



Evaluación de propiedades físicas de películas plásticas biodegradables elaborados utilizando una combinación de subproductos de arroz (*Oryza sativa*) y Yuca (*Manihot esculenta*)

Ing. Samantha Franco, M.Sc¹

Sfranco@isa.edu.do

Universidad ISA, Facultad de Ciencias
Agroalimentarias y del Ambiente
República Dominicana

Norma V. Matías L.

20180017@isa.edu.do

Universidad ISA, Facultad de Ciencias
Agroalimentarias y del Ambiente
República Dominicana

Juan A. Tavárez P.

20180094@isa.edu.do

Universidad ISA, Facultad de Ciencias
Agroalimentarias y del Ambiente
República Dominicana

Sulema Franco

Sulyfranco26@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0006-2325-0522>
Universidad ISA, Facultad de Ciencias
Agroalimentarias y del Ambiente
República Dominicana

María Elisa Peña

mpena@isa.edu.do

<https://orcid.org/0000-0002-5110-8631>

Universidad ISA, Facultad de Ciencias
Agroalimentarias y del Ambiente
República Dominicana

Bernarda Reynoso

breynoso@isa.edu.do

<https://orcid.org/0009-0004-9078-9654>

Universidad ISA, Facultad de Ciencias
Agroalimentarias y del Ambiente
República Dominicana

Wendy Marín

wmarin@isa.edu.do

<https://orcid.org/0000-0001-5294-0326>

Universidad ISA, Facultad de Ciencias
Agroalimentarias y del Ambiente
República Dominicana

¹ Autor Principal

RESUMEN

Los bioplásticos se definen como aquellos materiales plásticos que han sido comprobados como biodegradables en el ambiente y que tienen una composición de materia orgánica (recursos agrícolas, forestales y animales), que se consideran naturales y renovables (Ballesteros, 2014). El objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades físicas y mecánicas de plásticos biodegradables elaborados utilizando una combinación de subproductos de arroz (*Oryza sativa*) y yuca (*Manihot esculenta*). Las variables analizadas fueron absorción de agua, estabilidad térmica, poder calorífico, donde se utilizó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos y 3 repeticiones para un total de 9 unidades experimentales. Los rangos obtenidos en la absorción de agua fueron, en las muestras 80/20 (4.509% - 6.980%) en las muestras 70/30 (2.260% - 4.236%) y en las 60/40 (2.025% - 3.056). Para la estabilidad térmica se obtuvieron resultados entre 4.0% de pérdida de masa en la evaluación de las películas plásticas al ser expuestas al rango de temperatura de 30Co - 130Co con porcentajes de pérdida de masa por debajo de 6.0% en los tres tratamientos, mientras que en los siguientes rangos se va elevando este porcentaje de pérdida de masa hasta llegar al pico de degradación de las mismas el cual se da en el rango de temperatura de 280°C -410°C, en donde se obtuvieron resultados entre 48.0% a 55.0% en los tres tratamientos evaluados, finalmente se reducen estos valores al elevarse hasta la última temperatura expuesta que fue de 900 °C. En la absorción de agua de estas películas plásticas, se obtuvieron valores medios de 2.0% hasta 6.0% elevándose mientras se elevaba la concentración de harina de cáscara de yuca. Se concluye que el material producido presentó características que lo hacen apto para aplicaciones prácticas como recubrimiento de papelería, las cuales emiten 10 veces menos calor que un plástico convencional. La combinación YA 60/40 tuvo mayor resistencia a degradarse térmicamente y también mostró mayor permeabilidad en comparación con las YA 80/20 y YA 70/30.

Palabras Claves: *bioplásticos; cascarilla de arroz; cáscara de yuca; películas plásticas; biodegradable; oryza sativa y manihot esculenta.*

Evaluation of physical properties of biodegradable plastic films made using a combination of by-products of rice (*Oryza sativa*) and Cassava (*Manihot esculenta*)

ABSTRACT

Bioplastics are defined as those plastic materials that have been proven to be biodegradable in the environment and have a composition of organic matter (agricultural, forest and animal resources), which are considered natural and renewable (Ballesteros, 2014). The objective of this research was to determine the physical and mechanical properties of biodegradable plastics made using a combination of rice (*Oryza sativa*) and cassava (*Manihot esculenta*) by-products. The analyzed variables were water absorption, thermal stability, and calorific value, using a completely randomized design with three (3) treatments and three (3) replicates for a total of nine (9) experimental units. The ranges obtained for water absorption were, in the 80/20 samples were 4.509% - 6.980%; in the 70/30 samples, 2.260% - 4.236% and in the 60/40 samples, 2.025% - 3.056. For thermal stability, results were obtained between 4.0% mass loss percentage in the evaluation of the plastic films when exposed to the temperature range of 30 °C – 130 °C with mass loss percentages below 6. 0% in the three treatments, while in the following ranges this percentage of mass loss increases until reaching the peak of degradation of the same, which occurs in the temperature range of 280 °C -410 °C where results were obtained between 48.0% to 55.0% in the three treatments evaluated, finally these values are reduced when rising to the last exposed temperature which was 900 °C. In the water absorption of these plastic films, average values of 2.0% to 6.0% were obtained, increasing as the cassava peel flour concentration increased. It is concluded that produced material shows characteristics that make it suitable for practices such as stationery coating, which emit 10 times less heat than conventional plastic. The YA 60/40 combination had higher resistance to thermal degradation and showed higher permeability compared to YA 80/20 and YA 70/30.

Keywords: *bioplastics; rice husk; cassava husk; plastic films; biodegradable; oryza sativa and manihot esculenta.*

Artículo recibido 01 abril 2023

Aceptado para publicación: 15 abril 2023

INTRODUCCIÓN

Los bioplásticos son fabricados partiendo de materias primas vegetales como el almidón, que está formado por glucosa, y otros dos tipos de polisacáridos que son la amilosa y amilopectina, que pueden generar polímeros biodegradables (Fonseca & Narváez, 2016). Según estudios realizados por Fathanah, Lubis, Rosnelly & Moulana (2013), la cáscara que compone la parte externa de la yuca se considera como una materia prima con alto potencial en la obtención de bioplástico. Otorga propiedades como su gran porcentaje de amilosa y amilopectina (Hernández *et al.*, 2008). Por eso, también la cascarilla de arroz fue considerada como un material con buen potencial para bioproductos debido a su naturaleza lignocelulósica (Montenegro, 2019).

En la actualidad los plásticos convencionales repercuten de manera negativa en el ambiente, ya que según autores como Barrientos (2019), cada año mundialmente tenemos 100 millones de toneladas de desechos plásticos, de los cuales 25 millones son productos que no se aprovechan y que se están acumulando en el ambiente y de éstos sólo el 8% son destinados a ser reciclados. Los plásticos de un solo uso son de mayor preocupación global, y los menos indispensables (Cobos, 2020); estos representan el 50% de la fabricación mundial (Ponce & Zambrano, 2019) y debido a las características físicas y químicas que presentan los materiales como el polietileno, se hace difícil su degradación por microorganismos de la naturaleza (Cobos 2020), tardando desde 40 hasta 500 años en el caso del polyester.

Según Rosario (2017), República Dominicana es el país de América Latina junto con la región del Caribe con una de las mayores cantidades de residuos plásticos. De acuerdo con (Bonilla, 2018), Domingo Contreras, director de la división de Programas Especiales de la Presidencia, expresó que en el país sólo se recicla el 2% de los 120 millones de toneladas de desechos plásticos que están en circulación cada año en el país. Con el ánimo de resolver problemas como éste, existen ejes de carácter ambiental estipulados en la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 (Ley 1-12), uno de los cuales incluye una línea de acción para el manejo sostenible del ambiente, que busca promover el desarrollo de técnicas para una gestión integral de desechos en donde se fomenta principalmente el aprovechamiento de residuos.

Esta situación ha estimulado investigaciones para generar plásticos provenientes de fuentes

renovables que presenten un período de descomposición más corto. Razón que hace a los bioplásticos representar una alternativa para el uso de los plásticos convencionales (Ballesteros, 2014).

El propósito de esta investigación al desarrollar y elaborar películas plásticas biodegradables con una combinación de subproductos de arroz y yuca fue determinar las características físicas y mecánicas del material resultante. Teniendo en cuenta que con la medición de las propiedades de estabilidad térmica y permeabilidad se busca evaluar la resistencia de un bioplástico que tenga los requerimientos necesarios para ser una alternativa real a los plásticos convencionales en el sector manufacturero.

MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

Se recibió la cáscara de yuca en la planta, donde se realizó la adecuación de ésta mediante cinco lavados y desinfecciones en cloro a 150 ppm de concentración por cinco minutos. Después, la cáscara paso por un secado solar durante 12 horas a 27 °C y una humedad relativa de 70%. Para que la cáscara alcance un 10% de humedad se trituró el subproducto en una licuadora NutriBullet 600 Series Blender por cinco minutos, para luego proceder a pasar el producto obtenido por tamices de (60 nanómetros).

Al recibir la cascarilla de arroz, se realizó la adecuación de este subproducto mediante lavado. Éste consiste en pasar por agua tres veces la cascarilla. Para esto se realizaron cinco sustituciones de agua, luego se secaron al sol durante 24 horas para eliminar la humedad hasta llegar a un 10% en un ambiente con una temperatura de 27 °C (Báez y Toribio, 2022). Se procedió a triturar el subproducto por tres minutos y posteriormente el producto ya triturado se tamizó una vez, para finalmente ser pesado.

De cada subproducto investigado: se añadieron los insumos pesados a la Nutribullet para que estos pudieran mezclarse e integrarse. Luego la mezcla obtenida se pasó a un beacker Pyrex de 1000 mL. Se homogeneizó la mezcla con un agitador mientras ésta fue simultáneamente calentada en un mechero de Bunsen con trípode hasta 75 °C. Cuando la mezcla alcanzó la temperatura indicada, se retiró del fuego y se depositó en los moldes correspondientes para que pudiera tomar la forma correspondiente, se dejó reposar en los moldes de 23 cm x 23 cm x 1.2 cm; de cada

muestra se colocó en cada molde aproximadamente de 7 gramos de mezcla durante 24 horas a temperatura ambiente para su secado, luego se retiraron los moldes para recoger las películas resultantes y usarlas en la caracterización física.

En esta investigación se evaluaron las características físicas determinando la absorción de agua y/o humedad, estabilidad térmica y poder calorífico. El análisis de absorción de agua o humedad se realizó en el Instituto Tecnológico del Plástico (AIMPLA) de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de la UNE EN SIO 62:2000 con una estufa con circulación de aire modelo UFE500 y una balanza de presión modelo HR-200, cuyo método consistió en troquelar cinco probetas por muestra de 13 mm de diámetro. A continuación, se secaron todas las probetas en una estufa, mantenida a $50,0 \pm 2,0$ °C, durante al menos 24 h y se dejaron enfriar hasta temperatura ambiente en el desecador antes de pesar cada probeta con una aproximación de 0.1 mg. Este procedimiento se repitió hasta que la masa de la probeta fuera constante dentro de un intervalo de $\pm 0,1$ mg (masa m1).

Se colocaron las probetas en un recipiente o habitación que contenía aire con una humedad relativa del 50 ± 5 %, mantenida a $23,0$ °C $\pm 1,0$ °C ó $\pm 2,0$ °C, de acuerdo con la especificación pertinente. En ausencia de especificaciones, la tolerancia debe ser de $\pm 1,0$ °C. Después de acondicionar las probetas durante 24 ± 1 h, se volvieron a pesar aproximando hasta 0.1 mg (masa m2) dentro de un min posterior a su extracción del recipiente o de la habitación con aire a una humedad relativa de 50 ± 5 %. **Se calculó la absorción de agua mediante la Fórmula 1:**

Fórmula 1: $C=(m1-m2)/m1 \times 100\%$

El análisis de estabilidad térmica se realizó en el Instituto Tecnológico del Plástico (AIMPLA) mediante análisis gravimétrico estipulado en la norma UNE EN ISO 11358-12015 con horno Infrarrojo para análisis termogravimétricos modelo “TGA QIR5000 TA Instruments”. En esta técnica se toman en cuenta los cambios de peso en la muestra sometida a una temperatura desde los 30 hasta los 900 °C a 20°C/min y un volumen de aire de (90mL/min) y con los valores obtenidos mediante la medición de este cambio en la muestra al variar la temperatura a una velocidad constante, o bien, variando el tiempo y manteniendo constante la temperatura, se obtuvo el porcentaje de material degradado en distintos rangos de temperatura.

El poder calorífico fue realizado en el Laboratorio de Inocuidad de Alimentos y Análisis Industrial de la Universidad ISA utilizando un calorímetro auxiliado de una bomba de combustión Parr Instrument modelo 101Ac20, la muestra se colocó en un crisol de cromo-níquel, posterior a esto el calorímetro va registrando el aumento de temperatura de un volumen de agua que se encuentra a su alrededor y cuando se estabiliza a 35 °C el equipo arroja una aproximación de la energía aportada en la combustión y después se le resta dependiendo de la longitud del alambre usado para iniciar la combustión, la energía que este pudo aportar.

Los resultados obtenidos fueron analizados mediante el programa estadístico SPSS para Windows. Las medias fueron separadas utilizando la prueba de Tukey al 95% de confiabilidad.

Tabla 1. Tratamientos evaluados.

Tratamiento	Subproductos	Porcentaje
YA 60-40		60% - 40%
YA 70-30	Cáscara de yuca y cascarilla de arroz	70% - 30%
YA 80-20		80% - 20%

Fuente: Adaptado de (Matías N. 2022)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las muestras con proporción 80/20 obtuvieron en los resultados de absorción de agua un 5.35%, mientras que en las muestras 70/30 hubo una absorción de agua de 3.30% y por último en las muestras 60/40 se vieron los porcentajes más bajos de absorción de agua que fueron de 2.59%. Por lo cual, según los resultados arrojados, se puede observar que, a mayor proporción de harina de cáscara de yuca, la proporción de agua absorbida también aumenta. Sólo se muestra diferencia significativa en los resultados de la muestra YA 80/20 con respecto a YA 60/40 y YA 70/30.

En algunos estudios similares de evaluación de características físicas en bioplásticos a base de cáscara de mango y residuos de café y Jamaica elaborada por Francisco, Vidal & Maldonado (2020) se pudieron observar resultados similares a las películas presentadas en esta investigación, con datos que oscilan entre 2.61 y 4.61% (se deduce que dicho comportamiento pudo deberse a la presencia de fibra insoluble presente en las películas.

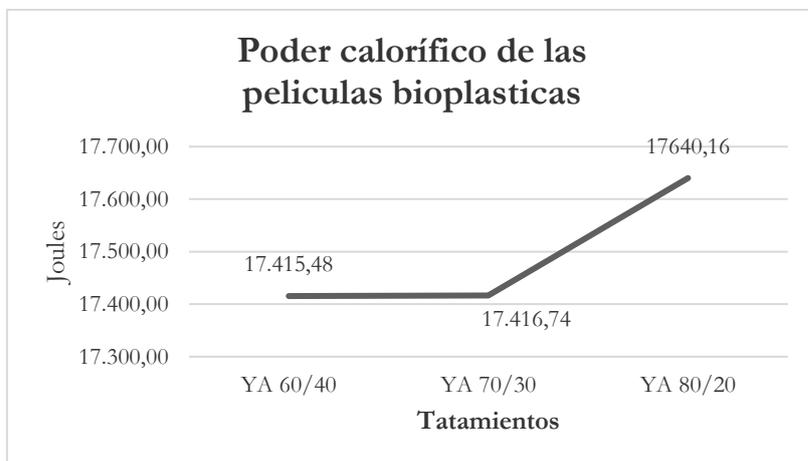
Se reportaron también resultados similares en la evaluación de la absorción de agua en la investigación realizada por Arrieta, Álvaro & Durango, Lenin & Arizal, Edward (2018) en donde se obtuvieron resultados con porcentajes de 13.99%, 13.67%, 11.93% y 9.14%, respectivamente y se usaron valores máximos de 3% de sustancias plastificantes. Los mismos concluyen que con el aumento de plastificante en las películas bioplásticas se reduce el porcentaje de absorción de agua, lo cual también se refleja en esta investigación, al poseer una mayor cantidad de plastificante en las formulaciones (4.9%) y del mismo modo se obtuvo menor absorción de agua (6.980%, 4.509% y 4.610%).

Para la estabilidad térmica, se aprecia el desarrollo de la pérdida de peso que aumenta y tiene su pico en el rango de temperatura de 280°C -410 °C llegando hasta a un 51.83% de pérdida de masa. Esta tendencia se repite en la investigación que fue realizada por Suryanto, H. *et al.*, (2017) en donde, de igual manera se evalúan películas plásticas a base de harina de yuca y su degradación a la exposición de los siguientes rangos de temperatura: [30 °C -130 °C), [130 °C -380 °C), [380 °C -530 °C) y [530 °C – 800 °C]. De igual manera la investigación realizada en el estudio de las películas plásticas hechas a base de harina de yuca presenta un crecimiento gradual de la degradación en las primeras tres fases de exposición, teniendo su pico en la segunda fase para luego reducirse considerablemente, en rangos de temperatura: de [30 °C -130 °C), [130 °C -380 °C) y [380 °C – 530 °C), obteniendo resultados de porcentaje de degradación de: 10.7%, 69.10% y 20.17%, respectivamente. Esta tendencia se puede observar en la presente investigación, en donde se aprecia un crecimiento constante de la degradación térmica en los primeros dos rangos ([30 °C -130 °C) y [130 °C -380 °C)) para luego obtener el pico de la degradación en el rango de [280 [30 °C -130 °C), [130 °C -380 °C)C -410 [30 °C -130 °C), [130 °C -380 °C)C y finalmente reducirse en los dos rangos restantes [410 [30 °C -130 °C), [130 °C -380 °C)C -800 [30 °C -130 °C), [130 °C -380 °C)C] y 900° C) como podemos observar en el gráfico de descripción de los valores estadísticos obtenidos durante este análisis.

Todas las películas plásticas obtuvieron una diferencia significativa en la pérdida de masa con valores de 54.42%, 48.15% y 51.83% para los tratamientos YA 60/40, YA 70/30 y YA 80/20, respectivamente, lo cual está directamente relacionado con la reducción de la harina de cáscara

de yuca (*Manihot esculenta*) dentro de las formulaciones.

Gráfico 1.1: Poder Calorífico Superior en la investigación "Evaluación de Características Físicas de los Plásticos Biodegradables Elaborados con una Combinación de Subproductos de Yuca (*Manihot esculenta*) y Arroz (*Oriza sativa*).



Leyenda: YA= Yuca y Arroz

El poder calorífico que posee la cascarilla de arroz es de 15,631.424 Joules, según (Ramón *et al.* 2018), y de subproductos de yuca es de 17, 212.98 Joules según (Albis *et al.*, 2018), por lo que la combinación de los mismos en la elaboración de un plástico biodegradable da como resultante un bajo poder calórico como se evidencia en esta investigación.

Los polímeros comunes según lo reportado por Ecoplas (2022) creados a base de petróleo, contienen esta característica de poseer un alto contenido de poder calorífico superior a 167,360 Joules, esto se traduce en la posibilidad de recuperación energética, lo cual es un proceso en donde se utilizan algunos desechos de naturaleza doméstica a manera de combustible (plásticos), de los mismos se aprovecha el poder calorífico para crear energía, a través de la combustión o quema de estos materiales. Esto puede aplicarse en el caso de este material que tiene un poder calorífico mayor a 188,280 Joules, pero sin las repercusiones ambientales, antes mencionadas que se tienen al utilizar plásticos a base de petróleo. Se concluye que a mayor subproducto de yuca mayor poder calórico.

CONCLUSIONES

El material producido presentó características que lo hacen apto para aplicaciones prácticas en tareas sencillas, por lo cual es funcional en actividades tales como recubrimiento de papelería u otras labores que no demanden muchos requisitos en los materiales.

El poder calorífico de las 3 muestras no presentó diferencia significativa con 17,415.48 Joules mínimo y 17,640.16 Joules la más alta, por esta razón sin importar la concentración, se puede afirmar que las muestras en general emiten 10 veces menos calor al ser quemadas que un plástico convencional.

En el caso de la estabilidad térmica, la película plástica con mayor resistencia a degradarse térmicamente, con una pérdida total de 21.91 % hasta llegar a los 280 grados Celsius fue la denominada YA 60/40. Además, la misma mostró mayor permeabilidad en comparación con las YA 80/20 y YA 70/30, con el menor porcentaje de absorción de agua, el cual fue de 2.59%. Por lo que se concluyó que la película plástica con las mejores características para un uso práctico en la industria fue la YA 60/40.

REFERENCIAS

- Abril, D. Navarro, E & Abril (2009) la paja de arroz. Consecuencias de su manejo y alternativas de aprovechamiento vol. 17, revista de la facultad de agronomía.
Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/268872442_La_paja_de_arroz_Consecuencias_de_su_manejo_y_alternativas_de_aprovechamiento.
- Agüero, A. Pisa, Jorge. Agüero, Carlos. Torres, Adolfo. (S, F). Poder Calorífico del Bagazo de Caña de Azúcar. Recuperado de:
https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/37100917/VCS_bagazo_cana-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1654834817&Signature=XIDN4MBb0pBj9lB6Zpn1a-hkEEYZochRppZ9TJzNaDN8PY8OFb-FZXn~uJwPJLxX3qbUyu8hdrWv~KForNny-hkVCd2Sd1cZ3hXhrwJEfA7z1GsJm8o~N1tZNwJ59J2d5qzuLLhO7r1OyB3MT1pzCmYTLo85-hZv0000~cdp7c6GWQwoVC17Cf21Jh2t~XuZBkEEXVSHi1pPeePcTJiyVzVcyf9FhWWW7u5EBqv7KVVUb7qMcnP6xyhAUPLULMMSI95qqrTFqeV~lHR9OAAaDh

5WOIYCB-lAmyj-yj1EZxaVb836FF--
uXBwhEkD6Lm55dOXahAzasV7e0cMck2U2Q__&Key-Pair-
Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Araujo, M. (11 de Abril 2019) Entrevista telefónica. Araya, J. (2018). La cascarilla de arroz y su potencial energético. Bioelectricidad industrial.

<https://bioelectricidad.org/uploads/library/42.pdf>.

Avalos, A. & Torres, I. (2018). Modelo de negocios para la producción de envases

biodegradables a base de cascarilla de arroz. Piura. Recuperado de:

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3459/ING_595.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ballesteros, L. (2014). Biblioteca digital universidad de san buenaventura. Recuperado de:

<https://www.usbbog.edu.co/biblioteca/>

Barrientos, J. (2019). Academia de ciencias de Morelos. Recuperado de:

<http://www.acmor.org.mx/?q=content/pl%C3%A1stico-el-desecho-interminable-%C2%BFjam%C3%A1s-degradable>

Bonilla, D. (2018). En el país circulan 120 millones de plásticos y solo el 2 % se recicla. El día.

