



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA: INGENIERÍA AMBIENTAL

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA
OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)
PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO
BIODEGRADABLES**

AUTORAS:

**CEDEÑO ZAMBRANO LUISANA MERCEDES
GILCES VIDAL SARA BEATRIZ**

TUTOR:

ING. JONATHAN GERARDO CHICAIZA INTRIAGO, M. Sc.

CALCETA, OCTUBRE 2022

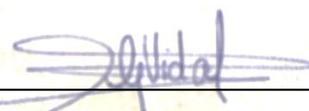
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

CEDEÑO ZAMBRANO LUISANA MERCEDES, con cédula de ciudadanía **1315220291** y **GILCES VIDAL SARA BEATRIZ** con cédula de ciudadanía **1315949618**, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*) PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES**, es de autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



CEDEÑO ZAMBRANO LUISANA MERCEDES

CC: 1315220291



GILCES VIDAL SARA BEATRIZ

CC: 1315949618

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

CEDEÑO ZAMBRANO LUISANA MERCEDES, con cédula de ciudadanía **1315220291** y **GILCES VIDAL SARA BEATRIZ** con cédula de ciudadanía **1315949618**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*) PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



CEDEÑO ZAMBRANO LUISANA MERCEDES

CC: 1315220291



GILCES VIDAL SARA BEATRIZ

CC: 1315949618

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. JONATHAN GERARDO CHICAIZA INTRIAGO, M. Sc., certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular Titulado: **APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*) PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES**, que ha sido desarrollado por CEDEÑO ZAMBRANO LUISANA MERCEDES y GILCES VIDAL SARA BEATRIZ previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.



Firmado electrónicamente por:

JONATHAN
GERARDO
CHICAIZA
INTRIAGO

ING. JONATHAN GERARDO CHICAIZA INTRIAGO, M. Sc.

CC: 1312111923

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **APROVECHAMIENTO DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*) PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES**, que ha sido desarrollado por **CEDEÑO ZAMBRANO LUISANA MERCEDES** y **GILCES VIDAL SARA BEATRIZ**, previo a la obtención del título de Ingeniera Ambiental, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

Ing. Carlos R. Delgado Villafuerte M.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Carlos L. Banchón Bajaña, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. José M. Giler Molina, M.Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me ha guiado desde el inicio de mi carrera, pues es él a quien me he encomendado en los momentos más difíciles y nunca me ha abandonado, gracias por darme sabiduría y fortaleza, y por permitirme tener salud para vivir esta experiencia y culminar mi carrera.

Al Q.F. Patricio Javier Noles Aguilar, Mg. (+), por brindarnos sus conocimientos y valiosos consejos al inicio de nuestra investigación, pues estos fueron de gran ayuda para llegar a donde estamos ahora. Aunque ya no esté entre nosotros permanecerá en nuestros corazones siempre.

A nuestro estimado tutor Ing. Jonathan Gerardo Chicaiza Intriago, Mg., por sus conocimientos compartidos, paciencia y apoyo incondicional durante la elaboración del Trabajo de Integración Curricular.

También al tribunal de Investigación, gracias por sus consejos y sugerencias estas sin duda fueron de gran ayuda para culminar nuestra investigación.

Al personal de Laboratorios de la ESPAM MFL por compartir su valioso tiempo y por estar dispuestos a ayudarnos en todo momento.

A mi madre y mi hermana por su motivación y esmero por verme salir adelante, gracias por la confianza depositada en mí, esta fue primordial para alcanzar esta meta, espero en un futuro cercano poder retribuirle a mi madre todo lo que hace por mi hermana y por mí.

LUISANA MERCEDES CEDEÑO ZAMBRANO

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, debo darle gracias a Dios, por ser esa luz en cada paso que doy, por llevarme siempre de la mano, no soltarme en momentos difíciles y haberme permitido culminar con éxitos esta etapa de mi formación académica.

A mi familia, quienes han sido los primeros en apoyarme en cada meta propuesta, gracias por confiar en mí y por estar siempre conmigo.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, que me brindó la oportunidad de formarme como ser humano y profesional de calidad.

Al Q.F. Patricio Javier Noles Aguilar, Mg. (+), quién desde el primer día, de manera voluntaria y desinteresada, me brindó su apoyo incondicional, fue nuestra guía y con sus conocimientos supo encaminarnos para poder culminar nuestro Trabajo de Integración Curricular. Aunque ya no está físicamente con nosotros, le agradezco por sus enseñanzas que son la huella que dejó en quienes lo conocimos, gracias de todo corazón.

A mi tutor Ing. Jonathan Gerardo Chicaiza Intriago, Mg., quién, durante el desarrollo de este trabajo no dudó ni un momento en acompañarme y asesorarme en cada paso, compartiendo su tiempo, conocimientos y experiencia para con mi persona.

Al tribunal de Investigación y Personal de Laboratorios de la ESPAM MFL, por sus sugerencias, su predisposición de ayudar y su apoyo durante todo el proceso. Cada una de sus sugerencias fueron de gran ayuda para poder concluir con el Trabajo de Integración Curricular.

SARA BEATRIZ GILCES VIDAL

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios Todopoderoso, por ser quien está a mi lado en cada paso que doy siendo mi guía infaltable, estoy segura que siempre me bendice, por darme salud y sabiduría para alcanzar esta nueva meta.

A mi madre Licenia Zambrano Rivera, quien siempre ha estado presente en todas las etapas de mi vida, dándome lo mejor y buscando siempre lo mejor para mí, por ser un ejemplo de superación y demostrarme que con esfuerzo y sacrificio alcanzaré las metas que me proponga, por su apoyo incondicional, ya que por más que cometa errores nunca me ha abandonado y siempre ha estado para mí, por creer siempre en mí, pero sobre todo por su amor.

A mi hermana Josselyn Cedeño Zambrano, por ser mi amiga, por aconsejarme y guiarme siempre para que haga las cosas bien, por apoyarme y motivarme en todos los procesos de la vida.

LUISANA MERCEDES CEDEÑO ZAMBRANO

DEDICATORIA

Este logro está dedicado a Dios principalmente, estoy segura siempre me acompaña y gracias a él he podido culminar esta etapa.

De todo corazón a mi familia, mis padres Jorge Gilces y Leticia Vidal; a mis hermanos Cristian y Nathaly Gilces Vidal, quienes han sido mi apoyo fundamental desde siempre, creyeron en mí y comparten esta felicidad conmigo.

A mis abuelitos, quienes me han inspirado a mejorar y seguir adelante para alcanzar mis metas propuestas.

Y a mi novio Luis Sabando, quién siempre me apoya en todo lo que me ayude a crecer personal y profesionalmente.

SARA BEATRIZ GILCES VIDAL

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
RESUMEN	xvii
PALABRAS CLAVES	xvii
ABSTRACT.....	xviii
KEYWORDS.....	xviii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.2. Justificación	2
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos	5
1.4. Hipótesis	5

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	6
2.1.1. Clasificación taxonómica del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	7
2.1.2. Propiedades del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	7
2.1.3. Distribución y hábitat	7
2.1.4. Estado de conservación	8
2.1.5. Reproducción y maduración	8
2.2. Mucílago	8
2.2.1. Mucílago de moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	9
2.3. Biodegradación	9
2.4. Polímeros y biopolímeros	10
2.5. Plásticos	10
2.5.1. Plásticos sintéticos	11
2.5.2. Bioplásticos	13
2.6. Láminas de bioplástico	19
2.6.1. Propiedades fisicoquímicas que se miden en las láminas de plástico biodegradables	20
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	23
3.1. Ubicación	23
3.2. Duración	23

3.3. Métodos.....	24
3.4. Técnicas	24
3.4.1. Observación.....	24
3.4.2. Experimentación	24
3.4.3. Encuesta.....	25
3.4.4. Técnicas estadísticas.....	25
3.5. Unidad experimental.....	25
3.6. Diseño experimental.....	26
3.7. Variables a medir.....	27
3.7.1. Variable independiente.....	27
3.7.2. Variable dependiente	27
3.8. Manejo del experimento	27
3.8.1. Fase I: Diagnosticar las propiedades del mucílago del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	27
3.8.2. Fase II: Determinar la mejor concentración del mucílago del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>) para la elaboración de láminas de plástico biodegradables.....	31
3.8.3. Fase III. Estimar la efectividad de las láminas de plástico biodegradables mediante un ensayo de biodegradabilidad bajo condiciones controladas	36
3.9. Análisis estadístico.....	37
CAPÍTULO IV. RESULTADOS.....	27
4.1. Diagnóstico de las propiedades del mucílago del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).....	39

4.1.1. Revisión bibliográfica sobre las generalidades del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	39
4.1.2. Encuesta	40
4.1.3. Recolección del fruto del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	50
4.1.4. Análisis fisicoquímico del mucílago del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).....	50
4.2. Determinación de la mejor concentración del mucílago del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>) para la elaboración de láminas de plástico biodegradables	52
4.2.1. Extracción del mucílago del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).....	52
4.2.2. Elaboración de las láminas de plástico biodegradables.....	52
4.2.3. Análisis de las propiedades de las láminas de plástico biodegradables ...	53
4.3. Estimar la efectividad de las láminas de bioplástico mediante un ensayo de biodegradabilidad bajo condiciones controladas	66
4.3.1. Ensayo de biodegradabilidad	66
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
5.1. Conclusiones	71
5.2. Recomendaciones	71
BIBLIOGRAFÍA	73
ANEXOS	93

CONTENIDO DE TABLAS Y FIGURAS

TABLAS

Tabla 2.1. Taxonomía del moyuyo (<i>Cordia lueta</i>)	7
Tabla 3.1. Descripción de la conformación de las unidades experimentales.....	26
Tabla 3.2. Insumos utilizados en la elaboración del experimento	26
Tabla 3.3. Fuente de variación y grados de libertad del DCA.	27
Tabla 3.4. Parámetros y métodos para el análisis fisicoquímico	28
Tabla 3.5. Propiedades fisicoquímicas de las láminas de plástico biodegradables....	34
Tabla 4.1. Composición química del mucílago del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>)	40
Tabla 4.2. Parámetros y métodos para el análisis fisicoquímico.	50
Tabla 4.3. Datos de la resistencia al agua (filtración).....	53
Tabla 4.4. Supuesto de normalidad para las variables de estudio.	55
Tabla 4.5. Prueba de homogeneidad de varianza para los datos de las variables dependientes.	56
Tabla 4.6. ANOVA para la variable espesor.	56
Tabla 4.7. ANOVA para la variable resistencia a la tensión.	58
Tabla 4.8. Subconjunto homogéneo de resistencia a la tensión.	58
Tabla 4.9. ANOVA para la variable elongación.....	59
Tabla 4.10. Subconjunto homogéneo de elongación.	60
Tabla 4.11. ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para la variable humedad.....	61

Tabla 4.12. Prueba múltiple Games-Howell para la variable humedad.	62
Tabla 4.13. ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para la variable solubilidad.....	63
Tabla 4.14. Prueba múltiple Games-Howell para la variable solubilidad.	64
Tabla 4.15. Correlación De Pearson Coeficientes/Probabilidades.	65
Tabla 4.16. Peso de los tratamientos.....	66
Tabla 4.17. Proceso de degradación de las láminas de plástico biodegradables.....	68
Tabla 4.18. Base de datos de los resultados obtenidos.....	101

FIGURAS

Figura 3.1. Mapa de ubicación donde se llevó a cabo la investigación.	23
Figura 3.2. Diagrama de proceso de elaboración de láminas de plástico biodegradables.	33

GRÁFICOS

Gráfico 4.1. Personas que conocen el moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).	40
Gráfico 4.2. Distribución del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>) por comunidad.	41
Gráfico 4.3. Utilidades del moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).	42
Gráfico 4.4. Personas que han utilizado el moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).	43
Gráfico 4.5. Cantidad de frutos requeridos para darle una utilidad al moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).	44

Gráfico 4.6. Ingresos económicos generados a partir de la actividad.....	45
Gráfico 4.7. Cantidad de ingresos económicos generados.	46
Gráfico 4.8. Personas que consumirían un producto a base de moyuyo (<i>Cordia lutea</i>).	47
Gráfico 4.9. Personas a las que les gustaría reemplazar el plástico sintético por plástico biodegradable.	48
Gráfico 4.10. Sugerencias de los encuestados.	49
Gráfico 4.11. Resistencia al agua (filtración).	54
Gráfico 4.12. Espesor.	57
Gráfico 4.13. Resistencia a la tensión.	59
Gráfico 4.14. Elongación.	60
Gráfico 4.15. Humedad.	62
Gráfico 4.16. Solubilidad.	64
Gráfico 4.17. Degradación de las láminas de plástico biodegradables.	67

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López". Tuvo como objetivo evaluar la utilidad del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) para la elaboración de láminas de plástico biodegradables y constó de tres fases. La primera consistió en diagnosticar propiedades fisicoquímicas del mucílago de moyuyo, donde se determinó que este contiene un pH de 5,07, un porcentaje de humedad de 86,91 %, una viscosidad de 3945 cP, un 65,77 % de solubilidad, 12000 Pt/Co de color, 1,049 g/ml de densidad y una acidez total de 0,30 %. La segunda fase permitió determinar la mejor concentración del mucílago del moyuyo para la elaboración de láminas de plástico biodegradables, donde se propusieron 4 tratamientos con diferentes dosis de 10 ml, 15 ml, 20 ml y 25 ml de mucílago, utilizando cuatro aditivos como lo son el almidón de yuca, agua destilada, ácido acético y glicerol, donde el tratamiento que resultó con mayor efectividad fue el T₄, el cual destacó por ser el de que obtuvo mayor resistencia a la tensión (13,50 mPa), mayor resistencia al agua (filtración) (472,33 ml), mayor elongación (37,80 %) y mayor solubilidad (50,43 %). Finalmente, en la tercera fase se realizó un ensayo de degradabilidad en suelo agrícola cultivado, en condiciones controladas para obtener su grado de biodegradabilidad por un periodo de 36 días donde resultó ser el T₁ el que alcanzó mayor porcentaje de degradación con un 68,29 %.

PALABRAS CLAVES

Bioplástico, películas biodegradables, concentración, fisicoquímico.

ABSTRACT

This research work was carried out at the Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López". Its objective was to evaluate the usefulness of moyuyo (*Cordia lutea*) mucilage for the production of biodegradable plastic sheets and consisted of three phases. The first consisted of diagnosing the physical and chemical properties of moyuyo mucilage, where it was determined that it contains a pH of 5.07, a moisture content of 86.91 %, a viscosity of 3945 cP, 65.77 % solubility, 12000 Pt/Co color, 1.049 g/ml density and a total acidity of 0.30 %. The second phase allowed determining the best concentration of moyuyo mucilage for the elaboration of biodegradable plastic sheets, where 4 treatments were proposed with different doses of 10 ml, 15 ml, 20 ml and 25 ml of mucilage, using four additives such as cassava starch, distilled water, acetic acid, distilled water and acetic acid, distilled water, acetic acid and glycerol, where the most effective treatment was T₄, which stood out for being the one that obtained the highest tensile strength (13.50 mPa), the highest resistance to water (filtration) (472.33 ml), the highest elongation (37.80 %) and the highest solubility (50.43 %). Finally, in the third phase, a degradability test was carried out in cultivated agricultural soil, under controlled conditions to obtain its degree of biodegradability for a period of 36 days, where T₁ was found to have the highest percentage of degradation with 68.29 %.

KEYWORDS

Bioplastic, biodegradable films, concentration, physicochemical.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Los plásticos, son un conjunto de materiales sintéticos que generalmente derivan del petróleo y son de fácil alcance debido a su bajo costo. No obstante, se los considera perjudiciales para el medio ambiente (Del Castillo, 2016). Los problemas ambientales a causa del plástico empiezan a partir de su cadena de producción, puesto que para fabricarlo se debe extraer petróleo, lo que libera sustancias tóxicas al ambiente como óxidos de azufre y de nitrógeno, metales pesados, benceno, tolueno, hidrocarburos aromáticos policíclicos y dióxido de carbono conocido como el principal gas de efecto invernadero (Marine-Litterthub, 2019).

En el año 2019, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), declararon al plástico por su persistencia en el ambiente, como un residuo peligroso que está provocando una crisis ambiental cada vez mayor (Sáez, 2019). Cada año se descargan a los océanos alrededor de 13 millones de toneladas de plástico, incluidas micro partículas (denominadas microplásticos) que entran en la cadena alimenticia y afectan la salud de todos los seres vivos del planeta. Las proyecciones actuales muestran que la producción de plástico aumentará en las próximas décadas, tal es así, que se estima esta podría alcanzar los 619 millones de toneladas en 2030 (Stuchtey y Dillon, 2020).

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2019), en un año se consumen alrededor de 500 billones de bolsas plásticas de un solo uso en el mundo, las cuales al ser desechadas, generan impactos ambientales negativos al medio ambiente. Una sola bolsa de plástico puede tardar hasta 400 años en degradarse y sus consecuencias por la dependencia del petróleo y las emisiones de dióxido de carbono son causas importantes para la búsqueda de nuevas alternativas sustentables con el medio ambiente (Rivera *et al.*, 2020).

En Ecuador, se generan aproximadamente 4 millones de toneladas de residuos sólidos cada año, de los cuales el 11 % son plásticos distribuidos (Sailema, 2019). Por lo consiguiente, en un estudio realizado por el Programa Nacional de Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS), se determinó que en el Ecuador más de 1.500 millones de bolsas de plástico se usan anualmente (Ministerio del Ambiente [MAE], 2019). El PNUMA (2015) estima que en el océano existen alrededor 46.000 fundas plásticas por cada km².

En ese sentido se hace necesario iniciar acciones respecto al uso excesivo de plástico de origen sintético, por ello la investigación pretende crear láminas de plástico biodegradables a partir de fibras orgánicas. El moyuyo (*Cordia lutea*), es una planta de tipo arbustiva nativa del Ecuador que se desarrolla en las zonas áridas o costeras a la cual no se le da ningún uso significativo. Su fruto, posee propiedades plastificantes, resistentes y elásticas, que se podrían considerar como una alternativa para la producción de plásticos biodegradables (Castro, 2015).

Para ello, se plantea la siguiente interrogante: ¿Qué concentración de mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) resultará útil para la elaboración de láminas de plástico biodegradables?

1.2. JUSTIFICACIÓN

Actualmente, el uso indiscriminado de plásticos es una problemática ambiental de preocupación mundial, debido especialmente a su generación a gran escala y a su persistencia en el ambiente (Sáez, 2019). Por esta razón, se halla necesario el uso de prácticas sostenibles que permitan reemplazar el plástico convencional por láminas de bioplástico orgánicas. En este sentido, Quinde (2020) expone que, las plantas son una fuente importante para la generación de productos químicos; además, que también permiten la producción de varios recursos materiales como: fibras, láminas, gomas, tintura, entre otros (Castro, 2019).

Si bien es cierto, hoy en día la utilización de plásticos convencionales se han convertido en una necesidad, es posible reemplazarlos por diversas alternativas como la utilización de materiales sustentables y de fácil degradación (Camarena *et al.*, 2018). Es conocido, que el plástico, al ser un material de tipo sintético obtenido mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de átomos de carbono, no se puede degradar fácilmente. Por ello, la utilización de fibras orgánicas como materia prima, puede considerarse como una solución viable ante dicha problemática (Córdova, 2016).

Bajo este contexto, se presenta el mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) el cual es una planta con propiedades elásticas, plastificantes y resistentes que la convierten en una alternativa sostenible y eficiente para la generación de plástico biodegradable (Castro, 2015). Neila (2015) sostiene que uno de los principales beneficios que ofrecen los plásticos biodegradables es la capacidad que tienen para minimizar el impacto ambiental que ocasiona un producto, mediante la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero; asimismo, otro de sus beneficios es que permite aprovechar los recursos locales y reducir el uso de combustibles fósiles (Ortega y Robayo, 2016). A esto se le suma el hecho de que, los plásticos biodegradables ayudan en la reducción de la huella de carbono y, además, no poseen sustancias químicas perjudiciales para la salud de los seres humanos (Doello, 2019).

De acuerdo con lo expuesto, esta investigación se sustenta legalmente en la Constitución de la República del Ecuador, la cual en su Art. 74 establece que: “Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir”. Asimismo, en su Art. 413 argumenta que: “El Estado promoverá el desarrollo de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas; así como el uso de energías renovables de bajo impacto que no pongan en riesgo el equilibrio ecológico de los ecosistemas”. Por otro lado, el Plan de Creación de Oportunidades (2021-2025) en su eje 4 “Transición

Ecológica”, objetivo 11 manifiesta que: “Se deberá conservar, restaurar, proteger y hacer uso sostenible de los recursos naturales”.

Desde el ámbito ambiental, el presente estudio pretende aportar con una alternativa sostenible para la producción de bioplástico a partir de la utilización del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*); puesto que, así se contribuiría con la disminución del uso desmedido del plástico común (el cual es un gran contaminante ambiental), al ser reemplazado por un plástico orgánico que posee propiedades altamente eficientes para suplirlo (Castro, 2015). Además, también se promovería el fomento y desarrollo de prácticas sostenidas que ayuden en la preservación de los recursos naturales; siendo estos los primeros afectados por el arrojamiento de grandes cantidades de plásticos a océanos y suelo (WWF Bolivia, 2020).

Desde la perspectiva social, este trabajo tiene como propósito llegar hasta la sociedad estudiantil y la comunidad en general, con información práctica de relevancia que pueda ser tomada en consideración para el desarrollo de futuras investigaciones que también busquen aportar con el cuidado ambiental, a través del uso de prácticas sostenibles y amigables con el medio ambiente. Del mismo modo, con este estudio también se espera contribuir con el buen vivir de las personas, las cuales son afectadas por los efectos colaterales que provienen de los residuos plásticos, mismos que son perjudiciales para la salud humana (Amigos de la Tierra, 2020). Por ende, al poner en práctica lo establecido en este proyecto, se brinda la oportunidad de generarle a la sociedad un entorno más saludable y ecológicamente equilibrado en el que puedan habitar, tal como se lo estipula en la constitución.

Por último, desde el ámbito económico, con la puesta en práctica a mayor escala de la investigación, se podrían generar fuentes de trabajo e ingresos económicos para aquellas personas que se dediquen a la producción de láminas de plástico biodegradables a partir del mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*); de esta manera, también se brinda la oportunidad de mejorar la calidad de vida de las personas que

habitan en las comunidades en las que se cultiva esta planta. Además, los gastos para la obtención del plástico biodegradable son generalmente bajos, por lo que al ser comercializado supondría una rentabilidad significativa para quienes se dedican a este negocio.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la utilidad del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) para la elaboración de láminas de plástico biodegradables.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diagnosticar las propiedades del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*).
- Determinar la mejor concentración del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) para la elaboración de láminas de plástico biodegradables.
- Estimar la efectividad de las láminas de plástico biodegradables mediante un ensayo de biodegradabilidad bajo condiciones controladas.

1.4. HIPÓTESIS

Al menos uno de los tratamientos planteados, resulta útil para la elaboración de láminas de plástico biodegradables.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. MOYUYO (*Cordia lutea*)

Álvarez y Soria (2016) expresan que *Cordia lutea* crece como arbusto o un árbol pequeño tolerante al calor y la sequía, el cual puede llegar a medir hasta 8 m de altura. Sus hojas poseen una forma ovalada o redonda, miden entre 4 y 10 cm de largo aproximadamente.

Cordia lutea también es conocido como Cordia amarilla, debido a que sus flores son amarillas, estas florecen entre los meses de febrero y marzo. La fruta es mediana de 1-2 cm, es blanca y tiene una pulpa carnosa, la cual al ser exprimida produce un material viscoso llamado mucílago, esta surge a partir del mes de mayo (Aguirre, 2015).

Para plantar el moyuyo se necesita un suelo bien drenado, se debe evitar la sombra y los suelos húmedos, puesto que este es tolerante al calor, la sequía y el estrés costero. Se debe tener muy en cuenta el lugar en el que se va a plantar considerando su tamaño, ya que este no crece demasiado de altura, no obstante, de ancho sí. En la época de invierno las ligueras heladas, podrían matar al moyuyo (*Cordia lutea*), sin embargo, los tallos pueden volver a brotar como una planta perenne, siempre y cuando las raíces no estén congeladas. Estas semillas se pueden propagar por semillas o por acodos (Giler, 2015).

2.1.1. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

Tabla 2.1. Taxonomía del moyuyo (*Cordia lutea*).

Clasificación taxonómica del moyuyo (*Cordia lutea*)

Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Boraginaceae
Subfamilia	Cordioideae
Género	<i>Cordia</i>
Especie	<i>C. lutea</i>

Fuente. Choéz, (2010).

2.1.2. PROPIEDADES DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

Las propiedades físicas del moyuyo pueden variar debido a que es considerado como arbusto o árbol: su altura es de aproximadamente 7,5 m con los tallos jóvenes y abundantes ramas; cuando es árbol, posee una copa esférica o globosa y cuando es arbusto tiene la copilla bien extendida. Sus hojas son simples, ovado elíptica, ápice redondo, en el envés con pelos cerosos e hirsutos. Su fruto es de color blanquecino, globoso, con 2 semillas, y posee un mesocarpio gomoso. La goma que contiene el fruto anteriormente se la usaba como fijador del cabello; su madera se usa para embalajes, se comen los frutos y se usan para pegar papel (Castro, 2015).

2.1.3. DISTRIBUCIÓN Y HÁBITAT

Cordia lutea es nativa del Ecuador y crece en zonas áridas. Se distribuye en los andes y la costa, en las provincias de Manabí, Loja, Guayas, Esmeraldas y El Oro. En las Islas Galápagos se encuentran en tierras bajas y a menudo cerca del mar. Por otro lado es posible encontrarla en bosques secos, pampas, matorrales y desiertos aluviales y cerca de ríos (Aguirre, 2015).

Respecto al cantón Bolívar, es importante mencionar, que, aunque en referencias bibliográficas no se dispone de información concerniente a esta especie vegetal, mediante información primaria se indica que es una planta común en la zona, sobre todo en los sectores de Platanales, Sarampión, Mocochoal, La Venturita y otros tantos cercanos al río Carrizal.

2.1.4. ESTADO DE CONSERVACIÓN

El moyuyo (*Cordia lutea*) no se encuentra bajo amenaza, es por esto que su estado de conservación es Preocupación Menor (LC) (CESEL S.A., 2017).

2.1.5. REPRODUCCIÓN Y MADURACIÓN

El moyuyo (*Cordia lutea*) presenta un gran crecimiento rápido durante todo el año, esto se evidencia sobre todo en los meses es de febrero a abril, los brotes logran su desarrollo de enero a junio, la etapa de floración casi siempre es de diciembre a junio, meses correspondientes a la época lluviosa y sus frutos se desarrollan a lo largo del mes de agosto, logrando frutos maduros y verdes (Casio, 2018).

2.2. MUCÍLAGO

El mucilago es una sustancia de origen vegetal que está formada por polisacáridos celulósicos con igual número de azúcares, diferenciándose solo en sus propiedades físicas. Los mucílagos en agua producen coloides poco viscosos que presentan actividad óptica (Villa *et al.*, 2020).

Serván (2018) expone que el mucilago es producido en células secretoras especializadas, las cuales suelen encontrarse en hojas, tallos, raíces y semillas; su presencia o ausencia, así como su función en cualquier estructura, depende del grado de adaptación e incluso de la supervivencia de cada especie en particular (Vallejo *et al.*, 2016).

Por su parte Castañeda *et al.* (2019) indican que los mucílagos poseen una reacción ácida o una neutra y tienen funciones diferentes dependiendo del peso molecular superior y la planta en la que se encuentren. Los mucílagos neutros reciben esta denominación debido a que su estructura química corresponde a polímeros heterogéneos de la manosa que incorporan en su estructura un porcentaje variable de otras cosas. Las más frecuentes son las glucomananas, galactomananas y galactoglucomananas que forman parte de hemicelulosas acumuladas como material de reserva en algunas semillas (Serván, 2018).

2.2.1. MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*)

El mucílago de *Cordia lutea*, es una sustancia viscosa que se extrae del fruto de la planta y posee diversas características tanto físicas como químicas por las cuales resulta útil en diversos campos como la cosmética y la medicina. En la actualidad, no se le ha dado ningún uso significativo al mucílago de dicha planta, en su mayoría al llegar a su total madurez el fruto cae al suelo sin tener ninguna utilidad (Villa *et al.*, 2020).

2.3. BIODEGRADACIÓN

La biodegradación es el resultado de los procesos de digestión, asimilación y metabolización de un compuesto orgánico llevado a cabo por bacterias, hongos, protozoos y otros organismos (Crespo, 2021). Es un proceso natural que permite la eliminación de compuestos y la restitución de elementos esenciales en la formación y crecimiento de los organismos. La descomposición suele llevarse a cabo de manera aeróbica y anaeróbica, la primera es la más completa y libera energía, dióxido de carbono, agua y es la que aporta mayor rendimiento energético. Los procesos de biodegradación anaeróbica son oxidaciones incompletas y liberan menor energía (Candia, 2019).

La biodegradación es la asimilación de los polímeros por los organismos vivos, principalmente por microorganismos tales como hongos, bacterias y actinomicetos. Es

importante destacar, que la degradación y la degradación ambiental no son lo mismo, esta última se refiere a los cambios que sufren los polímeros de bioplástico por el efecto combinado y acumulado de la luz, el calor, el oxígeno, el agua, la contaminación química, los microorganismos, los animales y los efectos mecánicos como el viento, la lluvia, el tráfico de vehículos y otras fuerzas similares (Morales y Méndez, 2021).

2.4. POLÍMEROS Y BIOPOLÍMEROS

Los polímeros son moléculas de gran tamaño, constituidas por eslabones orgánicos denominados monómeros, unidos mediante enlaces covalentes. Los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos. Estas moléculas orgánicas son las que constituyen los materiales plásticos y también los tejidos de los seres vivos (piel, músculos, tela de araña, seda, entre otros.) (Zapata, 2017).

Los biopolímeros o polímeros degradables son todas aquellas que garantizan su proceso de degradarse en un sistema biológico, y que se obtienen de todo recurso natural renovable. Núñez (2018) menciona que estos están categorizados por sus fuentes provenientes las cuales son: de origen microbiano (ácido poliláctico y polihidroxicanoatos), de origen marino (quitosano/quitina), de origen agrícola (lípidos y grasas e hidrocoloides), además del origen animal (colágeno /gelatina).

2.5. PLÁSTICOS

Fuhr y Franklin (2020) afirman que los plásticos son materiales artificiales derivados de productos naturales (como el petróleo) o sintéticos (obtenidos en el laboratorio) que tienen en común algunas propiedades tales como la flexibilidad, la baja conductividad eléctrica y térmica, una buena resistencia mecánica y ligereza. Estos se encuentran formados por grandes moléculas llamadas polímeros. Los plásticos tienen unas propiedades comunes, la más importante es la plasticidad, esta propiedad permite utilizar los plásticos en estado fundido para obtener objetos con la forma que deseemos (moldeo o moldeado de los plásticos) (Rodríguez, 2021).

2.5.1. PLÁSTICOS SINTÉTICOS

Díaz (2019) manifiesta que los plásticos sintéticos son obtenidos mediante reacciones de polimerización a partir de derivados de petróleo. Estos pueden ser moldeados mediante calor o presión, su componente principal es el carbono. Los plásticos poseen características como: tienen baja densidad, son buenos aislantes térmicos, aunque su mayoría no resisten elevadas temperaturas, no son biodegradables y si se queman son muy contaminantes.

2.5.1.1. TIPOS DE PLÁSTICOS

Campuzano *et al.* (2022) expresan que, según sus características, existen dos familias de plásticos:

2.5.1.1.1. TERMOPLÁSTICOS: Son plásticos fácilmente reciclables ya que funden cuando se calientan y por tanto se pueden moldear repetidas veces sin que sus propiedades originales se alteren demasiado. Los termoplásticos más conocidos son:

- a) **Tereftalato de polietileno (PET O PETE):** Tiene muchas propiedades, como su alta transparencia y la admisión de colorantes. Es resistente, ligero y reciclable con facilidad. Se usa en las botellas de agua o de bebidas. Solo puede emplearse como material para almacenar alimentos la primera vez. Después, se utiliza para crear fibras textiles, como el tejido de forro polar, que es 100 % PET, o envases para unos no alimentarios. Al ser desechado el PET puede tardar entre 500 y 1.000 años en descomponerse, aunque este deje de verse habrá liberado miles de fragmentos de microplástico (Suasnavas, 2017).
- b) **Polietileno de alta densidad (HDPE):** El polietileno de alta densidad (PEAD) o HDPE es flexible, pero con cierta rigidez, y resiste impactos químicos y temperaturas además del agua. Por ese motivo se emplea en envases como botellas de leche, productos de limpieza o aceite para motores.
- c) **Policloruro de vinilo (PVC):** El policloruro de vinilo o PVC es el tipo de plástico más versátil, formado por la combinación de cloro y carbono, que se extraen de

la sal (57 %) y del petróleo o el gas (43 %). Puede ser rígido y flexible, dependiendo del proceso de producción. Tiene altas resistencias y una baja densidad. Es tenaz y dúctil. Está presente en las tarjetas de crédito, tuberías, revestimiento de cables, pieles sintéticas o algunos marcos de puertas y ventanas. Después de ser reciclado, puede usarse como tubo de drenaje e irrigación. Su reciclado es bastante complejo, pero es posible hacerlo (Bacon, 2018).

d) Polietileno de baja densidad (LDPE): El polietileno de baja densidad o LDPE tiene una alta resistencia, tanto a los impactos como a los químicos al igual que el HDPE o PEAD. Es bastante flexible y su transparencia depende del espesor. Es el material con el que se hace el papel film, el plástico de burbujas o las bolsas de la compra. El reciclado del polietileno de baja densidad es posible y con él se vuelven a hacer los mismos materiales. Es fundamental tratar estos objetos adecuadamente, devolviéndolos al ciclo de reciclado o al de residuos. Si se arrojan a la naturaleza pueden tardar hasta 150 años en descomponerse. Y aun así, se desharía en pequeñas piezas de microplásticos (Fuhr y Franklin, 2020).

