



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE
CACTUS (*Opuntia ficus-indica*) PARA USO COMO ENVOLTURAS
ALIMENTICIAS**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: KATHERINE GABRIELA PAZMIÑO ABAD

DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Katherine Gabriela Pazmiño Abad

Se Autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Katherine Gabriela Pazmiño Abad, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, **20 de marzo de 2021**

Katherine Gabriela Pazmiño Abad

0803888916

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE CACTUS (*Opuntia ficus-indica*) PARA USO COMO ENVOLTURAS ALIMENTICIAS**, realizado por la señorita: KATHERINE GABRIELA PAZMIÑO ABAD, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

FECHA

Ing. Mónica Andrade A.

MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACION



Firmado digitalmente por:
**MONICA LILIAN
ANDRADE
AVALOS**

24/Agosto/2021

Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas Msc.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

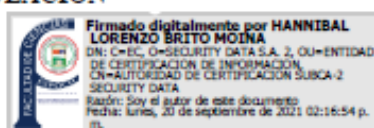


Firmado digitalmente por:
**MARCO RAUL
CHUIZA**

24/Agosto/2021

Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína Ph. D

MIEMBRO DEL TRABAJO DE TITULACION



24/Agosto/2021

DEDICATORIA

A Dios por permitirme culminar este tan anhelado trabajo de investigación y por darme la fortaleza necesaria para seguir cada uno de mis pasos con pie firme, este trabajo está dirigido a mis Padres; en especial a mi papá Teodoro Orlando Pazmiño (+), que siempre me brindaste todo tu apoyo para alcanzar mis sueños, que, hasta el último día de tu vida, siempre te sentiste orgulloso de mi. ¡Te extrañaré papá!, este logro es tuyo y de mi mamá Gladis Abad Barragán, que siempre serán el pilar fundamental y mi apoyo incondicional de por vida.

¡Gracias papás, los amo!

Gaby

AGRADECIMIENTO

Gracias infinitas a mis Padres: Teodoro Orlando Pazmiño (+) y Gladis Abad, lo que soy se lo debo a ustedes, gracias por educarme de manera correcta y siempre brindarme el amor necesario, por brindarme siempre el aliento necesario para superarme en todos los aspectos posibles, gracias por inculcarme los mejores valores y consejos. Así también agradezco a mis hermanas, a mi familia, y a mi enamorado que siempre han estado junto a mí, apoyándome en todo momento, ustedes son mi pilar fundamental para continuar y culminar mis estudios académicos.

Un agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a los docentes de toda mi carrera universitaria por su tiempo y conocimientos impartidos.

Agradecida con el Ingeniero Marco Chuiza y el Ingeniero Hanníbal Brito por su seguimiento para culminar este trabajo.

Finalmente agradezco a personas que compartieron su amistad, cariño, tiempo y dedicación durante mi periodo académico.

Gaby

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	viii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	ix
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT.....	xii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORÍCO REFERENCIAL	2
1.1 Identificación del Problema	2
1.2 Justificación de la Investigación	3
1.3 Objetivos de la Investigación	4
<i>1.3.1 Objetivo General.....</i>	<i>4</i>
<i>1.3.2 Objetivos Específicos</i>	<i>4</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	5
2.1 Antecedentes de la Investigación	5
2.2 Marco Conceptual o Glosario	8
<i>2.2.1 Cactus Nopal.....</i>	<i>8</i>
<i>2.2.2 Cladodios</i>	<i>9</i>
<i>2.2.3 Mucílago</i>	<i>9</i>
<i>2.2.4 Opuntia ficus-indica.....</i>	<i>10</i>
<i>2.2.5 Clasificación taxonomía del Opuntia ficus-indica.....</i>	<i>11</i>
<i>2.2.6 Composición química de la Opuntia ficus-indica.....</i>	<i>11</i>
<i>2.2.7 Descripción Botánica.....</i>	<i>12</i>
<i>2.2.8 Bioplástico</i>	<i>12</i>
<i>2.2.9 Proteínas</i>	<i>13</i>
<i>2.2.10 Glicerina</i>	<i>13</i>

2.2.12	<i>Plastificantes</i>	13
2.2.13	<i>Ácido acético</i>	14
2.2.14	<i>Amilosa</i>	14
2.2.15	<i>Biodegradabilidad</i>	14
2.3	Planteamiento de Hipótesis	15
2.3.1	<i>Hipótesis General</i>	15
2.3.2	<i>Hipótesis Específicas</i>	15
2.4	Identificación de Variables	16
2.5	Operacionalización de Variables	29
2.6	Matriz de Consistencia	30
2.7	Tipo y Diseño de Investigación	32
2.8	Unidad de Análisis	32
2.9	Población de Estudio	32
2.10	Tamaño de Muestra	32
2.11	Selección de muestra	33
2.12	Técnicas de Recolección de Datos	33
2.12.1	<i>Extracción del Mucílago del Nopal (Opuntia Ficus Indica)</i>	33
2.12.2	<i>Técnicas de extracción del Mucílago</i>	33
2.12.3	<i>Técnica para realizar la caracterización físico químico del bioplástico de mucílago del opuntia ficus indica.</i>	45

CAPITULO III

3	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
3.1	Datos físicos- químicos obtenidos de los ensayos de mucílago de <i>opuntia ficus indica</i>	49
3.2	Rendimientos obtenidos del mucílago	49
3.3	Ensayos físicos químico para el mucílago de <i>opuntia ficus indica</i>	51
3.3.1	<i>pH</i>	51
3.3.2	<i>Ceniza</i>	52
3.3.3	<i>Grasa</i>	52
3.3.4	<i>Fibra</i>	52
3.3.5	<i>Proteína</i>	52
3.3.6	<i>Humedad</i>	53
3.3.7	<i>Carbohidratos</i>	53
3.4	Resultados obtenidos del bioplástico	55

3.5	Análisis Sensorial del bioplástico	55
3.5.1	<i>Ensayos preliminares con las variables establecidas del bioplástico</i>	55
3.6	Cálculos realizados a los bioplásticos del mucílago	57
3.6.1	<i>Cálculo del ensayo de humedad</i>	57
3.6.2	<i>Cálculo del ensayo de solubilidad</i>	57
3.6.3	<i>Cálculo del ensayo de biodegradabilidad</i>	57
3.6.4	<i>Ensayos de permeabilidad al vapor</i>	58
3.7	Resultados de la caracterización físicos y mecánicos del bioplástico	58
3.7.1	<i>Ensayo de espesor</i>	58
3.7.2	<i>Ensayo de humedad de los bioplásticos</i>	59
3.7.3	<i>Ensayo de solubilidad de los bioplásticos</i>	59
3.7.4	<i>Ensayo de permeabilidad de los bioplásticos</i>	60
3.7.5	<i>Ensayo mecánico</i>	60
3.8	Ensayo de biodegradabilidad	62
3.8.1	<i>Biodegradabilidad en tierra</i>	62
3.8.2	<i>Biodegradabilidad en agua</i>	66
3.8.3	<i>Biodegradabilidad en ambiente</i>	70
3.9	Discusión	74
3.10	Prueba de hipótesis	79
3.10.1	<i>Hipótesis 1</i>	79
3.10.2	<i>Hipótesis 2</i>	79
3.10.3	<i>Hipótesis 3</i>	80
3.10.4	<i>Hipótesis 4</i>	80
	CONCLUSIONES	80
	RECOMENDACIONES	81
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

CAPITULO II

Tabla 1-2: Taxonomía del Opuntia ficus indica	11
Tabla 2-2: Composición química de 100g de Cactus (Opuntia ficus-indica).....	11
Tabla 3-2: Operacionalización de Variables.....	29
Tabla 4-2: Matriz de Consistencia.....	30
Tabla 5-2: Técnica de extracción del mucílago del cactus opuntia ficus indica.....	33
Tabla 6-2: Ensayos realizados para la caracterización del mucílago opuntia ficus indica	37
Tabla 7-2: Tabla utilizada para la elaboración del bioplástico	42
Tabla 8-2: Concentración de variables y constantes para la elaboración de los bioplásticos.	42
Tabla 9-2: Técnica para realizar el bioplástico de opuntia ficus indica.....	43
Tabla 10-2: Ensayos realizados para la caracterización del bioplástico de mucílago de opuntia ficus indica.	45

CAPITULO III

Tabla 11-3: Análisis cualitativos del mucílago	49
Tabla 12-3: Variables para la obtención del mucílago de opuntia ficus indica.....	49
Tabla 13-3: Resultado de Rendimientos del mucílago	50
Tabla 14-3: Análisis de varianza del rendimiento obtenido del mucílago de opuntia ficus indica.....	51
Tabla 15-3: pH.....	51
Tabla 16-3: Cenizas	52
Tabla 17-3: Grasa	52
Tabla 18-3: Fibra.....	52
Tabla 19-3: Proteína.....	52
Tabla 20-3: Humedad	53
Tabla 21-3: Resultados del análisis del mucílago en el espectrofotómetro IR.....	53
Tabla 22-3: Resultados de la amilosa y amilopectina	54
Tabla 23-3: Análisis físico-químicos de opuntia ficus indica	55
Tabla 24-3: Cantidades usadas para la elaboración del bioplástico	55
Tabla 25-3: Ensayos preliminares para la formación del bioplástico de mucílago	55
Tabla 26-3: Resultados del ensayo del espesor de los bioplásticos.....	58
Tabla 27-3: Resultados del ensayo de humedad de los bioplásticos	59
Tabla 28-3: Resultado del ensayo de solubilidad de los bioplásticos.....	59
Tabla 29-3: Resultado de permeabilidad de los bioplásticos.....	60
Tabla 30-3: Resultados de las propiedades mecánicas del bioplástico.....	61
Tabla 31-3: Resultados de biodegradabilidad en tierra	62
Tabla 32-3: Resultados de biodegradabilidad en agua.	66
Tabla 33-3: Resultados de biodegradabilidad al ambiente del bioplástico.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPITULO II

Figura 1-2: Cactus nopal	9
Figura 2-2: Cladodios	9
Figura 3-2: Mucílago opuntia ficus indica	10

CAPITULO III

Figura 4-3: Diagrama de flujo obtención del mucílago de cactus nopal.	36
Figura 5-3: Diagrama de flujo del proceso del bioplástico de mucílago de nopal	44
Figura 6-3: Bioplástico realizado del mucílago.....	56
Figura 7-3: Bioplásticos obtenidos de los ensayos realizados.....	56
Figura 8-3: Bioplásticos expuestos a biodegradabilidad en tierra.....	65
Figura 9-3: Bioplásticos expuestos a biodegradabilidad en agua.....	69
Figura 10-3: Bioplásticos expuestos a biodegradabilidad en ambiente.....	73

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPITULO III

Gráfica 1-3: Análisis IR del mucílago opuntia ficus indica.....	53
Gráfica 2-3: Biodegradabilidad de los bioplásticos (Tierra-T1)	64
Gráfica 3-3: Biodegradabilidad de los bioplástico (Agua-T1)	68
Gráfica 4-3: Biodegradabilidad de los bioplásticos (Ambiente- T1).....	72
Gráfica 5-3: Espesor de los bioplásticos de mucílago	75
Gráfica 6-3: Húmedad de los bioplásticos	75
Gráfica 7 3: Solubilidad del bioplástico	76
Gráfica 8-3: Porcentaje de degradación final de los bioplásticos en agua	77
Gráfica 9-3: Porcentaje de degradación final de los bioplásticos en agua	78
Gráfica 10-3: Porcentaje de degradación final de los bioplásticos en ambiente.	78
Gráfica 11-3: Rendimiento del mucílago de Opuntia ficus indica.....	79
Gráfica 12-3: Propiedades de tracción	80
Gráfica 13-3: Prueba de lastometría.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA

ANEXO B: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL MUCÍLAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA

ANEXO C: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE OPUNTIA FICUS INDICA

ANEXO D: ENSAYOS REALIZADOS AL BIOPLÁSTICO DE OPUNTIA FICUS INDICA

ANEXO E: ENSAYOS DE BIODEGRADABILIDAD DEL BIOPLÁSTICO DE OPUNTIA FICUS INDICA

ANEXO F: PRUEBA DE AMILOSA

ANEXO G: RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL BIOPLÁSTICO DE MUCÍLAGO

ANEXO H: PRUEBAS MÉCANICAS DE TRACCIÓN DEL BIOPLÁSTICO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CG: Concentración de grenetina

CM: Concentración del mucílago

e= espesor

HR1: es la humedad relativa en el interior de la celda

HR2: es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada

n: Tamaño de muestra

OFI: *Opuntia ficus indica*

R: Repetición

RPM: Revoluciones por minuto

Ss: es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo

t: tiempo

T: Tratamiento

T1: Tratamiento uno

T2: Tratamiento dos

T3: Tratamiento tres

T4: Tratamiento cuatro

WVP: permeabilidad al vapor de agua

RESUMEN

Este trabajo de investigación tiene como objetivo la elaboración de un bioplástico a partir del mucílago de las pencas del cactus *Opuntia ficus indica* para la utilización como envoltura de alimentos, iniciando con la caracterización físico química y microbiológica de la materia prima, posteriormente se procedió con la extracción del mucílago, mediante la guía descrita por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), en base al diseño experimental 2k (con dos variables la velocidad y el tiempo, obteniendo 6 tratamientos con 4 repeticiones cada una), para lo cual, se utilizó 500 ml de agua para cada muestra, con el fin de determinar el mejor rendimiento, luego se realizó el análisis proximal en base la norma INEN 1456, NTE INEN 0401, y el método Kjeldahl y Erlenmeyer. A continuación, se procedió a la obtención de los bioplásticos utilizando cuatro tratamientos, cada uno de ellos se utilizó concentraciones variadas de mucílago (73.53% y 74.01%) y una proteína (11.76% y 12.01%), con concentraciones constantes de vinagre, glicerina, para iguales temperatura y tiempo. El bioplástico más óptimo es el T3, ya que presento las mejores características físico químicas y microbiológicas, un espesor del 0.17 mm, un porcentaje de humedad de 28.94%, una solubilidad de 47,16 %, una permeabilidad de 0,0316 g/h.m. MPa, con un porcentaje de elongación 65.00%, con una carga máxima de 5.30 N, la biodegradación de los bioplásticos se realizó en tres medios diferentes; (agua, tierra, ambiente). En agua se descomponen 24 días, en tierra 20 días y al ambiente se descomponen en 34 días.

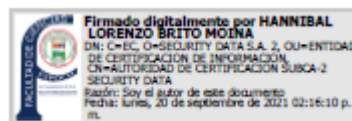
Palabras clave: <CACTUS (*Opuntia ficus indica*)>, <BIOPLÁSTICO >, <POLISACÁRIDOS>, < GRENETINA>, < BIODEGRADABILIDAD>.

LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.04.13 16:59:51 -05'00'



0996-DBRAI-UTP-2021



ABSTRACT

This investigation work objective deals with the elaboration of a bioplastic from the cactus stalk mucilage (*Opuntia ficus indica*) to be used as food wrapping, starting with the physical, chemical and microbiological characterization of the raw material; later the mucilage extraction was carried out through the guidelines described by the United States Organization for Food and Agriculture (FAO), based on the 2k experimental design (with two variables, velocity and time, obtaining six treatments with four replications each); for this, 500ml water per each sample were used to determine the best yield. Then the proximal analysis was used on the basis of the INEN 1456, E INEN 0401 norm as well as the Kjeldahl and Erlenmeyer method. Moreover, the bioplastic obtainment was carried out using four treatments in each one of them varied mucilage concentrations were used (73.53% y 74.01%) and one protein (11.76% and 12.01%), with vinegar, glycerin constant concentrations for equal temperature and time. The best bioplastic is the T3, as it presented the best physical, chemical and microbiological characteristics, 0.17mm width, 28.94% humidity percentage, 47,16 % solubility, 0,0316 g/h.m.*MPa permeability, 65.00% elongation percentage with 5.30N maximum load. The biodegradation of the bioplastics was carried out in three different environments (water, earth, environment). In water they decompose in 24 days, in earth in 20 days and in the environment, they decompose in 34 days.

Key words: <ENGINEERING AND CHEMICAL TECHNOLOGY>, CACTUS (*Opuntia ficus indica*) >, <BIOPLASTIC >, < POLYSACCHARIDES>, <GRENETINE>, < BIODEGRADABILITY>.

INTRODUCCIÓN

Los plásticos convencionales son plásticos sintetizados artificialmente y, por lo general, algunos se extraen del petróleo. Con el paso del tiempo, debido a su uso excesivo en diversos campos industriales, han provocado serios problemas, como la contaminación ambiental, debido a que estas partículas producen partículas finas al ser desechadas, ponen en peligro la salud humana. También destruyen el hábitat de varios animales, provocando su muerte, ya que los plásticos convencionales pueden dañar gravemente su sistema digestivo, estos son problemas serios, ya que se producen porque tardan cientos de años en descomponerse y no pueden eliminarse por completo de la tierra. Solo reducirá su estructura molecular (Royte. 2019). Cabe destacar que ha habido planes para reciclarlos, por su toxicidad, ya que provienen de productos como fertilizantes, de alto riesgo tóxico, por no poder reutilizarse.

Los biopolímeros son una muy buena opción, para sustituir a los plásticos convencionales, ya que tienen propiedades similares a los plásticos de origen petroquímico y poseen la ventaja de ser degradados por microorganismos del medio en poco tiempo. Por tanto, la participación de los plásticos biodegradables en el mercado todavía muy pequeño. A pesar de sus ventajas de aplicación, en términos de protección medioambiental, los bioplásticos son más caros que los plásticos sintéticos, son menos flexibles y tienen una gama de aplicaciones más limitada. A nivel industrial, la producción actual de bioplásticos representa aproximadamente el 1% de los casi 320 millones de toneladas de plástico que se producen anualmente. Sataloff, Johns y Kost. (2019, pp 1-7). En América del Sur, la producción de bioplásticos es proporcionada por Colombia, Chile, Argentina y Brasil. Especialmente en Ecuador, no se ha registrado ninguna empresa especializada en la producción de bioplásticos.

Se debe considerar que Ecuador es un país con un gran movimiento agrícola y por lo tanto tiene un gran interés en el uso de residuos agrícolas. Por tanto, esta es la oportunidad para Ecuador, así como el desarrollo de nuevos materiales amigables con el medio ambiente. En general, dentro del mercado ecuatoriano, los productos industrializados elaborados a partir de ciertos cultivos andinos (incluidos los tubérculos) no son del todo reconocidos, por su bajo grado de comercialización. También se puede observar que los cereales han recibido una atención prioritaria en los últimos años (Suquilanda. 2012). El cactus es un producto natural de la Cordillera de los Andes y una importante fuente de energía, una de las características de esta planta suculenta, es que crece bien en latitudes más altas, lo que favorece a su rendimiento, por su alto contenido de polisacáridos, que permiten elaborar un plástico biodegradable, capaz de reemplazar a los plásticos convencionales ya existentes

CAPÍTULO I

1. MARCO TEORÍCO REFERENCIAL

1.1 Identificación del Problema

Hoy en día los plásticos sintéticos son muy usados en nuestra vida diaria, ya que sus diferentes propiedades de resistencia a esfuerzos de tensión y flexión, alta durabilidad, baja densidad, favorecen su respectivo uso y venta (Wittcoff & Reuben. 2002). A través del tiempo, los plásticos están de primer lugar en desechos no procesados con mayor porcentaje de contaminación, los cuales se ha evidenciado como el problema ambiental más grande en la historia.

Según (Charro. 2015), el uso del plástico se inició a mediados del siglo XX y desde entonces su producción no ha dejado de crecer, ya que ha sustituido a otros productos de envases plásticos en todos los ámbitos comerciales posibles y los industriales también, ya que poseen una versatilidad económica. Y de esta manera se ha venido incrementado de una manera impresionante la utilización de los mismos, convirtiéndose en un problema ambiental alarmante.

La existencia de estos polímeros es desde hace solo unos 60-70 años, pero en ese tiempo ha cambiado todo, desde la vestimenta, la cocina, el diseño de productos. Se estima que hasta esta fecha se produjeron 8.300 millones de toneladas de plástico, hasta el 2015, se generaron 6.300 millones de toneladas de residuos plásticos aproximadamente. Si continúa esta producción y gestión de residuos, en 2050 habrá aproximadamente 12.000 millones de toneladas de basura plástica en vertederos o en el medio ambiente por la durabilidad que tienen (Geyer, Jambeck y Law. 2017).

Según (Aimone. 2018), porcentualmente los plásticos equivalen entre el 60% y el 80% del total de basura existente en el mar. Aproximadamente existen alrededor de 50 de cincuenta trillones de fragmentos plásticos nadando en los océanos, recibiendo nuestros mares más de 9 millones de toneladas al año y a lo menos doscientos kilos cada segundo.

Uno de los plásticos que es utilizado más en el mercado son las fundas plásticas, ya que el uso es de muy corto tiempo, posteriormente llevara al mar, una vez en este habitat puede llegar a permanecer más de 20 años sin degradarse. Debido a las características que posee su durabilidad en el agua permitiría la resistencia adecuada que no se degradaría tan fácilmente, muy aparte de esto, se suma la capacidad de flotar fácilmente, inclusive en el mismo aire, de esta manera habitualmente los peces y mamíferos lo confunden con alimentos y terminan siendo perjudicial para los mismos.

Según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), entre 2014 y el 2018 se utilizaron alrededor de 3'493.512 bolsas plásticas desechables cada año (EL COMERCIO. 2020).

1.2 Justificación de la Investigación

Actualmente los bioplásticos representan la alternativa para disminuir la contaminación que producen los plásticos sintéticos, ya que son polímeros provenientes de fuentes naturales y renovables, varios de los plásticos biodegradables se pueden elaborar a partir de recursos renovables o de combustibles fósiles, dado que la biodegradabilidad no es función del material de origen, sino de la estructura química del plástico.

Sin embargo, para que la biodegradación ocurra deben cumplirse con una serie de requisitos, tales como la presencia de microorganismos capaces de llevarla a cabo cada una de las condiciones ambientales requeridas para su desarrollo haciéndolos susceptibles al proceso de composteo y a los ambientes marinos (Vázquez Morillas et al. 2018).

Entre la materia para obtener los bioplásticos vegetales se encuentra el almidón, mucilago y la celulosa polímeros de glucosa, que se fabrican mayormente de desechos de papa, nopal, maíz, trigo, tapioca, caña de azúcar o yuca para producir cubiertos, envases o bolsas (Ochoa. 2006).

Los desperdicios plásticos representan entre el 20 y el 40 % en volumen de los desechos sólidos municipales, en los países industrializados. El sector de empaquetado está muy interesado, en que el mercado cuente ya con los empaques biodegradables, asequible, debido a que la mayor demanda de plásticos procesados está en este sector, siendo el mayor consumidor final el empaque de alimentos, seguido por la industria farmacéutica y de cosméticos (Ruiz. 2014).

De esta manera, en base a lo mencionado se considera realizar esta investigación con el fin de contribuir ayudando, a suprimir gran cantidad de plásticos existentes en el país, aportando al avance tecnológico dentro de la ingeniería en relación a los bioplásticos siendo esta una de las nuevas alternativas como es el caso del mucilago de cactus (*opuntia ficus-indica*), que gracias a las propiedades que posee el mucilago se puede realizar esta innovadora investigación. Dentro de esta investigación las personas que saldrían beneficiarias serían los seres vivos, ayudando a mitigar la contaminación ambiental, aportando de manera positiva al medio ambiente y como una nueva fuente de trabajo para agricultores, emprendedores y comerciantes.

1.3 Objetivos de la Investigación

1.3.1 Objetivo General

Obtener bioplástico a partir del mucílago de cactus (*opuntia ficus-indica*) para uso como envolturas alimenticias.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Efectuar la caracterización fisicoquímica del mucílago del cactus para determinar el porcentaje de humedad, cenizas, proteína, grasa, fibra.
- ✓ Establecer las formulaciones óptimas para la elaboración del bioplástico
- ✓ Evaluar las propiedades mecánicas de las láminas de plástico para verificar su calidad.
- ✓ Determinar el tiempo de degradación del Bioplástico.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

A través de una exhaustiva revisión literaria relacionada en el ámbito de los bioplásticos, se ha desarrollado la presente investigación, dentro de este campo existe una diversidad de materias primas con las que se elaboran este tipo de bioplásticos, que se consideran como un beneficio para la sociedad y para las pequeñas y grandes industrias, si bien es claro al ser esta una área extensa en la utilización del almidón, se ha optado utilizar una materia prima distinta, como es el caso del mucílago del cactus (*Opuntia ficus-indica*), existen muy pocos estudios enfocados en el estudio del mucílago, es por eso que tomará como apoyo a los estudios que se relacionen con el bioplástico de mucílago de esta cetáceas o semejante, se mencionan los siguientes:

ESTUDIO DE LAS CONCENTRACIONES DE MUCILAGO DE NOPAL (OPUNTIA FICUS -INDICA) PARA ELABORACIÓN DE BIOPOLÍMEROS DEGRADABLES.

Según (Agurto y Ticona. 2019), el objetivo de esta investigación es analizar las diferentes concentraciones óptimas que posee el mucílago de nopal (*Opuntia ficus indica*) en la elaboración de biopolímeros degradables mediante revisiones bibliográficas. En esta investigación se trabajó con una concentración menor de 5 g de la materia prima mencionada, dando como resultados favorables dentro de las condiciones a pruebas mecánicas y físicas, demostrando de esta manera que la degradación del biopolímero es corta con respecto al bioplástico tradicional conocido. Las concentraciones que sobrepasan los 20 gramos de dicho mucílago presentan un porcentaje menor con respecto a la permeabilidad (WVP), por ende mayor porcentaje con respecto a la solubilidad, ya que este mucílago presenta moléculas hidrofílicas, adsorbiendo así más fácilmente las moléculas del agua.

TRANSFORMACIÓN DEL ALMIDÓN DE PAPA, MUCÍLAGO DE NOPAL Y SÁBILA EN BIOPLÁSTICOS COMO PRODUCTOS DE VALOR AGREGADO AMIGABLES CON EL AMBIENTE

La transformación de este almidón se realizó con el objetivo de elaborar un bioplástico amigable con el ambiente, sustituyendo el uso de polímeros de origen sintético, y por lo tanto reducir todos los impactos ambientales existentes generados, así se consideró la papa de rezago como materia prima, conjuntamente con el nopal y la sábila como una excelente fuente de mucílago. A través

de una serie de análisis se determinaron las propiedades físicas y químicas mediante el método de la AOAC, en el cual se determinó la pureza de la materia prima, adicionando la glicerina como plastificante. Se realizaron películas de alrededor de 0.3cm de grosos por 10 cm de largo, usando distintas concentraciones en los reactivos, utilizando un diseño experimental 2⁵ (DOE) con 2 niveles y 5 factores independientes, realizándose alrededor de 32 tratamientos, con dos repeticiones cada uno respectivamente. Las variables cualitativas que se evaluaron fueron: apariencia, olor, resistencia al tacto y facilidad de moldeo. De todas las muestras analizadas solo 6 tratamientos cumplieron con los requisitos requeridos siendo esto un 18.75% en variables de facilidad de moldeo y resistencia al tacto (Moreno Bustillos et al. 2017).

FORMULACIÓN DE UNA PELÍCULA PLÁSTICA NATURAL UTILIZANDO NOPAL VERDURA spp.

Según (Pascoe Ortiz, Martínez Martínez y Varela Echavarría. 2013), el objetivo de esta investigación se basa en extraer de mucílago, en donde se usa la baba de esta materia prima, utilizando como disolvente al etanol según su investigación, se lo deja secar alrededor de 50°C, posteriormente se lo muele, dando resultados positivos en su rendimiento, es decir por cada Kg de esta cetácea se tiene alrededor de 0.64g de mucílago. Finalmente se incorpora a dicho mucílago, fibra y otros componentes que ayuden en la rentabilidad de las películas plásticas. Las características que poseen estas películas es la resistencia y la elasticidad, cada una de las formulaciones realizadas se colocaron en diferentes cajas Petri, dejando secar alrededor de entre 13-15 días al ambiente, aportando a su elasticidad.

CARACTERIZACIÓN DE UNA PELÍCULA BIOPOLIMÉRICA FORMULADA CON MUCÍLAGO DE NOPAL (OPUNTIA JOCONOSTLE)

En esta investigación se desarrolló dos formulaciones de películas de mucílago de nopal una ME con un 25% y directo MD (30%) con almidón de maíz, un porcentaje del 12% de poli alcohol vinílico, un 13% de quitosán y un 20% de glicerol en peso seco por película realizada, con tres volúmenes diferentes dando origen a 3 espesores distintos es, por cada mucílago usado. Empleando un método en el cual se funde y evaporan los solventes. La primera caracterización se analizó la flamabilidad y la combustibilidad, concluyendo que es auto extingible, generando humos blancos, que se carbonizarán al final de dicha combustión, siendo flexible, termofijo y translúcido. En base a los análisis físicos químicos presento un pH de 6.57 en solución filmogénica. En comparación con el plástico comercial existe similitud con un poliéster insaturado, teniendo una solubilidad entre el 44 % y 52%. Una densidad elevada de 1.77 g/cm³ siendo estas la de mayor espesor (López, Jiménez y Delgado. 2016).

IDENTIFICACIÓN DE PROPIEDADES PRESENTES EN JUGO DE OPUNTIA MEGACANTHA SALM-DYCK IMPORTANTES PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOPOLÍMEROS

El objetivo es identificar las propiedades químicas y los antioxidantes presentes en esta cetácea, en comparación con las industrias existentes, a través de la caracterización de cuatro diferentes cladodios del judo de la *Opuntia Megacantha*; estas variantes determinaron el grado de madurez, siendo este estadísticamente significativo de ($p \leq 0.05$), el jugo de la opuntia madura presentó mayor porcentaje de fibra cruda y libre de nitrógeno, el jugo de la opuntia tierna en cambio tiene mayor cantidad de proteína. No existe una variante significativa ($p = 0.6917$), con respecto al contenido de fenoles en las cuatro variantes existentes se obtuvo concentraciones de 165.6 y 176.6 mg GAE/mL; (2.18 y 3.61 mg GAE/g en peso seco). Es decir que los jugos de los cladodios maduros poseen una cantidad mayor de azúcares cuantificados ($p \leq 0.05$). Por ende, se prepararon películas de utilizando jugo clarificado de la *Opuntia* tierna, determinando su resistencia a la tensión con 1.42 MPa, módulo de Young de 1.77 MPa y una elongación a la rotura con un 124.16%; concluyendo que los jugos de *Opuntia Megacantha Salm-Dyck* caracterizados ofreciendo una alternativa viable en comparación con los derivados del petróleo (Pascoe-Ortiz et al. 2019b).

MUCILAGO DE NOPAL Y SU APLICACIÓN EN LA OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMEROS.

En esta investigación se basó en la extracción del mucilago de los cladodios de las especies *Opuntia Ficus Indica* y *Opuntia Tehuacana*, obteniendo mayores rendimientos, siendo de $0.472 \pm 0.01\%$ y $0.949 \pm 0.01\%$ respectivamente; seguidamente se realizaron las pruebas de caracterización del producto obtenido como: pH, resistencia, adhesividad, solubilidad y la determinación del peso molecular mediante la viscosimetría capilar y conjuntamente con la ecuación de Mark-Houwink. Finalmente se elaboraron las películas del mucilago extraído, agua y glicerol variando las concentraciones respectivamente (Vargas Rodríguez et al. 2018).

ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE PELÍCULAS DE MUCILAGO DE NOPAL-PECTINA: EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DEL MUCILAGO DE NOPAL EN LAS PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y MECÁNICAS.

El objetivo de esta investigación fue desarrollar películas comestibles a base de mucilago del *Opuntia ficus indica*, variedad milpa alta, en este caso utilizando una proteína como componente

proteico y como plastificante al glicerol. Para la extracción del mucilago de nopal se usó CaCl_2 al 20%, y para la concentración de sólidos totales en baño maría a 60°C. Para estas películas comestibles se utilizó el método casting, la evaporación de la materia líquida sobrante se eliminó a una temperatura de 35 °C. La formulación de las películas varió con respecto a las concentraciones de sólidos totales del mucilago de nopal, tanto el glicerol y la pectina, permanecieron constantes. Dentro de la caracterización de las películas se evaluaron las propiedades mecánicas, fisicoquímicas, y sus características microestructurales para analizar su aplicación en la envoltura de alimentos (Brito. 2020).

2.2 Marco Conceptual o Glosario

2.2.1 Cactus Nopal

Según (Knishinsky. 2010) “El nopal es una planta multifacética, ya que puede ser una hortaliza, una fruta y también flor. Desde hace años atrás se ha convertido incluso en un alimento básico”.

El nopal es originario de América tropical y América subtropical, actualmente se encuentran diversos tipos y en condiciones agroclimáticas en la naturaleza. Hoy en día es cultivado en todo el continente americano. También se extendieron a África, Asia, Europa y Oceanía cultivadas o descubiertas en su forma salvaje. El nopal pertenece a la familia de los cactus (Alpala Guerrero. 2016).

Según (Ostolaza. 2011), estas son plantas perennes, que se acondicionan a un clima y entorno que le es favorable, aunque durante su etapa de crecimiento es un poco crítica en la dispersión de dichas semillas en el suelo, ya que al momento de germinar para que puedan sobrevivir los primeros años es una travesía completa. En el crecimiento de dicha planta es muy impredecible, debido a las lluvias o a las altas temperaturas y a la escasez de agua en el suelo. El alto contenido total de azúcar, minerales de la almohadilla de nopal (peso superior a 200 g) y proteínas (peso inferior a 200 g) podrían ser una fuente interesante de estos importantes componentes para la dieta humana y también podrían usarse en alimentos, cosméticos y productos farmacéuticos (Mounir et al. 2020).



Figura 1-2: Cactus nopal

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

2.2.2 *Cladodios*

El cladodio de nopal, es conocido de diferentes nombres entre estos esta: el tallo, palas o pencas, son aplanadas y tiene tejido carnoso. En el centro del tallo hay una red bidireccional de tejido de celulosa, que se endurece con el tiempo, dándole una estructura dura. La forma, grosor y color de los tallos son variables, dependiendo de la edad de la planta, desde el verde claro, al gris o ceniza. Como todos sabemos, el cultivo de esta planta no requiere de muchos cuidados. Estos cladodios pertenecen al núcleo de futuros cultivos que han despertado del sueño del desierto (Loayza y Chávez. 2007).



Figura 2-2: Cladodios

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

2.2.3 *Mucílago*

El mucílago de cactus se considera un hidrocoloide natural porque, al igual que las gomas comerciales carragenina y goma guar, se deriva de extractos de plantas. Es una sustancia viscosa

parecida al caucho que proporciona al cactus la capacidad natural de almacenar grandes cantidades de agua. Después del contacto con el agua, el moco se hincha y exhibe propiedades tensioactivas similares a varias gomas naturales, lo que permite que el moco precipite partículas e iones de la solución acuosa (Jiménez Fernández. 2014).

El mucílago es un polisacárido con un elevado peso molecular es decir tipo polielectrolito, dentro de su estructura molecular aproximadamente se encuentran más de 30,000 azúcares. Se menciona que el peso molecular es de alrededor de 3×10^6 que posee el hidrocoloide (Hena. 2017).

El mucílago es un constituyente normal que tienen los vegetales, esto es producto del metabolismo que posee este constituyente, por ende, dentro de los tejidos se almacenan células especiales. El mucílago se ubica como material de reserva hidrocarbonado, es decir que ayuda en la reserva de agua para las plantas o como elementos estructurales en algas, suministrando suavidad y elasticidad (Guiotto, Tomás y Nolasco. 2014).



Figura 3-2: Mucílago *opuntia ficus indica*

Fuente: (Manjarres. 2015)

2.2.4 *Opuntia ficus-indica*

Según (Castro. 2009), es una planta importante en los andes peruanos porque sirven de apoyo en los agro-pastoriles. Esta cactácea se encuentra especialmente en valles interandinos, por las condiciones que posee esta tierra para su desarrollo, la tuna es consumida de forma natural, por todos los pobladores locales y vendidos en los principales mercados del país. Con estos productos pueden elaborar mermeladas y bebidas. Sus tallos en la zona peruana la utilizan como pasto para el ganado, ayudan favorablemente a la sustitución de materia prima para la elaboración de cercos para sus animales, cuando la planta llega a sus últimos días de vida, los pobladores la utilizan como fertilizantes orgánicos.

Los productos que se encuentran en fase de crecimiento y desarrollo, representan un porcentaje menor del total de alimentos, aun así, es un alimento funcional analizado mediante estudios, sus frutos y cladodios son ricos en fibra, hidrocoloides, y ricos en pigmentos, K, Ca y vitamina C; estos son muy recomendados para una dieta saludable, e incluso se utiliza como ingredientes para alimentos (Valencia, Brambila y Mora. 2010).

2.2.5 Clasificación taxonomía del *Opuntia ficus-indica*

Dentro del género *Opuntia* se incluye diferentes especies productoras de frutas, nutritivas que son consumidos como verduras. En México se considera uno de los lugares con una gran diversidad de la *Opuntia* y también de la *Opuntia ficus-indica*, esta cactácea es de vital importancia para economía de los agricultores, que se encargan de cultivar en este tipo de lugares áridos y semiáridos, aportando al desarrollo del país en su producción (Ramírez. 2017).

Tabla 1-2: Taxonomía del *Opuntia ficus indica*

REINO	Plantae
SUB-REINO	Tracheobionta
DIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
SUB-CLASE	Caryophyllidae
ORDEN	Caryophyllales
FAMILIA	Cactaceae
SUB-FAMILIA	Opuntioideae
TRIBU	Opuntieae

Fuente: (Pilligua. 2017)

2.2.6 Composición química de la *Opuntia ficus-indica*

El mucílago de la *Opuntia ficus-indica* es un carbohidrato complejo, posee más de 55 tipos de azúcares residuales, incluida la L-arabinosa D-galactosa, L-ribosa, D-xilosa y ácido galacturónico.

McGarvie y Parolis descubrieron en 1981 que el mucílago está compuesto por polisacáridos altamente ramificados, entre ellos se considera, la estructura de la unidad de ácido α -D-galacturónico conectada a 1 \rightarrow 2 La unidad de β -L-ramnosa está conectada a la rama en C-4 de 1 \rightarrow 4, Ramas de galactooligosacáridos con L-arabinosa y xilosa como sustituyentes (Sáenz. 2004).

Tabla 2-2: Composición química de 100g de Cactus (*Opuntia ficus-indica*)

Parámetro	Contenido	Unidad
Porción Comestible	78.00	g
Humedad	90.23	%
Energía	27.00	kcal
Proteínas	1.70	g
Grasas	0.30	g
Carbohidratos	5.60	g
Calcio	93.00	mg
Hierro	1.60	mg
Tiamina	0.03	mg
Riboflavina	0.06	mg
Niacina	0.03	mg
Ascórbico	8.00	mg

Fuente: (de la Rosa Hernandez y Santana Amaro. 1998)

2.2.7 Descripción Botánica

La *Opuntia Ficus Indica* es una planta suculenta, muy carnosa, su tallo y ramas están formados por pencas o cladodios ovoides aplanados, adherentes unos a otros, estos pueden alcanzar hasta 5 m de largo y de ancho 4 m. Su raíz es rica en fibra y su sistema radicular es extenso, y poco profundas, debido a esto permiten penetrar fácilmente en grietas, hasta en suelos duros y pedregosos. Con respecto al tallo, está compuesto por un tronco y ramas aplanadas que posee una cutícula de color verde algo gruesa con función fotosintética ya que en sus tejidos se pueden almacenar agua. Las hojas caducas se observan en los tallos tiernos, y cuando las pencas se renuevan, en cuyas axilas se encuentran las aérolas las cuales brotan de las espinas, que tienen una longitud de 4 a 5 mm. Las flores son solitarias, y se localizan en la parte superior de la penca, con una longitud de 6 a 7 cm (Fao. 2016).

2.2.8 Bioplástico

Los polímeros biodegradables provienen de diversas fuentes, desde polímeros sintéticos hasta naturales. Los polímeros naturales están disponibles en grandes cantidades a partir de fuentes renovables, mientras que los polímeros sintéticos se producen a partir de recursos petrolíferos no renovables. Las materias primas de recursos renovables también incluyen polímeros cultivados

microbianamente y los extraídos del almidón. Este capítulo se centra en la definición de terminología biodegradable, biopolímero, de base biológica y oxodegradable (Ashter. 2016).

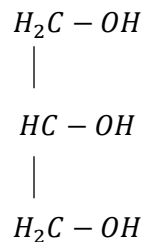
Los bioplásticos son materiales plásticos biodegradables con origen orgánico. Los bioplásticos forman parte de un subgrupo con respecto a los “plásticos biodegradables” que, al igual que los bioplásticos se degradan a través de microorganismos (Ecoembes. 2009).

2.2.9 *Proteínas*

Las proteínas son sustancias orgánicas nitrogenadas complejas que se hallan en las células animales y vegetales. Son polímeros lineales en los que las unidades manométricas son los aminoácidos, existe una diversidad imaginable de formas tridimensionales, que les proporciona una variedad de funciones. Ciertas proteínas se conectan al DNA y regulan la expresión de sus genes; otras participan en la replicación, la transcripción y traducción de la información genética (Teijón et al. 1992).

2.2.10 *Glicerina*

La glicerina es un líquido viscoso incoloro, insípido, higroscópico y dulce. La molécula se ve así:



Es higroscópico (absorbe agua en el aire), su punto de ebullición de descomposición es de 290 ° C, y es miscible con agua y etanol. La glicerina puede arder, pero su combustión debe realizarse a una temperatura superior a su punto de ebullición, de lo contrario emitirá gas tóxico (acroleína), y su temperatura de formación es de 200 a 300 ° C (Knothe, Krahl y Gerpen. 2010).

2.2.12 *Plastificantes*

Según (Raimond B. y Charles E. 2003), los plastificantes son componentes principales de una serie de productos poliméricos, se comportan como lubricantes internos y que permiten que las cadenas de polímeros se deslicen entre sí, La teoría del gel, que se aplica en polímeros amorfos, supone que un polímero como el PVC tiene muchas fuerzas de atracción intermoleculares que se debilitan en presencia de un plastificante como el DOP, es decir que la acción de un plastificante aumenta el volumen libre de un polímero y que el volumen libre es el mismo para todos los polímeros T_g . (Brito. 2000).

2.2.13 *Ácido acético*

Líquido incoloro de olor característico (vinagre), de peso molecular 60. En cuanto a solubilidad, es miscible con agua. Se utiliza para fabricar el mismo monómero de acetato de vinilo que la emulsión, como resina base para revestimientos, adhesivos, revestimientos de papel, etc. Se utiliza como disolvente en el proceso de fabricación del ácido tereftálico utilizado para fabricar botellas; también se utiliza como aditivos alimentarios y coagulante de látex (Brito. 2021).

2.2.14 *Amilosa*

Amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa conectadas por enlaces α (1-4), en el que puede haber algunos enlaces α (1-6). Esta molécula es insoluble en agua, pero debido a su capacidad para conectar moléculas adyacentes a través de enlaces de hidrógeno y una estructura helicoidal capaz de mostrar color azul debido al complejo formado con yodo, puede formar micelas hidratadas (Hernández-Medina et al. 2008).

2.2.15 *Biodegradabilidad*

Según (Ruiz, Pastor y Acevedo. 2013), tiene como objetivo disminuir el impacto ambiental a través una degradación casi instantánea, reincorporándose a la naturaleza en menor tiempo que los plásticos convencionales.

La biodegradabilidad de los bioplásticos se produce por la descomposición aeróbica y / o anaeróbica de microorganismos (como hongos, bacterias e incluso algas) en las condiciones biológicas existentes en la biosfera. Estos se degradan bajo la acción enzimática de microorganismos en condiciones amigables con el medio ambiente (Plastivida. 2009).

La biodegradación es la característica de determinadas sustancias químicas pueden ser utilizadas como sustratos por microorganismos, que las utilizan para producir energía (a través de la respiración celular) y producir otras sustancias, como aminoácidos, nuevos tejidos y nuevos organismos. Puede utilizarse para eliminar determinados contaminantes, como residuos orgánicos municipales, papel, hidrocarburos, etc. Sin embargo, en emisiones con sustancias biodegradables, si otras sustancias (como metales pesados) o el pH del medio son demasiado altos, estos métodos de tratamiento pueden resultar ineficaces. En estos casos, se debe realizar un tratamiento previo para mantener las emisiones en condiciones donde las bacterias puedan realizar sus funciones a una velocidad aceptable.

La degradación de estos compuestos puede ocurrir de dos formas: degradación aeróbica-, degradación anaeróbica. Los términos biodegradables, material biodegradable, compostabilidad, etc. son muy comunes, pero a menudo se abusan y se malinterpretan. La norma europea EN 13432

del mismo nombre adoptada recientemente en Italia, "Requisitos para envases reciclables mediante compostaje y biodegradación-esquemas de prueba de aceptación final y criterios de evaluación para envases", resuelve este problema y define las características que debe tener el material se define como "Compostable". Esta norma es esencial para productores de materiales, autoridades públicas, compostadores y consumidores. Según UNE EN 13432, las características de los materiales compostables son las siguientes: La biodegradabilidad, es decir, el metabolismo de los materiales de compostaje se convierte en dióxido de carbono. El método de prueba estándar EN 14046 (también publicado como ISO14885. Biodegradabilidad en condiciones controladas de compostaje) se puede utilizar para medir esta característica. El nivel de aceptación es igual al 90% y debe ser inferior a 6 meses.

2.3 Planteamiento de Hipótesis

2.3.1 Hipótesis General

La obtención del Bioplástico del mucílago de cactus (*opuntia ficus-indica*), utilizando diferentes formulaciones, permite determinar la composición óptima que puede emplearse como alternativa de los plásticos convencionales.

2.3.2 Hipótesis Específicas

- La determinación del rendimiento de la extracción en base húmeda del producto, indica la materia prima que contiene mayor cantidad de mucílago.
- Los mucílagos obtenidos presentan propiedades de calidad dentro de los parámetros establecidos para su posterior uso como materia prima en la obtención de bioplásticos.
- La preparación de bioplásticos utilizando diferentes formulaciones, permiten obtener productos de diferentes características.
- El bioplástico de mucílago del cactus (*opuntia ficus-indica*), tendrá un tiempo de degradación menor a la del plástico convencional, disminuyendo la contaminación del medio ambiente.

2.4 Identificación de Variables

- Variables Independientes.
 - Cantidad de la Muestra
 - Tiempo
 - Temperatura

- Variables Dependientes.
 - Permeabilidad
 - Espesor
 - Resistencia
 - Humedad
 - Solubilidad
 - Biodegradabilidad

2.5 Operacionalización de Variables

Tabla 3-2: Operacionalización de Variables

VARIABLES	TIPO DE VARIABLE	CONCEPTO	INDICADOR	RANGO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Cantidad de la muestra	Independiente	Cantidad limitada con las que se va a trabajar en la investigación	Peso (kg)	6	Balanza
Temperatura	Independiente	Temperatura a la cual se van a mezclar todos los aditivos correspondientes a la elaboración del bioplástico	Grados Celsius (°C)	60-80	Termómetro
	Independiente	Temperatura de secado del bioplástico en el equipo de laboratorio	Grados Celsius (°C)	20-25	Termocupla (Estufa)
Tiempo	Independiente	Tiempo de secado del bioplástico	Horas (h)	24	Cronómetro

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

2.6 Matriz de Consistencia

Tabla 4-2: Matriz de Consistencia

ASPECTOS GENERALES				
TEMA:	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE CACTUS (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA USO COMO ENVOLTURAS ALIMENTICIAS			
Problema General		Objetivo General	Hipótesis General	
El alto índice de contaminación ambiental, generada por plásticos convencionales, los cuales tienen un tiempo de descomposición muy alto en comparación de los bioplásticos.		Obtener bioplástico a partir del mucílago de cactus (<i>Opuntia ficus-indica</i>) para uso como envolturas alimenticias.	El tratamiento adecuado del mucílago del cactus (<i>Opuntia ficus-indica</i>), modificando las condiciones de cada reactivo cumplirá con las funciones correspondientes para la obtención del bioplástico, que tendrá las características semejantes de los plásticos convencionales.	
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
✓ ¿Cómo se obtendrá el mucílago para la elaboración del bioplástico?	✓ Efectuar la caracterización fisicoquímica del mucílago del cactus para	✓ El análisis de la caracterización del bioplástico, ayudará a conocer las propiedades que posee y se especificará si cumple con las características	<ul style="list-style-type: none"> • Variables Dependientes. ✓ Permeabilidad ✓ Espesor 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención del mucílago por vía húmeda.

<ul style="list-style-type: none"> ✓ ¿Cumplirá el mucilago con las características correspondientes para la elaboración del bioplástico? ✓ ¿Cuál será la formulación adecuada para la elaboración del bioplástico? ✓ ¿La caracterización del bioplástico, cumplirá con algún estándar de calidad, por la utilización en alimentos? 	<p>determinar el porcentaje de humedad, cenizas, proteína, grasa, pectina.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Establecer las formulaciones óptimas para la elaboración del bioplástico ✓ Evaluar las propiedades mecánicas de las láminas de plástico para verificar su calidad. ✓ Determinar el tiempo de degradación del Bioplástico. 	<p>correspondientes de envolturas biodegradables para alimentos.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ La aplicación de diferentes formulaciones en la elaboración del bioplástico, nos permitirá obtener diferentes características en cada tratamiento que se realice. ✓ Las propiedades mecánicas del bioplástico del cactus (<i>opuntia ficus-indica</i>) con la incorporación de las sustancias respectivas, proporcionará resistencia y flexibilidad respecto a la calidad y degradación térmica correspondiente. ✓ El bioplástico de mucílago del cactus (<i>opuntia ficus-indica</i>), tendrá un tiempo de degradación menor a la del plástico convencional, disminuyendo la contaminación del medio ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Resistencia ✓ Humedad ✓ Solubilidad ✓ Biodegradabilidad <p>• Variables Independientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Temperatura ✓ Tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Ensayos preliminares. • Biodegradabilidad • Medición del tiempo de secado • Técnicas Bibliográficas.
---	--	--	---	---

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

2.7 Tipo y Diseño de Investigación

La actual investigación es de tipo exploratoria, ya que es una investigación poco analizada a nivel nacional y muy innovador desde el punto de vista ambiental, su propósito es explorar hasta obtener la formulación adecuada, en el que el mucilago del cactus *Opuntia-ficus indica* conjuntamente con los reactivos utilizados, genere el bioplástico adecuado, que cumpla con las características de una envoltura de alimentos. Para esta investigación se analizaron ciertos métodos de obtención del mucilago en relación con esta investigación y a través de una serie de análisis, obtendremos resultados que nos permitirán establecer las mejores variables, condiciones y constantes para la obtención del mucilago.

2.8 Unidad de Análisis

El objetivo de esta investigación es obtener bioplástico a partir del mucilago del cactus (*Opuntia ficus-indica*), se realizó en base al diseño factorial 2^k para la elaboración de bioplástico el cual será sometido a métodos de licuado y troceado, a través del cual se realizará tres diferentes combinaciones las que permitirán variar las condiciones de operacionalización en este caso es la temperatura y el tiempo de secado, dando así como resultado 4 bioplásticos, seguidamente se seleccionará, aquella que posea las mejores características, luego se realizará la caracterización del bioplástico, las pruebas físicas-mecánicas y de biodegradación.

2.9 Población de Estudio

La población de estudio de esta investigación corresponderá a la inspección de los cladodios de esta planta suculenta, vale recalcar que esta especie crece en la zona interandina de nuestro país, es así que se ha tomado a la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo, como el lugar adecuado para realizar esta investigación, por el desarrollo de crecimiento que tiene esta planta en dicho sector, sirviendo de ayuda a las personas que laboran con esta materia prima en diferentes locaciones, también beneficiando de manera directa el estudio experimental del GIADE, en la obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador, aportando con un valor agregado con este tipo de producto, beneficiando indirectamente al fortalecimiento agrícola nacional.

2.10 Tamaño de Muestra

Se realizará la extracción del mucilago del cactus de la *Opuntia ficus indica* por vía húmeda para obtener los datos de la muestra inicial y se determinará el rendimiento, mientras que por la vía seca se realizarán los análisis fisicoquímicos.

2.11 Selección de muestra

La selección de muestra del cactus *opuntia ficus indica* se realizará en la zona interandina tomando en cuenta la producción agrícola de esta planta.

2.12 Técnicas de Recolección de Datos

2.12.1 Extracción del Mucílago del Nopal (*Opuntia Ficus Indica*)

La obtención del mucílago de nopal se determinará mediante el diseño factorial 2^k donde 2 = (rpm y tiempo); k = Número de repeticiones; obteniendo 16 pruebas con 4 tratamientos.

2.12.2 Técnicas de extracción del Mucílago

Para la extracción del mucílago del nopal *opuntia-ficus indica* se puede observar en el diagrama 4-2 en el que se detallan los procesos de recepción de la materia prima, selección de las pencas adecuadas, eliminación de la epidermis y/o imperfecciones que puede presentar las pencas de la planta a tratarse, ya que en base a esto la extracción del mucílago ,suele ser la mejor para la realización de la investigación ,seguidamente se cortó en pedazos las pencas para poder así permitirle liberar la mayor cantidad de mucílago existente en casa una.

Tabla 5-2: Técnica de extracción del mucílago del cactus *opuntia ficus indica*.

Materiales y Equipos	Reactivos	Descripción del Proceso	Método de ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Cuchillo • Balanza digital y/o analítica • Espátula • Cronómetro • Recipientes de vidrio • Tela filtrante • Papel film • Guantes aislantes • Vasos de Precipitación o plásticos 	<ul style="list-style-type: none"> • Pencas del cactus <i>Opuntia ficus indica</i> • Agua destilada 	<p>Recepción. - Se hizo la recolección de la materia prima a las 7:00 am, ya que en este horario los cladodios poseen características adecuadas, para realizar este proceso exitosamente.</p> <p>Selección de la Materia Prima. – En este paso se eliminaron los cladodios que poseían mal aspecto físico o microbiológicos.</p> <p>Lavado. – Se lo realizo con hipoclorito de sodio, eliminando bacteria y restos de tierra, seguidamente se los cepillo y se los enjuago con agua limpia.</p> <p>Eliminación de la Epidermis. – Cuidadosamente y con guantes especiales se remueve las espinas y la epidermis de cladodio, tratando de quitar la mayor cantidad de epidermis y parénquima existente en cada penca.</p> <p>Troceado. - Se corta cada cladodio limpio en dimensiones de 3*3 cm, para que la homogenización sea adecuada al proceso.</p> <p>El proceso lo pueden realizar de dos maneras puede ser Homogenizado o Decantado.</p> <p>Homogenizado. - Se lo realizo en una licuadora ForEver en el que se utilizó la dimensión media para que se homogenice de una manera adecuada, durante 3 min.</p>	<p>(León-Martínez et al. 2011)</p> <p>(Mounir et al. 2020)</p>

	<p>Decantado. – Una vez troceadas las pencas de la <i>opuntia ficus indica</i>, se procede a dejar por un tiempo de 24 horas, para que pueda desprender todo el mucílago existente en cada cladodio cortado en cuadritos.</p> <p>Filtrado. – En el caso del decantado se lo realiza con un cernidero, y en el caso del homogenizado se lo realiza a través de una malla fina, para evitar que pasen restos de fibras e impurezas.</p> <p>Centrifugación. - Se centrifuga con el fin de separar líquidos de sólidos, este proceso nos permite eliminar completamente los restos de residuos existentes en el mucilago.</p> <p>Precipitación con Alcohol 96°. - Esta precipitación nos permite obtener el mucilago concentrado y puro, eliminando la mayor cantidad de agua posible.</p> <p>Doble Centrifugación. – Nos permite quedarnos con el mucílago con el que se va a trabajar en una etapa futura.</p> <p>Mucilago. - Obtención del mucilago, listo para adecuarlo en nuestro proceso de bioplástico.</p>	
--	---	--

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

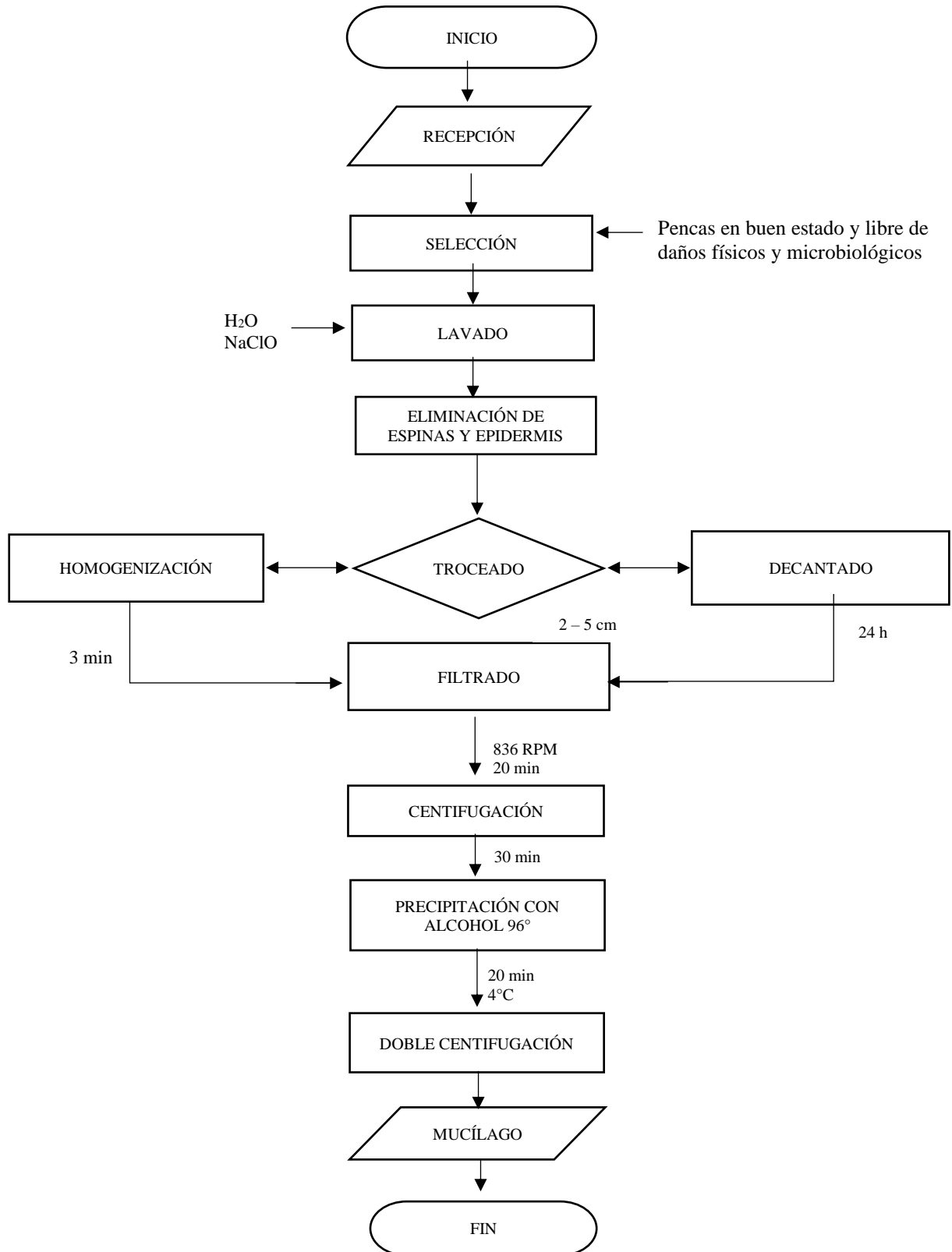


Figura 4-3: Diagrama de flujo obtención del mucílago de cactus nopal.

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

2.12.3 Técnicas para realizar la caracterización físico químico del mucílago.

Tabla 6-2: Ensayos realizados para la caracterización del mucílago *Opuntia ficus indica*

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivo	Procedimiento	Fórmula para el Cálculo	Método de Ensayo
1	pH	<ul style="list-style-type: none"> • Termómetro • pH-metro normalizado a 25°C • Vaso de precipitación 	Solución tampón 0,05 molar de fosfato pH 7,0	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sumergir los electrodos en solución tampón pH7, 0 y ajustar el control a 25°C. ✓ Se lavan los electrodos con agua destilada y se seca con papel suave absorbente. ✓ Sumergir el electrodo en la solución realizada anteriormente debe estar a 25°C. 	Medición directa	INEN 1456
2	Contenido de Ceniza	<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Balanza analítica • Mufla • Desecador 	Mucilago de <i>Opuntia Ficus Indica</i>	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar 2g de muestra en un crisol de porcelana previamente tarado. ✓ Colocar el crisol con la muestra en la mufla a 550°C durante tres horas y media. ✓ Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador, pesar el crisol que contiene la ceniza y calcular la cantidad de ceniza. 	<p>%CENIZAS</p> $\% C = 100 * \frac{P_1}{P_2}$ <p>Ecuación 1-2</p> <p>Donde: P1 = Peso de las cenizas (g) P2 = Peso de la muestra inicial (g)</p>	(NTE INEN 0401. 2020) Association of Official Analytical Chemists) 942.05

3	Determinación de grasa	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo de Soxhlet. • Reverbero • Malla de Asbesto • Estufa • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Éter Dietílico • 2g de muestra 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar 2.0 g de muestra seca en papel filtro, con el objetivo de que no existan fuga. ✓ Colocar la muestra mencionada anteriormente en el extractor Soxhlet. ✓ Ajustar el balón de aforo hasta alcanzar la ebullición. ✓ Se coloca el refrigerante. ✓ Añade éter dietílico por el extremo superior del refrigerante en cantidad suficiente para tener 2 -3 descargas en el equipo ✓ Circula agua por el refrigerante, seguidamente se calienta la el reactivo. ✓ La extracción puede duras entre 4-6 horas ✓ Una vez terminada la ebullición se, quita el extractor del matraz y dejar caer una gota de éter. ✓ Evaporar nuevamente el éter del matraz y secar hasta un peso constante. 	<p style="text-align: center;">%GRASA</p> <p style="text-align: center;">MÉTODO SOXHLET.</p> <p style="text-align: center;">Ecuación 2-2:</p> $\%G = \frac{P - p}{M} * 100$ <p style="text-align: center;">Donde:</p> <p>P = Masa en gramos del matraz con grasa. p = Masa en gramos del matraz sin grasa. M = Masa en gramos de la muestra.</p>	(NMX-F-089-S-1978. 1978)
4	Determinación de fibra	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Desecador • Matraz de Erlenmeyer • Crisol • Tela Fina 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Hidróxido de Sodio ✓ Muestra desengrasada 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Utilizar 2,0 gramos de muestra para extraer grasa. ✓ Transfiera a un vaso de precipitación de 600 ml para evitar la contaminación de la fibra de papel. ✓ Agregar 200 ml de ácido sulfúrico al 1,25% hirviendo. 	<p style="text-align: center;">% FIBRA</p> $\%F = \frac{(P_s - P_p) - (P_c - P_{cp})}{M} * 100$ <p style="text-align: center;">Ecuación 3-2</p> <p style="text-align: center;">En donde:</p>	(Brenner y Diconsa. 1978)

	<ul style="list-style-type: none"> • Aparato de Digestión • Mufla • Balanza Analítica 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Coloque la muestra que se encuentra en el equipo al calor y dejar que hierva durante 30 minutos. ✓ Evitar que los sólidos se adhieran a la pared del balón de aforo. ✓ Retire el balón de aforo y filtre a través de papel o tela de lino. ✓ Enjuague el balón con 50-70 ml de agua hirviendo, luego viértalo sobre papel. ✓ Lave el residuo tantas veces como sea necesario hasta que el pH del agua de lavado sea igual al pH del agua destilada. ✓ Transferir el residuo a un vaso de precipitado con la ayuda de 200 ml de NaOH al 1,25% hirviendo y calentarlo a ebullición, precisamente durante 30 minutos. ✓ Retirar el balón y poner en un vaso de precipitación el papel de filtro con las cenizas. ✓ Lavar con agua hasta que el valor de pH del agua de lavado sea igual al valor de pH del agua. ✓ Transferir el residuo a un crisol de masa constante y secarlo a 130°C, durante 2 horas. ✓ Luego calcine a 600 ° C durante 30 minutos. 	<p>Ps = masa del residuo seco (g). Pp = masa del papel filtro (g). Pcp = masa de las cenizas del papel (g). M = muestra (g) Pc = masa de las cenizas (g).</p>	
--	--	--	---	--

				✓ Enfriar y determine el porcentaje de fibra.		
5.	Determinación de proteínas:	<ul style="list-style-type: none"> • H₂SO₄ • H₃BO₃ • NaOH • Indicadores 	Muestra del Mucílago	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar 0.5 g muestra seca e ingresarla al tubo de Macrokjeldhal. ✓ Añadir 2 gramos de la mezcla catalizadora, 20 ml H₂SO₄ concentrado, sin manchar las paredes del equipo. ✓ Colocar el tubo en el digestor y poner en marcha el proceso. ✓ Terminado el proceso se deja enfriar el tubo, se lo retira y se agregan 25ml de agua destilada para disolver el contenido que al enfriarse se solidifica. ✓ Colocar el tubo en la parte izquierda del destilador, en la parte derecha se coloca un Erlenmeyer de 500 ml con 50 ml H₃BO₃ al 4%, conjuntamente con 2 gotas del indicador mixto (rojo de metilo y verde de bromocresol), lo cual permitirá ver un color rojo. ✓ Cerrar la puerta del destilador, poner en marcha el equipo, y seguir las instrucciones del POE colocado en la parte derecha del mismo. ✓ Cuando se finalice la destilación, lavar perfectamente el equipo 	<p style="text-align: center;">% PROTEÍNAS</p> <p style="text-align: center;">%P=</p> $C = 1.4 * f * V * \frac{N}{m}$ <p style="text-align: center;">Ecuación 4-2</p> <p style="text-align: center;">En donde:</p> <p style="text-align: center;">%P= contenido de proteínas, en porcentaje de masa.</p> <p style="text-align: center;">V = volumen de HCL</p> <p style="text-align: center;">N = normalidad de HCL</p> <p style="text-align: center;">m = masa (g)</p> <p style="text-align: center;">f= factor para transformar el N₂ en proteína</p>	(Kjeldahl, Kjeldahl y Erlenmeyer. 1980)

				<ul style="list-style-type: none"> ✓ Titular el destilado con HCl, 10N, hasta que se observe un color rojo. ✓ Calcular el % de N2 y de Proteína 		
6	Porcentaje de Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza con sensibilidad de 0.001g • Cápsulas con tapa • Estufa • Desecador • Pinzas 	Muestra de Mucílago	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar la muestra en la cápsula tarada ✓ Mantener a temperatura adecuada al producto, durante el tiempo que sea conveniente. ✓ Transferirlas al desecador; dejar enfriar a la temperatura ambiente y pesar. ✓ Repetir el procedimiento indicado hasta tener peso constante 	<p>% HUMEDAD</p> $H = \frac{P - P_1}{P_2} * 100$ <p>Ecuación 5-2</p> <p>H= Porcentaje de humedad (m)</p> <p>P = Peso capsula con la muestra húmeda (g).</p> <p>P1 = Peso cápsula + muestra seca.</p> <p>P2 = Peso de la muestra (g)</p>	(NMX-F-083-S-1986. 1986)
7	Carbohidratos	<ul style="list-style-type: none"> • Agua Destilada • IR 	Mucílago	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocar la muestra en el equipo ✓ Analizar y anotar los datos y valores obtenidos ✓ Analizar los grupos funcionales existentes 	Intervalos	Espectrofotómetro IR

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

2.12.3 Técnica de obtención del bioplástico

La concentración de mucílago de la *Opuntia ficus indica* se determinó, mediante el análisis factorial 2^k , donde 2 = (Concentración mucílago y plastificante(grenetina)); k = Número de repeticiones; dándonos así $2^k = (2*2) * 4 = 16$ pruebas con 4 tratamientos que se muestran en la tabla 7-2. También se tomará en cuenta aspectos cualitativos, por ejemplo: formación, la uniformidad de la biopelícula en las cajas petri y la transparencia del bioplástico.

Tabla 7-2. Tabla utilizada para la elaboración del bioplástico

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN
1	T1	CM1: GR1	R1
2			R2
3			R3
4			R4
5	T2	CM1: GR2	R5
6			R6
7			R7
8			R8
9	T3	CM2: GR1	R9
10			R10
11			R11
12			R12
13	T4	CM2: GR2	R13
14			R14
15			R15
16			R16

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

En la tabla 8-2 se describe las variables y las constantes obtenidas mediante el diseño factorial 2^k para la elaboración de las biopelículas.

Tabla 8-2: Concentración de variables y constantes para la elaboración de los bioplásticos.

VARIABLES (%)		CONSTANTES			
Mucílago	Grenetina	Vinagre	Glicerina	Tiempo	Temperatura
73,53(%)	11,76(%)	7,36(%)	7,35(%)	24h	25°C
74,01(%)	12,01(%)	6,98(%)	7,00(%)	24h	25°C

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

Tabla 9-2: Técnica para realizar el bioplástico de *Opuntia ficus indica*

Materiales y Equipos	Reactivos	Descripción del Proceso	Método de ensayo
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza digital y/o analítica • Espátula • Cronómetro • Recipientes de vidrio • Guantes aislantes • Fundas ziploc • Mortero 	<ul style="list-style-type: none"> • Mucílago de la <i>Opuntia ficus indica</i> • Agua destilada 	<p>Seleccionamos 55 ml de mucílago, lo colocamos en un vaso de precipitación de 500ml, hasta que este alcance una temperatura entre 70-80° C, temperatura adecuada para que la mezcla se homogenice de manera correcta, todo esto se realizará en un agitador magnético entre 500-1000 rpm, luego de calentar el mucílago se le agrega 8g de grenetina (le dará cuerpo al mucílago, por ende permitirá que sea la base factible para el bioplástico), el vinagre (permite que la estructura del plástico del polímero se estabilice), y la glicerina (lo utilizamos como humectante), una vez agregados todos los reactivos , esperamos 10 min y dejamos enfriar y secar en unas cajas Petri de vidrio durante 24h a una temperatura de 40°C en la estufa</p>	<p>(León-Martínez et al. 2011) (Mounir et al. 2020)</p>

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

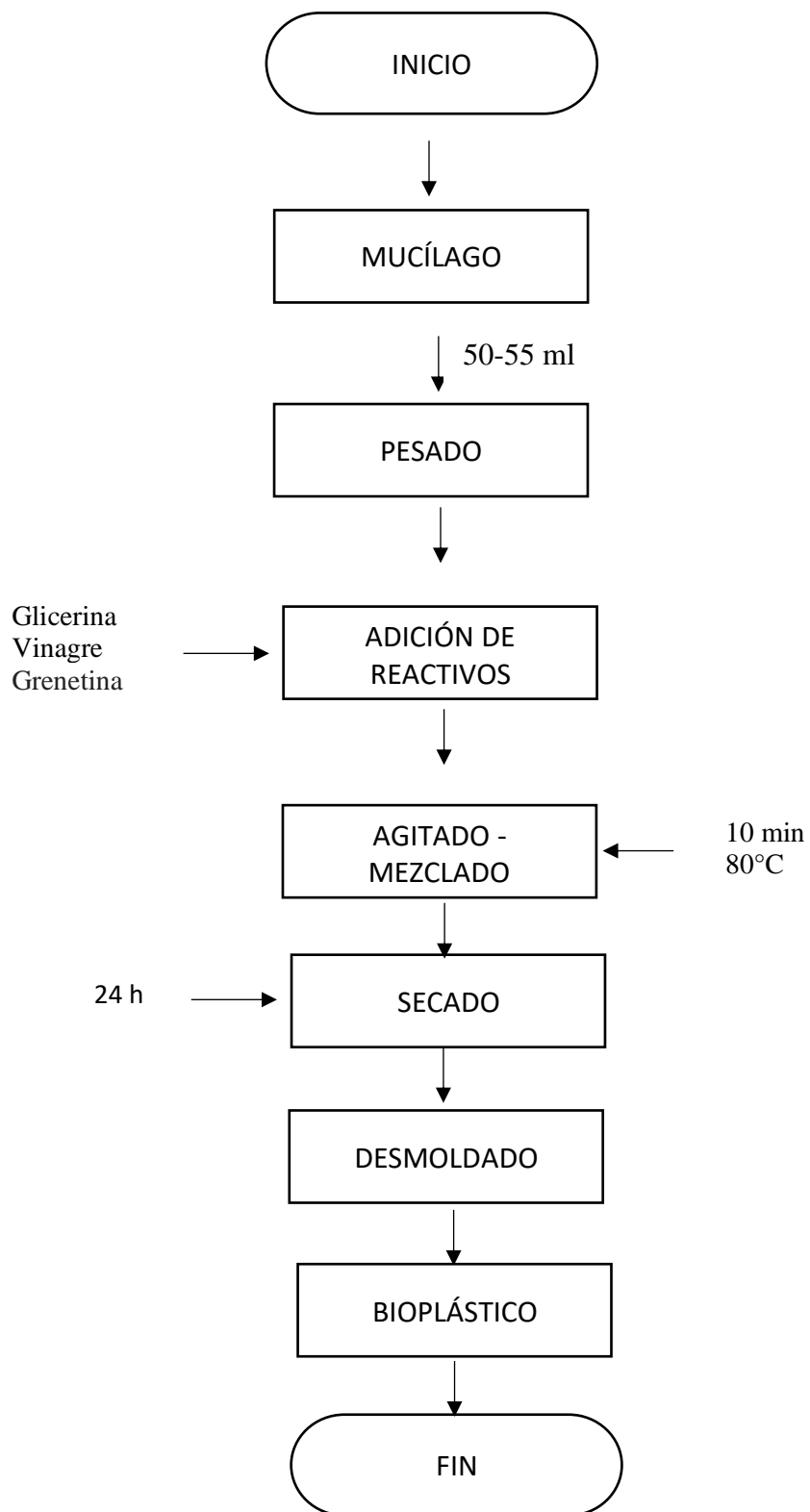


Figura 5-3: Diagrama de flujo del proceso del bioplástico de mucílago de nopal

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

2.12.3 Técnica para realizar la caracterización físico químico del bioplástico de mucílago del *opuntia ficus indica*.

Tabla 10-2: Ensayos realizados para la caracterización del bioplástico de mucílago de *opuntia ficus indica*.

N°	Análisis	Procedimiento	Fórmula para el Cálculo	Método de Ensayo
1	Porcentaje de Humedad	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pesar el bioplástico en la cápsula tarada ✓ Mantener a temperatura adecuada al producto, durante el tiempo que sea conveniente. ✓ Transferirlas al desecador; dejar enfriar a la temperatura ambiente y pesar. ✓ Repetir el procedimiento indicado hasta tener peso constante 	<p style="text-align: center;">% HUMEDAD</p> $\%H = \frac{\text{Peso inicial película} - \text{Peso final película}}{\text{Peso inicial película}} * 100$ <p style="text-align: center;">Ecuación 6-2</p>	<p>Basado en la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR.</p>
2	Solubilidad en el agua	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las películas secas se colocaron en 80 ml de agua desionizada con una agitación de 100 rpm durante una hora ✓ Posteriormente se filtró y se colocó en la estufa a 40 °C hasta que esté seca. 	<p style="text-align: center;">% SOLUBILIDAD</p> $\%S = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100$ <p style="text-align: center;">Ecuación 7-2</p>	<p>Basado en la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema PELICULAS BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE</p>

		<p>✓Luego a 105 °C hasta que tenga un peso constante. Se realizaron ensayos por duplicado de cada tipo de película.</p>		<p>DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR.</p>
3	Transmisión de vapor de agua	<p>✓Se empleó el método desecante, el cual utiliza sílica gel previamente activada a 200°C por 24 horas.</p> <p>✓Posterior a ello, se llenaron los tubos de ensayo de 10cm de altura y 16mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílica gel durante cada pesado. Las películas se cortaron en cuadrados de 2.5 cm² para cada muestra, luego se colocaron en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y un pedazo de cinta scotch. Colocar o guardar en una gradilla.</p> <p>✓Una vez sellados los tubos, fueron pesados y luego colocados en un desecador equilibrado con un ambiente de una HR 60 - 65% que se obtuvo colocando una solución saturada de Cloruro de sodio (NaCl) y una temperatura</p>	$WVP = \frac{(P2 - P1) * e}{t * S'' * (HR2 - HR1)}$ <p>Ecuación 8-2</p> <p>Donde:</p> <p>WVP = es la permeabilidad al vapor de agua en (g*h⁻¹*m⁻¹*MPa⁻¹).</p> <p>s' = es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) T= 20°C.</p> <p>HR2 = es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada (HR2 = 75%).</p> <p>HR1 = es la humedad relativa en el interior de la celda (HR1= 0%).</p> <p>e= espesor (m)</p>	<p>ASTM D1653-93: MÉTODOS DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA LA TRANSMISIÓN DE VAPOR DE AGUA DE UNA PELÍCULA DE RECUBRIMIENTO ORGÁNICO.</p>

		de 26 - 29°C. Se esperó 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio. Las muestras fueron pesadas el primer día cada hora, durante 6 horas consecutivas.		
4	ENSAYO DE TRACCIÓN	<p>✓ El ensayo consiste en deformar la probeta a lo largo de su eje mayor, a velocidad constante aplicando una fuerza determinada hasta que la probeta se rompa o hasta que la carga o el alargamiento alcance un valor previamente elegido (INEN 2043. 2013. p3.).</p>	<p style="text-align: center;">Probeta Tipo A (Dimensiones en mm)</p> <p>13 = Longitud total mínima 115 b1 = Anchura en los extremos 25 ± 1 l1 = Longitud de la parte calibrada 33 ± 2 b = Anchura de la parte calibrada 6 ± 0,4 r = Radio menor 14 ± 1 R = Radio mayor 25 ± 2 l0 = Longitud de referencia 25±0,25 l2 = Distancia inicial entre mordazas 80 ± 5 e = Espesor: mínimo= 1; máximo = 3; preferido = 2</p>	<p>INEN 2635:2012 Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. <i>La norma INEN es la versión oficial para Ecuador de la norma ASTM D882-10</i></p>

5.	Biodegradabilidad	<p>✓ La biodegradabilidad, se consideró en un tiempo de exposición de 30 días, evaluando la pérdida de peso del bioplástico cada dos días. Esta prueba se realizó en 3 ambientes diferentes; en tierra, agua y ambiente. Las dimensiones que se utilizaron fue de 2,5 cm x 2,5 cm. Las láminas bioplásticas se evaluaron en condiciones aeróbicas (5 cm de profundidad)</p>	<p style="text-align: center;">%Pérdida de peso</p> $\%PP = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100$ <p style="text-align: center;">Ecuación 10-2</p>	<p>Este ensayo se realizó en función a una investigación realizada conjuntamente con la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda y la Universidad Simón Bolívar, en Venezuela. El trabajo es titulado “DEGRADACIÓN DE PELÍCULAS PLASTIFICADAS DE QUITOSANO OBTENIDAS A PARTIR DE CONCHAS DE CAMARÓN”</p>
----	-------------------	---	--	--

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

CAPITULO III

3 MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Datos físicos- químicos obtenidos de los ensayos de mucílago de *opuntia ficus indica*

Tabla 11-3: Análisis cualitativos del mucílago

N°	Mucílago		
	Peso(g)	Longitud(cm)	Espesor (cm)
1	500	16.5	2.5
2	500	16.1	2.2
3	500	17.3	2.3
4	500	15.2	2.7
5	500	18.2	4.5
6	500	17.2	3.5

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.2 Rendimientos obtenidos del mucílago