Recuperado de: <https://eldia.com.do/en-el-pais-circulan-120-millones-de-plasticos-y-solo-el-2-se-recicla/>

Cobos, M. (2020); Campaña social de concientización e información basada la ordenanza de regulación de plásticos de un solo uso, cuenca, ecuador. Recuperado de

<http://201.159.222.99/bitstream/datos/9997/1/15627.pdf>.

Díaz, A & Blandino, A. (2019). Aprovechamiento de la cáscara de arroz para la producción de bioplástico. Recuperado de:

https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/23513/TFG_C%C3%A1scara_RM_E.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Diana P. Navia, Alfredo A. Ayala, Héctor S. Villada . (2014). Adsorción de Vapor de Agua de Bioplásticos Elaborados con Harina de dos Variedades de Yuca (Manihot esculenta Crantz). 21 de agosto 2022, de SCielo Sitio web:

https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642014000600004&script=sci_arttext&tlng=en

Escudero, L. (2011). Determinación de la biodegradabilidad y toxicidad de materiales plásticos.

Cartagena. Recuperado de: <https://repositorio.upct.es/handle/10317/2001>

Estévez, A. (2019). La República Dominicana produce 264 mil toneladas de residuos de plástico. Recuperado de: <https://www.diariolibre.com/actualidad/medioambiente/la-republica-dominicana-produce-264-mil-toneladas-de-residuos-de-plastico->

[FF13612986](https://www.diariolibre.com/actualidad/medioambiente/la-republica-dominicana-produce-264-mil-toneladas-de-residuos-de-plastico-)

FF13612986

Mederos, V. (2006). Embriogénesis somática en yuca (manihot esculenta crantz). Tesis en opción al grado científico de doctor en ciencias agrícolas. Universidad de Ciego de

Ávila. Centro de bioplasmas. Ciego de Ávila. La Habana, Cuba. recuperado de

<https://www.redalyc.org/pdf/1932/193243175007.pdf>

Ministerio De Comercio exterior y Turismo en Perú, junio 2009 pág. 32 guía de envases y embalajes. Recuperado de

<https://www.siicex.gob.pe/siicex/documentosportal/188937685rad66DEB.pdf>

Moreno, I. Humaran, V. & Báez, E. (2017). Transformación del almidón de papa, mucilago de nopal y sábila en bioplástico como productos de valor agregado amigables con el

ambiente. México, ciudad de México.

<https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070021.pdf>

Ponce, J & Zambrano, D. (2019); Estudio de comercialización e industrialización en el uso de polímeros vegetales para la elaboración de plásticos biodegradables, Quito.

Recuperado de: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/8627/1/144282.pdf>

Rosario, J. (2017).residuos sólidos urbanos en república dominicana: desafío y oportunidad para una gestión de desechos ambientalmente sostenible.

Vargas, J. Alvarado, P. Vega-Baudrit, J & Porras M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de aplicaciones como materia prima en procesos.

Heredia.

https://www.researchgate.net/publication/307631222_Caracterizacion_del_subproduct

o_cascarillas_de_arroz_en_busqueda_de_posibles_aplicaciones_como_materia_prima
_en_procesos

Velásquez, A. (2019). Ensayo de shore. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/document/413739425/Ensayo-Shore>

Viteri, L. (2018). Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones.

Recuperado de: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf

Yepes, S. Montoya, L. & Orozco, f. (2008), Rev. Fac. Nac. Agron. Medellín. valorización de residuos agroindustriales frutas en Medellín y el sur del valle del aburrá, Colombia recuperado de:<https://revistas.unal.edu.co/index.php/refame/article/view/24742/25303>

Zavala, G. (2016). “diseño y desarrollo experimental de materiales de construcción utilizando plástico reciclado. Santa tecla. Recuperado de:

<http://www.redicces.org.sv/jspui/handle/10972/244>