

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DEL ALMIDÓN “MANIHOT”

¹Natalia Eugenia Sánchez Chi, 20470324@campeche.tecnm.mx

²Katherine Anielka May Colli, 21470133@campeche.tecnm.mx

³Bernardo Abisai Hernández Uc, 21470338@campeche.tecnm.mx

⁴Daniela Arceo Camara, daniela.ac@campeche.tecnm.mx

⁵Gabriela Guadalupe Huitz Chan, gabriela.h@campeche.tecnm.mx

RESUMEN

El bioplástico es una alternativa “verde” y sostenible a los plásticos tradicionales. Al igual que el plástico, el bioplástico está formado de polímeros; sin embargo, estos polímeros no son derivados del petróleo, sino de recursos vegetales (renovables), como el almidón y la celulosa de las plantas. Esto permite que los hongos, las bacterias y ciertas algas puedan descomponer los polímeros de manera rápida y su tiempo de vida en el planeta sea más corto. El presente trabajo tuvo como objetivo la obtención de un bioplástico a partir del Almidón de la “Yuca” (Manihot), y la evaluación de las propiedades físicas y químicas del Manihot, como materia prima para la producción de bioplásticos. Para esto se utilizaron los tubérculos de Manihot, los cuales pasaron por dos fases para poder producir el bioplástico, caracterizando el almidón obtenido por técnicas volumétricas. Los resultados obtenidos indican que el Manihot, puede ser una alternativa de materia prima para la producción de bioplásticos y una solución para disminuir la contaminación generada por el uso excesivo de plásticos.

PALABRAS CLAVE

Fertilización
Ozono
Tomate

ABSTRACT

Bioplastic is a “green” and sustainable alternative to traditional plastics. Like plastic, bioplastic is made of polymers; however, these polymers are not derived from petroleum, but from plants (renewable) resource, such as starch and cellulose from plants. This allows fungi, bacteria and certain algae to break down the polymers quickly and have a shorter lifespan on the planet. The purpose of this project is to obtain a bioplastic from the “Yucca” starch (Manihot). The evaluation of the physical and chemical properties of Manihot, as a raw material for the production of bioplastics. For this, Manihot tubers were used, which went through two phases to be able to produce the bioplastic, characterizing the starch obtained by volumetric techniques. The results obtained indicates that Manihot can be an alternative raw material for the production of bioplastics and a solution to reduce the pollution generated by the excessive use of plastics.

KEYWORDS

Fertilization
Ozone
Tomato

¹ TecNM / Instituto Tecnológico de Campeche / Estudiante.

² TecNM / Instituto Tecnológico de Campeche / Estudiante.

³ TecNM / Instituto Tecnológico de Campeche / Estudiante.

⁴ TecNM / Instituto Tecnológico de Campeche / Docente

⁵ TecNM / Instituto Tecnológico de Campeche / Docente

I. INTRODUCCIÓN

El uso del plástico se inició a mediados del siglo XX, su bajo costo y fácil producción ha generado un problema de contaminación ambiental, tomando en cuenta la longevidad de estos productos y su origen no renovable, son considerados ahora como una de las principales fuentes de contaminación (Charro 2015).

Una alternativa, es el reciclaje de los plásticos convencionales, sin embargo, muchos empaques de plásticos no pueden reciclarse fácilmente debido a que están contaminados con alimentos y tintas, así que es necesario limpiarlos previamente lo cual resulta costoso. Teniendo en cuenta los inconvenientes ambientales que causan los materiales obtenidos de fuentes fósiles, por las dificultades que acarrea su disposición final, se ha estimulado la investigación para el desarrollo de nuevos materiales y métodos de producción que permitan generar biopolímeros plastificados que sean biodegradables provenientes de fuentes naturales renovables, y que presenten las mismas propiedades pero que tengan un periodo de degradación más corto, estos son los llamados "bioplásticos", materiales amigables con el medio ambiente cuyos procesos de producción no son tóxicos y permiten aprovechar los desechos (Viviescas, et al 2021). Como menciona Pertuz (2021), los bioplásticos han llegado como una solución para ayudar a reducir tanto las emisiones de dióxido de carbono (CO₂) como el calentamiento global que se ha convertido en una seria preocupación para la sociedad general. Mientras que la producción de plásticos comunes requiere una introducción neta de carbono en la ecósfera, el CO₂ liberado por los bioplásticos originalmente provienen de la biomasa, por lo tanto, es potencialmente de carbono neutral en su ciclo de vida. El mayor foco se ha centrado en el uso del almidón como materia prima, debido a su disponibilidad, sus antecedentes como parte de plásticos compostables, y a que es económicamente competitivo con el petróleo; sin embargo, al no utilizar el petróleo como materia prima genera impactos significativos positivos en la reducción de emisiones de gases que contaminan la atmósfera como el CO₂ y partículas en suspensión, es decir, reduce la huella de carbono y la cantidad de basura acumulada al descomponerse y/o biodegradarse. Este material tiene las mismas propiedades físicas que los plásticos tradicionales y puede usarse en cualquier tipo de producto.

Con el presente trabajo se generó un bioplástico a partir de la yuca "Manihot", el cual es una especie endémica de la región, que puede degradarse en semanas o meses, pero que con los plastificantes y conservadores adecuados se puede llegar a tener la misma resistencia y rigidez del plástico normal (Ossa 2016).

A nivel mundial, regional y local existen trabajos sobre la obtención de biopolímeros a partir de fuentes renovables tanto animales como vegetales, de las cuales se extraen almidón, celulosa, gluten, caseína, colágeno y quitosano (Francisco, et al 2021).

- En la Universidad Carlos III de Madrid, en el Departamento de Ciencia e Ingeniería de Materiales e Ingeniería Química, se ha estudiado la síntesis de un polímero termoplástico biodegradable basado en almidón de patata y diversos plastificantes que se conoce comúnmente con el nombre de TPS
- En la Universidad del Cauca, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias, del Departamento de Agroindustria, se ha estudiado el entendimiento de los conceptos detrás del término almidón termoplástico (TPS), para facilitar el desarrollo de productos biodegradables.

A partir de estos antecedentes, surgió la inquietud de obtener una película de bioplástico a partir del almidón de yuca (Manihot), debido a que este es un biopolímero abundante y de bajo costo, cuya estructura permite la obtención de este biomaterial con bajas propiedades, que bien pueden ser mejoradas con plastificantes y algún conservador.

Polímeros.

El plástico es un polímero que se caracteriza por poseer propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlo y adaptarlo a diferentes formas y aplicaciones por medio de extrusión, moldeo o hilado. Las moléculas pueden ser de origen natural, por ejemplo: la celulosa, la cera y el caucho natural (hule) o sintéticas, como el polietileno y el nylon. Los materiales empleados en su fabricación son resinas en forma de bolitas, polvo o disolución que finalmente terminan en productos sólidos (Silva, et al 2009).

Biopolímero

Un biopolímero es un polímero de origen natural que puede ser sintetizado por microorganismos u obtenido directamente de fuentes animales o plantas, básicamente se generan de recursos renovables.

Estos biopolímeros pueden ser asimilados por varias especies (biodegradables) y no tienen efectos tóxicos en el hospedero (biocompatibles) dándoles una gran ventaja con respecto a los polímeros tradicionales.

Los bioplásticos se definen como plásticos que son biobasados, biodegradables, o que reúnen ambas características.

La biodegradación es una forma de degradación, es decir, es la descomposición de un plástico por cualquier causa que altere sus propiedades físicas, químicas y/o mecánicas. Por lo tanto, se define biodegradación como la descomposición de un compuesto químico orgánico por microorganismos en presencia de oxígeno para dar dióxido de carbono, agua, sales minerales de cualquier otro elemento presente (mineralización) y nueva biomasa; o bien en ausencia de oxígeno para dar dióxido de carbono, metano, sales minerales y nueva biomasa.

II. METODOLOGÍA

La muestra de Manihot (raíces) se recolectó en la Ciudad de San Francisco de Campeche (México) entre los meses de febrero y marzo del 2021 y se transportó al laboratorio para eliminar cualquier impureza.

La metodología desarrollada en este estudio está basada en el método experimental, la cual tiene como objetivo estudiar las relaciones de causalidad entre las variables, basándose en la manipulación de una o varias de esas variables (variables independientes).

Se determinó el peso promedio de los tubérculos procesando una submuestra de 507.726g; los cuales se lavaron con agua corriente y se secaron con papel higiénico.

La elaboración del bioplástico con la Yuca (Manihot) es un proceso que consta de dos etapas:

La primera etapa consistió en la extracción del almidón de la yuca (Manihot), por lo que se procedió a la maceración del material biológico (tubérculo de 507.726) con agua destilada y después se llevó a cabo el filtrado, utilizando el papel filtro Whatman No. 4. Obteniendo un residuo de grumos gruesos, los cuales se comprimieron hasta obtener la mayor cantidad de líquido, los grumos restantes se licuaron y se filtraron una vez más. Los extractos obtenidos y filtrados se concentraron en el equipo de decantación a temperatura ambiente, dejándose reposar aproximadamente 4 horas, para eliminar el agua superficial.

Posteriormente el almidón húmedo se colocó en una capsula de porcelana, la cual se llevó a una estufa de secado para eliminar la totalidad del agua a una temperatura de 45°C a 50°C por 24 horas, se realiza a esta temperatura para evitar la degradación térmica del almidón. Al cabo de las 24 horas, se recuperó el almidón seco (polvo), se pesó y se obtuvo 14.340 g.

La segunda etapa fue la elaboración del bioplástico con el almidón de yuca, el cual consistió en realizar una biopelícula.

Para la formación de la biopelícula se mezcló en un vaso de precipitado de 250 ml almidón (16 g de C₆H₁₀O₅), agua destilada (80 ml de), glicerol (6 ml de C₃H₈O₃) y de ácido clorhídrico 0.5 M (2 ml HCl), los ingredientes anteriores se agitaron hasta lograr una mezcla homogénea. Posteriormente, se agregó gota a gota hidróxido de sodio 0.5 M (NaOH) hasta neutralizar la mezcla, una vez neutralizada se le añadió bisulfito de sodio (2.4 ml de Na₂S₂O₅) como conservador y se agitó.

La mezcla anterior se colocó en una parrilla de calentamiento, con la ayuda de una varilla de vidrio se agitó hasta obtener una mezcla con una textura similar a la del engrudo, una vez que tuvo esa consistencia (textura) se retiró del calor. Todos los reactivos químicos empleados en este trabajo fueron grado analítico.

Posteriormente, al bioplástico obtenido se le realizaron ensayos fisicoquímicos cuantitativos y cualitativos de sus principales propiedades:

- 1.- Ensayo de combustión:
- 2.- Ensayo de flexibilidad
- 3.- Ensayo de solubilidad en acetona y agua
- 4.- Ensayo de resistencia al agua

III. RESULTADOS

Extracción del almidón

Se realizó la extracción del almidón con una materia prima inicial y la recuperación del almidón final como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1
Métodos de extracción de almidón.

	(Yuca) Sin Fibra	(Yuca) Con Fibra
Materia prima	507.726 g	553.289 g
Almidón	14.340 g	7.638 g
% de almidón	2.82	1.38

Se encontró que definitivamente la yuca es una materia prima que se puede utilizar para la extracción del almidón; sin embargo haciendo una comparación con la extracción del almidón en la papa, la cantidad de yuca que se necesita es más que la de la papa ya que la yuca es un 60% fibra y un 40% almidón y la papa es un 90% almidón y un 10% de fibra, es por esto que se eligió y se utilizó el método de la licuadora pues la extracción es mayor mientras que el otro método de utilizar la fibra de yuca aunque tenemos más materia prima se obtiene menos almidón (Figura 1 y 2)

Figura 1

Almidón por el método de Licuadora.



Figura 2

Almidón antes del secado.



Pruebas preliminares de biopelículas con la yuca.

Se elaboraron 3 pruebas preliminares con la yuca para determinar la concentración de almidón, glicerol, HCl 0.5 M, agua destilada y del bisulfito de sodio (Na₂S₂O₅). Debido a que no secaban las biopelículas se utilizaron diferentes

tipos de moldes para lograr el secado y el desprendimiento de las biopelículas obtenidas. La primera se elaboró con 4 g de almidón de yuca, 2 mL de glicerol, 0.5 mL de HCl 0.5 M, 20 mL de agua destilada y 0.4 mL de Na₂S₂O₅, se colocó en lámina de metal (molde), en un secador casero con una temperatura a 41°C por 48 horas.

Pasadas las 48 horas se retiró la biopelícula, por el molde que se utilizó fue difícil retirarla y finalmente salió sin forma, rota, transparente y flexible. Por la característica de flexibilidad que tuvo la primera muestra variamos el glicerol en las siguientes 2 pruebas.

