

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2763

Elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de maíz (zea mays)

María Andreina Montoya Cedeño

<https://orcid.org/0000-003-0584-9989>
e1311130866@live.ulead.edu.ec

María Fernanda Espinal Lascano

<https://orcid.org/0000-002-7760-2232>
e1316613270@live.ulead.edu.ec

Italo Pedro Bello Moreira

<https://orcid.org/0000-003-0230-0632>
italop.bello@uleam.edu.ec

Cesar Fabian López Zambrano

<https://orcid.org/0000-002-9046-9069>
cesar.lopez@uleam.edu.ec

Emily Julissa Mendoza Cedeño

<https://orcid.org/0000-003-4284-8571>
e1314873355@live.ulead.edu.ec

Celio Danilo Bravo Moreira

<https://orcid.org/0000-002-9649-8979>
danilo.bravo@uleam.edu.ec

Pedro Isaac López Zambrano

<https://orcid.org/0000-002-4316-1934>
pedro.lopez@uleam.edu.ec

Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad Ciencias Agropecuarias
Manta – Ecuador

Correspondencia: e1311130866@live.ulead.edu.ec

Artículo recibido: 20 julio 2022. Aceptado para publicación: 10 agosto 2022.

Conflictos de Interés: Ninguna que declarar

Todo el contenido de **Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar**, publicados en este sitio están disponibles bajo Licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) 

Como citar: Montoya Cedeño, M. A., Espinal Lascano, M. F., Bello Moreira, I. P., López Zambrano, C. F., Mendoza Cedeño, E. J., Bravo Moreira, C. D., López Zambrano, P. I. (2022) Elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de maíz (zea mays). Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(4) 2385-2401. DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i4.2763

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación tiene como objetivo fundamental elaborar bandejas biodegradables a escala de laboratorio, a partir de corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) y almidón de maíz (*Zea mays*). En el cual consistió en la extracción del almidón contenido en las cáscaras de plátano, las cuales son consideradas residuos agrícolas, para utilizarlo como materia prima para la producción de bioplásticos, en este trabajo investigativo se realizaron 16 tratamientos donde las bandejas a base de cascara de plátano y almidón de maíz se analizaron mediante análisis físicos como capacidad de absorción de agua (CAA); Densidad (D); Color ($L^*a^*b^*$); espesor y resistencia a la tensión. Así mismo se determinó las características del almidón de las cascara del plátano dando como resultado 42% de Humedad, 3.52 % de proteína y 0.26% de amilosa/Amilopectina, el mejor tratamiento en la capacidad de absorción y en la resistencia de la tensión en las bandejas biodegradables fue en A4B3 con 0,53 de absorción y 39,73N. En la densidad el tratamiento A4B1 obtuvo 4,93 g/ cm³, siendo este la mayor densidad en el estudio. En el espesor hubo diferencia significativa obteniendo un espesor mayor de 3,03 en el tratamiento A3B1 y en cuanto a color el que tuvo menos luminosidad fue en el tratamiento A4B1 con 16,61 L*.

Palabras clave: *bioplásticos; cascara de plátano; almidón.*

Manufacture of bioplastics based on banana peel (*musa paradisiaca*) and corn starch (*zea mays*)

ABSTRACT

The main objective of this research work is to elaborate biodegradable trays on a laboratory scale, from banana bark (*Musa paradisiaca*) and corn starch (*Zea mays*). In which it consisted of the extraction of the starch contained in the banana peels, which are considered agricultural residues, to use it as raw material for the production of bioplastics, in this research work 16 treatments were carried out where the trays based on the peel of banana and corn starch were analyzed by physical analysis as water absorption capacity (CAA); Density (D); Color ($L^* a^* b^*$); thickness and tensile strength. Likewise, the characteristics of the starch of the banana peels were determined, resulting in 42% Moisture, 3.52% protein and 0.26% amylose / Amylopectin, the best treatment in the absorption capacity and in the tensile strength in the Biodegradable trays was in A4B3 with 0.53 absorption and 39.73N. In the density the A4B1 treatment obtained 4.93 g / cm³, I feel this the highest density in the study. There was a significant difference in thickness, obtaining a thickness greater than 3.03 in the A3B1 treatment and in terms of color, the one with the least luminosity was in the A4B1 treatment with 16.61 L^{*}.

Keywords: *bioplastics; banana peel; starch.*

INTRODUCCIÓN

Los bioplásticos son un material sustituto del plástico, producto de la evolución de este último con la finalidad de disminuir las desventajas que trae la producción de este polímero al medio ambiente y a la humanidad (Pizá et. al. 2017), estos se fabrican a partir de recursos renovables de origen natural como el almidón.

El almidón es el principal carbohidrato de almacenamiento de energía en las plantas por lo que se encuentra en abundancia en la naturaleza y es uno de los componentes más abundantes de la biomasa residual en la agroindustria después de la celulosa (Narváez 2016).

El bioplástico, fabricado a partir de almidón de plátano comparte las características con los elaborados a través de derivados de petróleo, la diferencia entre el plástico que actualmente se fabrica y el producido con base en almidón, es que el segundo es completamente biodegradable y no tóxico, una vez degradado puede usarse incluso como material de compostaje (abono), esta ventaja proviene, precisamente, en el origen vegetal de la materia prima, lo que reduce nuestra dependencia del petróleo, que desde décadas domina nuestra sociedad (Castillo 2015).

La fabricación y utilización de plásticos biodegradables a base de la cáscara de plátano, tendría un gran impacto ecológico y sería de gran beneficio para disminuir los problemas de contaminación, por último, dar un aprovechamiento a los residuos del plátano, generando una alternativa nueva agroindustrial en la región, incrementando la economía y mejorando la calidad de vida de una parte de la población (García 2017).

Los residuos del plátano son ricos en almidón, el cual puede extraerse para los tratamientos de aguas y su polimerización, a medida que el plátano va madurando se produce el rompimiento del almidón en azúcares, por lo cual el plátano verde es más rico en almidón mientras que el maduro lo es en azúcares. (Lambis et. al. 2015).

El contenido de almidón en el fruto del plátano es de aproximadamente 70-80% en base seca, mientras que la piel puede contener hasta 50% (Lambis et. al. 2015).

En esta investigación se llevará a cabo ya que el almidón en su forma nativa tiene varias limitaciones para su uso, estudiando varias formas para mejorar la eficiencia de esta materia, como la modificación química y oxidación del almidón, utilizando agentes oxidantes económicos como hidróxido de sodio y peróxido de hidrogeno, está se encuentra en bajas concentraciones (del 3 al 9 %) (Hernández et. al. 2017).

METODOLOGÍA

Para la realización de la investigación, se utilizó almidón de maíz comercial el cual se adquirió en un supermercado de la ciudad de Manta. Las cáscaras de plátano se obtuvieron de la chiflería "Jaramijó", en donde se eligieron las cáscaras con escala de madurez 1 donde contienen mayor grado de almidón, según el autor (Chuquimarca 2017).

Diseño Experimental

Tipo de diseño

Para este estudio se empleó un diseño completamente al azar bifactorial²⁴.

Análisis Estadístico

Se utilizó un análisis de varianza ADEVA con una prueba de significancia TUKEY al 5 %. Todos los datos fueron analizados por triplicado y los resultados se procesaron por el programa Infostat 2016.

Tabla 1. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)

Composición de la mezcla cáscara de plátano + almidón de maíz.

Fuente de variación	G. L
<i>Total</i>	(t*r-1) 47
<i>Tratamientos</i>	(t-1) 15
<i>Repetición</i>	r-1 3
<i>Factor A</i>	FA-1 3
<i>Factor B</i>	FB-1 9
<i>Interacción (AxB)</i>	(FAxFB) 18
<i>Error experimental</i>	30

Tratamientos en estudio

En la tabla 2. Muestra los 16 tratamientos del diseño experimental, con las combinaciones de los factores de estudio tales como A: Cáscara de plátano y B: Almidón de Maíz.

Tabla 2. *Tratamientos en estudio*

T	C. Platano	A. Maiz	Glicerol (g)	Tween (g)
A1B1	10g	40g	4,2	1,4
A1B2	10g	30g	4,2	1,4
A1B3	10g	20g	4,2	1,4
A1B4	10g	10g	4,2	1,4
A2B1	20g	40g	4,2	1,4
A2B2	20g	30g	4,2	1,4
A2B3	20g	20g	4,2	1,4
A2B4	20g	10g	4,2	1,4
A3B1	30g	40g	4,2	1,4
A3B2	30g	30g	4,2	1,4
A3B3	30g	20g	4,2	1,4
A3B4	30g	10g	4,2	1,4
A4B1	40g	40g	4,2	1,4
A4B2	40g	30g	4,2	1,4
A4B3	40g	20g	4,2	1,4
A4B4	40g	10g	4,2	1,4

Proceso descriptivo para la elaboración de un bioplástico

Selección y clasificación de la materia prima: En esta etapa se realizó una inspección visual para controlar características como color, textura, y otras de las cáscaras de plátano. Asegurar la calidad óptima de la materia prima es fundamental para el proceso, las cáscaras con manchas negras se separaron del siguiente proceso (Rivadeneira 2015).

Lavado de cáscaras: En este punto se eliminó la suciedad, restos de tierra y contaminación microbiana. Se lavó las cáscaras con agua clorada, luego de limpiar con agua de grifo (Rivadeneira 2015).

Blanqueamiento: Para el blanqueamiento las cáscaras de plátano se suspendieron en una solución de peróxido de hidrógeno (30% v/v) e hidróxido de sodio (2% p/v) durante un lapso de 60 min a temperatura ambiente (Piñeiro 2015).

Secado de cáscaras: En esta operación se colocó las cáscaras de plátano en la cámara de temperatura a 60°C por 24 horas y humedad controlada, para la eliminación del contenido de agua en las cáscaras (Rivadeneira 2015).

Molido: Las cáscaras secas se sometió a un proceso de molido (Rivadeneira 2015).

Tamizado: El material molido se lo tamizó hasta obtener partículas <180 micrómetros - Tamiz 30 (Rivadeneira 2015).

Mezclado: El mezclado se realizó de acuerdo a cada formulación se mezcló con agua destilada durante 5 min con un agitador mecánico a 2000 rpm (Rivadeneira 2015).

Prensado: Consistió en el calentamiento de la parte inferior de la prensa, se colocó durante 10 min un mechero, luego de esto para la elaboración de un bioplástico se las mezclo en la base de la prensa hidráulica con un molde metálico de 5x3 cm para dar la forma, y se aplicó a presión más el calor durante 7 min (Rivadeneira 2015).

Descripción de los análisis físicos

Capacidad de absorción de agua: Las muestras se midió de 3 cm por 5 cm y luego se pesó y empapo en agua destilada durante 60 s. Después de retirar el exceso de agua usando un pañuelo de papel, la muestra se pesó de nuevo. La cantidad de agua absorbida se calculó como la diferencia de peso y se expresa como masa de agua absorbida por unidad de masa de la muestra original. Los valores reportados será la media de tres valores determinaciones para cada formulación (Diaz 2017).

Medición de la densidad: La densidad (g/cm^3) se calculó a partir de la masa (g) y el volumen (cm^3) de cada muestra (Shogren et al. 1998). Las pruebas se realizaron con tiras rectangulares de aproximadamente 3 cm x 5 cm x espesor de la muestra. Cada muestra se pesó, y se calculó el volumen multiplicando la longitud, anchura y espesor juntos.

Medición del color: Se determinó los colores de las bioplásticos utilizando un colorímetro (CR 10, Minolta Chroma Co., Osaka, Japón) L^* (Luminosidad), a^* (Enrojecimiento), b^* (Amarillez). Cada resultado fue la media de 3 medidas en cada tratamiento (Dussán et al. 2014).

Medición del espesor: El espesor de la película se la obtuvo por medida directa de la bandeja, se tomó 3 medidas de referencia por cada bandeja. Se utilizó un micrómetro (Jacometti 2015).

Determinación de propiedades mecánicas

Resistencia a la tensión: Se determinó mediante un ensayo de tracción con un texturómetro, con una célula de carga de 500 N. los bioplásticos de muestra de 3 x 5 cm fueron cargados en el equipo. La velocidad de la cruceta se ajustó a 10 mm / s. La resistencia a la tracción y módulo de elasticidad se determinará mediante el uso de un software Trapecio X (Castro et al. 2015).

Caracterización de la Cáscara de plátano.

Determinación de humedad: Se pesó 2g de muestra en un pesafiltro con tapa (previamente pesado después de tenerlo a peso constante 2 h a 130° C). Se secó la muestra en la estufa 2 h a 90 - 110° C. Retirar de la estufa, tapar, dejar enfriar en el desecador y pesar tan pronto como se equilibre con la temperatura ambiente. El análisis se realizó por triplicado (Nielsen 2003). Se calculó la humedad con la siguiente formula:

$$\% \text{ en humedad} = (P-P1) \times 100$$

P2

Determinación del contenido de Amilosa y Amilopectina:

Se pesó 0.1 g de almidón y se adicionó 1ml de etanol al 99% y 9 ml de NaOH 1M. Se calentó la solución durante 10 minutos hasta gelatinizar el almidón. Después de enfriarse, se aforó en un matraz volumétrico a 100 ml. Luego se extrajo una alícuota de 5 ml, se añadió 1ml de ácido acético 1 M y 2 ml de solución de yodo; se aforó a 100 ml dentro de un matraz volumétrico y se leyó la absorbancia a 620 nm. El análisis se realizó por triplicado y el resultado se reportó como porcentaje de amilosa (Ruiloba et. al. 2018).

Determinación de proteínas por el Método de Kjendahl:

Se pesó 0.5 g de almidón, 2 g de sulfato cúprico, 10 g de sulfato de sodio anhidro y 25 ml de ácido sulfúrico en un matraz Kjendahl. Se realizó la titulación según la descripción de Nielsen (Ruiloba et. al. 2018). Se calculó la abundancia de nitrógeno y proteína con las siguientes fórmulas:

$$\text{Kjendahl N\%} = v \times M \times 0.014 \times 100/w \text{ (1)}$$

v: volumen consumido de ácido clorhídrico

M: Molaridad del ácido

m: masa de la muestra en gramos

0.014: miliequivalente del nitrógeno

$$\text{Proteína\%} = \% \text{Kjendahl} * F \text{ (2)}$$

F = 6.25 (factor proteínico por defecto)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la cascara de plátano.

En la tabla 3. Se muestran los resultados del porcentaje (%) de humedad, proteína y amilosa en la cascara de plátano. Según cardozo *et al.* (2016) en donde analizaron la composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y

banano, obtuvieron un porcentaje de humedad en su cáscara en la variedad de plátano dominico al 40,1 % obteniendo en este diseño un valor más alto de 42 % respectivamente. Así mismo Dávila (2014) reporta un porcentaje de humedad del 40 % en la variedad de plátano bellaco (*Musa paradisiaca*). En los análisis de proteína se obtuvo un porcentaje de 3,52 y en la amilosa 0,26. Ronquillo (2017) donde realizó la caracterización de las proteínas en la cáscara de plátano obtuvo resultados superiores a 5,52 % respecto al estudio.

Tabla 3. Características del Almidón de Plátano.

Caracterización del

Almidón del Plátano	Medias (%)
Proteína	3,52
Amilosa/Amilopectina	0,26
Humedad	42

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Capacidad de absorción de agua (CAA).

Los resultados obtenidos durante la inmersión de 1 min; muestra que la cáscara de plátano afecta significativamente en la capacidad de absorción de agua, debido a que mayor contenido de esta, asciende la capacidad de absorción de agua, donde se puede apreciar que hubo diferencias significativas en la mayoría de sus tratamientos.

Tabla 4. Análisis de absorción de Agua de un Bioplástico a base de cáscara de plátano y Almidón de Maíz.

Absorción de Agua	Medias
A1B2	0,12 ^A
A1B3	0,25 ^B
A1B1	0,26 ^B
A3B1	0,27 ^B
A2B3	0,30 ^C
A2B4	0,31 ^C
A2B2	0,35 ^D
A3B4	0,35 ^D
A2B1	0,37 ^{DE}
A1B4	0,38 ^E
A4B1	0,46 ^F
A3B3	0,47 ^F
A4B2	0,48 ^F
A4B4	0,52 ^G
A4B3	0,53 ^G
A3B2	0,53 ^G

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Según Valarezo (2012), en su tesis de grado “Desarrollo de biopolímeros a partir de almidón de corteza de yuca (*Manihot esculenta*)”, indica que, a mayor cantidad de almidón, mayor será la densidad y el porcentaje de aumento de peso por absorción de agua; mientras que el índice de penetración decrece a medida que el porcentaje de agua aumenta en la mezcla, donde presentó 25,3% de aumento de peso por absorción de agua.

Densidad

Los resultados muestran que la densidad varió entre 1.83 a 4.93 (g/cm³) entre los tratamientos. (Capa *et. al.* 2018) reportó que la densidad de los bioplásticos obtenidos de la cascara de plátano osciló entre 0.55 a 0.77 (g/cm³). Las bandejas a base de cáscara de plátano y almidón de maíz resultaron más densas que otras investigaciones probablemente por el efecto de las altas cantidades de almidones.

Tabla 5. Análisis de la densidad (gr/cm³) de un bioplástico a base de cáscara de plátano y almidón de maíz.

Densidad	Media
A1B4	1,83 ^A
A1B3	1,94 ^B
A1B1	2,17 ^C
A1B2	2,19 ^C
A3B3	2,27 ^D
A2B3	2,30 ^E
A2B2	2,36 ^F
A3B4	2,91 ^G
A4B2	3,09 ^H
A4B4	3,11 ^H
A2B4	3,30 ^I
A3B2	3,36 ^J
A2B1	3,51 ^K
A3B1	3,91 ^L
A4B3	4.19 ^M
A4B1	4,93 ^N

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Espesor (mm)

En la tabla 6. Podemos observar que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos, aunque no se pudo obtener la uniformidad deseada en todos los tratamientos, debido a que la tecnología aplicada en el prensado no fue la adecuada.

Tabla 6. Análisis del espesor (mm) de un bioplástico a base de cáscara de plátano y almidón de maíz.

Espesor	Medias
A1B1	1,62 ^A
A2B1	2,28 ^{AB}
A3B2	2,32 ^{AB}
A4B2	2,32 ^{AB}
A2B4	2,33 ^{AB}
A1B3	2,33 ^{AB}
A4B4	2,33 ^{AB}
A4B3	2,34 ^{AB}
A3B3	2,35 ^{AB}
A2B2	2,36 ^{AB}
A3B4	2,36 ^{AB}
A2B3	2,36 ^{AB}
A1B2	2,39 ^{AB}
A1B4	2,41 ^{AB}
A4B1	2,50 ^{AB}
A3B1	3,03 ^B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

(Mali. *S et. al.* 2005) determinaron el espesor de bandejas biodegradables, obteniendo resultados desde 2,16 hasta 2,24 mm. Y en la presente investigación se obtuvieron valores de 1.62 a 3.03 mm teniendo gran similitud con las investigaciones realizadas por Mali, a pesar que no se contaba con las mejores condiciones para obtener uniformidad se mantuvo en rangos similares en comparación con estos estudios.

Resistencia a la tensión

En la tabla 7, se puede apreciar que hubo diferencias significativas en los tratamientos entre 30.97 a 39.73 N, mostrando mayores valores de resistencia a la tensión mediante la combinación de cáscara de plátano y almidón de maíz.

Tabla 7. Análisis de la Resistencia a la tensión N de un bioplástico a base de cáscara de plátano y almidón de maíz

Resistencia a la Tensión	Medias
A3B1	30,97 ^A
A2B3	31,16 ^A
A3B4	31,50 ^A
A1B3	32,18 ^B
A3B3	32,53 ^{BC}
A2B2	32,56 ^{BC}
A1B4	33,20 ^C
A2B1	34,14 ^D
A1B2	34,26 ^D
A4B4	35,23 ^E
A4B2	36,18 ^F
A1B1	37,50 ^G
A3B2	38,18 ^H
A2B4	39,13 ^I
A4B1	39,40 ^I
A4B3	39,73 ^I

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Comparativamente según Rivadeneira (2015) en su trabajo de investigación “Elaboración de bandejas biodegradables a base de corteza de plátano (*Musa paradisiaca*) y almidón de Yuca (*Manihot esculenta*)” quien reportó valores de la resistencia entre 34,78 a 37,71 N, donde el aumento se debe por la presencia de cáscara de plátano que está compuesta principalmente de celulosa, hemicelulosa y lignina componentes que ayudaron a aumentar la resistencia a la tensión.

Color

En esta investigación se les realizó análisis de colorimetría a los bioplásticos obteniendo resultados no significativos en la luminosidad (tabla 9), en los resultados del presente estudio se puede evidenciar en los tratamientos que a mayor concentración de cáscara de plátano en los tratamientos menor es su luminosidad esto se debe probablemente a la presencia de lignina y celulosa que contiene la cascara de plátano.

Tabla 8. Análisis del Color L* (mm) de un bioplástico a base de cáscara de plátano y almidón de maíz.

Color (L)	Medias
A4B4	16,61 ^A
A3B4	16,81 ^A
A3B2	19,14 ^A
A4B3	19,55 ^A
A3B1	19,69 ^A
A3B3	19,80 ^A
A1B4	19,89 ^A
A4B2	19,98 ^A
A2B4	20,33 ^A
A2B3	20,34 ^A
A4B1	20,77 ^A
A2B2	20,86 ^A
A1B2	21,03 ^A
A1B1	21,21 ^A
A2B1	21,22 ^A
A1B3	21,53 ^A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En los valores de a* y b (tabla 09 y 10) se muestra diferencias significativas, así mismo reportando valores ascendentes a la concentración de cascara de plátano. Estos valores se asemejan al estudio de Rivadeneira (2015) en donde obtuvo resultados de 22,89 en L* 1,23 en a* y 3,28b* valores obtenidos a mayor concentración de cascara de plátano y almidón de maíz.

Tabla 9. Análisis del Color a* de un bioplástico a base de cáscara de plátano y almidón de maíz.

Color (a*)	Medias
A3B2	0,13 ^A
A3B1	0,01 ^{AB}
A3B3	0,02 ^{AB}
A4B3	0,03 ^{ABC}
A3B4	0,04 ^{ABC}
A2B3	0,04 ^{ABC}
A1B4	0,07 ^{ABC}
A2B4	0,08 ^{ABC}
A4B4	0,10 ^{ABCD}
A4B1	0,23 ^{BCD}
A2B2	0,28 ^{BCD}
A1B2	0,33 ^{BCD}
A2B1	0,38 ^{CD}
A1B1	0,43 ^{DE}
A4B2	0,74 ^{EF}
A1B3	0,80 ^F

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

Tabla 10. Análisis del Color b^* de un bioplástico a base de cáscara de plátano y almidón de maíz.

Color (b^*)	Medias
A3B2	0,79 ^A
A3B1	0,91 ^{AB}
A4B3	0,93 ^{AB}
A1B4	0,93 ^{AB}
A3B4	0,93 ^{AB}
A2B3	0,95 ^{AB}
A4B4	1,03 ^{AB}
A3B3	1,07 ^{AB}
A2B4	1,10 ^{AB}
A1B2	1,17 ^{ABC}
A4B1	1,20 ^{ABC}
A1B1	1,26 ^{ABC}
A2B2	1,46 ^{ABC}
A2B1	1,48 ^{ABC}
A4B2	1,87 ^{BC}
A1B3	2,12 ^C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

CONCLUSIONES

En este trabajo se realizó la caracterización del almidón obtenido de las cáscaras de plátano de la variedad Musa paradisiaca, el cual dio como resultado un contenido de humedad de 42%, de Amilosa 0.26%, y proteínas 3.52%, los cuales fueron comparados con el de otros autores, siendo estos semejantes.

El tratamiento A4B4 (40g de cáscara de plátano, 10 g de almidón de maíz); A4B3 (40g de cáscara de plátano, 20 g de almidón de maíz); A3B2 (30g de cáscara de plátano, 30 g de almidón de maíz) obtuvieron mayor Capacidad de Absorción de Agua compuesto de 4,2 g glicerol, 1,4 g Tween presentando diferencias significativas con respecto a los demás tratamientos

En cuanto a densidad, el tratamiento A4B1 (40g de cáscara de plátano, 40 g de almidón de maíz) obtuvo mayor volumen, presentando diferencias significativas con los otros tratamientos. Por otro lado, no se evidenció diferencia significativa en espesor, debido a que la técnica empleada no fue la mejor. Los tratamientos A2B4 (20g de cáscara de plátano, 10 g de almidón de maíz); A4B1 (40g de cáscara de plátano, 40 g de almidón de maíz); A4B3 (40g de cáscara de plátano, 20 g de almidón de maíz) presentaron una mejor resistencia a la tensión siendo estadísticamente diferentes a los otros.

LISTA DE REFERENCIAS

- Agama, E; Juárez, E; Evangelista S, Rosales, O; Bello, L. 2013. Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis. *Agrociencia* vol.47 no.1 México
- Capa, 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. Universidad Cesar Vallejo. Trujillo -Perú
- Castillo, R; Escobar, E. Fernández, D; Gutiérrez, R; Morcillo, J; Núñez, N.; Peñaloza, S. 2015 Bioplástico a base de la cáscara del plátano. *Revista de Iniciación Científica*, Panamá.
- Cardozo, C ; Cayón, G; Ligarreto, G . 2016. Composición química y distribución de materia seca del fruto en genotipos de plátano y banano. *Revista Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria*, Mosquera (Colombia) 17(2):217-227.
- Castro, M.; Ziani, K.; Santacruz, S. 2015. Conservación de arilos de rambutan (*Nephelium lappaceum*) mediante recubrimientos comestibles de quitosano y *áloe vera*. *Alimentos, Ciencia e Ingeniería* pp. 32-43.
- Chacón, M; Pacheco, A.; Cendejas, M.; Ortega, F. 2016. Tendencia del crecimiento en la cultura del reciclaje. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales* Vol.2 No.5 64- 69.
- Chuquimarca, D. 2017. Determinación y cuantificación del almidón resistente a partir del banano verde de las especies: *Musa paradisiaca*, *Musa cavendishii* L, *Musa cavandanaish*. Tesis de grado. Universidad Central Del Ecuador. Quito, Ecuador. 9-8.
- Dávila, V 2014 Determinación de los parámetros para la extracción de almidón del plátano bellaco (*Musa paradisiaca*). *Revista de Investigación Universitaria*, 2014, Vol. 3 (2): 23-28.
- Díaz, L. 2017. Efecto de la impregnación de almidón acetilado en la absorción de agua de bandejas biodegradables de almidón de oca (*Oxali tuberosa*) y fibra de peladilla con peladilla de esparrago. Tesis de grado. Universidad Nacional de Trujillo, Perú 18.
- Dussán-Sarria, S.; Torres-León, C.; Hleap-Zapata, J. 2014. Efecto de un recubrimiento comestible y diferentes empaques durante el almacenamiento refrigerado de

- Mango `Tommy Atkins´ mínimamente procesado, Inf. Tecnol. 25(4), 123-130 (2014).
- García, I. 2017. Determinación de concentración óptima de ácido acético-glicerol en la elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón de cáscara de plátano (Musa paradisiaca) en Pucallpa. Universidad Nacional de Ucayali, Perú.
- Iguardia, C. 2013. Síntesis y Caracterización de bioplástico a partir de almidón de banano verde (Musa sapientum variedad Cavendish). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Jacometti G. 2015. Uso de residuos fibrosos del pseudotallo desinflado en la producción bandejas de almidón de yuca biodegradable por proceso de termoformado Tesis Universidad Estatal de Londrina. Brasil. 196.
- Hernandez, J; Medina, O; Hernandez, A; Cocha, P. 2017. Oxidación y caracterización fisicoquímica de almidón de sagú “marantha arundinacea” para la elaboración de bioplástico. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Vol 15 (1). 19-26.
- Lambis,H; Hernández,F; Morales,Y; Marín, L; Pascualino, J. 2015. Extracción de almidón a partir de residuos de piel de plátano. XXVIII Congreso Colombiano de Ingeniería Química. Bogotá, Colombia
- López, A; Bellucci, F; Velasco, D; Ardanuy, M.; Rodríguez, M. 2015. Cellular structure and mechanical properties of starch-based foamed blocks reinforced with natural fibers and produced by microwave heating. Spain, Industrial Crops and Products. 66 194–205.
- Maya, D. 2017. Estudio y aplicación del Almidón de Maíz. Tesis de grado. Instituto Politécnico Nacional, México.
- Narváez, M. 2016. Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón.
- Nielsen. 2003. Food Analysis Laboratory Manual. New York
- Piñeiro. 2015. Obtención y caracterización de espumas biodegradables de almidón por microondas. Tesis de grado. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Pizá, H; Rolando, S; Ramírez, C; Villanueva, S; Zapata, A. 2017. 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. Universidad de Piura, Perú.

- Reyes, H. 2018. Bioplástico hecho a base de la fécula de maíz. Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.
- Ronquillo, S. 2017. Caracterización de las proteínas de la cáscara de plátano tipo williams (giant cavendish). Tesis de grado. Universidad de Guayaquil. Ecuador, 57
- Rivadeneira, C. 2015. Elaboración de bandejas biodegradables a base de corteza de plátano y almidón de Yuca. Tesis de grado. Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Manta, Ecuador.
- Ruiloba, I ; Li, M; Quintero, R; Correa, J. 2018. Bioplastic production from mango seed starch. Facultad de Ciencias y Tecnología - Universidad Tecnológica de Panamá, Grupo Ciencia y Tecnología Innovadora de Alimentos (CYTIA) Vol. 28-32.
- Shogren, R; Lawton, J ; Doane, W.; Tiefenbacher, K. 1998. Structure and morphology of baked starch foams. *Polymer* 39, 6649–66
- Sierra, A; Solano, F; Valderrama, J. 2016. Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. Instituto Mexicano Madero Plantel Zavaleta, Puebla.
- Valarezo, M. 2012. Desarrollo de biopolímeros a partir de almidón de corteza de yuca (Manihot esculenta). Tesis de Ingeniería Química. UTPL.
- Villavicencio, C. 2018. Diseño de modelo de negocios para producir y comercializar platos biodegradables de hojas de plátano, Tesis. Facultad Ciencias Administrativas. Universidad de Guayaquil.