Tabla 12-3: Variables para la obtención del mucílago de *opuntia ficus indica*

Variables		
RPM (revoluciones por minutos)	RPM 1	RPM 2
tiempo (min)	0.5	1

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

Tabla 13-3: Resultado de Rendimientos del mucílago

Rendimientos de Mucílago de la Opuntia ficus-indica											
N°	TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN EN AGUA (mL)	PESO (ml)				RENDIMIENTO (%)		TIEMPO DE CONSERVACIÓN (h)
					PRODUCTO	MUCÍLAGO			R	PROMEDIO	
					(g)	R	PROMEDIO	TOTAL			
1	T1	RPM 1 : t1	R1	500	500	192,0	191,8	767,0	38,4	38,4	48,0
2			R2			193,0			38,6		
3			R3			190,0			38,0		
4			R4			192,0			38,4		
5	T2	RPM 2 : t2	R1			190,0	189,9	759,7	38,0	38,0	48,0
6			R2			189,5			37,9		
7			R3			189,0			37,8		
8			R4			191,2			38,2		
9	T3	RPM 1: t1	R1			192,0	192,0	768,0	38,4	38,4	48,0
10			R2			189,0			37,8		
11			R3			195,0			39,0		
12			R4			192,0			38,4		
13	T4	RPM 2 : t2	R1			190,0	190,5	762,0	38,0	38,1	48,0
14			R2			189,0			37,8		
15			R3			192,0			38,4		
16			R4			191,0			38,2		

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

Tabla 14-3: Análisis de varianza del rendimiento obtenido del mucílago de *opuntia ficus indica*

ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0,0294	1	0,0294	0,27840909	0,603551001	4,351243503
Columnas	0,232066667	1	0,232066667	2,19760101	0,153812038	4,351243503
Interacción	0,008066667	1	0,008066667	0,07638889	0,78508805	4,351243503
Dentro del grupo	2,112	20	0,1056			
Total	2,381533333	23				

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

No existe diferencia significativa en la obtención del mucilago entre las velocidades

3.3 Ensayos físicos químico para el mucílago de *opuntia ficus indica*

3.3.1 pH

Tabla 15-3: pH

N°	Mucílago	
	PH	Temperatura
1	5,1	21,4
2	5,27	22
3	5,41	22,3
Promedio	5,26	21,9

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

3.3.2 Ceniza

Tabla 16-3: Cenizas

REPETICIONES	CONTENIDO DE CENIZA						
	Peso de muestra (g)	Peso del Crisol vacío (g)	Crisol + Muestra	Crisol + Muestra Calcinada	Muestra calcinada	%Ceniza	Prom Ceniza
R1	1,5142	36,5403	38,056	36,660	1,4897	1,618	1,558
R2	1,5043	37,9949	39,499	38,115	1,4883	1,064	
R3	1,5057	38,7739	40,280	38,906	1,4757	1,992	

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

3.3.3 Grasa

Tabla 17-3: Grasa

REPETICIONES	GRASA					
	Muestra seca (g)	Masa del balón de aforo vacío (g)	Muestra extraída (g)	Masa del balón con grasa (g)	%Grasa	Promedio %Grasa
1	2,0003	112,759	2,0001	112,759	0,02499875	0,02357445
2	2,0132	112,317	2,0126	112,317	0,01987479	
3	2,3215	112,412	2,3211	112,413	0,02584981	

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

3.3.4 Fibra

Tabla 18-3: Fibra

Repeticiones	FIBRA						
	Masa de la muestra (g)	Masa de cenizas (g)	Masa en gramos del residuo seco	Masa en gramos del papel filtro	Masa de las cenizas del papel	% Fibra	Promedio % Fibra
1	2,0001	1,6181	1,1021	0,9379	1,4901	1,8099095	1,97256732
2	2,0126	1,0636	1,1021	0,8751	0,878	2,05704064	
3	2,3211	1,9924	1,1021	0,7846	1,7225	2,0507518	

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

3.3.5 Proteína

Tabla 19-3. Proteína

N°	PROTEÍNA					
	Masa de la muestra (g)	Volumen de la solución (ml)	Normalidad (g)	Factor	%Proteína	Promedio %Proteína
1	0,5121	1,75	0,195274360	6,25	2,99013864	2,44457535
2	0,5021	1,25	0,199163513	6,25	2,17835093	
3	0,5011	1,24	0,199560966	6,25	2,16523648	

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

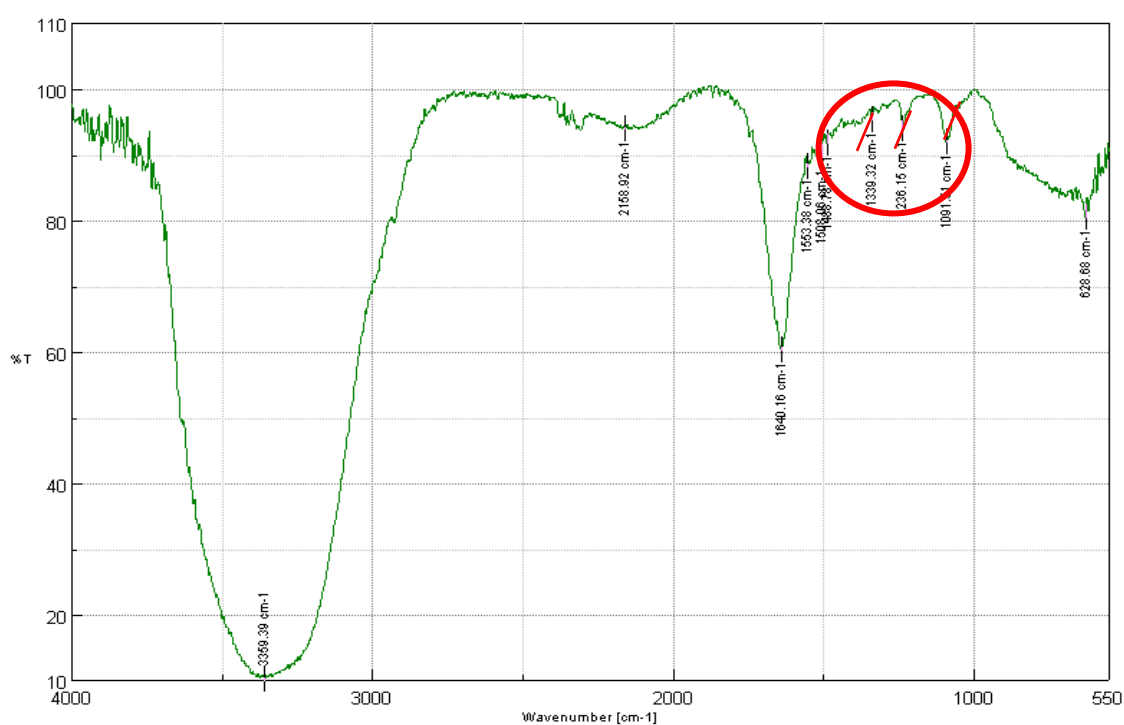
3.3.6 Humedad

Tabla 20-3: Humedad

Repeticiones	HUMEDAD						
	Muestra húmeda (g)	Cápsula (g)	Muestra húmeda + Cápsula (g)	Cápsula + Muestra seca	Muestra seca (g)	%Humedad	Promedio % Humedad
1	5,1108	103,773	108,8839	108,3751	0,5088	9,955388589	10,17483499
2	5,0225	102,236	107,2582	106,7253	0,5329	10,61025386	
3	5,0076	103,821	108,8289	108,3302	0,4987	9,958862529	

Realizado por: Pazmiño, Katherine.2021

3.3.7 Carbohidratos



Gráfica 1-3: Análisis IR del mucílago *opuntia ficus indica*

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

Tabla 21-3: Resultados del análisis del mucílago en el espectrofotómetro IR

Wavenumber [cm-1]	%T
3359.39	10.2888
2158.92	93.9038
1640.16	60.3727
1553.38	88.1947
1508.06	89.5159
1488.78	91.7318
1339.32	95.2586

1236.15	93.992
1091.51	91.9048

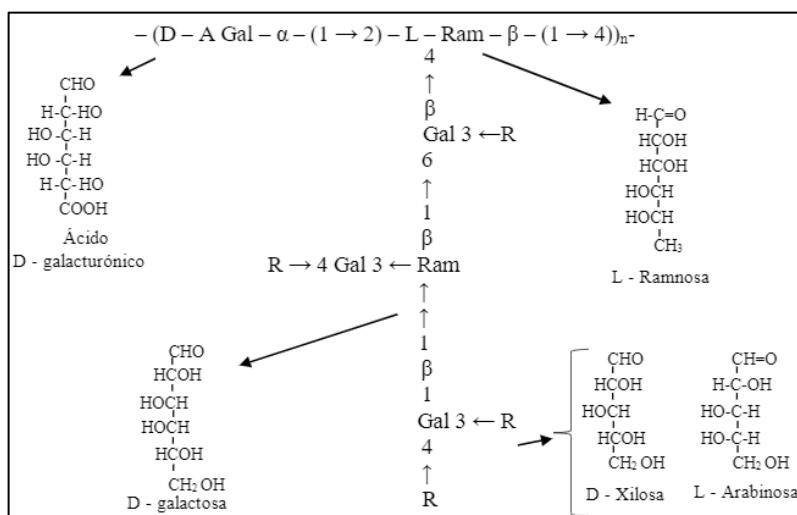
Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

Según (Shurvell. 2006), “Todos los carbohidratos dan una absorción fuerte en el IR, a menudo amplias bandas en algún lugar entre 1400 y 900 cm⁻¹. Estas las bandas están asociadas con el estiramiento del C – O – C o C – OH enlaces o flexión del grupo C – O – H. La posición y multiplicidad de la absorción junto con la evidencia de otras regiones del espectro pueden ayudar a distinguir un grupo funcional particular”.

Teniendo en cuenta investigaciones recientes, se puede concluir que: Los compuestos presentes en el mucílago del cactus *opuntia ficus indica* son: L-arabinosa (24,6-42%), D-galactosa (21-40,1%), L-ramnosa (7-13,1%), D-xilosa (22-22,2%) y ácido D-galacturónico (8-12,7%), (McGarvie y Parolis. 1981), encontraron que el moco de la tuna es causado por Familia de polisacáridos muy ramificados. Consideran la siguiente estructura celular:

El ácido α -D-galacturónico 1 \rightarrow 2 está conectado a la conexión de la unidad 1 \rightarrow 4 de β -L-ramnosa En la rama C-4, la rama galactooligosacárido lleva Como sustituyentes se utilizan L-arabinosa y D-xilosa.

Figura 6-3: Estructura química de opuntia ficus indica.



Fuente:(Garcia. 2019)

Tabla 22-3: Resultados de la amilosa y amilopectina

N°	Prueba	Muestra OFI	Institución
1	Amilosa	27.10 %	INIAP
2	Amilopectina	72.90%	INIAP

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

En la tabla 21-4 se presenta según la (Fao. 2016. p.104) y la norma ASTM D882 el rango estándar que debe presentar los ensayos fisicoquímico de mucílago.

Tabla 23-3: Análisis físico-químicos de *Opuntia ficus indica*

Requisitos fisicoquímicos del <i>Opuntia ficus indica</i>			
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS	RANGO ESTÁNDAR	RESULTADO OBTENIDO	ENSAYO
pH	5–6	5,26	INEN 1456
Ceniza (g)	1≤2	1,56	(NTE INEN 0401. 2020) Asociation of Official Analytical Chemists) 942.05
Humedad (%)	10≤12	10,17	(NMX-F-083-S-1986. 1986)
Grasa (%)	0,02–0,05	0,024	(NMX-F-089-S-1978. 1978)
Fibra (%)	1≤3	1,973	(Brener y Diconsa. 1978)
Proteína (%)	2≤6	2,445	(Kjeldahl, Kjeldahl y Erlenmeyer. 1980)

Fuente:(Fao. 2016)

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.4 Resultados obtenidos del bioplástico

Tabla 24-3: Cantidades usadas para la elaboración del bioplástico

VARIABLES (%)		CONSTANTES			
Mucílago	Grenetina	Vinagre	Glicerina	Tiempo	Temperatura
50ml	8g	5ml	5ml	24h	25°C
55ml	10g	5ml	5ml	24h	25°C

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.5 Análisis Sensorial del bioplástico

3.5.1 Ensayos preliminares con las variables establecidas del bioplástico

En la tabla 22-4 se muestran los ensayos preliminares realizados para los 4 tratamientos a la concentración de mucílago y plastificante (grenetina) establecidos para la elaboración de las biopelículas, mediante el vertido en cajas petri o también conocido como la técnica de casting, para posteriormente colocar la muestra en los moldes de 16 x25 cm.

Tabla 25-3: Ensayos preliminares para la formación del bioplástico de mucílago

CONSTANTES						
TRATAMIENTOS	Mucílago %	Grenetina %	Forma Biopelícula	Facilidad de Moldeo	Transparencia	Observaciones
T1	73,53	11,76	SI	SI	SI	*
T2	73,53	11,76	SI	SI	SI	*
T3	74,01	12,01	SI	SI	SI	*
T4	74,01	12,01	SI	SI	SI	Pegajosa al tacto

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

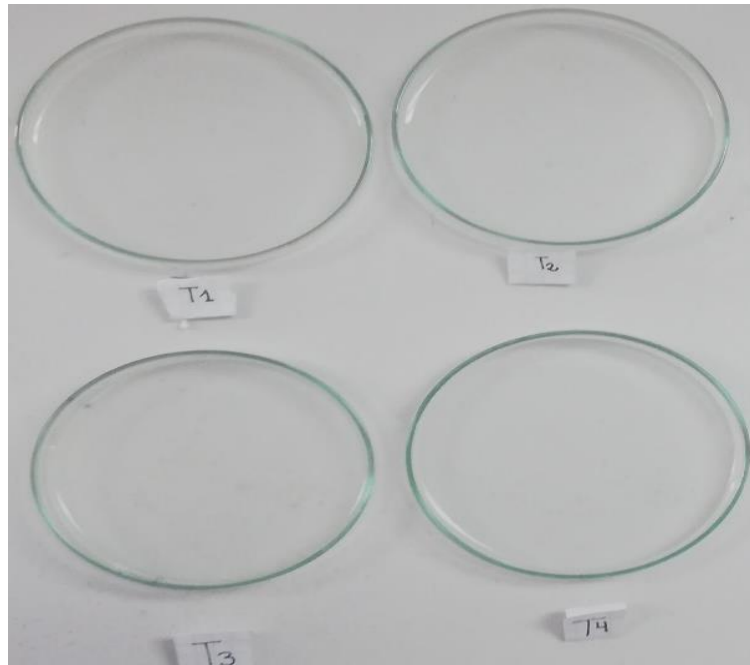


Figura 7-3: Bioplástico realizado del mucílago

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

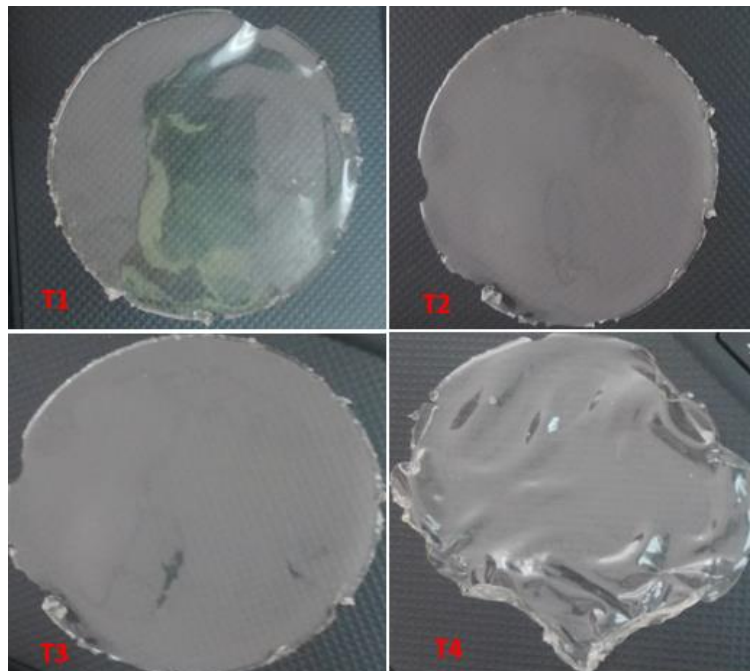


Figura 8-3: Bioplásticos obtenidos de los ensayos realizados.

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.6 Cálculos realizados a los bioplásticos del mucílago

3.6.1 Cálculo del ensayo de humedad

Los ensayos de humedad se realizaron por triplicado, obteniendo un promedio para cada tratamiento establecido, a continuación, se muestra el cálculo del T1-R1 del mucílago, a partir de la ecuación 6-2.

$$\%H = \frac{\text{Peso inicial película} - \text{Peso final película}}{\text{Peso inicial película}} * 100$$

$$\%H = \frac{0,0971 - 0,0821}{0,0971} * 100$$

$$\%H = 15.448$$

3.6.2 Cálculo del ensayo de solubilidad

Los ensayos de solubilidad se realizaron por triplicado, obteniendo un promedio para cada tratamiento establecido, a continuación, se muestra el cálculo del T1-R1 del mucílago, a partir de la ecuación 7-2.

$$\%S = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100$$

$$\%S = \frac{0.5952 - 0.0894}{0.5952} * 100$$

$$\%S = 84.98$$

3.6.3 Cálculo del ensayo de biodegradabilidad

Para este ensayo se recortaron 4 muestras, cada dos días se las saca, para tomar el peso respectivo, como referencia se toma la biodegradabilidad del T1-T1.1 de la oca a los dos días, a partir de la ecuación 10-2:

$$\%PP = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{Peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100$$

Tierra (T1R1)

$$\%PP = \frac{0.405 - 0.023}{0.405} * 100$$

$$\%PP = 94.321$$

Agua (T1-T1.1)

$$\%PP = \frac{0.279 - 0.002}{0.279} * 100$$

$$\%PP= 99.283$$

Ambiente (T1-T1.1)

$$\%PP= \frac{0.275-0.010}{0.275} * 100$$

$$\%PP= 96.364$$

3.6.4 Ensayos de permeabilidad al vapor

Para este ensayo se recortaron 2 muestras para cada repetición, como referencia se toma en cuenta el cálculo de TP1, a partir de las ecuaciones 8-2 y 9-2.

$$WVP = \frac{(P2 - P1) * e}{t * S'' * (HR2 - HR1)}$$

$$WVP = \frac{(22.3331 - 22.3286) * 0.2925}{1 * 0.0023392 * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0.00755814$$

3.7 Resultados de la caracterización físicos y mecánicos del bioplástico

De acuerdo con los análisis sensoriales, se realizó ensayos que caracterizan a los bioplásticos.

3.7.1 Ensayo de espesor

Este ensayo fue basado en una investigación conjuntamente con la Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda y la Universidad Simón Bolívar, en Venezuela. El trabajo es titulado “DEGRADACIÓN DE PELÍCULAS PLASTIFICADAS DE QUITOSANO OBTENIDAS A PARTIR DE CONCHAS DE CAMARÓN”, donde se realizó lo siguiente: Se midió con un vernier, 4 biopelículas recortadas con medidas de 2,5cm x 2,5cm cada una y promediando cada una respectivamente.

Tabla 26-3: Resultados del ensayo del espesor de los bioplásticos

No.	TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	PESO (g)	ESPESOR (mm)	PROMEDIO ESPESOR
1	T1	CM1: GR1	R1	0,54	0,25	0,2
2			R2	0,49	0,18	
3			R3	0,56	0,17	
4			R4	0,4	0,2	
5	T2	CM1: GR2	R1	0,17	0,14	0,135
6			R2	0,19	0,13	
7			R3	0,18	0,14	

8			R4	0,19	0,13	
9	T3	CM2: GR1	R1	0,21	0,18	0,17
10			R2	0,25	0,18	
11			R3	0,24	0,15	
12			R4	0,26	0,17	
13	T4	CM2: GR2	R1	0,46	0,18	0,185
14			R2	0,45	0,17	
15			R3	0,46	0,19	
16			R4	0,46	0,2	

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.7.2 Ensayo de humedad de los bioplásticos.

Tabla 27-3: Resultados del ensayo de humedad de los bioplásticos

PORCENTAJE DE HUMEDAD						
TRATAMIENTOS	Repeticiones	Peso húmedo (g)	Peso seco (g)	Agua presente (g)	% Humedad	Promedio % Humedad
T1	R1	0,0971	0,0821	0,0150	15,4480	18,3584
	R2	0,0965	0,0761	0,0204	21,1399	
	R3	0,0833	0,0679	0,0154	18,4874	
T2	R1	0,0901	0,0431	0,0470	52,1643	19,1669
	R2	0,0925	0,0915	0,001	1,0811	
	R3	0,0987	0,0945	0,0042	4,2553	
T3	R1	0,1185	0,0798	0,0387	32,6582	28,9421
	R2	0,1261	0,0723	0,0538	42,6646	
	R3	0,0991	0,0877	0,0114	11,5035	
T4	R1	0,1398	0,1111	0,0287	20,5293	17,6755
	R2	0,0871	0,0791	0,008	9,1848	
	R3	0,1437	0,1102	0,0335	23,3125	

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.7.3 Ensayo de solubilidad de los bioplásticos.

Tabla 28-3: Resultado del ensayo de solubilidad de los bioplásticos

PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD					
TRATAMIENTOS	Repeticiones	Peso inicial seco (g)	Peso final seco (g)	% Solubilidad	Promedio % Solubilidad
T1	1	0,3268	0,0794	75,7038	75,9120
	2	0,4162	0,0796	80,8746	
	3	0,3162	0,0912	71,1575	
T2	1	0,1794	0,0789	56,0201	68,7633
	2	0,3055	0,0912	70,1473	

	3	0,4402	0,0875	80,1227	
T3	1	0,2275	0,107	52.9670	47,1624
	2	0,4417	0,02518	43.1741	
	3	0,3019	0,165	45.3461	
T4	1	0,3450	0,0999	71,0435	67,3564
	2	0,4694	0,2022	56,9237	
	3	0,2784	0,0721	74,1020	

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.7.4 Ensayo de permeabilidad de los bioplásticos.

En la tabla 27-3, se muestran los resultados obtenidos durante el ensayo de permeabilidad, expuestos en ambiente húmedo por 6 horas. Con mediciones periódicas.

Tabla 29-3: Resultado de permeabilidad de los bioplásticos

Tiempo (horas)	RESULTADOS DE PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m. MPa)			
	TP1	TP2	TP3	TP4
1	0,00381377	0,075619913	0,011465147	0,001011631
2	0,002551861	0,139352641	0,001525508	0,019156133
3	0,001991012	0,112764212	0,001167967	0,000501492
4	0,000953443	0,006298505	0,001245434	0,001485022
5	4,48679E-05	0,005356805	0,004462111	0,003828633
6	0,002827612	0,001653101	0,000393295	0,000497169

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.7.5 Ensayo mecánico

Tabla 30-3: Resultados de las propiedades mecánicas del bioplástico

No.	TRATAMIENTO	PROBETAS	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	ELONGACIÓN (%)	LASTOMETRÍA (mm)
1	T1	1	5,30	2,04	56,30	8,2
2	T2	2	5,30	2,64	61,30	9,9
3	T3	3	5,30	1,76	65,00	10,92
4	T4	4	5,30	2,00	58,10	10,38

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.8 Ensayo de biodegradabilidad

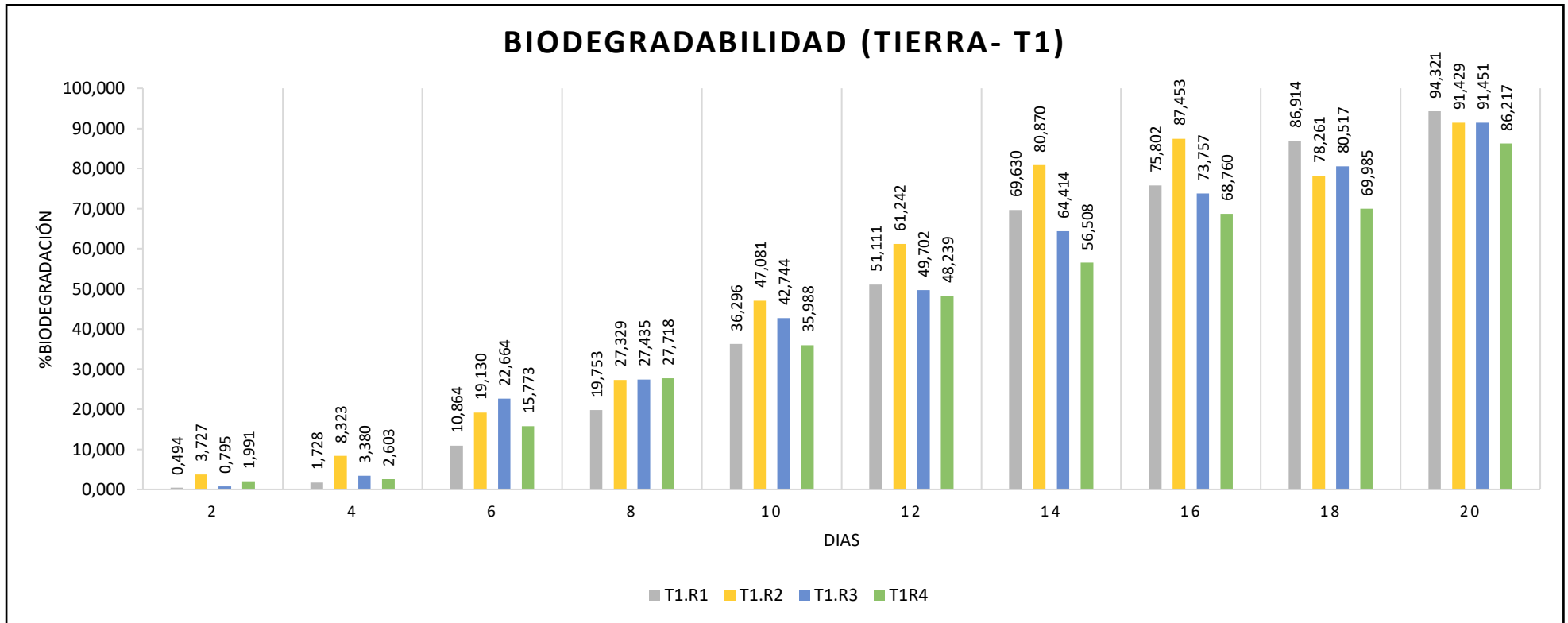
3.8.1 Biodegradabilidad en tierra.