La segunda se elaboró con 2 g de almidón de yuca, 1.5 mL de glicerol, 0.25 mL de HCl 0.5 M, 10 mL de agua desti-

lada y 0.2 mL de Na₂S₂O₅, se colocó en papel encerado, en un horno a 45°C por 24 horas. Pasadas las 24 horas la biopelícula obtenida estaba totalmente seca, redonda y flexible pero no se pudo retirar del papel encerado debido a que se había adherido.

Y la tercera se elaboró con 16 g de almidón de yuca, 6 mL de glicerol, 2 mL de HCl 0.5 M, 80 mL de agua destilada, 1.6 mL de Na₂S₂O₅ y 8 g de fibra, esta se colocó en un recipiente de metal, en un horno a 45°C por 24 horas. Pasadas las 24 horas la biopelícula obtenida estaba totalmente seca, delgada, flexible. De acuerdo con el resultado que se obtuvo en la tercera prueba se encontró que las concentraciones para realizar una biopelícula sin fibra de yuca son: por cada 4 g de almidón se requieren 1.5 mL de glicerol, 0.5 mL de HCl 0.5 M, 20 mL de agua destilada y 1.6 mL de Na₂S₂O₅.

Y las concentraciones para elaborar un bioplástico con fibra de yuca son: por cada 4 g de almidón son necesarios 1.5 mL de glicerol, 0.5 mL de HCl 0.5 M, 20 mL de agua destilada, 1.6 mL de Na₂S₂O₅ y 2 g de fibra.

Se elaboraron dos biopelículas la primera con fibra y la segunda sin fibra con las siguientes concentraciones (figura 3 y 4):

- La primera se preparó con 16 g de almidón, 6 mL de glicerol, 2 mL de HCl 0.5 M, 80 mL de agua destilada y 1.6 mL de Na₂S₂O₅.

- La segunda se preparó con 16 g de almidón, 6 mL de glicerol, 2 mL de HCl 0.5 M, 80 mL de agua destilada, 2.4 mL de Na₂S₂O₅ y 8 g de fibra.

Figura 3

Biopelícula sin fibra.

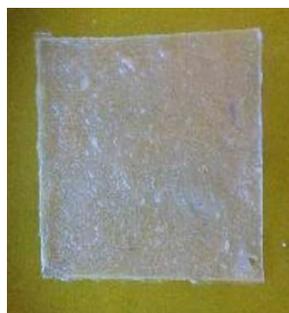


Figura 4

Biopelícula con fibra.



Las dimensiones de la biopelícula sin fibra fueron de 20.3 cm x 10 cm y 1.2 mm de espesor y las de la biopelícula con fibra de 15.5 cm x 15.5 cm y 1 mm de espesor (Figura 3 y 4).

Se tomaron pruebas de las dos biopelículas para realizar pruebas de combustión, flexión, solubilidad en acetona y agua, permanencia de color, fusión, resistencia al agua, los resultados obtenidos y las comparaciones con los tipos de plásticos se muestra a continuación:

1.- Ensayo de combustión.

Las dos biopelículas tuvieron las mismas características en el ensayo de combustión, siendo las mismas similares con los plásticos con los cuáles se compararon excepto el PVC, PA-6 y PC, pero tiene más características similares a los plásticos PEAD, PEBD y PET (Tabla 2).

Tabla 2

Tabla de resultados del ensayo de combustión

Tipo de plástico	Cantidad y color de humo	Color de la llama	Combustibilidad	Tipo de fusión	pH del humo	Olor
Bioplástico sin fibra	Poco blanco	Anaranjado	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Se carboniza	Neutro	Dulzón
Bioplástico con fibra	Poco blanco	Anaranjado	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Se carboniza	Neutro	Dulzón
PEAD	Muy poco blanco	Amarilla, centro azul	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Funde rápido y gotea	Neutro	Vela recién apagada
PEBD	Muy poco blanco	Amarilla, centro azul	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Funde rápido y gotea	Neutro	Vela recién apagada
PP	Sin humo	Amarilla, centro azul	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Funde rápido y gotea	Neutro	Intenso a vela recién apagada
PVC	Bastante blancuzco	Contorno verde	Llama auto extingible	Se ablanda	Acido	Intenso, asfixiante
PS	Negro	Amarilla	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Se vuelve pastoso	Neutro	Gas natural
PA-6	Muy poco blanco	Azulada	Se auto extingue, arde mal	Pocas gotas	Básico	Pelo quemado
POM	Poco humo	Azulada	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Gotea	Neutro	Formol
PET	Humo negro	Amarillo-anaranjado	Continua ardiendo tras quitar el mechero	Gotea	Acido	Dulzón
PC	Negro	Amarilla	Auto extingible con el tiempo	Funde	Acido débil	Papel quemado