2.5.1.1.2. TERMOESTABLES: Son difíciles de reciclar ya que están formados por polímeros con cadenas ligadas químicamente que hacen necesaria la destrucción de su estructura molecular para poder fundirlos y esto conlleva a una alteración grande de sus propiedades originales. Existen distintos termoestables como, por ejemplo: resinas fenólicas, resinas ureicas, entre otros (Ramos, 2018).

2.5.1.2. DEGRADABILIDAD

Martí *et al.* (2020) expresan que los plásticos de un solo uso son una gran problemática ambiental, debido a que estos pueden permanecer en el ambiente hasta más de 100 años. Al poseer una baja densidad y gran resistencia a la degradación, los plásticos se dispersan fácilmente, es por esto que terminan contaminando los océanos y la

tierra, amenazando así un sin número de especies incluyendo sus hábitats (Greenpeace, 2016).

La biodiversidad marina es una de las más afectadas por los plásticos , ya que se calcula que cada año alrededor de cien mil mamíferos marinos, un millón de aves marinas e incluso una de cada tres tortugas marinas, así como otras especies mueren o se ven afectadas a causa del deficiente manejo de los plásticos (Rivera *et al.*, 2020).

2.5.2. BIOPLÁSTICOS

Los bioplásticos son un tipo de plásticos biodegradables obtenido a partir de materias primas orgánicas, llegando a ser biodegradables por microorganismos como bacterias, hongos, algas, entre otros. Estos se han convertido en los principales sustitutos para los plásticos derivados del petróleo, debido a la alta contaminación que causa su producción y al rápido aumento de los precios del petróleo (Pacheco *et al.*, 2014).

Fernández y Vargas (2015) mencionan que los bioplásticos son una alternativa “verde” y sostenible, estos resultan ecológicos ya que reducen la huella de carbono y el uso de un combustible como el petróleo. De cierto modo, la ventaja que ofrecen los plásticos biodegradables es que preserva fuentes de energía no renovables, es por esto que son considerados una solución para disminuir la contaminación al medio ambiente por plásticos.

2.5.2.1. CARACTERÍSTICAS DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

Pizá *et al.* (2017) consideran que las principales características del plástico biodegradable son las siguientes:

- Reducen la huella de carbono.
- Suponen un ahorro energético en la producción.
- No consumen materias primas no renovables.
- Reducen los residuos no biodegradables, que contaminan el medio ambiente.

- No contienen aditivos perjudiciales para la salud como ftalatos o bisfenol A.

2.5.2.2. IMPORTANCIA DEL PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

Higuera *et al.* (2021) afirman que, los plásticos biodegradables son de gran importancia debido a que no contienen sustancias químicas perjudiciales para el medio ambiente, y tienen el potencial de reducir el uso de combustibles fósiles y los impactos ambientales, también evitan la producción de desechos plásticos no biodegradables.

Para Meza *et al.* (2019), es recomendable utilizar productos que sean biodegradables, que pueden ser destruidos por los microorganismos, ya que brindan seguridad y bienestar al planeta a no contribuir al efecto invernadero. La principal ventaja de los materiales biodegradables es que, tras su degradación o reciclaje no quedan residuos, también reducen las emisiones de carbono. La reducción de la huella de carbono es el principal motivo por el cual optar por los materiales biodegradables (Duarte, 2022).

2.5.2.3. APLICACIONES INDUSTRIALES DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

Los plásticos biodegradables se han implementado en diversos espacios de la industria, el principal es la industria alimentaria en donde se les ha dado uso para la producción de empaques biodegradables, envolturas comestibles para la preservación de las frutas o carnes (Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional [CISAN], 2012). También se ha incorporado a los plásticos biodegradables en la producción de envases flexibles (como lo son las bolsas y los films) y envases rígidos (como bandejas, platos, botellas y vasos).

Por otro lado, Vivanco (2019) da a conocer que en la industria química se los ha utilizado para la producción de artículos de higiene, en espumas, incluso para juguetes eco amigables y para llantas de vehículos. Y por último en la industria electrónica se los ha aplicado en carcasas para teléfonos que tienen la característica de ser reutilizadas a través del compostaje.

2.5.2.4. FIBRAS ORGÁNICAS PLASTIFICANTES

a) Almidón de papa (*Solanum tuberosum*)

El almidón proveniente de la papa (*Solanum tuberosum*) es un carbohidrato que está formado por dos estructuras poliméricas diferentes; la amilosa y la amilopectina, constituidas por unidades de glucosa respectivamente, este polímero proveniente de fuentes naturales ha sido utilizado para la elaboración de plástico biodegradable puesto que cumple con las características de plasticidad, humectación, espesantes, resistencia, lubricación y desmoldantes, así mismo posee un alto contenido energético y es asimilable sin ningún peligro por organismos vivos. Para hacer posible la elaboración de un plástico biodegradable a partir de almidón, se requiere la adición de ciertos reactivos en la mezcla que aseguren las condiciones necesarias para su obtención, generalmente se utiliza la glicerina y el ácido acético (Holguin, 2019).

b) Mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*)

El mucílago del nopal (*Opuntia ficus-indica*) es un polisacárido de alto peso molecular. Es un arabinogalactano ramificado. Su composición química es similar a las zonas ramificadas de pectina. Por ello, es probable que los mucílagos y pectinas debido a su composición similar, pueden co-extraerse dependiendo de la metodología y de los tejidos vegetales analizados para ser utilizados como materia prima en la elaboración de plásticos biodegradables (Pascoe *et al.*, 2013).

Diversos estudios afirman, el mucílago del nopal ha sido utilizado para la elaboración de plásticos biodegradables, este procedimiento se ha llevado a cabo de diversas formas, entre las cuales destacan la utilización de aditivos tales como la glicerina y el ácido acético, así como el agregado de otros materiales orgánicos plastificantes como el almidón de maíz o de yuca, entre otros (Moreno *et al.*, 2017).

c) Semillas de mango (*Mangifera indica*)

El mango es un fruto proveniente de la planta (*Mangifera indica*) que posee un fruto en forma ovalada alargada, carnosa, con una semilla en su interior. Las semillas de mango contienen alrededor del 44 % de almidón. Para el aprovechamiento de este almidón, no es necesario comprometer el fruto mismo debido a que todo el almidón se extrae de la semilla, la cual generalmente es desechada. Según un estudio realizado sobre el aprovechamiento de semillas de mango para la elaboración de plásticos biodegradables, éste se encuentra dentro del rango característico en comparación a los almidones de uso común (Ortiz, 2019).

d) Almidón de yuca (*Manihot esculenta*)

El almidón de yuca es uno de los subproductos mayormente utilizado en la localidad puesto que la yuca (*Manihot esculenta*) es un cultivo de constante producción en Ecuador, principalmente en las regiones de Manabí, que sin problema alguno la producen en todas las estaciones (Cobana, 2015). Posee una variedad de propiedades interesantes, como baja gelatinización, claridad y sabor suave, que lo hacen deseable para aplicaciones en industrias alimentarias y no alimentarias (Hernández *et al.*, 2008).