Tabla 31-3: Resultados de biodegradabilidad en tierra

BIODEGRADABILIDAD (TIERRA)													
TRATAMIENTOS		DÍAS											PROMEDIO
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	
T1	R1	0,405	0,403	0,398	0,361	0,325	0,258	0,198	0,123	0,098	0,053	0,023	90,8546
		100,000	99,506	98,272	89,136	80,247	63,704	48,889	30,370	24,198	13,086	5,679	
		0,000	0,494	1,728	10,864	19,753	36,296	51,111	69,630	75,802	86,914	94,321	
	R2	0,805	0,775	0,738	0,651	0,585	0,426	0,312	0,154	0,101	0,175	0,069	
		100,000	96,273	91,677	80,870	72,671	52,919	38,758	19,130	12,547	21,739	8,571	
		0,000	3,727	8,323	19,130	27,329	47,081	61,242	80,870	87,453	78,261	91,429	
	R3	0,503	0,499	0,486	0,389	0,365	0,288	0,253	0,179	0,132	0,098	0,043	
		100,000	99,205	96,620	77,336	72,565	57,256	50,298	35,586	26,243	19,483	8,549	
		0,000	0,795	3,380	22,664	27,435	42,744	49,702	64,414	73,757	80,517	91,451	
	R4	0,327	0,320	0,318	0,275	0,236	0,209	0,169	0,142	0,102	0,098	0,045	
		100,000	98,009	97,397	84,227	72,282	64,012	51,761	43,492	31,240	30,015	13,783	
		0,000	1,991	2,603	15,773	27,718	35,988	48,239	56,508	68,760	69,985	86,217	
T2	R1	0,277	0,275	0,272	0,264	0,211	0,195	0,165	0,125	0,098	0,068	0,043	90,3523
		100,000	99,278	98,195	95,307	76,173	70,397	59,567	45,126	35,379	24,549	15,523	
		0,000	0,722	1,805	4,693	23,827	29,603	40,433	54,874	64,621	75,451	84,477	
	R2	0,295	0,291	0,285	0,282	0,278	0,269	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	
		100,000	98,644	96,610	95,593	94,237	91,186	39,661	33,220	25,763	14,576	5,085	
		0,000	1,356	3,390	4,407	5,763	8,814	60,339	66,780	74,237	85,424	94,915	
	R3	0,265	0,263	0,236	0,201	0,185	0,163	0,132	0,103	0,089	0,065	0,026	

	R4	100,000	99,245	89,057	75,849	69,811	61,509	49,811	38,868	33,585	24,528	9,811	
		0,000	0,755	10,943	24,151	30,189	38,491	50,189	61,132	66,415	75,472	90,189	
		0,257	0,255	0,231	0,175	0,121	0,096	0,085	0,061	0,043	0,031	0,021	
		100,000	99,222	89,883	68,093	47,082	37,354	33,074	23,735	16,732	12,062	8,171	
		0,000	0,778	10,117	31,907	52,918	62,646	66,926	76,265	83,268	87,938	91,829	
T3	R1	0,444	0,442	0,427	0,345	0,326	0,257	0,198	0,156	0,121	0,085	0,044	90,0403
		100,000	99,550	96,171	77,703	73,423	57,883	44,595	35,135	27,252	19,144	9,910	
		0,000	0,450	3,829	22,297	26,577	42,117	55,405	64,865	72,748	80,856	90,090	
	R2	0,345	0,342	0,322	0,286	0,253	0,221	0,175	0,145	0,115	0,075	0,035	
		100,000	99,130	93,333	82,899	73,333	64,058	50,725	42,029	33,333	21,739	10,145	
		0,000	0,870	6,667	17,101	26,667	35,942	49,275	57,971	66,667	78,261	89,855	
	R3	0,393	0,390	0,388	0,361	0,321	0,297	0,217	0,168	0,121	0,085	0,025	
		100,000	99,237	98,728	91,858	81,679	75,573	55,216	42,748	30,789	21,628	6,361	
		0,000	0,763	1,272	8,142	18,321	24,427	44,784	57,252	69,211	78,372	93,639	
	R4	0,298	0,295	0,272	0,261	0,210	0,162	0,135	0,115	0,091	0,065	0,040	
		100,000	98,993	91,275	87,584	70,470	54,362	45,302	38,591	30,537	21,812	13,423	
		0,000	1,007	8,725	12,416	29,530	45,638	54,698	61,409	69,463	78,188	86,577	
T4	R1	0,805	0,800	0,738	0,621	0,521	0,362	0,321	0,268	0,211	0,175	0,102	90,1016
		100,000	99,379	91,677	77,143	64,720	44,969	39,876	33,292	26,211	21,739	12,671	
		0,000	0,621	0,276	0,272	0,271	0,264	60,124	66,708	73,789	78,261	87,329	
	R2	0,503	0,500	0,474	0,451	0,387	0,337	0,267	0,167	0,101	0,071	0,022	
		100,000	99,404	94,235	89,662	76,938	66,998	53,082	33,201	20,080	14,115	4,374	
		0,000	0,596	5,765	10,338	23,062	33,002	46,918	66,799	79,920	85,885	95,626	
	R3	0,277	0,271	0,264	0,212	0,198	0,135	0,102	0,075	0,024	0,011	0,008	
		100,000	97,834	95,307	76,534	71,480	48,736	36,823	27,076	8,664	3,971	2,888	
		0,000	2,166	4,693	23,466	28,520	51,264	63,177	72,924	91,336	96,029	97,112	
	R4	0,295	0,290	0,278	0,252	0,220	0,188	0,164	0,133	0,123	0,101	0,058	
		100,000	98,305	94,237	85,424	74,576	63,729	55,593	45,085	41,695	34,237	19,661	
		0,000	1,695	5,763	14,576	25,424	36,271	44,407	54,915	58,305	65,763	80,339	

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021



Gráfica 2-3: Biodegradabilidad de los bioplásticos (Tierra-T1)

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

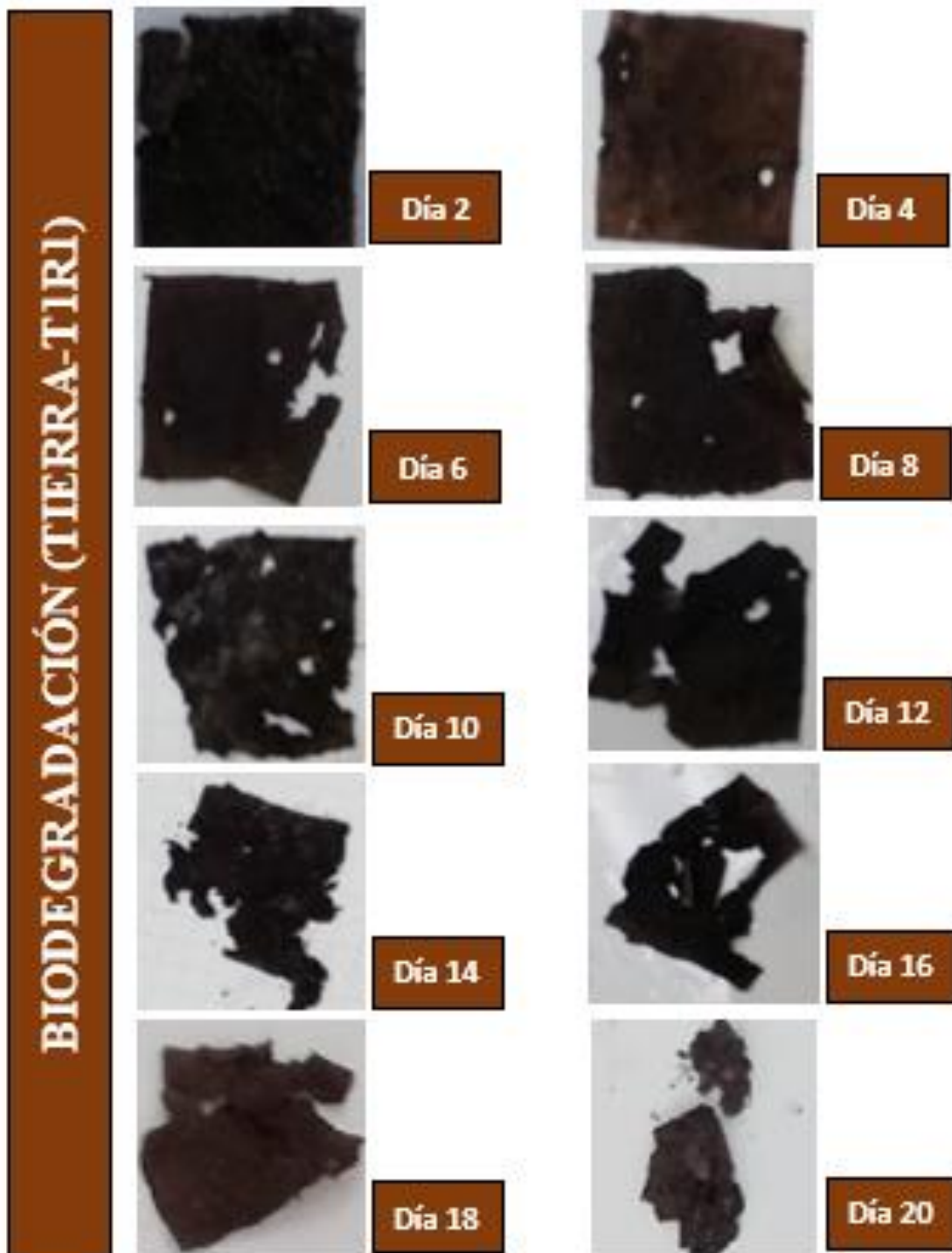


Figura 9-3: Bioplásticos expuestos a biodegradabilidad en tierra

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

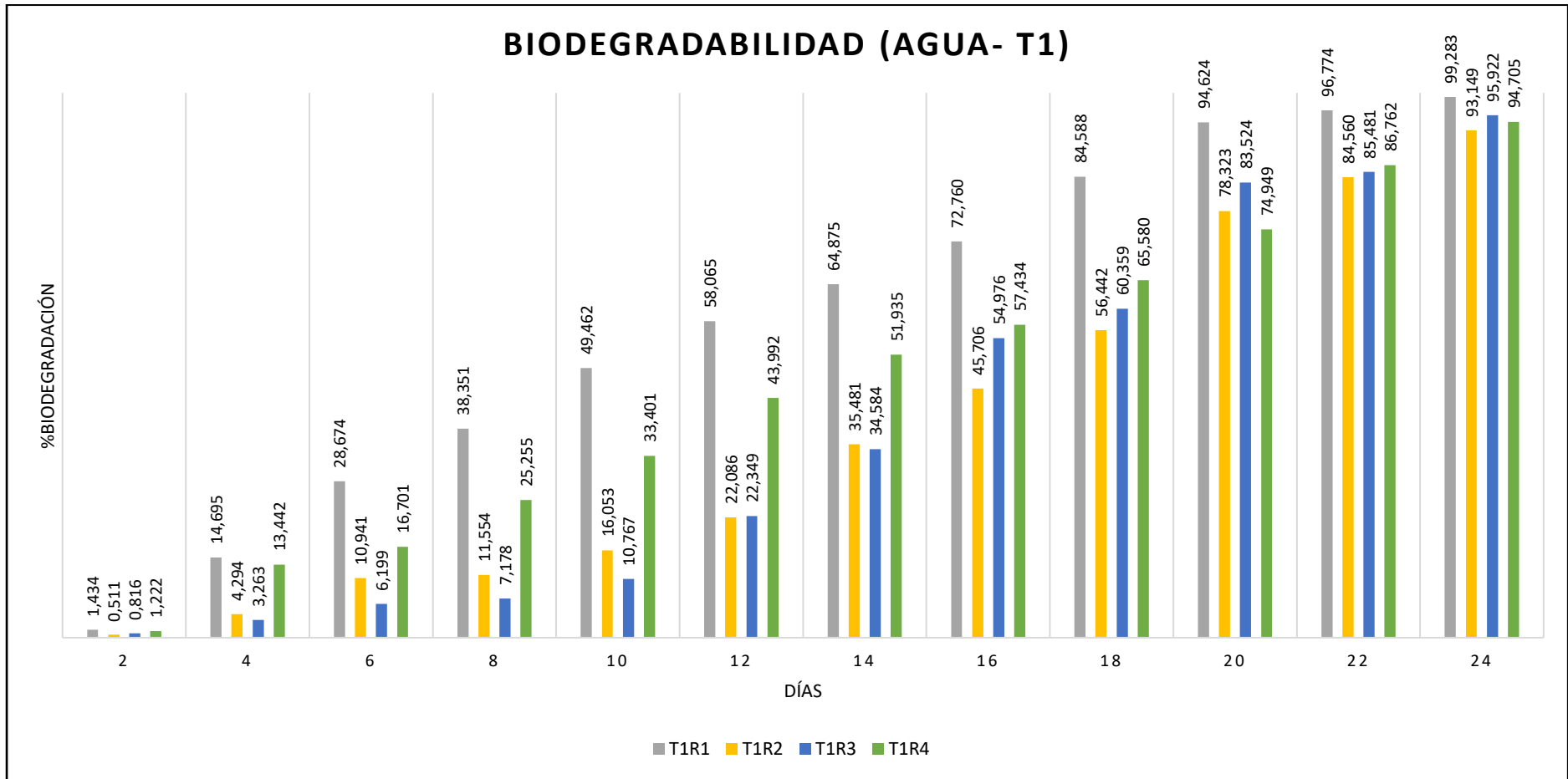
3.8.2 Biodegradabilidad en agua

Tabla 32-3: Resultados de biodegradabilidad en agua.

BIODEGRADABILIDAD (AGUA)															
TRATAMIENTOS		DIAS												PROMEDIO	
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22		24
T1	R1	0,279	0,275	0,238	0,199	0,172	0,141	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	0,009	0,002	95,7647
		100,000	98,566	85,305	71,326	61,649	50,538	41,935	35,125	27,240	15,412	5,376	3,226	0,717	
		0,000	1,434	14,695	28,674	38,351	49,462	58,065	64,875	72,760	84,588	94,624	96,774	99,283	
	R2	0,978	0,973	0,936	0,871	0,865	0,821	0,762	0,631	0,531	0,426	0,212	0,151	0,067	
		100,000	99,489	95,706	89,059	88,446	83,947	77,914	64,519	54,294	43,558	21,677	15,440	6,851	
		0,000	0,511	4,294	10,941	11,554	16,053	22,086	35,481	45,706	56,442	78,323	84,560	93,149	
	R3	0,613	0,608	0,593	0,575	0,569	0,547	0,476	0,401	0,276	0,243	0,101	0,089	0,025	
		100,000	99,184	96,737	93,801	92,822	89,233	77,651	65,416	45,024	39,641	16,476	14,519	4,078	
		0,000	0,816	3,263	6,199	7,178	10,767	22,349	34,584	54,976	60,359	83,524	85,481	95,922	
	R4	0,491	0,485	0,425	0,409	0,367	0,327	0,275	0,236	0,209	0,169	0,123	0,065	0,026	
		100,000	98,778	86,558	83,299	74,745	66,599	56,008	48,065	42,566	34,420	25,051	13,238	5,295	
		0,000	1,222	13,442	16,701	25,255	33,401	43,992	51,935	57,434	65,580	74,949	86,762	94,705	
T2	R1	0,753	0,748	0,662	0,571	0,531	0,431	0,395	0,267	0,175	0,135	0,097	0,065	0,026	98,9372
		100,000	99,336	87,915	75,830	70,518	57,238	52,457	35,458	23,240	17,928	12,882	8,632	3,453	
		0,000	0,664	12,085	24,170	29,482	42,762	47,543	64,542	76,760	82,072	87,118	91,368	96,547	
	R2	0,599	0,594	0,590	0,544	0,545	0,501	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	0,009	0,002	
		100,000	99,165	98,497	90,818	90,985	83,639	19,533	16,361	12,688	7,179	2,504	1,503	0,334	
		0,000	0,835	1,503	9,182	9,015	16,361	80,467	83,639	87,312	92,821	97,496	98,497	99,666	
	R3	0,998	0,989	0,934	0,836	0,795	0,921	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	0,009	0,002	
		100,000	99,098	93,587	83,768	79,659	92,285	11,723	9,820	7,615	4,309	1,503	0,902	0,200	

	R4	0,000	0,902	6,413	16,232	20,341	7,715	88,277	90,180	92,385	95,691	98,497	99,098	99,800	99,6330
		0,757	0,743	0,711	0,675	0,621	0,536	0,465	0,321	0,261	0,231	0,015	0,009	0,002	
		100,000	98,151	93,923	89,168	82,034	70,806	61,427	42,404	34,478	30,515	1,982	1,189	0,264	
		0,000	1,849	6,077	10,832	17,966	29,194	38,573	57,596	65,522	69,485	98,018	98,811	99,736	
T3	R1	0,442	0,438	0,423	0,403	0,369	0,365	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	0,009	0,002	
		100,000	99,095	95,701	91,176	83,575	82,579	26,471	22,172	17,195	9,729	3,394	2,036	0,452	
		0,000	0,905	4,299	8,824	16,425	17,421	73,529	77,828	82,805	90,271	96,606	97,964	99,548	
	R2	0,745	0,739	0,721	0,692	0,686	0,671	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	0,009	0,002	
		100,000	99,195	96,779	92,886	92,081	90,067	15,705	13,154	10,201	5,772	2,013	1,208	0,268	
		0,000	0,000	3,221	7,114	7,919	9,933	84,295	86,846	89,799	94,228	97,987	98,792	99,732	
	R3	0,790	0,781	0,788	0,771	0,737	0,745	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	0,009	0,002	
		100,000	98,861	99,747	97,595	93,291	94,304	14,810	12,405	9,620	5,443	1,899	1,139	0,253	
		0,000	1,139	0,253	2,405	6,709	5,696	85,190	87,595	90,380	94,557	98,101	98,861	99,747	
	R4	0,405	0,398	0,372	0,361	0,265	0,236	0,117	0,098	0,076	0,043	0,015	0,009	0,002	
		100,000	98,272	91,852	89,136	65,432	58,272	28,889	24,198	18,765	10,617	3,704	2,222	0,494	
		0,000	1,728	8,148	10,864	34,568	41,728	71,111	75,802	81,235	89,383	96,296	97,778	99,506	
T4	R1	0,805	0,785	0,738	0,621	0,521	0,362	0,321	0,268	0,211	0,175	0,102	0,065	0,031	
		100,000	97,516	91,677	77,143	64,720	44,969	39,876	33,292	26,211	21,739	12,671	8,075	3,851	
		0,000	2,484	0,276	0,272	0,271	0,264	60,124	66,708	73,789	78,261	87,329	91,925	96,149	
	R2	0,503	0,483	0,474	0,451	0,407	0,387	0,337	0,267	0,167	0,101	0,071	0,043	0,025	
		100,000	96,024	94,235	89,662	80,915	76,938	66,998	53,082	33,201	20,080	14,115	8,549	4,970	
		0,000	3,976	5,765	10,338	19,085	23,062	33,002	46,918	66,799	79,920	85,885	91,451	95,030	
	R3	0,277	0,271	0,264	0,213	0,198	0,135	0,127	0,086	0,063	0,035	0,022	0,009	0,002	
		100,000	97,834	95,307	76,895	71,480	48,736	45,848	31,047	22,744	12,635	7,942	3,249	0,722	
		0,000	2,166	4,693	23,105	28,520	51,264	54,152	68,953	77,256	87,365	92,058	96,751	99,278	
	R4	0,295	0,290	0,278	0,251	0,221	0,198	0,185	0,158	0,135	0,121	0,078	0,055	0,025	
		100,000	98,305	94,237	85,085	74,915	67,119	62,712	53,559	45,763	41,017	26,441	18,644	8,475	
		0,000	0,000	5,763	14,915	25,085	32,881	37,288	46,441	54,237	58,983	73,559	81,356	91,525	

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021



Gráfica 3-3: Biodegradabilidad de los bioplástico (Agua-T1)

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

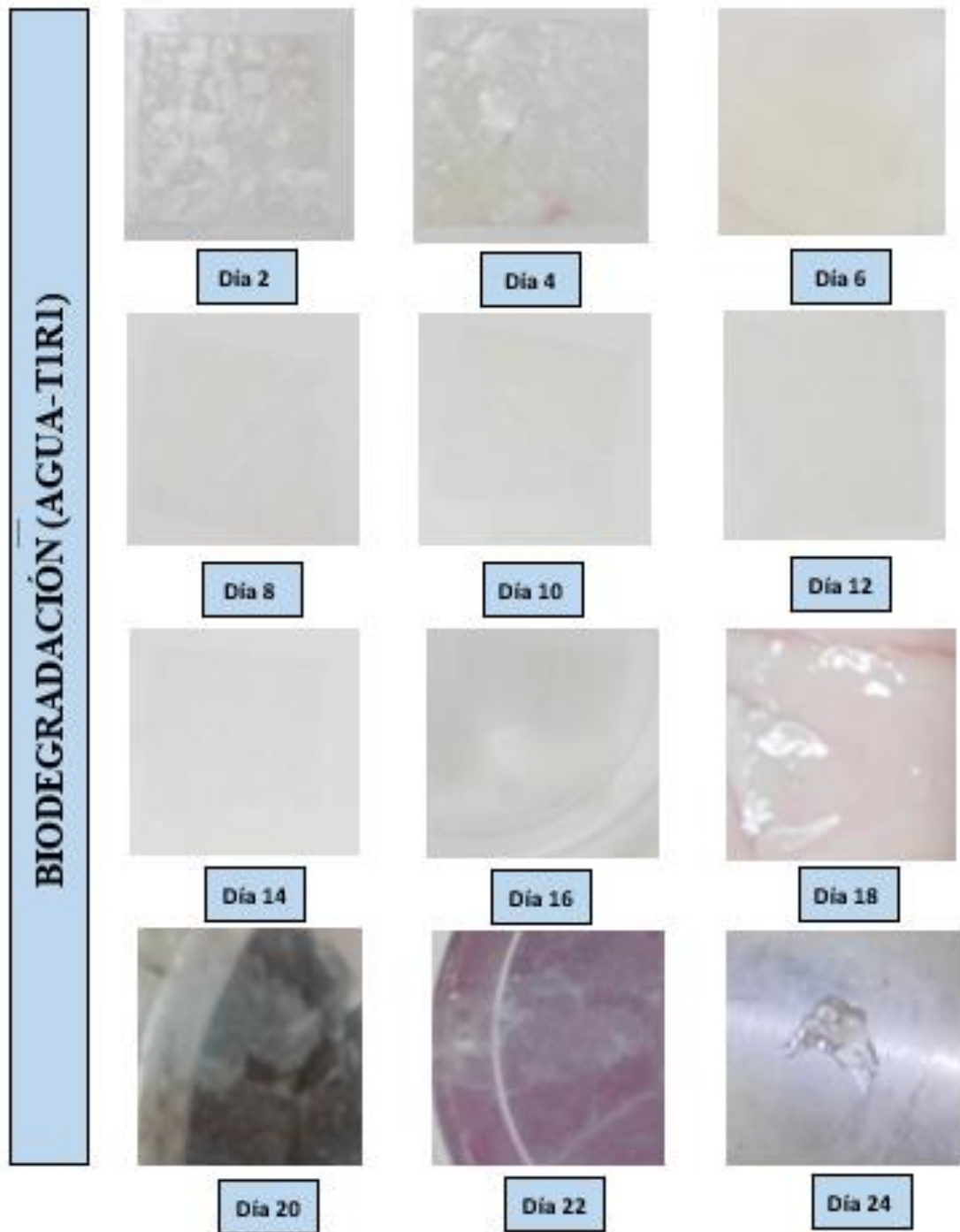


Figura 10-3: Bioplásticos expuestos a biodegradabilidad en agua

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

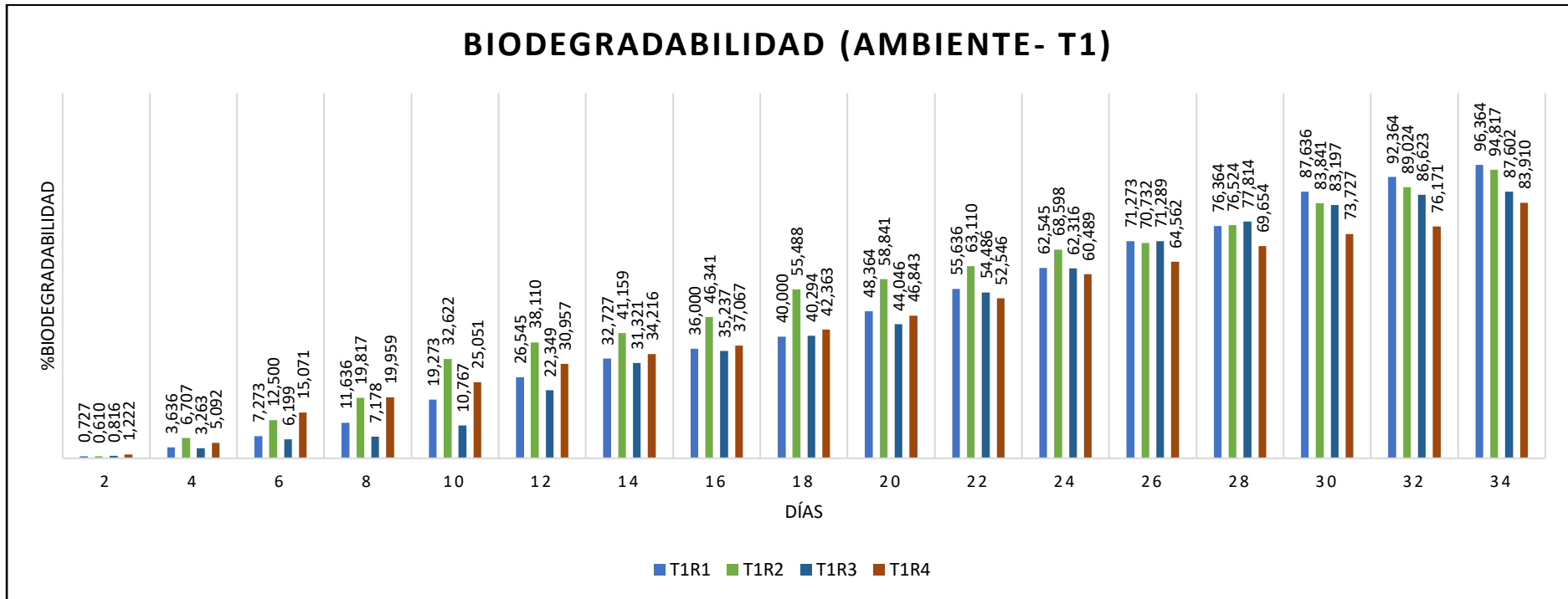
3.8.3 Biodegradabilidad en ambiente

Tabla 33-3: Resultados de biodegradabilidad al ambiente del bioplástico.

TRATAMIENTOS		Biodegradabilidad (Ambiente)																	PROMEDIO	
		DIAS																		
		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	
T1	R1	0,275	0,273	0,265	0,255	0,243	0,222	0,202	0,185	0,176	0,165	0,142	0,122	0,103	0,079	0,065	0,034	0,021	0,010	90,6733
		100,000	99,273	96,364	92,727	88,364	80,727	73,455	67,273	64,000	60,000	51,636	44,364	37,455	28,727	23,636	12,364	7,636	3,636	
		0,000	0,727	3,636	7,273	11,636	19,273	26,545	32,727	36,000	40,000	48,364	55,636	62,545	71,273	76,364	87,636	92,364	96,364	
	R2	0,328	0,326	0,306	0,287	0,263	0,221	0,203	0,193	0,176	0,146	0,135	0,121	0,103	0,096	0,077	0,053	0,036	0,017	
		100,000	99,390	93,293	87,500	80,183	67,378	61,890	58,841	53,659	44,512	41,159	36,890	31,402	29,268	23,476	16,159	10,976	5,183	
		0,000	0,610	6,707	12,500	19,817	32,622	38,110	41,159	46,341	55,488	58,841	63,110	68,598	70,732	76,524	83,841	89,024	94,817	
	R3	0,613	0,608	0,593	0,575	0,569	0,547	0,476	0,421	0,397	0,366	0,343	0,279	0,231	0,176	0,136	0,103	0,082	0,076	
		100,000	99,184	96,737	93,801	92,822	89,233	77,651	68,679	64,763	59,706	55,954	45,514	37,684	28,711	22,186	16,803	13,377	12,398	
		0,000	0,816	3,263	6,199	7,178	10,767	22,349	31,321	35,237	40,294	44,046	54,486	62,316	71,289	77,814	83,197	86,623	87,602	
	R4	0,491	0,485	0,466	0,417	0,393	0,368	0,339	0,323	0,309	0,283	0,261	0,233	0,194	0,174	0,149	0,129	0,117	0,079	
		100,000	98,778	94,908	84,929	80,041	74,949	69,043	65,784	62,933	57,637	53,157	47,454	39,511	35,438	30,346	26,273	23,829	16,090	
		0,000	1,222	5,092	15,071	19,959	25,051	30,957	34,216	37,067	42,363	46,843	52,546	60,489	64,562	69,654	73,727	76,171	83,910	
T2	R1	0,253	0,248	0,236	0,221	0,203	0,186	0,173	0,167	0,152	0,143	0,136	0,121	0,102	0,091	0,086	0,076	0,057	0,024	90,4371
		100,000	98,024	93,281	87,352	81,855	73,518	68,379	66,008	60,079	56,522	53,755	47,826	40,316	35,968	33,992	30,040	22,530	9,486	
		0,000	1,976	6,719	12,648	18,145	26,482	31,621	33,992	39,921	43,478	46,245	52,174	59,684	64,032	2,000	69,960	77,470	90,514	
	R2	0,389	0,386	0,376	0,368	0,346	0,326	0,303	0,276	0,243	0,221	0,206	0,187	0,137	0,121	0,103	0,088	0,067	0,038	
		100,000	99,229	96,658	94,602	88,946	83,805	77,892	70,951	62,468	56,812	52,956	48,072	35,219	31,105	26,478	22,622	17,224	9,640	
		0,000	0,771	3,342	5,398	11,054	16,195	22,108	29,049	37,532	43,188	47,044	51,928	64,781	68,895	73,522	77,378	82,776	90,360	
	R3	0,263	0,258	0,242	0,236	0,221	0,206	0,189	0,173	0,168	0,149	0,131	0,126	0,110	0,091	0,086	0,076	0,057	0,024	
		100,000	98,099	92,015	89,734	85,659	78,327	71,863	65,779	63,878	56,654	49,810	47,909	41,825	34,601	32,700	28,897	21,673	9,125	
		0,778	1,901	7,985	10,266	14,341	21,673	28,137	34,221	36,122	43,346	50,190	52,091	58,175	65,399	-1,794	71,103	78,327	90,875	
	R4	0,390	0,386	0,376	0,368	0,346	0,326	0,303	0,276	0,243	0,221	0,206	0,187	0,137	0,121	0,106	0,083	0,064	0,039	
		100,000	98,974	96,410	94,359	88,718	83,590	77,692	70,769	62,308	56,667	52,821	47,949	35,128	31,026	27,179	21,282	16,410	10,000	
		0,000	1,026	3,590	5,641	11,282	16,410	22,308	29,231	37,692	43,333	47,179	52,051	64,872	68,974	72,821	78,718	83,590	90,000	
T3	R1	0,287	0,285	0,266	0,227	0,218	0,203	0,186	0,171	0,154	0,136	0,106	0,096	0,081	0,076	0,061	0,046	0,032	0,026	90,1585

		100,000	99,303	92,683	79,094	75,958	70,732	64,808	59,582	53,659	47,387	36,934	33,449	28,223	26,481	21,254	16,028	11,150	9,059	97,1921
		0,000	0,697	7,317	20,906	24,042	29,268	35,192	40,418	46,341	52,613	63,066	66,551	71,777	73,519	78,746	83,972	88,850	90,941	
		0,266	0,263	0,251	0,243	0,234	0,203	0,192	0,176	0,165	0,136	0,110	0,103	0,091	0,083	0,076	0,055	0,037	0,025	
	R2	100,000	98,872	94,361	91,353	87,970	76,316	72,180	66,165	62,030	51,128	41,353	38,722	34,211	31,203	28,571	20,677	13,910	9,398	
		1,000	1,128	5,639	8,647	12,030	23,684	27,820	33,835	37,970	48,872	58,647	61,278	65,789	68,797	3,000	79,323	86,090	90,602	
		0,299	0,296	0,286	0,267	0,249	0,237	0,216	0,203	0,186	0,169	0,137	0,126	0,116	0,103	0,087	0,076	0,046	0,029	
	R3	100,000	98,997	95,652	89,298	83,278	79,264	72,241	67,893	62,207	56,522	45,819	42,140	38,796	34,448	29,097	25,418	15,385	9,797	
		0,000	1,003	4,348	10,702	16,722	20,736	27,759	32,107	37,793	43,478	54,181	57,860	61,204	65,552	70,903	74,582	84,615	90,203	
		0,387	0,385	0,366	0,327	0,318	0,303	0,286	0,271	0,254	0,236	0,206	0,166	0,145	0,136	0,118	0,087	0,067	0,043	
	R4	100,000	99,483	94,574	84,496	82,171	78,295	73,902	70,026	65,633	60,982	53,230	42,894	37,468	35,142	30,491	22,481	17,313	11,111	
		3,000	0,517	5,426	15,504	17,829	21,705	26,098	4,000	34,367	39,018	46,770	57,106	62,532	64,858	5,000	77,519	82,687	88,889	
		0,277	0,275	0,272	0,264	0,249	0,236	0,217	0,203	0,089	0,076	0,063	0,047	0,036	0,028	0,021	0,160	0,012	0,006	
T4	R1	100,000	99,278	98,195	95,307	89,892	85,199	78,339	73,285	32,130	27,437	22,744	16,968	12,996	10,108	7,581	57,762	4,332	2,166	
		0,000	0,722	1,805	4,693	10,108	14,801	21,661	26,715	67,870	72,563	77,256	83,032	87,004	89,892	92,419	42,238	95,668	97,834	
		0,313	0,311	0,298	0,286	0,265	0,251	0,221	0,203	0,189	0,173	0,154	0,133	0,102	0,076	0,059	0,039	0,021	0,017	
	R2	100,000	99,361	95,208	91,374	84,665	80,192	70,607	64,856	60,383	55,272	49,201	42,492	32,588	24,281	18,850	12,460	6,709	5,431	
		1,000	0,639	4,792	8,626	15,335	19,808	29,393	35,144	39,617	44,728	50,799	57,508	67,412	75,719	81,150	87,540	93,291	94,569	
		0,613	0,608	0,593	0,575	0,569	0,547	0,476	0,401	0,276	0,243	0,101	0,089	0,025	0,022	0,018	0,015	0,013	0,009	
	R3	100,000	99,184	96,737	93,801	92,822	89,233	77,651	65,416	45,024	39,641	16,476	14,519	4,078	3,589	2,936	2,447	2,121	1,468	
		0,000	0,816	3,263	6,199	7,178	10,767	22,349	34,584	54,976	60,359	83,524	85,481	95,922	96,411	97,064	97,553	97,879	98,532	
		0,277	0,275	0,272	0,264	0,249	0,236	0,217	0,203	0,089	0,076	0,063	0,047	0,036	0,028	0,021	0,160	0,012	0,006	
	R4	100,000	99,278	98,195	95,307	89,892	85,199	78,339	73,285	32,130	27,437	22,744	16,968	12,996	10,108	7,581	57,762	4,332	2,166	
		3,000	0,722	1,805	4,693	10,108	14,801	21,661	26,715	67,870	72,563	77,256	83,032	87,004	89,892	92,419	42,238	95,668	97,834	
		0,277	0,275	0,272	0,264	0,249	0,236	0,217	0,203	0,089	0,076	0,063	0,047	0,036	0,028	0,021	0,160	0,012	0,006	

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021



Gráfica 4-3: Biodegradabilidad de los bioplásticos (Ambiente- T1)

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

Según (European Bioplastics. 2018) El estándar contiene un umbral obligatorio de al menos el 90 por ciento de biodegradación que debe alcanzarse en menos de 6 meses.

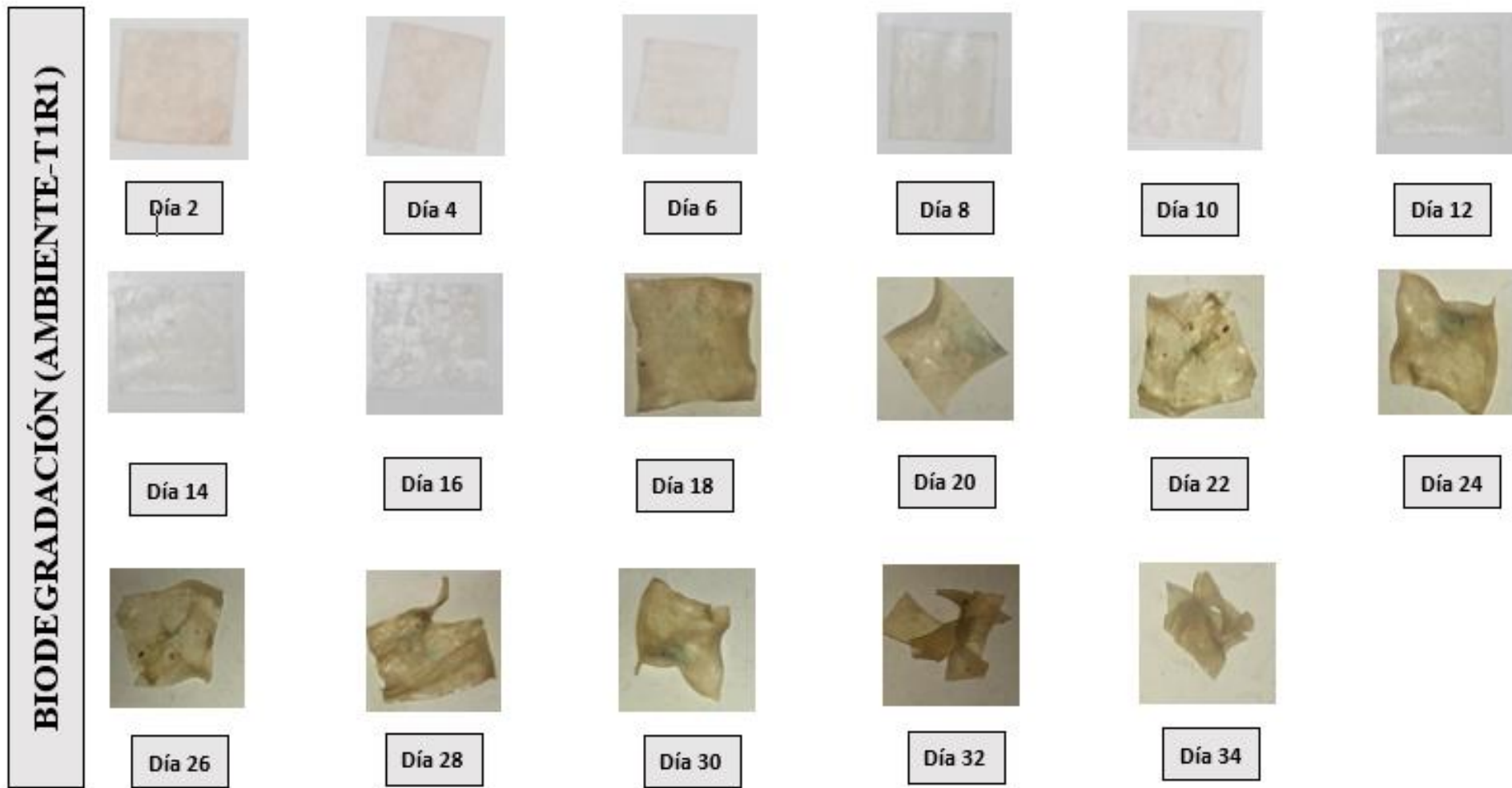


Figura 11-3: Bioplásticos expuestos a biodegradabilidad en ambiente

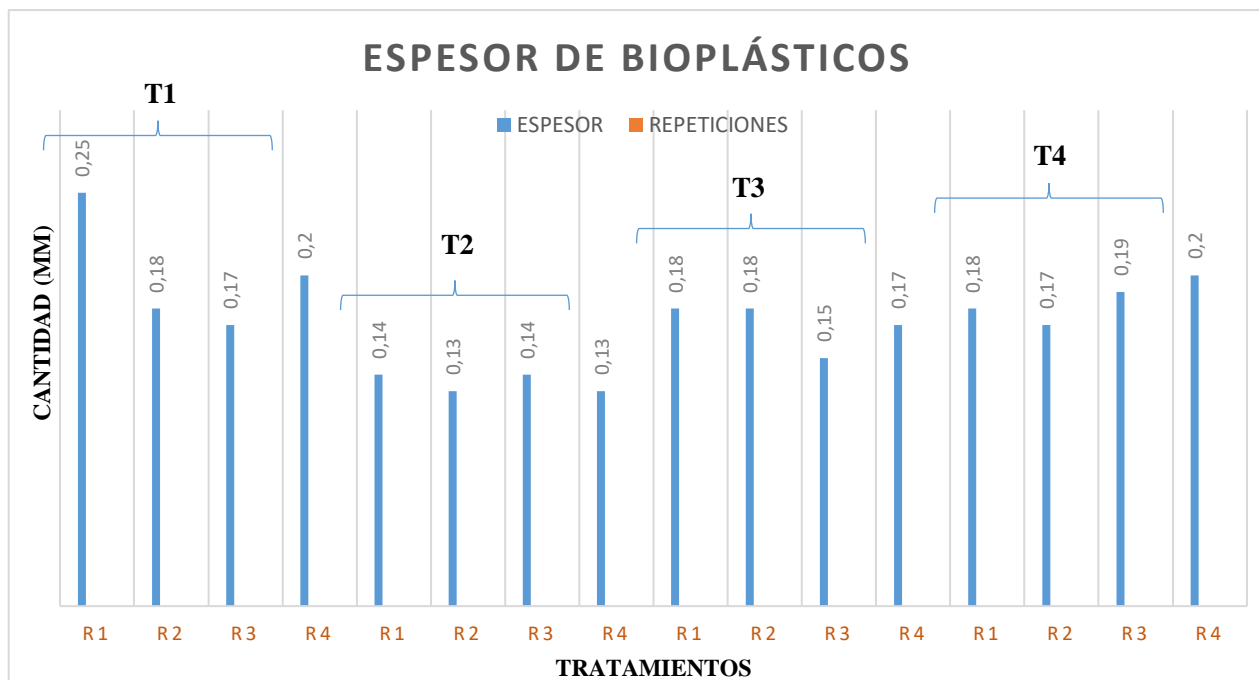
Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.9 Discusión

Las biopelículas elaboradas a partir del mucílago del cactus de *opuntia ficus indica*, se realizó un muestreo para la selección de materia prima, ésta tenía que estar libre de: impurezas, prácticamente exentos de daños causados por plagas o podredumbre, que puedan contaminar el mucílago obtenido posteriormente. Las pencas de dicho cactus fueron adquiridas en el sector de Tierra Nueva, en la ciudad de Riobamba (Sáenz. 2004), menciona que la presencia del mucílago aumenta en condiciones de sequía, esto se atribuye a la propiedad de protección de la misma planta, ya que en esas épocas se obtiene un mucílago más viscoso, por lo tanto, aumenta la cantidad que se va a extraer, (Pinales Quero et al. 2017. p.81) señala en general que la cosecha debe ser en las primeras horas de la mañana, ya que estos presentan mayor contenido de acidez, que ayudan a la elaboración de las biopelículas. A través del diseño factorial 2^k se elaboró 4 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente, obteniendo así el mayor rendimiento de mucílago del cactus *opuntia ficus indica* en T3-RPM1-t3 con 38.40% siendo mayor al rendimiento de 20.90% obtenido por (Hena. 2017. p.18) en su investigación.

El contenido de amilosa y amilopectina de *opuntia ficus indica* fue de 27.10% y 72.90%, que es similar al obtenido por (Agurto Miranda y Ticona Llanqui. 2019. p.75), donde indica un contenido de amilosa en 25.32 y 74.68% de amilopectina en el mucílago, podemos decir que los datos alcanzado en esta investigación son mayores y equivalente a los que consiguió (Orozco Silvas. 2017. p.68) con un 25.10% de amilosa y 74.90% de amilopectina.

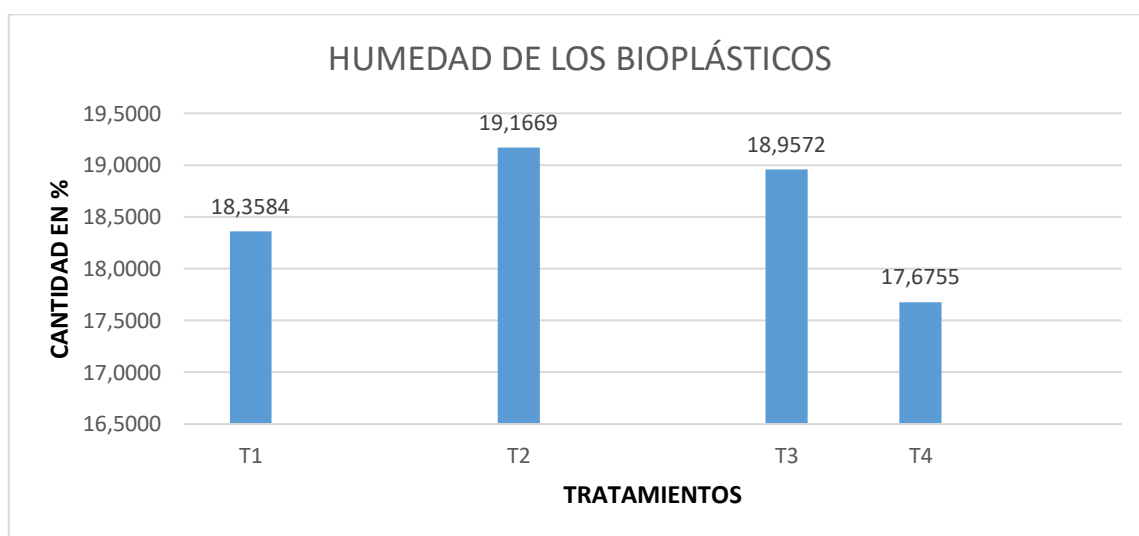
Mediante el análisis sensorial se pudo comprobar que a concentraciones de mucílago (73.53 % y 74.01%), grenetina (11.76% y 12.01%) se forman biopelículas del mucílago del *opuntia ficus indica*, para esto fueron seleccionados los mejores tratamientos que cumplan con el análisis físico químico, para este caso fueron T2R3, T2R4 y T3R1, T3R2. Para el espesor, según la norma NTE INEN 2643:2012 (Especificaciones para plásticos compostables), establece que las biopelículas deben tener un máximo de 0,2 mm. comprobando de tal forma que los T1R2, T1R3, T2R1, T2R2, T2R3, T3R1, T3R2, T3R3 T4R1, T4R2, T4R3 detallados en la tabla 25-3 cumplen con el espesor para ser empleadas como láminas plásticas compostables, se puede apreciar en la gráfica 5-3 el espesor de las biopelículas obtenidas del mucílago del *opuntia ficus indica*.



Gráfica 5-3: Espesor de los bioplásticos de mucílago

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

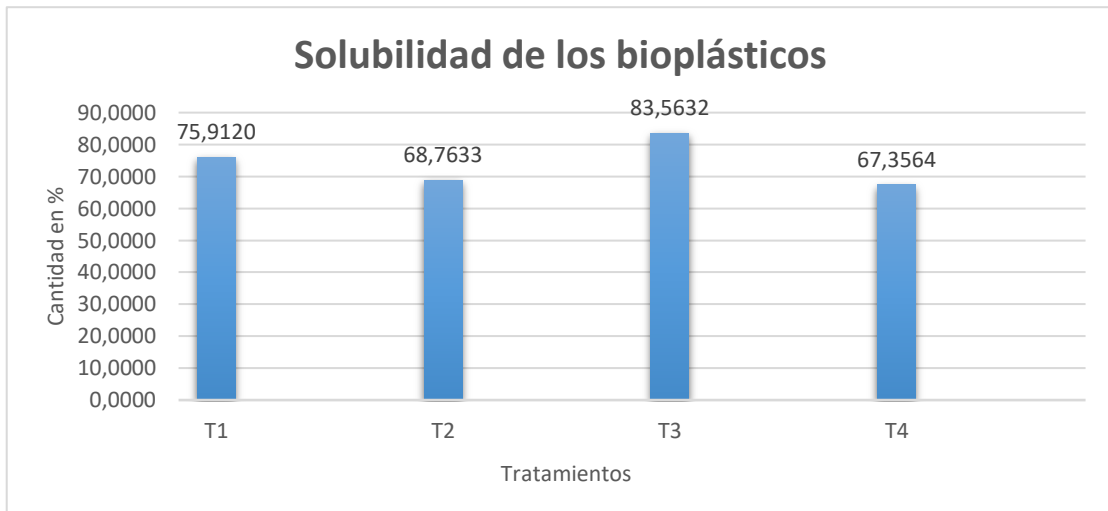
El mayor porcentaje de humedad tiene **T2; T3 (19.1669%, 18.9572%)**. Esto se debe a la presencia de agua existente en los cladodios, de igual manera también a la grenetina, ya que aumenta la hidrofilia de las biopelículas y por ende las hidrata de manera fácil y rápida, como se observa en el tratamiento 2 y 3 de las biopelículas. Escobar (2011. p.33-35) menciona en su investigación que las láminas biodegradables deben estar en un rango de humedad entre 19,3 a 22,1 % primordial para evitar la flora bacteriana en los bioplásticos.



Gráfica 6-3: Húmedad de los bioplásticos

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

Para ser una alternativa como envoltura en alimentos, la solubilidad es una propiedad importante para los bioplásticos, se requiere de buena insolubilidad en agua para mejorar la integridad del producto y resistencia al agua, López, Jiménez y Delgado (2016, p 8) establecen en su investigación que porcentajes menores del 75 % son utilizados en empaques de alimentos, porcentajes mayores son utilizados como portador de compuestos bioactivos o envasado de productos , siendo así descartados T1 y T3 ya que tienen un porcentaje de solubilidad del 75.9120(%) y 83.5632(%) respectivamente, como se puede observar en la figura 5-3.



Gráfica 7 3: Solubilidad del bioplástico

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

El factor más importante que afectan la permeabilidad al vapor de agua es el uso de plastificantes, porque cuanto mayor es el contenido de plastificantes, mayor es la permeabilidad. Esto se debe a que su presencia reducirá la fuerza intermolecular en la cadena del polímero, proporcionando así una mayor movilidad molecular, aumentando así su movilidad y la permeabilidad al agua. Del mismo modo, los plastificantes aumentan el volumen libre, por lo que las moléculas de agua tienen más espacio para migrar. Además, los plastificantes hidrófilos (como la glicerina) son compatibles con el material polimérico que forma la película y aumentan las moléculas polares (como el agua), aumentando así su permeabilidad (Joaqui y Villada. 2013. p.68).

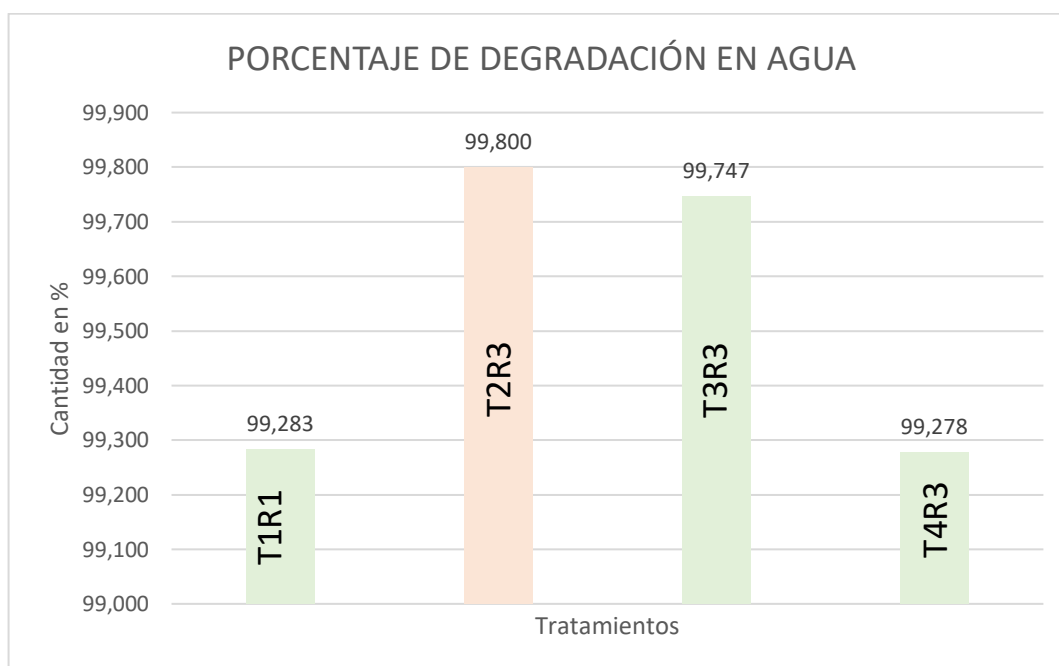
El cambio en el valor de permeabilidad se debe a las diferentes concentraciones de plastificante vs mucílago en cada biopelícula y el tiempo de almacenamiento. Como se puede observar en la tabla 28-3. La permeabilidad de vapor reportada en las biopelículas obtenidas de mucílago en las 6 horas expuestas fue de (0.002827612 g/h.m.MPa para TP1; 0.001653101 g/h.m.MPa para TP2) y (0.000393295 g/h.m.MPa para TP3 ; 0.00049716p g/h.m.MPa para TP4) respectivamente, estos valores son menores con los resultados de permeabilidad reportado en la investigación de González (2011, p.134) (77.969 a 84.563 g/h.m.MPa) al cabo de 12 horas y cercanos a los que obtiene (Espino-Díaz et al. 2010), con (109,94 a 130,45 g/h.m.MPa) respectivamente. Por tanto,

es un bioplástico con baja permeabilidad al vapor de agua, lo que facilita su exposición como envoltura alimentaria.

La norma europea EN 13432 estipula que los materiales biodegradables deben desintegrarse un 90% de su peso inicial, en un lapso máximo de seis meses o deben romperse en pedazos pequeños después de 12 semanas. En esta investigación, se puede observar en la Tabla (30-3 ;31-3 ;32-3) que a partir del día 6, los bioplásticos comienzan a perder peso debido a su descomposición de una manera visible, hasta descomponerse más del 90% del peso inicial.

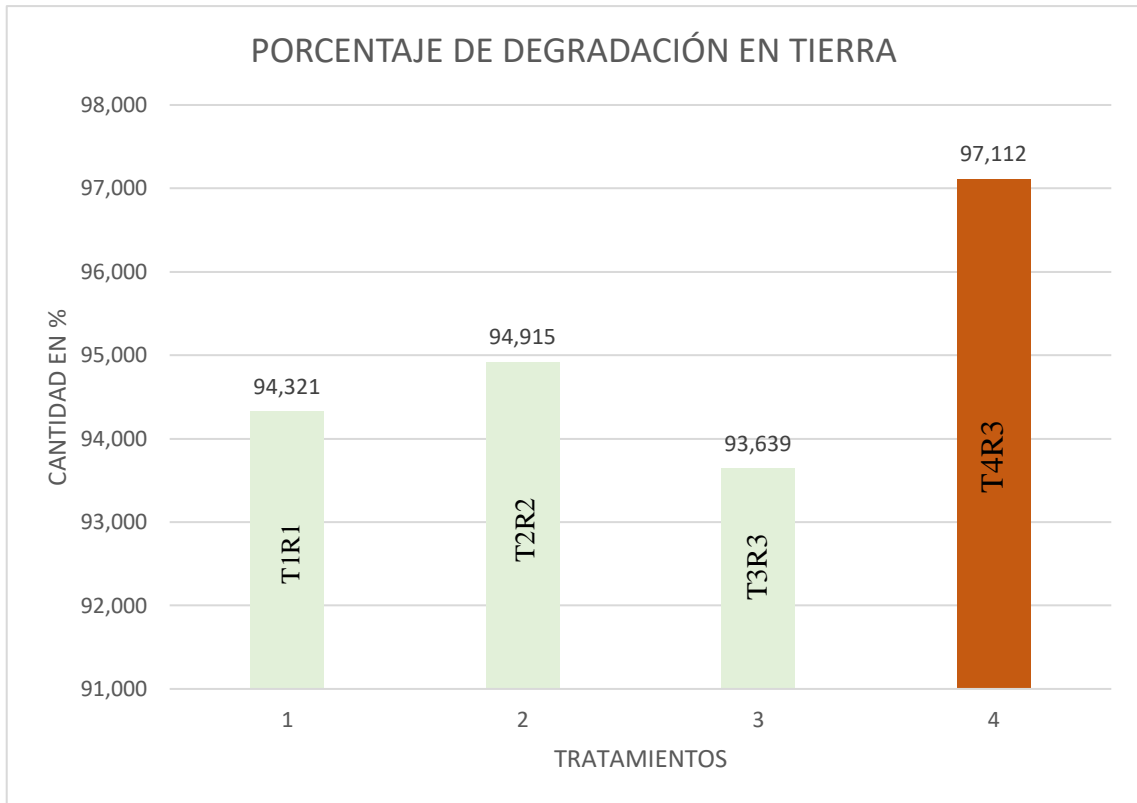
En la gráfica 8-3 se puede apreciar el tratamiento que más se degradó en base a los pesos iniciales fue el T2R3, alcanzando un 99.800 % de degradación en agua y se encuentra bajo los porcentajes obtenidos por Bustamante Oyague (2015, p. 73-75) el cual obtuvo valores del (97.30-99,95% al cabo de 21 días), por ende el bioplástico de *opuntia ficus indica* se descompondrá al cabo de entre 20-24 días en ambiente acuoso, ya que dependerá del peso que posea cada lamina a descomponer. De la misma manera en la gráfica 9-3 la degradación en tierra de los bioplásticos alcanzó una degradación final de 97.112% en el tratamiento T4R3 alcanzando una biodegradación total, estos datos se encuentran bajos los porcentajes de Pascoe-Ortiz (2019) en consideración con su tema de investigación , en el que se obtuvo valores de (92.75-99.90% al cabo de 45 días), por ende el bioplástico del mucilago en tierra se degrada en 20 días.

Finalmente, en la gráfica 10-3 se observa la biodegradación en ambiente, siendo el tratamiento T4R3, el que se ha degradado en su totalidad alcanzando una descomposición en un 98.532% de su peso inicial, Charro (2015, p 55) en su investigación se encuentra los valores (95.23- 98.60% al cabo de 45 días), es así que en esta investigación , se degradan entre (30-34 días) al ambiente.



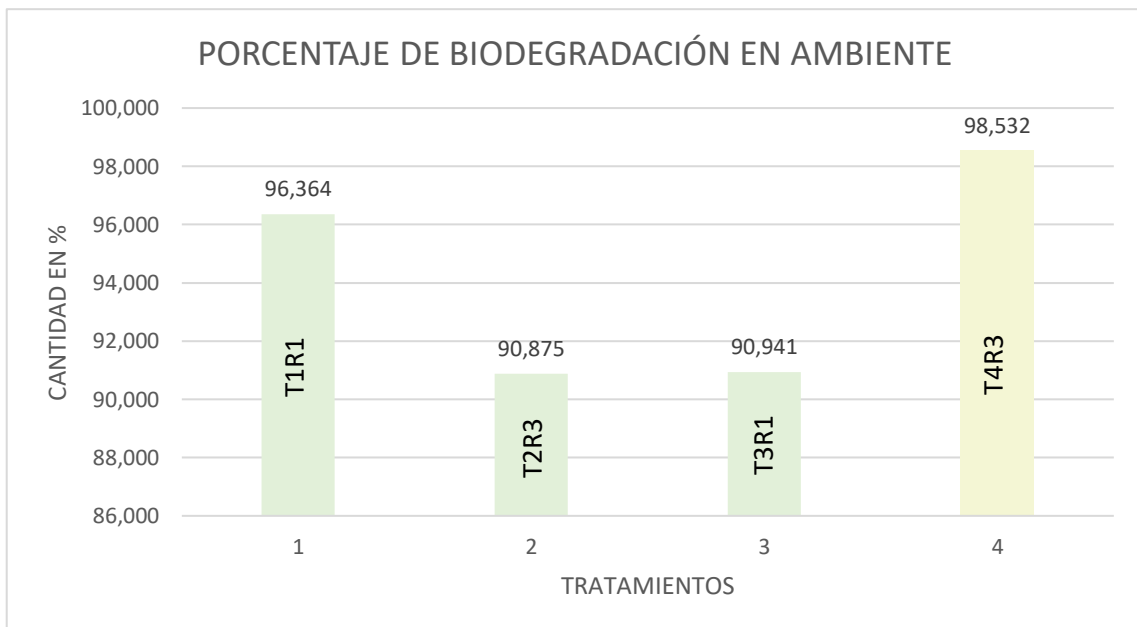
Gráfica 8-3: Porcentaje de degradación final de los bioplásticos en agua

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021



Gráfica 9-3: Porcentaje de degradación final de los bioplásticos en agua

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021



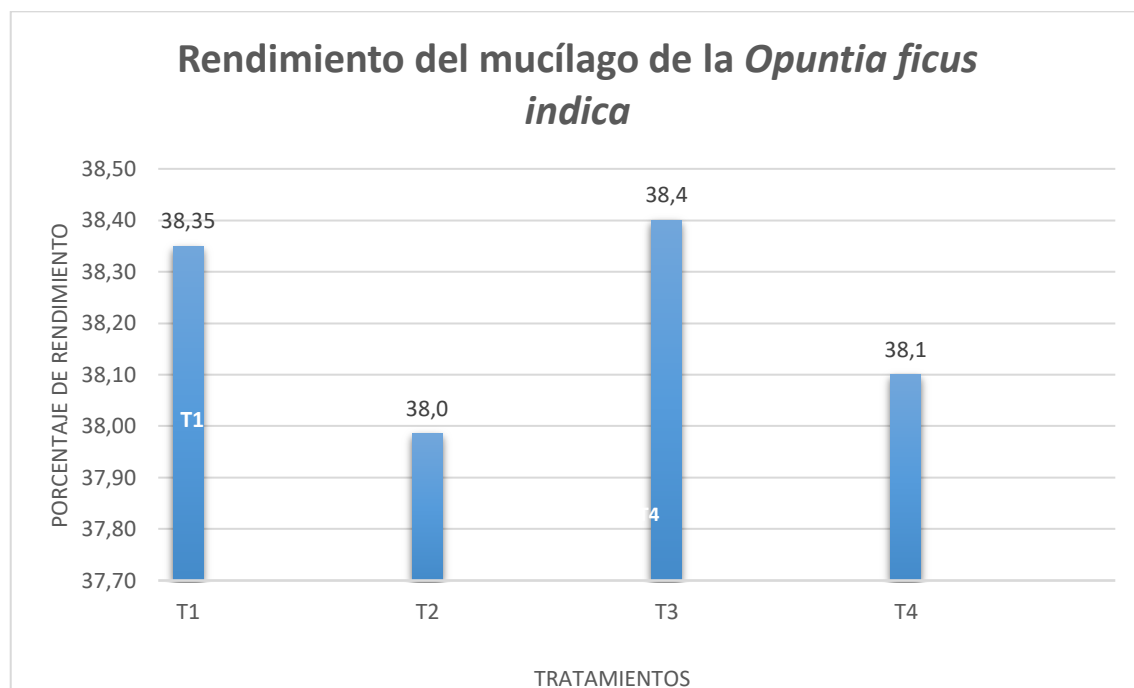
Gráfica 10-3: Porcentaje de degradación final de los bioplásticos en ambiente.

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.10 Prueba de hipótesis

3.10.1 Hipótesis 1

Mediante vía húmeda se pudo extraer el mucílago de cactus *Opuntia ficus indica*, como se puede observar en la gráfica 11-3 el mayor rendimiento de mucílago de *Opuntia* se obtuvo en **T3-RPM1:2**, con un rendimiento del 38.40% sin embargo, como se muestra en la tabla 11-3. Mediante un análisis ANOVA se observó que no existe diferencia significativa entre los tratamientos.



Gráfica 11-3: Rendimiento del mucílago de *Opuntia ficus indica*

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

3.10.2 Hipótesis 2

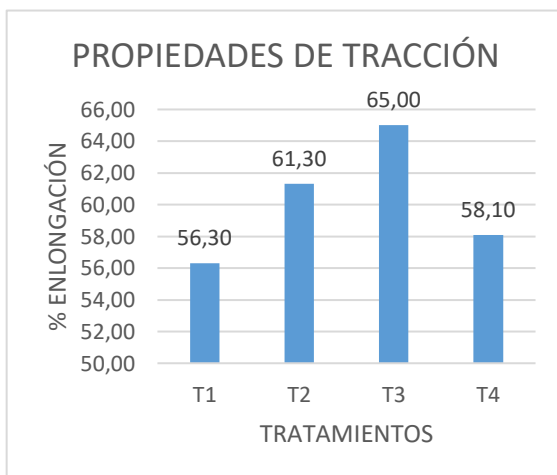
Luego de determinar el mejor método para la extracción del mucílago se procedió a realizar las diferentes pruebas de calidad establecidas en las normas NMX-F-089-S-1978; INEN 0401, INEN 1456; NMX-F-089-S-1978, se realizaron ensayos de ceniza, Ph, fibra, grasa, mostrados en las **Tablas 16-3 ;17-3 ;18-3 ;19-3 ;20-3** , pruebas que se realizaron en el laboratorio de bromatología obteniendo resultados favorables ya que todos los análisis están dentro de los parámetros establecidos según las normas aplicadas.

3.10.3 Hipótesis 3

En la elaboración de bioplástico a partir mucilago de *opuntia ficus indica*, se utilizó el diseño factorial 2K, se llevó a cabo variando la concentración del mucílago (50ml y 55ml) respectivamente y la concentración de la grenetina (8g y 10g), además se consideran constantes la cantidad del glicerina (5ml) y el vinagre (ml), se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones las cuales presentaron diferentes características entre ellos el espesor, en la Tabla 26-3 y se observan que las muestras T1 (0.2mm), T2 (0.135mm), T3 (0.17mm) y T4 (0.185 mm), en cuanto a la textura pegajosa al tacto se evidencia en la muestra T4 , debido a la excesiva cantidad de glicerina.

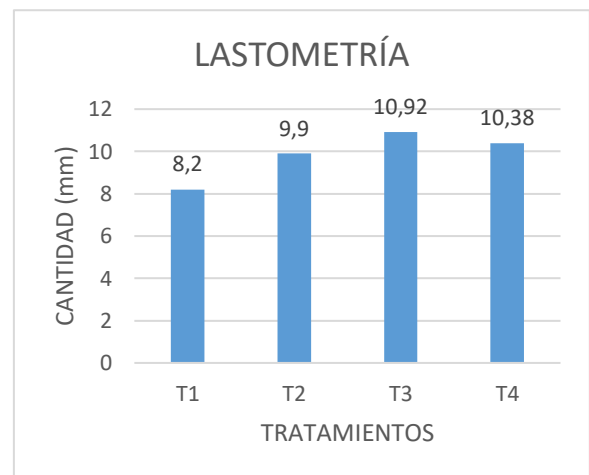
3.10.4 Hipótesis 4

La biodegradación de los bioplásticos de mucílago de *opuntia ficus-indica*, se realizó en tres medios diferentes, en agua tiene un tiempo de degradación de 24 días, en tierra tuvo una degradación de 20 días y finalmente al ambiente tuvo una degradación de 34 días, comparando el tiempo de degradación de un plástico convencional, con el de esta investigación, es más rentable para ayudar a disminuir la contaminación del medio ambiente. Con respecto a las pruebas de atracción, la que presento mejores características fue la del T3 con 65% de elongación en comparación a los otros tratamientos y una lastometría de 10.92mm



Gráfica 12-3: Propiedades de tracción

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021



Gráfica 13-3: Prueba de lastometría.

Realizado por: Pazmiño, Katherine 2021

CONCLUSIONES

- El mucílago de *opuntia ficus indica* posee 90.23% de humedad, en cuanto a ceniza contiene 0,30%, el mucílago contiene un alto contenido de polisacáridos, incluida la L-arabinosa D-galactosa, L-ribosa, D-xilosa y ácido galacturónico.
- Mediante un diseño factorial 2^k se establecieron concentraciones de mucílago (73.53% y 74.01%) y grenetina (11.76% y 12.01%) para la obtención del bioplásticos óptimo.
- Mediante una extracción por vía húmeda se obtuvo mucílago de *opuntia ficus indica*, con un rendimiento de 38.400 %, y un porcentaje de amilosa de 27.10%.
- Se realizó la caracterización fisicoquímica mucílago de *opuntia ficus indica*, donde se obtuvieron valores de humedad promedio (18.5395%), ceniza (1.558%), temperatura de gelatinización (70°C) y pH (5,26), para la solubilidad (73.90%).
- Se efectuó la biodegradación de los bioplásticos, alcanzando una descomposición de 90,85% en tierra durante 20 días en el T1, en agua se tuvo una descomposición del 99,63% en el T3 a lo largo de 24 días, finalmente la biodegradación en ambiente tuvo una degradación a lo largo de 34 días, con un porcentaje de descomposición del 90,6733% en el T1.
- Los ensayos de tracción descrito en la norma INEN 2635 (Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas) fueron ensayados sobre el , T3 del mucilago ya que presento mejores propiedades físico-química y sensoriales para ser reemplazados como envoltura en alimentos, con un porcentaje de elongación del 65% , carga máxima de 5.30 N, mientras que el T1 y T4 tiene una elongación de (56.30% y 58.10), una carga máxima de (5.30N),y un esfuerzo máximo de (2.04 y 2.00 MPa) de esfuerzo máximo (0,56MPa; 2,59MPa).

RECOMENDACIONES

- Se recomienda para este tipo de investigación, utilizar pencas del *opuntia ficus indica*, que tengan entre 1 y 2 años de edad, ya que estas poseen gran cantidad de mucílago y las mejores características para obtener de manera eficiente bioplásticos óptimos para el recubrimiento de alimentos.
- Para posteriores trabajos sobre elaboración de bioplásticos se recomienda realizar nuevos experimentos en donde se pueda emplear un almidón de cualquier tubérculo, en diferentes concentraciones y diferentes variables, para obtener bioplásticos con una calidad excepcional.
- Se recomienda tener mucho cuidado con la temperatura, al momento de elaborar los bioplásticos, para que es muy susceptible a la oxidación, por ende, se aconseja, guardar el mucílago obtenido en un ambiente frío o en refrigeración.
- Durante la mezcla de los aditivos se recomienda una agitación constante para permitir homogenizar de manera eficiente y evitar que se formen grumos en las láminas de bioplásticos.
- Al momento de colocar la mezcla en los moldes se recomienda dejar enfriar al menos 2 minutos, para evitar burbujas que puede interferir posteriormente en las pruebas mecánicas del bioplástico.

BIBLIOGRAFÍA

AGURTO, N. y TICONA, E., 2019. Estudio de las concentraciones de mucilago de nopal (opuntia ficus-indica) para elaboración de biopolímeros degradables. *Universidad Peruana Unión* [en línea]. S.l.: Universidad Peruana Unión. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/2454>.

AIMONE, G., 2018. El Plástico en el Mar – Revista de Marina. [en línea]. [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: <https://revistamarina.cl/escenarios-de-actualidad/el-plastico-en-el-mar/>.

ALPALA GUERRERO, D.S., 2016. “Obtención de harina utilizando la hoja de nopal de castilla (opuntia ficus-indica) y su aplicación en repostería , Riobamba 2015”. [en línea]. Riobamba: [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11362/1/84T00513.pdf>.

ASHTER, S.A., 2016. Introduction to Bioplastics Engineering | ScienceDirect. [en línea]. 1. S.l.: s.n., pp. 19-30. [Consulta: 5 diciembre 2020]. ISBN 978-0-323-39396-6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/book/9780323393966/introduction-to-bioplastics-engineering?via=ihub=>.

BRENER, E. y DICONSA, S.A., 1978. NMX-F-090-S-1978. [en línea]. S.l.: [Consulta: 9 marzo 2021]. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-090-S-1978.PDF>.

BRITO, H., 2000. Texto Básico de Operaciones Unitarias I. *ResearchGate* [en línea], vol. 1, no. June 2000, pp. 33. [Consulta: 20 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673724_Texto_Basico_de_Operaciones_Unitarias_I.

BRITO, H., 2020. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 981-994. [Consulta: 20 septiembre 2021]. ISSN 2477-8818. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza.

BRITO, H., 2021. Synthesis of a biodegradable polymer based on cassava (Manihot Esculenta Crantz). *ResearchGate* [en línea]. [Consulta: 20 septiembre 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/349214716_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_manihot_esculenta_crantz_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_Manihot_Esculenta_Crantz_Synthesis_of_a_biodegradable_polymer_b.

BUSTAMANTE OYAGUE, B., 2015. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO FACULTAD DE INGENIERIA PESQUERA Y DE ALIMENTOS. *Universidad Nacional del Callao* [en línea]. S.l.: [Consulta: 13 marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/1104>.

CASTRO, J., 2009. Gerencia Regional Agraria La Libertad. (Opuntia ficus indica). *DOCPLAYER* [en línea]. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: <https://docplayer.es/2153108-Gerencia-regional-agraria-la-libertad-opuntia-ficus-indica.html>.

CHARRO, M., 2015. OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE

ALMIDÓN DE PATATA. S.l.: s.n.

DE LA ROSA HERNANDEZ, J. & SANTANA AMARO, D., 1998. *El nopal: usos, manejo agronomico y costos de produccion en Mexico* [en línea]. 1998. S.l.: Saltillo (Mexico) CONAZA/UACH/CIESTAAM. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2015023983>.

ECOEMBES, 2009. Proyecto de Análisis de Bioplásticos. [en línea]. España: [Consulta: 21 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplasticos_-_resumen_ejecutivo.pdf.

EL COMERCIO, 2020. Consumo de plástico de un solo uso aumenta en la pandemia. [en línea]. [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: <https://www.elcomercio.com/tendencias/consumo-plastico-aumenta-pandemia-quito.html>.

ESCOBAR, D., 2011. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Innotec* [en línea], no. 4, pp. 33-36. [Consulta: 12 marzo 2021]. ISSN 1688-3691. Disponible en: <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC/article/view/51>.

ESPINO-DÍAZ, M., 2010. Development and characterization of edible films based on mucilage of *Opuntia ficus-indica* (L.). *Journal of Food Science*, vol. 75, no. 6, pp. 252-263. ISSN 00221147. DOI 10.1111/j.1750-3841.2010.01661.x.

EUROPEAN BIOPLASTICS, 2018. BACK GROUND - APR 2015. Position of European Bioplastics [en línea], pp. 2. [Consulta: 10 marzo 2021]. ISSN 09633308. Disponible en: https://docs.european-bioplastics.org/publications/bp/EUBP_BP_En_13432.pdf.

FAO, 2016. *Opuntia ficus-indica. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe / Red Latinoamericana de Cooperación Técnica en Sistemas Agroforestales* [en línea]. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/redes/sisag/arboles/Per-o-fi.htm.

GARCIA, N., 2019. OPTIMIZACIÓN DE LA EXTRACCIÓN ACUOSA Y SECADO DEL BIOPOLÍMERO DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*). [en línea], no. April 2017. [Consulta: 9 marzo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333489693_OPTIMIZACION_DE_LA_EXTRACCION_ACUOSA_Y_SECADO_DEL_BIOPOLIMERO_DE_NOPAL_Opuntia_ficus-indica.

GEYER, R., JAMBECK, J.R. & LAW, K.L., 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances* [en línea], vol. 3, no. 7, pp. e1700782. [Consulta: 19 noviembre 2020]. ISSN 23752548. DOI 10.1126/sciadv.1700782. Disponible en: <http://advances.sciencemag.org/>.

GONZÁLEZ, L., 2011. Desarrollo y evaluación de una película comestible obtenida del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) utilizada para reducir la tasa de respiración de nopal verdura. *Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos*,

GUIOTTO, E., TOMÁS, M. & NOLASCO, S., 2014. APLICACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE CHÍA (*Salvia hispanica* L.) Y GIRASOL (*Helianthus annuus* L.) EN ALIMENTOS. [en línea]. S.l.: [Consulta: 21 noviembre 2020]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/34268/Documento_completo.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

HENAO, Y., 2017. Evaluación del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*) como agente estabilizante en néctar de maracuyá (*Passiflora edulis*). [en línea], pp. 1-84. [Consulta: 21 noviembre 2020]. Disponible en: https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_alimentos.

HERNÁNDEZ-MEDINA, M., 2008. Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e Tecnología de Alimentos*, vol. 28, no. 3, pp. 718-726. ISSN 0101-2061. DOI 10.1590/s0101-20612008000300031.

INEN 2043, 2013. Norma técnica ecuatoriana nte inen 2043:2013. [en línea]. [Consulta: 20 febrero 2021]. Disponible en: <https://181.112.149.204/buzon/normas/2043-1.pdf>.

INSST, 2018. Documentación Toxicológica Para La VI Actualización Del Límite De Exposición Profesional Del Ácido Acético. , pp. 1-10.

JIMÉNEZ FERNÁNDEZ, E.E., 2014. «OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE LA CÁSCARA DE LA TUNA (*Opuntia ficus-indica*) A PARTIR DE DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN». [en línea]. Santiago, Chile: [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/130028/Obtencion-del-mucilago-de-la-cascara-de-la-tuna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

JOAQUI, D. y VILLADA, H., 2013. PROPIEDADES ÓPTICAS Y PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA EN PELÍCULAS PRODUCIDAS A PARTIR DE ALMIDÓN OPTICAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial Edición Especial* [en línea], vol. 2, no. 2, pp. 165-173. [Consulta: 12 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa19.pdf>.

KJELDAHL, A., KJELDAHL, M. & ERLNMEYER, M., 1980. Norma Técnica DETERMINACIÓN DE LA PROTEINA CRUDA. , pp. 6-13.

KNISHINSKY, R., 2010. Usos Medicos Del Nopal. [en línea]. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <https://blackwells.co.uk/bookshop/product/Usos-medicos-del-nopal-by-Knishinsky-Ran/9781594778315>.

KNOTHE, G., KRAHL, J. & GERPEN, J., 2010. *The Biodiesel Handbook* [en línea]. 2nd Editio. S.l.: 1 de mayo de 2010. [Consulta: 5 diciembre 2020]. ISBN 9780983507260. Disponible en: <https://www.elsevier.com/books/the-biodiesel-handbook/knothe/978-1-893997-62-2>.

LEÓN-MARTÍNEZ, F.M., 2011. Effects of drying conditions on the rheological properties of reconstituted mucilage solutions (*Opuntia ficus-indica*). *Carbohydrate Polymers*, vol. 84, no. 1, pp. 439-445. ISSN 01448617. DOI 10.1016/j.carbpol.2010.12.004.

LOAYZA, D.G. & CHÁVEZ, J., 2007. ESTUDIO BROMATOLÓGICO DEL CLADODIO DEL NOPAL (*Opuntia ficus-indica*) PARA EL CONSUMO HUMANO. *Revista de la Sociedad Química del Perú* [en línea], vol. 73, no. 1, pp. 41-45. [Consulta: 5 diciembre 2020]. ISSN 1810-634X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2007000100005.

LÓPEZ, F., JIMÉNEZ, C. & DELGADO, R., 2016. Caracterización de una película biopolimérica formulada con mucílago de nopal (*Opuntia joconostle*). [en línea]. S.l.: [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: www.riiit.com.mx.

MANJARRES, D., 2015. UTILIZACIÓN DEL MUCILAGO DE NOPAL OPUNTIA FICUS PARA LA PURIFICACIÓN DEL AGUA DESTINADO AL CONSUMO DE ANIMALES DEL BARRIO EL VERGEL. [en línea]. [Consulta: 5 diciembre 2020]. Disponible en: <http://diananabel.blogspot.com/2015/07/utilizacion-del-mucilago-de-nopal.html>.

MCGARVIE, D. & PAROLIS, H., 1981. Methylation analysis of the mucilage of *Opuntia ficus-indica*. *Carbohydrate Research*, vol. 88, no. 2, pp. 305-314. ISSN 00086215. DOI 10.1016/S0008-6215(00)85543-3.

MORENO BUSTILLOS, A., 2017. Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente. *Ra Ximhai*, pp. 365-382. ISSN 1665-0441. DOI 10.35197/rx.13.03.2017.21.am.

MOUNIR, A., 2020. Physico-chemical changes in cladodes of *Opuntia ficus-indica* as a function of the growth stage and harvesting areas. *Journal of Plant Physiology*, vol. 251, pp. 153196. ISSN 01761617. DOI 10.1016/j.jplph.2020.153196.

