la parroquia Rosa Zárate. *Revista Ciencia y Tecnología*, 16(1), 67-76. <https://doi.org/10.18779/cyt.v16i1.620>.
- Chimbo, M. (2021). Producción de plástico biodegradable para el uso en alimentos a partir del almidón de residuos de yuca (manihot esculenta)". *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*, <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14783/1/236T0544.pdf>.
- Cruz, H. d. (2002). Taxonomía y morfología de la yuca. *La yuca en el tercer milenio*, 16-31.
- Encalada, M. (2021). Producción de plástico biodegradable para el uso en alimentos a partir del almidón de residuos de yuca (Manihot esculenta). *Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba*.
- ESPAC. (2020). ESPAC (Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua). *Superficie y producción del cultivo de yuca. INEC. Ecuador.* , 59 p.
- ESPAC. (2021). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. 2020.
- Espinoza, F. (Febrero de 2017). *El poder de la yuca*. Obtenido de <https://elpoderdelconsumidor.org/2017/02/el-poder-de-la-yuca/>
- Flores, V. (2018). "Aprovechamiento de la cáscara residual de la Musa balbisiana para la obtención de bioplástico en el Mercado APECOLIC - Comas . *Universidad César Vallejo*.
- García, G. (2020). Extracción de almidón de malanga blanca, una alternativa socioambiental para la producción de bases poliméricas biodegradables. . *ConcienciaDigital*, vol. 3, no. 3, pp. 6-26. ISSN 0317-8471, 0317-8471. DOI 10.33262/concienciadigital.v3i3.1263.

- Guadalupe, L. (2016). Obtención de termoplásticos a partir de plumas de pollo. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, vol. 1, no. 2, pp. 69-72. ISSN 1390-7042. DOI 10.29166/revfig.v1i2.889.
- Heredia, H. (2019). Extracción de almidón a partir de residuos orgánicos para la fabricación de utensilios biodegradables. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 24(4), 233–244. <https://doi.org/10.1145/1390630.1390641>.
- Hernández, K. (2013). Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables. *MÉXICO D.F.: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO*. , Disponible en: ru.dgb.unam.mx.
- HOWATT, & CUADRA. (2014). *Almidón*. . Books Abroad: ISSN 00067431. DOI: 10.2307/40088581.
- Iglesias, P., & Delgado, R. (2018). Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz). . vol. 1, pp. 56. ISBN: 978-9942-24-113-9. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12538> .
- IICA. (2020). Manejo agronómico del cultivo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). San José, INTA . *IICA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología)*. , 59.
- López, Á., Rivas, J., Loaiza, M., & Sabino, M. (2010). Degradación de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de conchas de Camarón (*L.vannamei*). . *Revista de la Facultad de Ingeniería*.
- López, Í. (2023). Estado actual del uso de bioplásticos con aplicaciones industriales. *Universidad Politécnica de Cartagena*.
- Martínez, R. (2019). Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad -. *Proyecto de laboratorio Elaboration. Revista del Instituto de Investigación*.
- Mori, G. (2022). Abordando la contaminación plástica: análisis y perspectivas del inicio de las negociaciones hacia un acuerdo global vinculante. . *Política Internacional*, (131), 46-65.
- Muñoz, S. (2020). Residuos de la cáscara de yuca y cera de abejas como potenciales materiales de partida para la producción de bioplásticos. . *Avances en Química*, , vol. 15, no. 1, pp. 3-11. .

- Ospina, B., & Gallego, S. (2018). Potencial del uso de trozos secos de yuca en la producción de harina refinada. *Agorsavia*, <https://editorial.agrosavia.co/index.php/publicaciones/catalog>.
- Pizá, H., Rolando, S., plátanorez, C., Villanueva, S., & Zapata, A. (2019). Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chifleras de PIURA, PERÚ. *Universidad de Pirhua*.
- Pondja, E., Persson, K. M., & Matsinhe, N. (2017). The Potential Use of Cassava Peel for Treatment of Mine Water in Mozambique. *Journal of Environmental Protection*, 8, 277-289. doi: 10.4236/jep.2017.83021.
- Prado, Y. (2022). Análisis De Los Tiempos De Degradación De Productos Alternativos A Los Plásticos De Un Solo Uso En Medio Terrestre. (*Doctoral dissertation, Ecuador-PUCESE-Escuela de Gestión Ambiental*).
- Quintana, D. (2021). OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA YUCA AMARILLA (*Manihot esculenta*) Y ACEITE ESENCIAL DE HIERBA LUISA (*Cymbopogon citratus*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS. *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO*.
- Riera, M. A.-C. (2021). Estimación de la entalpía de gelatinización en una mezcla de almidón termoplástico. *Prisma Tecnológico*, 12(1), Article 1. <https://doi.org/10.33412/pri.v12.1.2864>.
- Riera, M., Maldonado, S., & Palma, R. (2018). Residuos agroindustriales generados en Ecuador para la elaboración de bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3), 227-247. <https://doi.org/10.22320/S07179103/2018.13>.
- Rosales, J. (1996). Uso de la cascara de yuca en raciones para cerdos en crecimiento. *FOLIA AMAZONICA*, VOL. 8(2).
- Saac, K. (2023). Manejo agronómico del cultivo de yuca (*Manihot esculenta*), en el Ecuador. *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS*, 18.
- Salgado, R. (2019). Análisis de las Curvas de Gelatinización de Almidones Nativos de tres Especies de Ñame: Criollo (*Dioscorea alata*), Espino (*Dioscorea rotundata*) y Diamante 22. *Información Tecnológica*, ISSN 0718-0764 Inf. tecnol. vol.30 no.4 <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000400093>.

- Tejada, C., & Mondiel, Z. (2015). Aprovechamiento de Cáscaras de Yuca y Ñame para el Tratamiento de Aguas Residuales Contaminadas con Pb(II). *Información Tecnológica*, Vol. 27(1), 9-20 (2016) doi: 10.4067/S0718-07642016000100003.
- Velastegui, R. (2019). El cultivo de la yuca en el Ecuador (Primera). . Quito: *Fundagro - INIAP - CIAT.* , 48 p.
- Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2018). Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables. *Información Tecnológica.*, 19(2): 3-14. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642008000200002>.
- WWF. (2022). Fondo Mundial para la Naturaleza. *HACIA UN TRATADO PARA DETENER LA CONTAMINACIÓN POR PLÁSTICOS REGLAS GLOBALES PARA RESOLVER UN PROBLEMA GLOBAL*, https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/hacia_un_tratado_para_detener_la_contaminacion_por_plasticos_reporte_final.pdf.
- Yautibug, M. G. (2021). Elaboración y caracterización de bioplásticos a partir de cáscaras de yuca (Manihot esculenta) para la envoltura de alimentos . *Proyecto de Investigación Presentado para optar al grado académico de Química ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO* .

Conflicto de intereses

Los autores indican que esta investigación no tiene conflicto de intereses y, por tanto, acepta las normativas de la publicación en esta revista.

Con certificación de:

