

Aprovechamiento Del Raquis Del Maíz (*Zea Mays*) Para La Elaboración De Un Biopolímero

María Alexandra Soto Velásquez¹

mariasoto@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6196-6920>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
Santo Domingo-Ecuador

Erika Nayeli Diaz Panchana

erikadiazpanchana@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0004-7544-0163>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
Santo Domingo-Ecuador

Andrea Silvana Morejón Ruiz

andreamorejon@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-5599-5733>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
Santo Domingo-Ecuador

Wendy Jazmín Gonzaga Izurieta

wendygonzagaizurieta@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0000-5935-600X>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
Santo Domingo-Ecuador

Ximena Patricia Valencia Enriquez

ximenavalencia@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0003-3973-1217>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
Santo Domingo-Ecuador

Génesis Leticia Esmeraldas Tipantuña

genesisesmeraldastipantuña@tsachila.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-5902-8788>

Instituto Superior Tecnológico Tsa'chila
Santo Domingo-Ecuador

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad aprovechar el raquis de maíz variedad trueno para la elaboración de un biopolímero. Se analizaron como variables independientes la cantidad de raquis de maíz (Factor A) en porcentajes de 2, 3, 4 % respectivamente para las formulaciones A1, A2, A3 y el procesamiento del raquis de maíz (factor B), harina (B1) o almidón (B2). Se midieron características de aspecto visual y texturales, además propiedades físicoquímicas como viscosidad, espesor, elasticidad, absorción de humedad y propiedades de biodegradabilidad en suelo y en agua dulce. Los datos fueron procesados en el software Infortad (versión estudiantil) bajo parámetros establecidos para un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial A*B+1. Los resultados muestran que las tanto la formulación como el procesamiento del raquis influyen en las características de los biopolímeros. Los valores máximos de viscosidad, espesor, elasticidad, absorción de humedad fueron 16167 mPa.s, 0.8 mm, 1.33 cm, 2.01 %, respectivamente, en cuanto a biodegradabilidad a la interperie el porcentaje de degradación mínimo fue de 14.12% en 30 días de observación, mientras que para biodegradabilidad en agua se determinó que todos los tratamientos presentan 100% de degradación antes de los 30 días. En relación con otros autores se analiza que los tratamientos con almidón presentan mejores resultados que los realizados con harina de raquis de maíz.

Palabras clave: Biopolímero; raquis; extracción; almidón.

¹ Autor Principal

Use Of The Rachis Of Corn (*Zea Mays*) For The Production Of A Biopolymer

ABSTRACT

The purpose of this research work is to take advantage of the thunder variety corn rachis for the elaboration of a biopolymer. The amount of corn stalks (Factor A) were analyzed as independent variables in percentages of 2, 3, 4 % respectively for formulations A1, A2, A3 and the processing of corn stalks (factor B), flour (B1) or starch (B2). Visual and textural characteristics were measured, as well as physicochemical properties such as viscosity, thickness, elasticity, moisture absorption and biodegradability properties in soil and fresh water. The data were processed in the Infortad software (student version) under parameters established for a completely randomized experimental design with A*B+1 factorial arrangement. The results show that both the formulation and the processing of the rachis influence the characteristics of the biopolymers. The maximum values of viscosity, thickness, elasticity, moisture absorption were 16167 mPa.s, 0.8 mm, 1.33 cm, 2.01%, respectively, in terms of biodegradability to the elements, the minimum degradation percentage was 14.12% in 30 days of observation, while for biodegradability in water it was determined that all treatments present 100% degradation before 30 days. In relation to other authors, it is analyzed that starch treatments present better results than those made with corn rachis flour.

Keywords: *Biopolymer; rachis; extraction; starch.*

Artículo recibido 10 marzo 2023

Aceptado para publicación: 10 abril 2023

1. INTRODUCCIÓN

El lugar de origen del maíz se ubica en el centro de México, pertenece a la familia de las Gramíneas y su nombre científico es (*Zea Mays*) siendo uno de los granos alimenticios más antiguos que se conocen, por lo que es completamente dependiente de los cuidados del hombre, a su vez contribuyen a la alimentación de la humanidad. Por esta razón, se puede aseverar que el maíz, es uno de los cereales que alimenta al mundo, su propagación por el continente americano adquiere diferentes nombres como: choclo, jojoto, corn, milho, elote y maíz es una planta domesticada y altamente productiva que no crece en forma salvaje. Para el año 2020 la cosecha de maíz en Ecuador fue alrededor de 355,913 hectáreas (Caviedes, 2018). En la industria alimenticia el maíz es aprovechado para la elaboración de piensos alimenticios, además se utiliza como fuente de carbohidratos en la dieta diaria, aunque el uso de sus granos es variado, actualmente no se le da un valor agregado a los residuos de la cosecha y de su procesamiento (Martínez D. P., 2013).

En la industria alimentaria uno de los principales problemas es el manejo de los residuos, entre ellos los de origen orgánico, los cuales principalmente causan contaminación visual y la atracción de plagas. En el caso del maíz, Ecuador produce 3,17 t/ha al año, generalmente los subproductos del maíz son quemados a cielo abierto, siendo una problemática causante de emisiones gaseosas y por ende de la degradación ambiental, procesos de erosión y pérdida de nutrientes del suelo (Caviedes, 2018). El manejo de las consecuencias causadas por estas acciones involucra costos ambientales para la recuperación del suelo. Además, en cuanto a contaminación se puede encontrar otros factores como los plásticos tradicionales que se fabrican a partir de los derivados del petróleo que son fuentes no renovables, estos plásticos poseen una desventaja que es el tiempo de degradación que tienen que ser de 50 años en descomponerse, dañando la flora y fauna (Maizar, 2018). En este contexto, pese a los beneficios del maíz, se presenta la problemática que es la falta de manejo de los residuos, entre ellos el raquis que se genera en grandes cantidades en el proceso de separación del grano de la mazorca (Delgado, 2019)

En cuanto a los biopolímeros, surgen como una forma de reemplazar a los omnipresentes plásticos con opciones más sostenibles. La mirada de los científicos apunta hacia los biopolímeros como forma de sustituir las resinas que se utilizan actualmente en la fabricación de productos plásticos (Gupta et al., 2022). Los biopolímeros son conocidos como polímeros biobasados, son materiales plásticos y su principal diferencia es que se obtienen de fuentes renovables y naturales. Lo más habitual es que procedan de residuos agrícolas, de celulosa o almidón de patata o maíz, también se pueden obtener biopolímeros de diferentes hidratos de carbono como azúcar, almidón, celulosa, lignina, bio-grasas o aceites (Ledesma, 2021).