NMX-F-083-S-1986, 1986. NMX-F-083-1986. ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS. FOODS. MOISTURE IN FOOD PRODUCTS DETERMINATION. NORMAS MEXICANAS. DIRECCIÓN GENERAL DE NORMAS. [en línea]. México: [Consulta: 1 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.colpos.mx/bancodenormas/nmexicanas/NMX-F-083-1986.PDF>.

NMX-F-089-S-1978, 1978. NMX-F-089-S-1978. . S.l.:

NTE INEN 0401, 2020. NTE INEN 0401: Conservas vegetales. Determinación de cenizas. [en línea]. [Consulta: 30 enero 2021]. Disponible en: <https://archive.org/stream/ec.nte.0401.1979>.

OCHOA, J., 2006. BIOPLÁSTICOS. [en línea]. [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257652567_BIOPLASTICOS.

OROZCO SILVAS, E., 2017. *Elaboración y caracterización de películas de mucílago de nopal-pectina: efecto de la concentración del mucílago de nopal en las propiedades fisicoquímicas y mecánicas* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67766/Tesis%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

OSTOLAZA, C., 2011. *101 cactus del Perú* [en línea]. S.l.: MINAM. [Consulta: 20 noviembre 2020]. ISBN 978-612-45818-5-4. Disponible en: <http://repositoriodigital.minam.gob.pe/xmlui/handle/123456789/335>.

PASCOE-ORTIZ, S., 2019a. Identificación de propiedades presentes en jugo de *Opuntia megacantha* Salm-Dyck importantes para la producción de biopolímeros. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, vol. 22. ISSN 1405-888X. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2019.0.197.

PASCOE-ORTIZ, S., 2019b. Identificación de propiedades presentes en jugo de *Opuntia megacantha* Salm-Dyck importantes para la producción de biopolímeros. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas* [en línea], vol. 22. [Consulta: 20 noviembre 2020]. ISSN 1405-888X. DOI 10.22201/fesz.23958723e.2019.0.197. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405888X2019000100128&lng=es&nrm=iso&tIng=es.

PASCOE ORTIZ, S., & VARELA ECHAVARRÍA, J.M., 2013. FORMULACIÓN DE UNA PELÍCULA PLÁSTICA NATURAL UTILIZANDO NOPAL VERDURA spp. *ResearchGate* [en línea]. [Consulta: 20 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/331414253_FORMULACION_DE_UNA_PELICULA_PLASTICA_NATURAL_UTILIZANDO_NOPAL_VERDURA_spp.

PILLIGUA, F., 2017. *Extracción de la pectina del nopal (Opuntia Ficus Indica) y su aplicación en un dulce de cacao* [en línea]. GUAYAQUIL: UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS. [Consulta: 21 noviembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/21901>.

PINALES QUERO, I., & RODRÍGUEZ HERRERA, R., 2017. *Ecosistemas y recursos agropecuarios* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 11 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=358643620008>.

PLASTIVIDA, 2009. Plásticos Biodegradables, ¿qué son? y su relación con los RSU E. *Boletín Técnico Informativo N° 25* [en línea]. S.l.: [Consulta: 21 noviembre 2020]. Disponible en: <http://ecoplas.org.ar/pdf/25.pdf>.

RAIMOND B., S. & CHARLES E., C., 2003. *Introducción a la química de los plásticos* [en línea]. ilustrada,. Barcelona: s.n. [Consulta: 5 diciembre 2020]. ISBN 8429179267, 9788429179262. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=FOobaAs4Wp4C&pg=PA460&dq=plastificantes&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwip7fuVnbjtAhXswVkKHxugBLMQ6AEwAHoECAIQAg#v=onepage&q=plastificantes&f=false>.

RAMÍREZ, M.E., 2017. *Propiedades funcionales de hoy* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 21 noviembre 2020]. ISBN 978-84-945603-4-7. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=8zo3DgAAQBAJ&pg=PA38&dq=taxonomia+de+opuntia+ficusindica&hl=es419&sa=X&ved=2ahUKEwjgeiNjLtAhXkuFkKHeqWAPwQ6AEwAHoECAAQAg#v=onepage&q=taxonomia+de+opuntia+ficus-indica&f=false>.

ROYTE, E., 2019. *Es el plástico una amenaza para nuestra salud* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/grandes-reportajes/es-plastico-amenaza-para-nuestra-salud_12739/1.

RUIZ, G., 2014. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Saber y Hacer* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 55-76. [Consulta: 20 noviembre 2020]. ISSN 2311-7915. Disponible en: <http://revistas.usil.edu.pe/index.php/syh/article/view/27>.

RUIZ, M., PASTOR, K. & ACEVEDO, A., 2013. Biodegradabilidad de Artículos Desechables en un Sistema de Composta con Lombriz. *Informacion Tecnologica* [en línea], vol. 24, no. 2, pp. 47-56. [Consulta: 5 diciembre 2020]. ISSN 07168756. DOI 10.4067/S0718-07642013000200007. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642013000200007&lng=en&nrm=iso&tlng=en.

SÁENZ, C. et.al., 2004. Opuntia spp. mucilage's: A functional component with industrial perspectives. *Journal of Arid Environments*, vol. 57, no. 3, pp. 275-290. ISSN 01401963. DOI 10.1016/S0140-1963(03)00106-X.

SATALOFF, R.T., & KOST, K.M., 2019. *BIOPLASTICS (facts and figures)* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 15 marzo 2021]. ISBN 9781626239777. Disponible en: https://docs.european-bioplastics.org/publications/EUBP_Facts_and_figures.pdf.

SHURVELL, H.F., 2006. Spectra- Structure Correlations in the Mid- and Far-Infrared. *Handbook of Vibrational Spectroscopy*, DOI 10.1002/0470027320.s4101.

SUQUILANDA, M.B., 2012. Producción orgánica de cultivos andinos (FAO). [en línea]. S.l.: [Consulta: 15 marzo 2021]. Disponible en:

http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/mountain_partnership/docs/1_produccion_organica_de_cultivos_andinos.pdf.

TEJÓN, J et. al., 1992. *Bioquímica Estructural: Conceptos y Tests* [en línea]. S.l.: s.n. [Consulta: 5 diciembre 2020]. ISBN 84-95447-30-4. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=BPOTvYykwAC&pg=PA53&dq=proteina+definicion&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjh7sP2tLjtAhXBo1kKHfzQAewQ6AEwAHoECAQQA#v=onepage&q=proteina+definicion&f=false>.

VALENCIA, K., BRAMBILA, J. & MORA, J., 2010. EVALUACIÓN DEL NOPAL VERDURA COMO ALIMENTO FUNCIONAL MEDIANTE OPCIONES REALES. *Departamento de Economía. Campus Montecillo. Colegio de Postgraduados.* [en línea], [Consulta: 21 noviembre 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v44n8/v44n8a8.pdf>.

VARGAS RODRÍGUEZ, L., & CONTRERAS LÓPEZ, D., 2018. Mucilago de nopal y su aplicación en la obtención de biopolímeros. *Naturaleza y tecnología*, vol. 5, no. 1, pp. 24-33.

VÁZQUEZ MORILLAS, A., & VELASCO PÉREZ, M., 2018. Bioplásticos y plásticos degradables. . S.l.:

WITTCOFF & REUBEN, 2002. Productos químicos orgánicos industriales: Tecnología, formulaciones y usos. *Limusa* [en línea]. [Consulta: 19 noviembre 2020]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books/about/Productos_químicos_orgánicos_industria.html?id=aQ44QAAACAj&redir_esc=y.

ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL MUCÍLAGO DE *OPUNTIA FICUS INDICA*



a)



b)



c)



d)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	EXTRACCION DEL MUCÍLAGO DE LA <i>OPUNTIA FICUS INDICA</i>		
a) Selección y limpieza de la materia prima b) Pesaje de la muestra a utilizar c) Licuado de la <i>Opuntia ficus indica</i> d) Medición de la temperatura	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	05/02/2021

CONTINUACIÓN -ANEXO A



e)



f)



g)



h)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p style="text-align: center;">ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021</p>														
<p>e) Decantado de la muestra licada, para separar impurezas y residuos. f) Primer centrifugado g) Separación de impurezas con mucilago h) Segunda centrifugación</p>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por aprobar</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Información</td> <td><input type="checkbox"/> Por calificar</td> </tr> </table>	<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="1585 1244 1765 1278">LÁMINA</th> <th data-bbox="1765 1244 1964 1278">ESCALA</th> <th data-bbox="1964 1244 2105 1278">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1585 1278 1765 1318" style="text-align: center;">2</td> <td data-bbox="1765 1278 1964 1318" style="text-align: center;">1:1</td> <td data-bbox="1964 1278 2105 1318" style="text-align: center;">05/02/2021</td> </tr> </tbody> </table>			LÁMINA	ESCALA	FECHA	2	1:1	05/02/2021
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar															
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar															
<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar															
LÁMINA	ESCALA	FECHA														
2	1:1	05/02/2021														

EXTRACCION DEL MUCÍLAGO DE LA
OPUNTIA FICUS INDICA

CONTINUACIÓN - ANEXO A



i)



j)



k)



l)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:			
i) Precipitación con alcohol al 96% de pureza. j) Muestras en Refrigeración para evitar la oxidación k) Mucilago para las pruebas fisicoquímicas l) Colado del mucílago	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021		
		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		3	1:1	05/02/2021

EXTRACCION DEL MUCÍLAGO DE LA
OPUNTIA FICUS INDICA

CONTINUACIÓN - ANEXO A



m)



n)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021	EXTRACCION DEL MUCÍLAGO DE LA <i>OPUNTIA</i> <i>FICUS INDICA</i>		
m) Mucilago seco para las pruebas fisicoquímicas a realizarse en el laboratorio. n) Mucilago liquido para realizar los bioplásticos.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			4	1:1	05/02/2021

ANEXO B: ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL MUCÍLAGO DE *OPUNTIA FICUS INDICA*



a)



b)



c)



d)



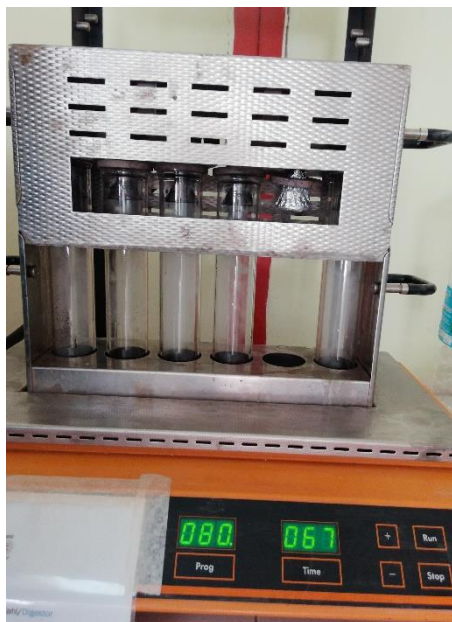
e)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021	ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL MUCÍLAGO DE <i>OPUNTIA FICUS</i> <i>INDICA</i>		
a) Prueba de ceniza para el mucílago b) Prueba de Humedad c) Medición del pH del mucílago d) Medición de la viscosidad e) Prueba de Fibra	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			5	1:1	05/02/2021

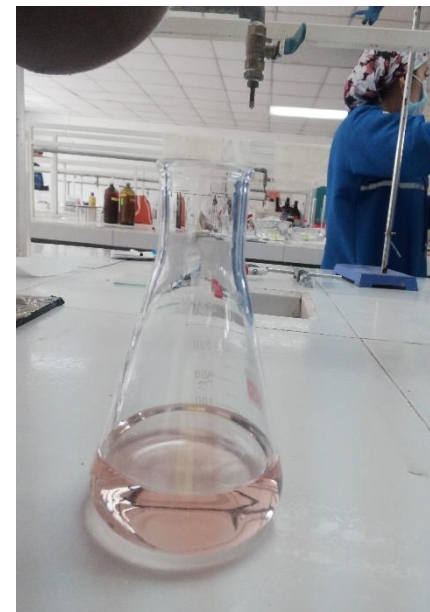
CONTINUACIÓN - ANEXO B:



a)



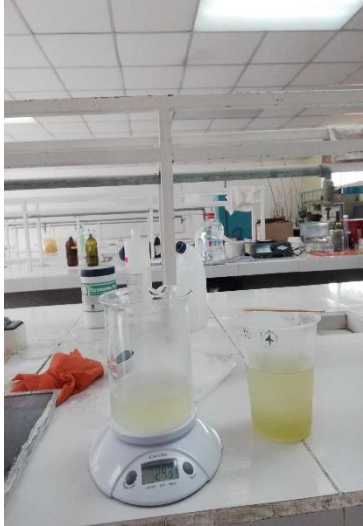
b)



c)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA </p> <p style="text-align: center;"> ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021 </p>			<p> ANÁLISIS FISCOQUÍMICO DEL MUCILAGO DE <i>OPUNTIA FICUS INDICA</i> </p>		
<p>a) Prueba de gelatinización</p> <p>b) Prueba para determinación de grasa, mediante Micro Kendal</p> <p>c) Titulación de la muestra obtenida en la determinación de grasa.</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar </p>						

ANEXO C: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE *OPUNTIA FICUS INDICA*



a)

b)

c)

d)

e)

NOTAS:

- a) Peso del mucílago
- b) Peso de la grenetina.
- c) Materiales usados en la elaboración
- d) Mezcla de todos los componentes
- e) Vertido de la mezcla en cajas petri y en vidrio

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE
 CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

ELABORADO POR:
 Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021

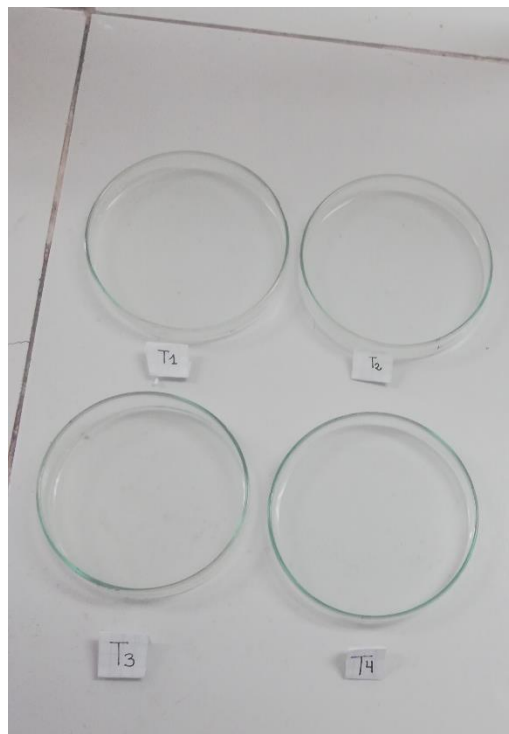
**ELABORACIÓN DEL
 BIOPLÁSTICO DE LA *OPUNTIA
 FICUS INDICA***

LÁMINA	ESCALA	FECHA
7	1:1	05/02/2021

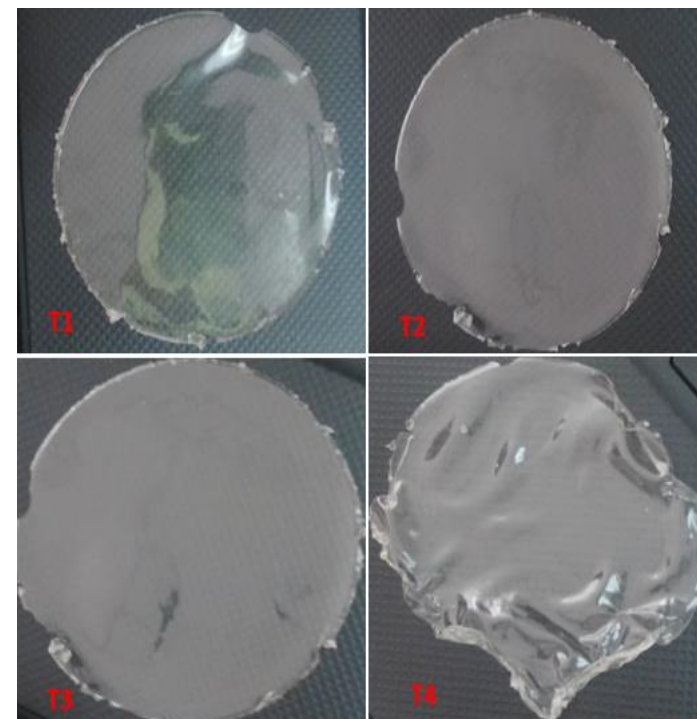
CONTINUACIÓN -ANEXO C



a)



b)



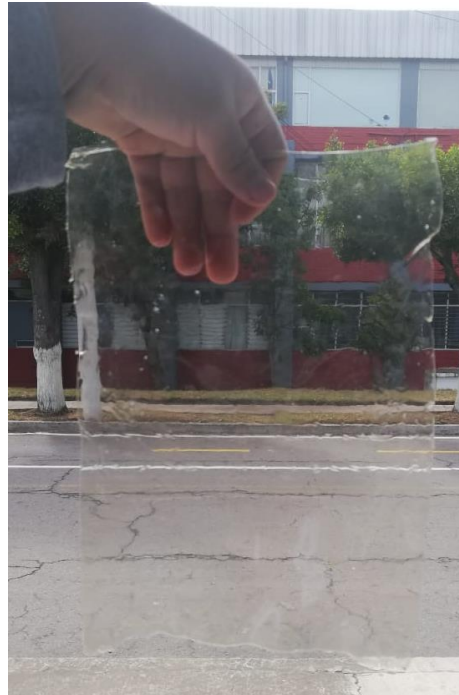
c)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p style="text-align: center;">ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021</p>			<p style="text-align: center;">ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE LA <i>OPUNTIA</i> <i>FICUS INDICA</i></p>		
<p>a) Secado en la estufa de las muestras</p> <p>b) Secado de las muestras en cajas petri al ambiente</p> <p>c) Desmoldeo de las muestras en cajas petri.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p>						
		8	1:1	05/02/2021			

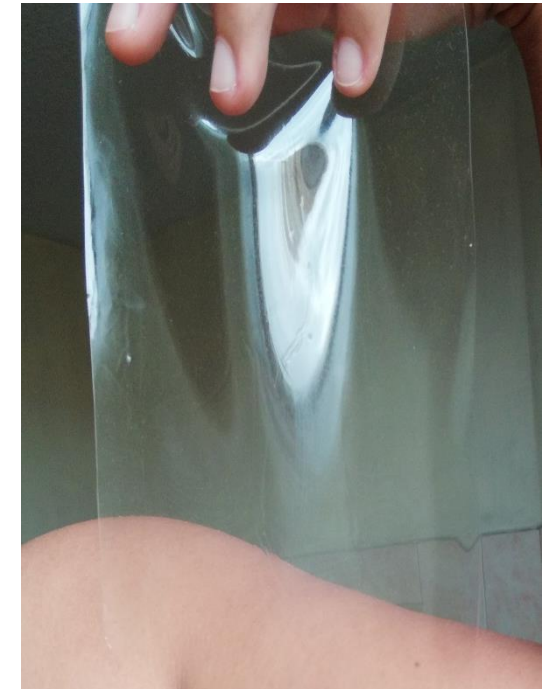
CONTINUACIÓN-ANEXO C



a)



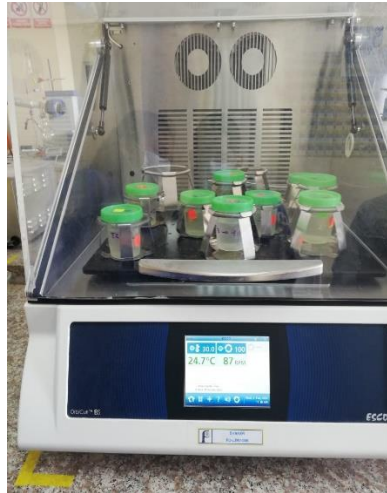
b)



c)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021 </p>	ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE LA <i>OPUNTIA</i> <i>FICUS INDICA</i>													
a), b), c) Bioplástico obtenido del mucílago del cactus opuntia ficus indica	<table border="0"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por aprobar</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Información</td> <td><input type="checkbox"/> Por calificar</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar	<table border="1"> <tr> <td>LÁMINA</td> <td>ESCALA</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td align="center">9</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">05/02/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	9	1:1	05/02/2021	
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar															
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar															
<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar															
LÁMINA	ESCALA	FECHA														
9	1:1	05/02/2021														

ANEXO D: ENSAYOS REALIZADOS AL BIOPLÁSTICO DE *OPUNTIA FICUS INDICA*



a)



b)



c)



d)



e)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021 </p>	ENSAYOS REALIZADOS AL BIOPLÁSTICO DE <i>OPUNTIA FICUS INDICA</i>							
a) Prueba de solubilidad b) Medición de espesores c) Ensayo de permeabilidad al vapor d) Ensayo de color del bioplástico e) Prueba de humedad de los bioplásticos	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1"> <tr> <td>LÁMINA</td> <td>ESCALA</td> <td>FECHA</td> </tr> <tr> <td align="center">10</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">05/02/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	10	1:1	05/02/2021	
LÁMINA	ESCALA	FECHA								
10	1:1	05/02/2021								

CONTINUACIÓN- ANEXO D



f)



g)



h)



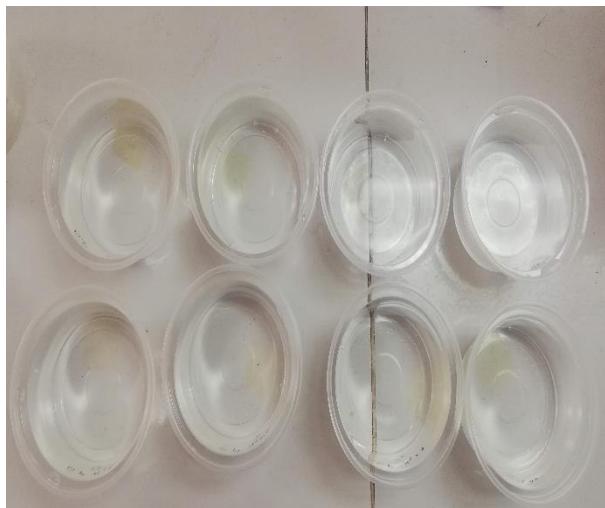
i)



j)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021			ENSAYOS REALIZADOS AL BIOPLÁSTICO DE <i>OPUNTIA</i> <i>FICUS INDICA</i>		
f) Probetas utilizadas en el ensayo de tracción g) Máquina universal de tracción h) Probeta analizada durante la elongación i) Prueba de lastometría j) Prueba microbiológica del bioplástico.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar						
		11	1:1	05/02/2021			

ANEXO E: ENSAYOS DE BIODEGRADABILIDAD DEL BIOPLÁSTICO DE *OPUNTIA FICUS INDICA*



a)



b)





c)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA </p> <p align="center"> ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021 </p>	ENSAYOS DE BIODEGRADABILIDAD DEL BIOPLÁSTICO DE <i>OPUNTIA FICUS INDICA</i>							
a) Biodegradabilidad en agua b) Biodegradabilidad en tierra c) Biodegradabilidad en ambiente	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1"> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td align="center">12</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">05/03/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	12	1:1	05/03/2021	
LÁMINA	ESCALA	FECHA								
12	1:1	05/03/2021								

ANEXO F: PRUEBA DE AMILOSA

MC-LSAIA-2201-03

	INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tfts. 2690691-3007134, Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340	
---	--	---

INFORME DE ENSAYO No:

NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. Katherine Gabriela Pazmiño	INSTITUCIÓN:	Particular
DIRECCIÓN:	Riobamba	ATENCIÓN:	Srta. Katherine Gabriela Pazmiño
FECHA DE EMISIÓN:	13/02/2021	FECHA DE RECEPCIÓN.:	14H20
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 5 al 14 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN:	05/02/2021
		ANÁLISIS SOLICITADO	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0239	18.63	27.10				Muclago

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Ivan Samaniego
 RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
 RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial y está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

a)

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	ENSAYOS REALIZADOS AL BIOPLÁSTICO DE <i>OPUNTIA</i> <i>FICUS INDICA</i>		
a) Resultado de Amilosa	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Pazmiño Abad Katherine Gabriela, 2021	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			13	1:1	05/03/2021

ANEXO G: RESULTADO DEL ANÁLISIS DEL BIOPLÁSTICO DE MUCÍLAGO

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE BIOPELÍCULA PLÁSTICA ELABORADA CON LA OPUNTIA FICUS INDICA

NOMBRE: Katherine Gabriela Pazmiño Abad
TIPO DE MUESTRA: Bioplástico del Mucilago de la Opuntia Ficus Indica
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-02-02
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-02-11

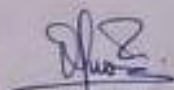
Examen Físico

COLOR: Transparente
OLOR: Incoloro
ASPECTO: Bioplástico

Examen Microbiológico

Bioplástico de la <i>Opuntia Ficus Indica</i>			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	<10	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<3	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de la normativa NTC2799 Industria Alimentaria



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO.

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO H: PRUEBAS MÉCICAS DE TRACCIÓN DEL BIOPLÁSTICO

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 1
REALIZADO POR	KATHERINE GABRIELA PAZMIÑO ABAD
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE CACTUS (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA USO COMO ENVOLTURAS ALIMENTICIAS.
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – MUCÍLAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA
MATERIAL	LÁMINA PLÁSTICA
TRATAMIENTO	T1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 01
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPELOR (mm)	0,11
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2.6
CARGA MÁXIMA (N)	5.3
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2.04
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	56.3

Aprobado por


ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	KATHERINE GABRIELA PAZMIÑO ABAD
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE CACTUS (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA USO COMO ENVOLTURAS ALIMENTICIAS
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – MUCÍLAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA
MATERIAL	LÁMINA PLÁSTICA
TRATAMIENTO	T2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 01
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,15
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2.5
CARGA MÁXIMA (N)	6.6
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2.64
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	61.3

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

A continuación, Anexo H

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	KATHERINE GABRIELA PAZMIÑO ABAD
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE CACTUS (Opuntia ficus-indica) PARA USO COMO ENVOLTURAS ALIMENTICIAS
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – MUCÍLAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA
MATERIAL	LÁMINA PLÁSTICA
TRATAMIENTO	T3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 01
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,11
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2.5
CARGA MÁXIMA (N)	4.4
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1.76
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	65

Aprobado por

Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

A continuación, Anexo H

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4
REALIZADO POR	KATHERINE GABRIELA PAZMIÑO ABAD
TEMA DE TESIS	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL MUCÍLAGO DE CACTUS (<i>Opuntia ficus-indica</i>) PARA USO COMO ENVOLTURAS ALIMENTICIAS
TIPO DE MATERIAL	BIOPLÁSTICO – MUCÍLAGO DE OPUNTIA FICUS INDICA
MATERIAL	LÁMINA PLÁSTICA
TRATAMIENTO	T4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 01
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,13
ANCHURA (mm)	12
LONGITUD INICIAL (mm)	25,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	2.9
CARGA MÁXIMA (N)	4.9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	58.1

Aprobado por

Julio Llerena



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

A continuación, Anexo H