Este producto es uno de los principales utilizados para elaborar plásticos biodegradables. Ruiz (2005) expresa que estos pueden considerarse entre los más resistentes que inclusive se podrían asemejar a los originados por el petróleo. Cabe mencionar que, en ausencia de aditivos, las láminas fabricadas de almidón son frágiles, por ello se le suelen incorporar ciertos insumos que incrementan su flexibilidad y su procesabilidad. Generalmente se utiliza la glicerina, el ácido acético y el agua aunque también se podrían utilizar otros materiales como el ozono (O₃) (Suárez, 2019).

2.5.2.5. DEGRADACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

Zumstein *et al.* (2019) afirman que la degradación de los plástico biodegradables es un proceso que describe la mineralización de las estructuras orgánicas por las micro orgánicas, que convierten los bioplásticos en dióxido de carbono, metano, agua y

biomasa, mismos que se degradan por el fenómeno de la mediación celular (micro organismos, bacterias, enzimas, hongos).

Por su parte, la biodegradabilidad es la capacidad de descomposición de material, convirtiéndose en sub productos como dióxido de carbono, agua, metano, biomasa o componentes orgánicos. Está relacionada con las diferentes estructuras químicas de los materiales utilizados, las cuales son definidas por el origen de la materia prima utilizada. La biodegradabilidad de un compuesto está definida por su estructura química del polímero, las condiciones ambientales a las cuales se encuentra expuesta y su grado de biodegradabilidad, el cual depende de las diferentes condiciones ambientales como el grado de humedad, la presión parcial del oxígeno, temperatura, pH del suelo y la composición de la flora microbiana (Rimac, 2019).

2.5.2.6. INSUMOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

- a) **Glicerol ($C_3H_8O_3$):** El glicerol, conocido generalmente como glicerina, es un polialcohol, un alcohol que posee tres grupos hidroxilos (-OH). Se trata de un compuesto líquido a temperatura ambiente, viscoso (1,5 Pa), incoloro, inodoro y ligeramente dulce. La presencia de los tres grupos hidroxilo le hace ser higroscópico, fácilmente soluble en agua y alcoholes, ligeramente soluble en disolventes orgánicos como éteres y dioxanos, e insoluble en hidrocarburos (Lafuente, 2017).
- b) **Ácido acético diluido (CH_3COOH , CAS 64-19-7):** El ácido acético es un líquido incoloro de olor fuerte similar al vinagre. También puede ser un sólido similar al hielo a temperaturas inferiores a 62 °F (17 °C). Se utiliza en la elaboración de fármacos, tintes, plásticos, aditivos alimentarios e insecticidas. En la elaboración de plásticos biodegradables se suele utilizar esta sustancia ya que junto con la glicerina, da mayor resistencia en el primer ensayo de tracción y elongación a las láminas (Meza *et al.*, 2019).

c) **Agua destilada (H₂O):** El agua es considerada un disolvente universal, ya que es el líquido que más sustancias disuelve, cualidad vinculada a su condición de molécula polar, por ello es indispensable utilizarla durante el procedimiento, ya que permitirá integrar todos los insumos y homogenizar cada una de las muestras (Cordobesas, 2015).

2.5.2.6. FACTORES QUE INFLUYEN EN LA DEGRADACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

La degradación de los plásticos biodegradables puede darse por diversos factores que interactúan entre sí afectando los polímeros de forma física, química o mecánica. Dichas interacciones hacen referencia por ejemplo a las condiciones térmicas que rodean a los materiales y los afectan de muchas maneras alterando su estructura interna y externa (Labeaga, 2018).

Sernaqué *et al.* (2020) mencionan que en aguas naturales o contaminadas, así como en los suelos, la acción de los microorganismos es bastante eficiente debido a la presencia de bacterias tanto aeróbicas como anaeróbicas que tienen un fuerte influjo en la degradación de plásticos biodegradables, por ello, la biodegradación en agua, es posible, en materiales solubles a ella. Usualmente dentro de un rango específico de temperatura que permite que se biodegraden mediante la acción de los microorganismos. La presencia de bacterias en los suelos también contribuye significativamente al aceleramiento de la degradación, la mayoría de bacterias se encuentran en los 30 cm superiores al horizonte del suelo. En el aire, existe una gran cantidad de gases acumulados que tienen un efecto corrosivo como es el caso del dióxido de azufre, que de una u otra manera acelera los procesos de degradación de materiales orgánicos (Roldán, 2019).

2.5.2.7. ENSAYOS DE DEGRADABILIDAD DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES

Los ensayos de degradabilidad de los plásticos biodegradables permiten medir el proceso que se produce cuando los microorganismos consumen algún material, este tipo de ensayos son utilizados para comprobar la biodegradabilidad de los productos en un entorno determinado (Bohigas, 2020).

Por lo general estos ensayos se llevan a cabo en condiciones ambientales controladas y se los puede realizar tanto en aire, suelo y agua. En el caso de los suelos es común que se realice los ensayos en suelos agrícolas, debido a que poseen microorganismos que facilitarían el proceso de biodegradación (Condrea, 2016).

Cuando se realizan ensayos de degradabilidad se los puede llevar a cabo mediante el método gravimétrico, es decir, midiendo la pérdida de masa del material biodegradado en un tiempo determinando, donde es importante considerar las variables como la humedad relativa y la variación de la temperatura. Además, este procedimiento debe ir acorde (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2012).

2.6. LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO

Chuiza *et al.* (2020) manifiestan que las láminas de bioplástico hacen referencia simplemente a láminas plásticas hechas de una planta o algún material biológico en lugar de petróleo, mismas que tienen la capacidad de degradarse en un corto tiempo. Los principales insumos utilizados para la elaboración de las láminas de bioplástico son aquellos que contienen altos porcentajes de almidón, como yuca, papa, semillas de mango, cascara de plátano, entre otros; que le brindan consistencia y plasticidad.

2.6.1. PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS QUE SE MIDEN EN LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES

2.6.1.1. ESPESOR

Se define al espesor de un objeto como la más pequeña de tres medidas generales dadas a un objeto: la altura, el ancho y la longitud. La idea de espesor puede vincularse a la condensación o la densidad de una sustancia. El espesor es sólo una medida dimensional, mientras que el volumen de un objeto es una medida tridimensional. Dado que un objeto simple es un prisma rectangular, si se conocen su volumen y el área de un lado puede calcularse el espesor del objeto (Chuiza *et al.*, 2020).