Las dos biopelículas tuvieron características de casi todos los tipos de plásticos excepto del PP, POM y PET, pero tiene más características similares a PEAD, el nivel de esfuerzo aplicado para las dos fue alto, a pesar de eso se obtuvo una recuperación completa, las dos tuvieron un comportamiento elástico y la única diferencia es que la biopelícula con fibra no se rompió y la biopelícula sin fibra si hubo una rotura, pero después del doblez 48 (tabla 3).

Tabla 3

De resultados del ensayo de flexibilidad

Tipo de plástico	Flexión		Flexión y Doblatura	Rotura	
	Nivel de esfuerzo	Estado final de la probeta		Rotura en la flexión número	Estado final de la probeta
Bioplástico sin fibra	Alto	Recuperación completa	Recuperación completa	23-48	Doblatura deformada. Comportamiento elástico
Bioplástico con fibra	Alto	Recuperación completa	Recuperación completa	No se rompió	No se deforma
PEAD	Bajo	Recuperación completa	Recuperación grande, $\alpha = 135^\circ$		Doblatura deformada. Comportamiento elástico
PEBD	Bajo	Recuperación casi completa	Zona emblanquecida en 3 mm, $\alpha = 90^\circ$		Deformación grande. Pérdida de espesor
PP	Medio	Recuperación casi completa	Zona emblanquecida,		Zona emblanquecida y pérdida de espesor
PVC	Bajo	Recuperación completa	Recuperación completa		No se deforma
PS	Alto	Rotura antes de tocar extremos		1	
PA-6	Alto	Recuperación completa	Recuperación grande, $\alpha = 135^\circ$		Doblatura casi sin deformación
POM	Alto	Recuperación casi completa	Requiere un gran esfuerzo, $\alpha = 90^\circ$	4-10	Zona ligeramente emblanquecida
PET	Bajo	Recuperación casi completa	Casi plegado, $\alpha = 30^\circ$	30-50	Doblatura, pérdida de espesor
PC	Alto	Recuperación casi completa		4-5	No cambia de color
RF	Alto	Rotura antes de tocar extremos		1	Zona emblanquecida

3.- Ensayo de solubilidad en acetona y agua.

Figura 5

Biopelícula en acetona



Figura 6

Biopelícula en agua



La biopelícula sin fibra no es soluble en acetona ni en agua, únicamente presento hinchamiento siendo mayor en agua (figuras 5 y 6). La biopelícula con fibra presenta flotación en agua y acetona, son solubles en ambas sustancias, pero la velocidad de solubilidad en agua es mayor que en la acetona, no presento hinchamiento (figura 7 y 8).

Figura 5

Biopelícula en acetona



Figura 6

Biopelícula en agua



4.- Ensayo de resistencia al agua

El bioplástico con fibra tuvo una diferencia de 0.76 g e incremento 1 cm a su medida, el bioplástico sin fibra tuvo una diferencia de 0.751 g e incremento 0.5 cm a su medida (Tabla 4). Esto quiere decir que por 0.009 g es más resistente al agua el bioplástico sin fibra (figura 9 y 10).

Figura 9

Bioplástico sin fibra



Figura 10

Bioplástico con fibra



Tabla 4

Tabla de resultados del ensayo de resistencia al agua.

Tipo de Bioplástico	Medida inicial	Peso inicial	Medida final	Peso final
Bioplástico con fibra	8 cm x 5 cm	2.692 g	9 cm x 6 cm	3.452 g
Bioplástico sin fibra	3.5 cm x 7 cm	2.305 g	4 cm x 7.5 cm	3.056 g

IV. CONCLUSIONES

La yuca puede ser utilizada para la obtención de almidón, sin embargo, la cantidad obtenida por el método de la licua-dora (Flores-Gorosquera, 2004), es muy baja (14.340 g); con respecto a la cantidad de materia prima (507.726 g), lo cual nos indica que es necesario revisar o buscar otro proceso de obtención de almidón para lograr una mayor eficiencia.