Los biopolímeros se originaron en los siglos XX o incluso de finales del XIX, son macromoléculas de diferentes orígenes, derivados del petróleo, de origen vegetal y muchos son de origen sintético, también conocidos como polímeros biobasados, también son materiales plásticos pero su principal diferencia es que se obtienen de fuentes renovables y naturales (Guadalupe, 2018).

Por otro lado, los plásticos son populares porque son económicos, livianos, resistentes a la oxidación, inalterables a los agentes atmosféricos, versátiles, aislantes de la corriente eléctrica y pueden sustituir la madera, la piedra o el metal. Sin embargo, estas mismas ventajas pueden ser sus peores inconvenientes, la alta resistencia a la corrosión, al agua y a la descomposición bacteriana los convierte en residuos difíciles de eliminar y, consecuentemente, en un grave problema ambiental. El polietileno y el polipropileno (bolsas plásticas) pueden tardar hasta 500 años en descomponerse. Por lo tanto, el objeto de la presente investigación es evaluar las características fisicoquímicas y de biodegradabilidad de un biopolímero elaborado a partir de raquis de maíz.

2. METODOLOGÍA

2.1. Enfoque

La presente investigación estuvo bajo un enfoque mixto, debido a que se tomaron datos reales durante la fase experimental y se utilizó estadística inferencial para levantar información a través de un diseño experimental que permitió determinar cuál es el mejor tratamiento para elaborar un

biopolímero aprovechando el raquis del maíz. Adicionalmente, se describió el proceso de elaboración, tiempos, temperaturas y demás parámetros útiles en caso de querer replicar la experimentación.

2.2. Modalidad de investigación

En la presente investigación, la modalidad de campo, bibliográfica y experimental. En relación a esto, se recolectaron los raquis de maíz en la cooperativa El Proletariado en una microempresa dedicada a la elaboración de humitas. Además, se recolecto información en bases de datos especializadas como Dialnet, Science Direct sobre biopolímeros a partir de residuos orgánicos para identificar el método de elaboración del biopolímero que se adapte a las condiciones de este experimento. Por último se caracterizó cada tratamiento.

2.3. Diseño experimental

Se aplicó un diseño experimental completamente al azar con arreglo factorial $A*B+1$, con un total de 7 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, teniendo un total de 21 unidades muestrales. El factor A corresponde al porcentaje de almidón de maíz que se reemplazó en la formulación base, el cual fue de 2 %, 3 %, 4 %, para A1, A2, A3, respectivamente, mientras que el Factor B corresponde al procesamiento del raquis de maíz, siendo B1 para harina de raquis y B2 almidón de raquis de maíz. Los porcentajes de formulación se toman de la investigación sobre biopolímeros de raquis de palma africana realizada por Proaño (2017) en donde menciona que los mejores resultados se presentan con incorporación de hasta el 10% de fibra.

Para la caracterización de los biopolímeros se midieron características de viscosidad (mPa.s), absorción de humedad (%), elasticidad (%), espesor (%), biodegradabilidad en intemperie y en río (%) en condiciones aerobias y anaerobias. Además se analizó el rendimiento del almidón y la harina de raquis de maíz.

2.4. Selección de la variedad de maíz

Debido a las diferentes variedades de maíz, la especie seleccionada para el aprovechamiento del raquis, corresponden al maíz chumal (*Zea Mays Chumal*) conocido comúnmente como maíz amarillo. Se seleccionó esta especie debido a que es la más común para la elaboración de humitas.

2.5. Obtención de harina de raquis de maíz

Se procede a cortar el raquis en pequeños pedazos de 2 a 2,5 cm, para luego llevarlo al molino industrial donde pasó por tres moliendas para reducir los trozos del raquis a 1,5 cm, posteriormente se lleva al deshidratador a una temperatura de 45 °C por 5 horas, luego se pulverizó. Por último se pasó el pulverizado por un tamizador #70 para poder extraer la harina fina del raquis de maíz.

2.6. Extracción de almidón del maíz

A continuación, la obtención de almidón comenzó con la harina del raquis obtenida, 500 g de muestra en 4 litros de agua purificada. La harina se agregó en un lienzo, la cual se sumergió en el agua, donde reposo 24 horas, luego se separó el agua de los sedimentos y se procedió a secar el sedimento en un secador de bandejas a una temperatura de 45 °C por 12 horas. Finalmente, se utilizó la torre de tamices para el proceso de tamizado, con el fin de obtener almidón homogéneo. Se almacenó el almidón en bolsas herméticas a temperatura ambiente y en lugar libre de humedad.

2.7. Síntesis de biopolímero

La síntesis de biopolímero se efectuó mediante la metodología descrita por Kim y Min con algunas modificaciones la cual ayudó a plantear ciertos pasos para la formulación establecida. Se pesó harina o almidón de maíz de acuerdo con las formulaciones planteadas, se colocó la mezcla a cocción con agua destilada. Posteriormente alcanzado la temperatura de gelatinización 90 °C por 5 min se añadió glicerina y vinagre manteniendo agitación constante, para luego dejar enfriar a 50 °C. La mezcla se vertió en una placa de vidrio, y se colocó en el deshidratador por 12 horas a una temperatura de 45 °C. Finalmente se retiró el bioplástico obtenido de las placas para su respectiva caracterización.

2.8. Ponderación de los aspectos visuales y texturales

Los aspectos visuales y texturales de los biopolímeros fueron calificados de acuerdo a los parámetros establecidos en la cual se presentan a continuación en la tabla 1.

Tabla 1. Parámetros visuales y texturales

Ponderación	Aspecto	Textura	Flexibilidad
1	Opaco	Granulosa	Muy flexible
2	Poco opaco	Grumosa	Flexible
3	Ligeramente opaco	Ligeramente grumosa	Ligeramente flexible
4	Ligeramente translucido	Lisa	Poco flexible
5	Translucido	Muy lisa	No flexible

2.9. Análisis fisicoquímicos

- **Viscosidad:** se utilizó un viscosímetro rotatorio digital Guellin SNB-1. Se midió a temperaturas de 26 °C con ayuda de un vaso de precipitación la cual se agregaba la solución hasta la mitad para luego poder llevar al viscosímetro.
- **Elasticidad:** se realizó con ayuda de flexómetro, se utilizaron tiras de 2 cm de ancho por 5 cm de largo y se midió cuantos centímetros se estira el biopolímero hasta que se rompe.
- **Espesor:** se realizó con ayuda de un calibre, la cual se tomaba cada película de los diferentes tratamientos, midiendo en unidad de medida milímetro.

2.10. Absorción de humedad de biopolímero

Se sometió los biopolímeros a secar y posteriormente se enfriaron en una copa con sílica gel, se midió el peso luego de 24 horas para determinar el porcentaje de absorción de humedad en ese tiempo. Los datos se presentaron el % de absorción de peso.

2.11. Biodegradabilidad

Durante 30 días se colocaron los tratamientos en frascos con tierra. Se utilizaron frascos tapados y sin destapar para los tratamientos a fin de determinar la biodegradabilidad en

condiciones aerobias y anaerobias. Para la biodegradabilidad en río se aplicó el método descrito para degradabilidad en intemperie, pero se reemplazó la tierra por agua dulce. El porcentaje de biodegradabilidad se calculó según la ecuación 2.

$$\% \text{ degradabilidad} = 100 - \left(\frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100 \right) \quad (\text{Ecuación 1})$$

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Formulación del biopolímero a partir del raquis de maíz

Tabla 2. Materiales y formulación de biopolímeros

Materiales	Testigo (%)	Formulación A1 (%)	Formulación A2 (%)	Formulación A3 (%)
Agua	87,75	87,75	87,75	87,75
Glicerina	1,99	1,99	1,99	1,99
Almidón	6,69	4,69	3,70	2,69
Raquis	0,00	2,00	3,00	4,00
Sorbato de potasio	0,06	0,06	0,06	0,06
Vinagre	3,51	3,51	3,51	3,51
	100	100	100	100

En la tabla 1, se presentan las formulaciones de los diferentes tratamientos desarrollados en esta investigación. Los porcentajes establecidos para la elaboración de los biopolímeros se seleccionaron con base a la formulación establecida en la investigada por Montoya, y otros (2022), en la cual utilizaron la cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*) y almidón de maíz (*Zea Mays*) para la elaboración de un biopolímero. Las biopelículas se elaboraron con el raquis de maíz (almidón o harina) tomando en cuenta otros ingredientes como la glicerina que sirve como un plastificante debido a sus propiedades humectantes y además aporta elasticidad. Según Arrieta, Durango, & Arizal (2018).

3.2. Observaciones durante la experimentación

A continuación se presenta se presenta en la tabla 6, en donde se mencionan aspectos visuales y texturales observados durante la investigación.

Tabla 3. Tabla de aspectos visuales y texturales

Muestra	Apariencia	Textura	Flexibilidad	Fotografía	
Almidón de raquis de maíz	T0	El testigo presenta características de translucidez la cual se asemeja más a un plástico común.	El testigo presenta una textura lisa sin grumos.	El testigo es flexible y fácil de manejar.	
	A1	Las películas con la fórmula de almidón presentaron características poco opacas con un color amarillo y café que es debido a la coloración del almidón de raquis de maíz.	Mientras mayor es la cantidad de almidón adicionada en la formulación mayor es la rugosidad de las películas. En cuanto a la formulación A3 presenta una textura similar al cartón.	La formulación A1 presenta mayor flexibilidad, mientras que la formulación A3 no es flexible, pero es más resistente.	

<p>Los tratamientos de las películas de harina presentaron características ligeramente translucidas, su opacidad fue mayor a la presentada en tratamientos realizados con el almidón del raquis de maíz.</p>	<p>Los tratamientos presentaron una textura ligeramente grumosa y su granulosa, probablemente debido al alto contenido de fibra que presenta la harina de raquis de maíz (Ulloa, et al, 2013)</p>	<p>Los tratamientos fueron flexibles, aunque poco elásticos.</p>
--	---	--



Una de las características más importantes de los biopolímeros, es que posee propiedades mecánicas en el mismo rango de los polímeros, a excepción de una baja elasticidad. Sin embargo, esta propiedad puede ser afinada durante la polimerización. Puede ser tan duro como el acrílico o tan blando como el polietileno, además se le atribuyen también propiedades de interés industrial como la suavidad, resistencia al rayado y al desgaste (Jiménez, 2019).

A continuación se presenta en la figura 1 un resumen de los parámetros visuales y texturales de los tratamientos en donde se podrá observar las diferentes características de los biopolímeros tomando como referencia al testigo que es el que mayormente se asemeja a un plástico común. Referente a aspecto los tratamientos elaborados con harina de raquis de maíz (B1) se mantienen en un rango ligeramente translucido, mientras que para los tratamientos elaborados con almidón de raquis de maíz la translucides va desde La textura el T0 y el tratamiento A3B1 se mantienen con un rango de 4 (lisa), tuvieron una mejor textura, en cuanto a la flexibilidad el tratamiento A3B2 resalta por su mejor flexibilidad su rango fue de 4 (poco flexible).

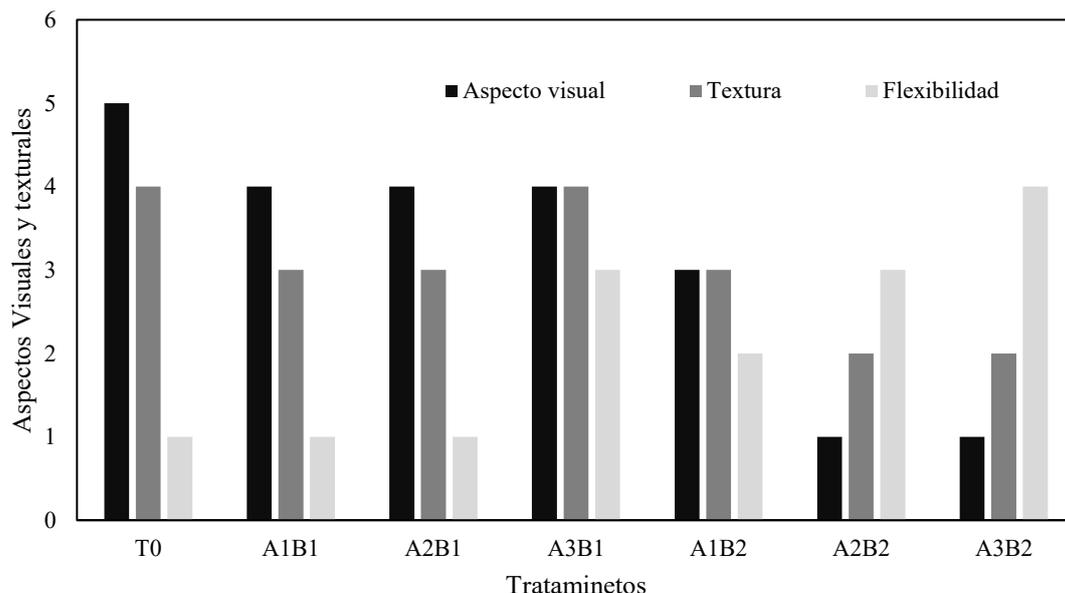


Figura 1. Valores promedio de aspectos visuales y texturales de los tratamientos

3.3. Contraste estadístico entre testigo y tratamientos

El análisis de contraste entre los tratamientos y el testigo muestra diferencias significativas con un valor P de <0.0001 para todas las variables a excepción de biodegradabilidad en río (aerobia y anaerobia). Para ilustrar mejor las diferencias en las figuras 2, 3, 4, 5, 6, 7 se presentan las medias de los testigos y los tratamientos para viscosidad, elasticidad, espesor, absorción de humedad, biodegradabilidad en suelo aerobia, biodegradabilidad en suelo anaerobia, respectivamente.

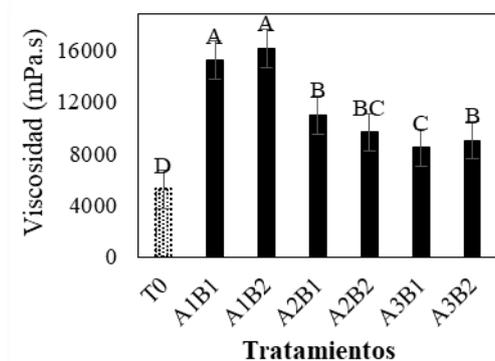


Figura 2. Medias de Viscosidad del testigo y los tratamientos.

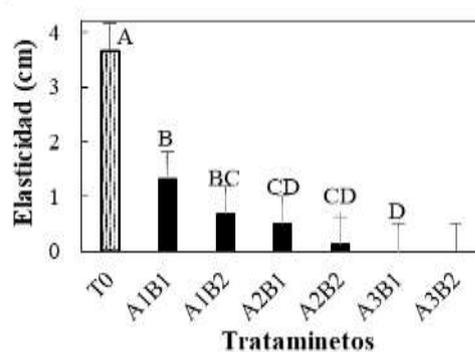


Figura 3. Medias de Elasticidad del testigo y los tratamientos.

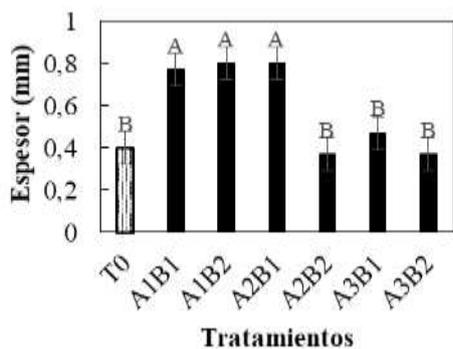


Figura 4. Medias de Espesor del testigo y los tratamientos.

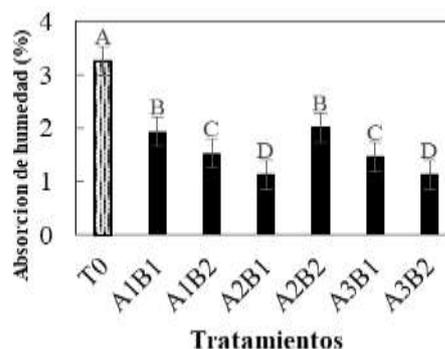


Figura 5. Medias de Absorción de Humedad del testigo y los tratamientos

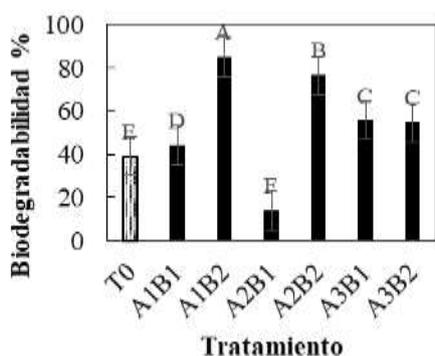


Figura 6. Medias de Biodegradabilidad en suelo (aerobio) del testigo y los tratamientos

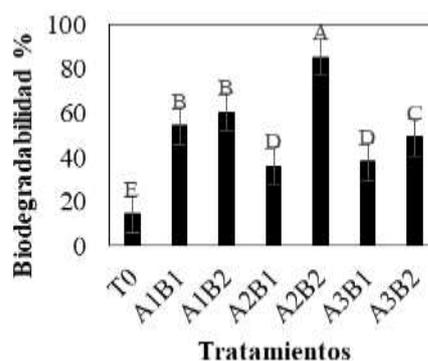


Figura 7. Medias de Biodegradabilidad en suelo (anaerobio) del testigo y los tratamientos

En la figura 2, se muestran las medias de viscosidad del testigo (5233 mPa·s) y los tratamientos, se diferencia que la media más alta (16167 mPa·s) es para el tratamiento A1B2 mientras que la más baja es (8466 mPa·s) para el tratamiento A3B1, es importante mencionar que mientras menos viscosa es la solución formadora de películas mayor fluidez presenta, por ende es más manejable al momento del moldeado (Jiménez, 2019).

En cuanto al, espesor se muestran diferencias significativas entre el testigo y los tratamientos. En la en la figura 3, se puede observar que el testigo presenta mayor elasticidad (3,5 cm) que los tratamientos, donde A3B1 Y A3B2 presentan una elasticidad de cero. En la figura 4, se muestran las medias de espesor del testigo (0.4 mm) y los tratamientos, se diferencia que las medias más altas (0.8 mm) son para los tratamientos A1B2 y A2B1 mientras que las más bajas es

(0.37 mm). En la figura 5, se muestran las medias de absorción de humedad del testigo (3.25 %) y los tratamientos, se diferencia que la media más alta (2.01 %) es para el tratamiento A2B2 mientras que la más baja es (1.12 %) para el tratamiento A2B1. Es decir, que tanto para las películas de harina o almidón de raquis, la absorción de humedad es más baja comparada con el testigo.

Referente a biodegradabilidad (intemperie) en suelo. En condiciones aerobias, en la figura 6 se muestran las medias de biodegradabilidad en suelo del testigo (39.12 %) y los tratamientos, se diferencian que la media más alta (85.2%) es para el tratamiento A1B2, mientras que la más baja es (14.12%) para el tratamiento A2B1. Mientras que en condiciones anaerobias en la figura 7 se muestran que testigo (14.43 %) presenta menor degradabilidad que los tratamientos, se diferencia que la media más alta (85.39 %) es para el tratamiento A2B2 mientras que la más baja es (36.22 %) para el tratamiento A2B1.

3.4. Determinación de las diferencias estadísticas entre los niveles del Factor A y Factor B

Tabla 4. Propiedades fisicoquímicas y de biodegradabilidad de los biopolímeros

Factor	Muestra	Viscosidad (mPa.s)	Elasticidad (cm)	Espesor (mm)	Absorción de humedad (%)	Biodegradabilidad intemperie (%) aerobio	Biodegradabilidad intemperie (%) anaerobio
A	A1	12466,67 ^B	0,73 ^B	0,63 ^A	1.97 ^C	60.41 ^A	69.96 ^A
	A2	12316,5 ^{AB}	0,35 ^{AB}	0,58 ^A	1.49 ^B	70.54 ^{AB}	49.40 ^{AB}
	A3	10016,67 ^A	0,25 ^A	0,57 ^A	1.12 ^A	34.47 ^B	42.71 ^B
B	B1	14144,44 ^A	0,84 ^B	0.79 ^A	1.52 ^A	47.84 ^A	50.39 ^A
	B2	9055,44 ^A	0,04 ^A	0.40 ^B	1.52 ^A	62.44 ^A	57.66 ^A

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

Los valores de viscosidad de las soluciones formadoras de película presentados en la tabla 4 son menores a medida que aumenta la cantidad de raquis de maíz en la formulación, en cuanto a al procesamiento del raquis se observa una menor viscosidad para los tratamientos realizados

con almidón de raquis de maíz. Al respecto, Matteo Minelli (2010) en su investigación sobre biopolímeros con la caseína precipitada y ácido comercial CO₂CAS afirma que obtuvo la viscosidad máxima con un valor promedio de 7202 mPa·s, siendo valores menores a los obtenidos en esta investigación, sin embargo, Minelli (2010) menciona que la baja viscosidad de sus películas género menor solubilidad en agua y susceptibilidad a ambientes de alta humedad.

Por otra parte, Caicedo (2022) en su investigación sobre biopolímeros con una mezcla de almidón de banano, agua y glicerina, menciona viscosidades obtenidas de 14129 mPa·s lo que en su caso aporta fluidez a las películas, en términos generales la viscosidad obtenida en esta investigación fue adecuada para que las soluciones formadoras de películas fluyeran en la placa de vidrio antes del secado.

En la tabla 4, se muestran las medias de elasticidad de los biopolímeros realizados con harina y almidón de raquis de maíz, los resultados muestran que existen diferencias entre los niveles del factor A, y entre los niveles del factor B (p valor > 0.05). La mayor elasticidad (0.73 cm) se presenta en biopolímeros formulados con el 2% de raquis de maíz, en cuanto a procesamiento de raquis se obtienen mejores resultados al utilizar harina de raquis de maíz, con una elasticidad de 0.84 cm. Según Caicedo (2022) las propiedades de resistencia en la elasticidad de las películas compuestas de almidón de papa/PVOH/quitosano lograron ser más delgadas y flexible con una elasticidad de 3.32 cm, este valor es mayor a los obtenidos en esta investigación, por otra parte Demera & Ricardo (2021) , obtuvieron como resultado 1.77 cm de elasticidad en la elaboración biopolímeros de Malanga blanca, los cuales se relacionan con los reportados por Tomasula (2006) quien obtuvo un resultado de 1.01 cm de elasticidad en sus películas de caseína precipitadas con CO₂, estos resultados son más bajos que los reportados por Caicedo (2022) pero más altos que los obtenidos en biopolímeros con raquis de maíz. Tomasula (2006) manifiesta que la elasticidad puede mejorar con mayor cantidad de un plastificante con menor resistencia a la tracción, mayor elasticidad.

Se presentan también en la tabla 4, el análisis estadístico de espesor, en donde, el factor A no tienen significancia, mientras el factor B es altamente significativo con un espesor mínimo

de 0.40 mm para biopolímeros realizados con almidón de raquis de maíz. En este contexto Rodríguez, Oses, Ziani, & Mate, (2006) en su investigación sobre biopolímeros con el almidón de papa reportan espesores mínimos de 0.06 mm, menciona que el espesor promedio de fundas plásticas tradicionales es de 0.025 mm. Además Caicedo (2022) manifiesta que mientras menor es el espesor mayor es la elasticidad, por ende se entiende que se podrían obtener mejores resultados al aumentar la superficie de la placa de vidrio en donde se deposita la solución formadora de película previo al secado, de esta forma se lograría menor espesor y mayor elasticidad en las biopelículas formuladas.

En cuanto a absorción de humedad en la tabla 4 se muestra que el factor A es significativamente influyente con una media máxima de 1.97 % para los biopolímeros con 2 % de raquis en su formulación, mientras que el procesamiento del raquis (factor b) no tiene incidencia en la absorción de humedad de los biopolímeros con una media 1.52 % tanto para películas elaborados con harina y con almidón de raquis de maíz. Al respecto en la investigación de Arrieta, Durango, & Arizal (2018) sobre biopolímeros con almidón de yuca se obtuvieron datos de absorción de humedad del 13.99 %, por otro lado Rungsinee (2007), en su investigación sobre plastificantes en películas comestibles y biopolímeros menciona que el valor máximo ideal para estos productos es de 9.14 % , menciona también que la absorción de humedad puede variar por la cantidad y el tipo de plastificante utilizado, no obstante los valores obtenidos en esta investigación no sobrepasan lo permitido.

Referente a la biodegradabilidad no se observan diferencias entre las películas elaboradas con harina o con almidon de raquis, pero se determinó que el factor A si tiene significancia en esta variable, además se presentan mejores resultados en condiciones aerobias. Esto se debe a que la degradabilidad está influida por la cantidad de almidón en la mezcla y las condiciones ambientales Briassoulis, (2021). Los resultados de biodegradabilidad obtenidos son mucho mejores en comparación con los resultados obtenidos por Gardi, (2021) en su investigación sobre biodegradabilidad de biopolímeros en la que lodro una reducción de peso del 7% al cabo de 60 días. En relación a la biodegradabilidad en rio todos los tratamientos obtuvieron un 100% de

degradabilidad, la cual comenzó desde el día 10 hasta el día 30. Según Simón (2021) los biopolímeros se consideran fácilmente biodegradable si el 60 % o 70 % del material se convierte en CO₂, en un rango de 10 a 28 días, considerando que es más degradable en agua dulce, por lo que los microorganismos debido a la presencia de nutrientes.

4. CONCLUSIONES

El principal problema es el manejo de residuos de maíz que no se utilizan los cuales principalmente causan contaminación visual y atracción de plagas, generalmente los subproductos del maíz son quemados a cielo abierto, siendo una problemática causante de emisiones gaseosas esto involucra diversos costos ambientales para la recuperación del suelo, entre ellos el uso del raquis para la elaboración de biopolímeros de residuos ayudara evitando la contaminación medioambiental, la cual su degradabilidad es mucho más rápida.

Los resultados de propiedades visuales texturales y fisicoquímicos de (viscosidad, Absorción de humedad, elasticidad y espesor) de los biopolímeros se encuentran en parámetros relativamente altos comparando con otras, por lo cual deben ser mejorados en futuras investigaciones, principalmente se recomienda aumentar la cantidad de plastificante utilizado.

LISTA DE REFERENCIAS

- Arrieta, Á., Durango, L., & Arizal, E. (11 de Noviembre de 2018). *Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz)*. Obtenido de Revista y espacios: <https://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-15.pdf>
- Bennett, P. (25 de October de 2022). *Translating controlled release systems from biomedicine to agriculture*. Obtenido de REVIEW Article.
- Borraro Rodríguez, C., Valdez Zepeda, A., & Delgado Melgarejo, B. (2019). Cultura emprendedora en jóvenes universitarios de Guadalajara, México. *Revista de Ciencias Sociales*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/280/28060161005/html/>
- Briassoulis, D. (2021). *Normas estandar de biodegradabilidad de plasticos* . Obtenido de Agricultural University of Athens.
- Caicedo, C. (09 de 02 de 2022). Effect of Plasticizer Content on Mechanical and Water Vapor Permeability of Maize Starch/PVOH/Chitosan Composite Films. *MDPI Open Access Journals*. Obtenido de MDPI Open Access Journals: <https://www.mdpi.com/1996-1944/15/4/1274>

- Camacho, D. (2003). La importancia de formar jóvenes emprendedores. *Apuntes del CENES*, 15. Obtenido de https://www.redib.org/Record/oai_articulo1686608-la-importancia-de-formar-j%C3%B3venes-emprendedores
- Caviedes, M. (04 de 11 de 2018). *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías*. Obtenido de ACI Avances en Ciencias e Ingenierías: <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/1100/2562#info>
- Ceja Oseguera, S., De la Torre Hidalgo, T., & Ramírez Murillo, L. (2018). Análisis de las competencias para el emprendedurismo que se desarrollan en los cursos presenciales de las licenciaturas del área de negocios. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 18.
- Chávez Moreno, E. (2020). Análisis comparativo de competencias emprendedoras entre estudiantes de la UABC. *Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 20. Obtenido de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-74672020000100131&lang=es
- Correa Correa, Z., Delgado Hurtado, C., & Conde Cardona, Y. (2011). Formación en emprendimiento en estudiantes de la carrera de administración de empresas en la Universidad Pública de Popayán. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 51. Obtenido de <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/550/538>
- Delgado, D. C. (22 de Febrero de 2019). *Letras Verdes*. Obtenido de La producción de maíz en Sinaloa, México, y sus implicaciones para el medio ambiente: <https://revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/article/view/3705>
- Demera, L., & Ricardo, M. (29 de Marzo de 2021). "Obtención de biopolímero evaluando el almidón de dos variedades de malanga blanca". Obtenido de Universidad ESPED: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/24113/1/T-ESPESD-003110.pdf>
- Duarte Masi, S., & Sung Park, S. (2019). El perfil del emprendedor y los estudios relacionados a los emprendedores Iberoamericanos. *Revista Internacional de Investigación en Ciencias Sociales*, 24. Obtenido de https://www.redib.org/Record/oai_articulo797820-el-perfil-del-emprendedor-y-los-estudios-relacionados-a-los-emprendedores-iberoamericanos
- Encina Ayala, L., & López Méndez, G. (2021). Emprendedurismo Femenino: Un estudio multi-caso de factores que influyen en la Intención Emprendedora. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 18. Obtenido de https://doi.org/10.37811/cl_rem.v5i2.374
- Gardi, S. (2021). *Biodegradabilidad de plasticos en agua, suelo y compost*. Obtenido de Universidad de Alcalá: <http://ies.jrc.ec.europa.eu/>
- Garrison, T. (2016). *Potential for Biodegradability*. Obtenido de MDPY.

- Giraldo, J. (2018). Orientación Universitaria. *Universia Perú*. Obtenido de <https://orientacion.universia.edu.pe/infodetail/consejos/orientacion/mas-mujeres-optan-por-las-carreras-de-administracion--2774.html>
- Gómez, L., & Jacobsohn, G. (2007). *Desarrollo de competencias emprendedoras - La formación básica de la Universidad del Norte*. Barranquilla: Ediciones Uninorte. Obtenido de <https://books.google.com.py/books?id=efPQK2Utk9YC&pg=PR6&dq=La+Formaci%C3%B3n+B%C3%A1sica+en+la+Universidad+del+Norte&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjlm-qipvvwAhWBJ7kGHe7TDZoQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=La%20Formaci%C3%B3n%20B%C3%A1sica%20en%20la%20Universidad%20>
- Guadalupe, D. A. (Noviembre de 2018). *ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ*. Obtenido de USO DE LOS RESIDUOS DEL CULTIVO DE MAÍZ (*Zea mays*), COMO ALTERNATIVA SOSTENIBLE PARA LA ELABORACIÓN DE BLOQUES, PARROQUIA BOYACÁ.
- Gutiérrez Huby, A., & Amador Murguía, M. (2011). El potencial emprendedor en los estudiantes de la carrera de contabilidad de las universidades San Marcos de Perú y Guadalajara de México – Centro Universitario de los Altos – Un análisis comparativo. *QUIPUKAMAYOC- Revista de la Facultad de Ciencias Contables*, 20.
- Jiménez Sáez, F., & Arroyo Vázquez, M. (2006). El fomento del emprendedurismo universitario a través de un modelo integrador. *Instituto ingenio*, 17. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/36031597.pdf>
- Jiménez, J. (2019). *Análisis del bioplástico de banano desde la perspectiva del diseño industrial para posible aplicación en diseño de producto*. Obtenido de Universidad de San Buenaventura Colombia / Facultad de Artes Integradas: <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/824976f4-140e-43e2-918c-61931db3ae37/content>
- Krauss, C. (2011). Actitudes emprendedoras de los estudiantes universitarios: El caso de la Universidad Católica del Uruguay. *Dimensión Empresarial*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277259963_Actitudes_emprendedoras_de_los_estudiantes_universitarios_El_caso_de_la_Universidad_Catolica_del_Uruguay
- Ledesma, A. A. (5 de Agosto de 2021). *Bioplásticos de almidón de maíz y quinua para uso como envolturas alimenticias*. Obtenido de Ciencias técnicas y aplicadas: [file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-BioplasticosDeAlmidonDeMaizYQuinuaParaUsoComoEnvol-8229776%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-BioplasticosDeAlmidonDeMaizYQuinuaParaUsoComoEnvol-8229776%20(1).pdf)

- Maizar. (11 de Mayo de 2018). *Asociación Maíz y Sorgo Argentino*. Obtenido de Nuevos usos para el maíz: Los Plásticos Biodegradables: <http://www.maizar.org.ar/vertext.php?id=142>
- Martinez, D. P. (15 de Julio de 2013). *Dialnet*. Obtenido de Desarrollo de bioplásticos a partir de subproductos agroalimentarios con aplicaciones en envases y matrices de difusión: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=55084>
- Martínez, F., & Carmona, G. (2009). Aproximación al concepto de “Competencias Emprendedoras”: Valor social e implicaciones educativas. *Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/40496765_Aproximacion_al_Concepto_de_Competencias_Emprendedoras_Valor_Social_e_Implicaciones_Educativas
- Marulanda, F., Montoya, I., & Vélez, J. (2014). Aportes teóricos y empíricos al estudio del emprendedor. *Cuadernos de Administración*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/265961531_Aportes_teoricos_y_empiricos_al_estudio_del_emprendedor
- Matteo Minelli, M. G. (10 de 04 de 2010). Investigation of mass transport properties of microfibrillated cellulose (MFC) films. doi:<https://doi.org/10.1016/j.memsci.2010.04.030>
- Montoya, M., Espinal, F., Bello, I., López, C., Mendoza, E., Bravo, C., & López, P. (10 de Agosto de 2022). *Elaboración de bioplásticos a base de cáscara de plátano (musa paradisiaca) y almidón de maíz (zea mays)*. Obtenido de Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad Ciencias Agropecuarias: <file:///C:/Users/USER/Downloads/2763-Texto%20del%20art%C3%ADculo-10832-1-10-20220825.pdf>
- Nereira, O. (2018). *OBTENCION Y CARACTERIZACION DE HARINA DE RAQUIS DE BANANO (Musa paradisiaca)*. Obtenido de Universidad Señor de SIPAN: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6205/Neyra%20Ojeda%20Odilia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (6 de Junio de 2013). *BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS*. Obtenido de scielo: <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>
- Proaño, E. (Septiembre de 2017). *EVALUACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE BIOPOLÍMEROS FORMULADOS A PARTIR DE ÁCIDO POLILÁCTICO (PLA) CON ALMIDÓN DE: ACHIRA, BANANO Y OCA*. Obtenido de ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/18912/1/CD-8305.pdf>
- Rivas, J. (2015). *Guía para las personas que quieren emprender pero no saben como empezar*. México: Ediciones de Ideas Business.

- Robbins, S., & Judge, T. (2009). *Comportamiento organizacional (J. Brito, Trad.)*. México: Pearson Educación. Obtenido de https://frrq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/15550/mod_resource/content/0/ROBBINS%20comportamiento-organizacional-13a-ed-_nodrm.pdf
- Rodríguez, M., Oses, J., Ziani, K., & Mate, J. (25 de abril de 2006). Combined effect of plasticizers and surfactants on the physical properties of starch based edible films. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.04.002>
- Ruiz Jiménez, J., Cabeza Pulles, D., & Briano Turrent, G. (2012). Universidad y Emprendimiento: Un caso de estudio en la Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales de la UGR. *ReiDoCrea*, 14. Obtenido de <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/21988/ReiDo-Crea-Vol.1-Art.20-Ruiz-Cabeza-Briano.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rungsinee Sothornvit, J. M. (09 de 05 de 2007). 23 - Plasticizers in edible films and coatings. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-012311632-1/50055-3>
- Sanchez, K. (16 de Septiembre de 2021). *HUMEDADDE IDENTIFICACIÓN DE LA CONCENTRACIÓN ÓPTIMA DE ALMIDÓN DE MALANGA (Colocasia esculenta) EN LA PRODUCCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO*. Obtenido de ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/16821/1/96T00726.pdf>
- Simon, C. (2021). *BIODEGRADABILIDAD DE PLÁSTICOS EN AGUA, SUELO Y COMPOST. ENSAYOS*. Obtenido de Universidad de Alcalá: https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/49849/TFG_Simon_Cristina_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Sobrado Fernández, L., & Fernández Rey, E. (2010). Competencias Emprendedoras y Desarrollo del Espíritu Empresarial en los Centros Educativos. *UNED Revistas Científicas*, 24. Obtenido de <http://revistas.uned.es/index.php/educacionXX1/article/view/275/231>
- Stradi Granados, S. (2016). El emprendedurismo universitario en estudiantes de administración de empresas de la UNED de Costa Rica. *Universidad Estatal a Distancia*, 22. Obtenido de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/rna/article/view/1574>
- Talja, H. (2007). Biopolymer Films and Coatings in Packaging Applications—A Review of Recent Developments. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2006.05.019>
- Tomasula, J. (2006). *PubAg*. Obtenido de PubAg: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/1840>
- Torres, M., Mendoza, L., Lara, Y., & Zazueta, J. (2016). Emprendimiento y su percepción en los estudiantes de la Licenciatura en Negocios y Comercio Internacionales. *Universidad de Sonora*, 21. Obtenido de <http://www.web.facpya.uanl.mx/Vinculategica/Revistas/R2/1680-1700%20->

%20Emprendimiento%20Y%20Su%20Percepcion%20En%20Los%20Estudiantes%20De%20La%20Licenciatura%20De%20Negocios%20Y%20Comercio%20Internacionales.pdf

- Vargas, L., & Bedoya, M. (2015). *Determinantes psicológicos de la intención de creación de empresas en los aprendices del Centro de Gestión Tecnológica de Servicios del SENA – Cali (trabajo de grado)*. Cali: Universidad del Valle.
- Villalba Benítez, E., & Ortega Carrasco, R. (2021). El perfil emprendedor en Paraguay, análisis de la población juvenil. *Fundación Universitaria Konrad Lorenz*, 10. Obtenido de http://revistasumadenegocios.konradlorenz.edu.co/wp-content/uploads/2020/10/RSN_1226_04_Perfil_emprendedor.pdf
- Viloria Escobar, J., Daza Corredor, A., & Miranda Terraza, L. (2016). Perfil emprendedor de los graduados de administración de empresas de la Universidad del Magdalena, 2010-2014. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/314300983_Perfil_emprendedor_de_los_graduados_de_administracion_de_empresas_de_la_Universidad_del_Magdalena_2010-2014
- Wall, D. (28 de Agosto de 2015). Soil Biodiversity and the Environment. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021257>