Una vez que se obtiene el almidón también se obtiene la fibra como desecho; por lo que es recomendable también elaborar plásticos biodegradables con fibra.

El almidón que se obtiene de la yuca puede ser utilizado para la obtención de plásticos biodegradables junto con la cantidad adecuada de glicerol, las formulaciones que presentan gran cantidad de almidón y baja cantidad de glicerol tienden a fracturarse y presentan dificultad para obtenerse enteras.

Para el secado de las biopelículas se recomienda utilizar un molde plano de metal para facilitar el secado por ambos lados y mantener una temperatura constante de 41°C a 50°C por 24 horas para evitar que se quemé y al momento de retirar la película no salga completa.

En la prueba de combustión las dos biopelículas tienen las características similares a 3 tipos de plásticos: PEAD, PEBD y PET, como también en permanencia de color tienen cuando menos 2 meses y no se ha observado ningún cambio.

En la prueba de flexión las dos biopelículas tienen las características similares al plástico PEAD, la biopelícula con fibra después de 100 dobleces no presentó ninguna rotura sin embargo la biopelícula sin fibra tarda 269 dobleces en romperse, aquí la importancia del uso del glicerol (Espinoza, et al 2019).

Respecto a la prueba de solubilidad la biopelícula sin fibra no es soluble y la biopelícula con fibra es soluble en tan poco tiempo.

En las pruebas de fusión y resistencia al agua la biopelícula sin fibra es más resistente, pero en densidad es más densa la biopelícula con fibra.

Debido a que la biopelícula sin fibra tiene características similares al tipo de plástico PEAD, no es soluble en agua, es resistente al agua y flexible podemos utilizarlo para la fabricación de botellas y envolturas para cubrir alimentos.

La biopelícula con fibra a pesar de ser soluble nos permite determinar una aplicación como hacer cubiertas comestibles o como recubrimientos de pastillas.

El objetivo del presente trabajo fue obtener un bioplástico degradable a partir de una especie vegetal endémica de la región la yuca (*Manihot*) y los datos obtenidos demuestran que es posible obtener un bioplástico degradable y la adición del bisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$) como conservador ayuda a que la degradación se retrase más de 2 meses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- J., & S. T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Boletín de servicios agrícolas de la FAO .
- Charro Espinosa, M. M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata (Bachelor's thesis, Quito: UCE). Tesis de Licenciatura
- Collantes Doyague, M. (2019). Evaluación del efecto de agentes inhibidores en la producción de poliésteres empleando *Cupriavidus Necator*.
- Espinoza Arroyo, F. H., & Puglisevich Ruiz, D. C. (2019). Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo *Manihot esculenta crantz*.
- Flores-Gorosquera, E., García-Suárez, F. J., Flores-Huicochea, E., Núñez-Santiago, M. C., González-Soto, R. A., & Bello-Pérez, L. A. (2004). Rendimiento del proceso de extracción de almidón a partir de frutos de plátano (*Musa paradisiaca*). Estudio en planta piloto. *Acta Científica Venezolana*, 55(1), 86-90.
- Francisco Ponce, B. A., Vidal Silva, I. M., Maldonado Astudillo, Y. I., Jiménez Hernández, J., Flores Casamayor, V., Arámbula Villa, G., & Salazar, R. (2021). Efecto de la adición de subproductos agroindustriales en las propiedades físicas de un bioplástico almidón-gelatina. *Biotecnia*, 23(1), 52-61.
- Silva, M. L. H., & Martínez, B. G. (2009). Biopolímeros empleados en la fabricación de envases para alimentos. *Publicaciones e investigación*, 3, 103-129.
- Ossa Peick, D. (2016). Evaluación de variedades de almidón de yuca para su plastificación.
- Pertuz, A., & Guevara, R. M. B. (2021). Alternativa Verde: Bioplásticos Elaborados Con Biopolímeros De Origen Renovable-Revisión. *Documentos de Trabajo ECBTI*, 2(1).
- Viviescas, A. X. G., & Sacristán, Y. A. M. (2021). Una propuesta de aula desde los ODS: los bioplástico desde una perspectiva CTSA. *Biografía*, 14(27).