Es crítico que las unidades del área y el volumen sean las mismas para proporcionar una respuesta correcta, de otra manera el espesor se calcularía de forma incorrecta (Del Castillo, 2016).

2.6.1.2. HUMEDAD

Se define a la humedad como la propiedad que describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes (Tejeda *et al.*, 2018). Algunas de ellas se pueden medir directamente y otras se pueden calcular a partir de magnitudes medidas. La manera más eficiente de medir la humedad es usando un higrómetro, que es el aparato que calcula el porcentaje de vapor de agua en el aire, ya sea en exteriores o en interiores (Martines, 2017).

2.6.1.3. SOLUBILIDAD

La solubilidad es la capacidad de una sustancia de disolverse en otra llamada disolvente. También hace referencia a la masa de soluto que se puede disolver en determinada masa de disolvente, en ciertas condiciones de temperatura, e incluso presión (Rodríguez, 2017).

2.6.1.4. VISCOSIDAD

La viscosidad se refiere a la resistencia que poseen algunos líquidos durante su fluidez y deformación. Por tanto, la viscosidad es una de las principales características de los líquidos, y se determina de la siguiente manera: mientras más resistencia posee un líquido para fluir y deformarse, más viscoso es (Jiménez, 2017).

Para Ortiz y Cruz (2022), existirá una mayor o menor viscosidad según la resistencia que hagan las moléculas o las partículas que conforman un líquido al momento de separarse o deformarse. A mayor fuerza de adherencia de las moléculas, mayor viscosidad.

2.6.1.5. DENSIDAD

Quijano y Melo (2020) mencionan que la densidad es una magnitud escalar que permite medir la cantidad de masa que hay en determinado volumen de una sustancia, esta es una de las propiedades físicas de la materia, y puede observarse en sustancias en sus distintos estados.

Dentro de las áreas de química y física, la definición del término dentro de un enfoque del material químico, líquido o gaseoso hace juego con su etimología, es decir, se basa en la relación entre la masa y el volumen (Segura, 2017).

2.6.1.6. RESISTENCIA AL AGUA O FILTRACIÓN

Fierro *et al.* (2017) afirman que mediante esta propiedad se mide la capacidad de las láminas para resistir cierta cantidad de agua sin que se vean afectadas o se rompan, también detalla que esta propiedad se asemeja a la permeabilidad, ya que esta es la capacidad que posee un material para permitir que un fluido lo atraviese sin cambiar su estructura interna. Por su parte Carlosama (2020) afirma que un material es permeable si deja pasar a través de él una cantidad apreciable de fluido en un tiempo dado, e impermeable si la cantidad de fluido es despreciable.

2.6.1.7. ELONGACIÓN

Vettorel *et al.* (2019) manifiestan que la elongación hace referencia a un movimiento o situación en donde se produce un aumento de la masa longitudinalmente de una estructura, es decir, un material, objeto o elemento conformante de un sistema sufre proceso de estiramiento constante, este término puede ser utilizado en distintas áreas.

La idea de elongación también se emplea en el ámbito de la mecánica para nombrar al alargamiento de un material que se somete a un esfuerzo de tracción. De esta forma, la elongación es la magnitud que refleja cómo se incrementa la longitud de algún objeto en cuestión antes de romperse. Este alargamiento es expresado como un porcentaje respecto a la longitud del objeto en el momento inicial (Silva, 2022).

2.6.1.8. RESISTENCIA A LA TENSIÓN

Martínez (2016), exponen que el concepto de tensión se introduce en la resistencia de materiales, para intentar explicar el comportamiento interno de los cuerpos sometidos a esfuerzos. Se define la tensión como la fuerza que actúa en cada unidad de superficie. Si la fuerza actuante no es perpendicular a la superficie, siempre se puede descomponer en una componente normal y otra contenida en la superficie (Valdés *et al.*, 2020).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en el Laboratorio de Química Ambiental del Área Agroindustrial de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, sitio “El Limón”, parroquia Calceta, provincia de Manabí; coordenadas UTM WGS-84 Easting: 590597.66, Northing: 9908504.89.

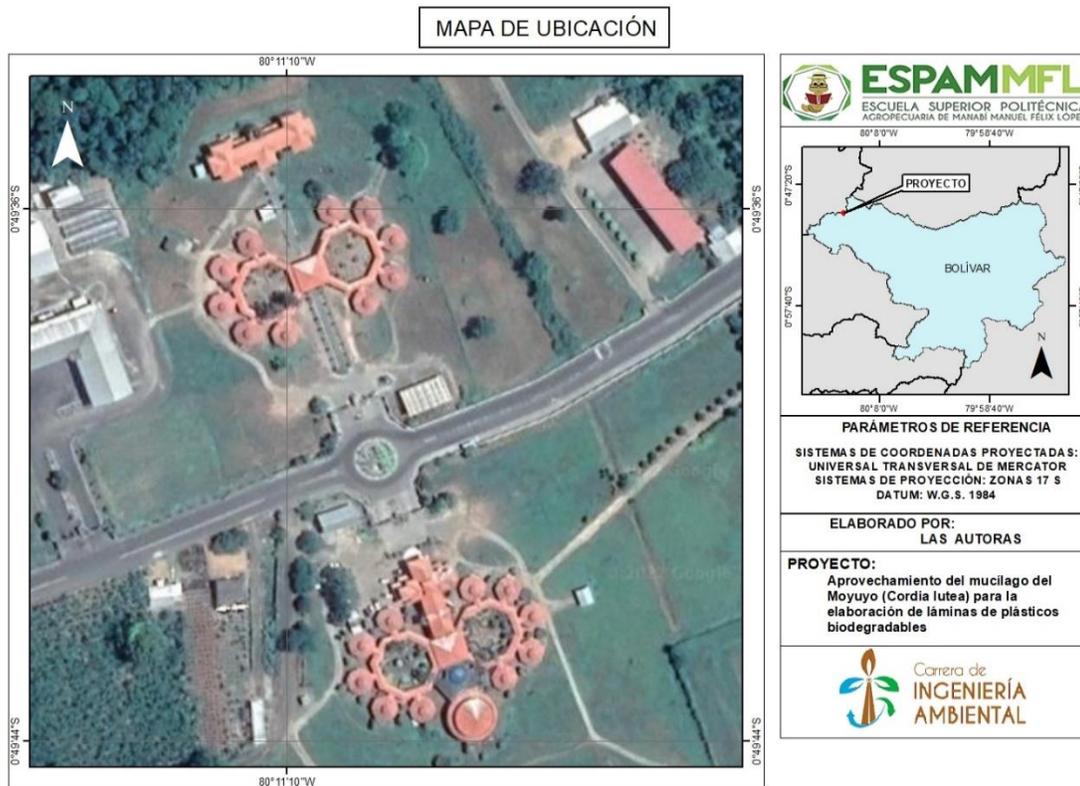


Figura 3.1. Mapa de ubicación donde se llevó a cabo la investigación.

Fuente. SNI y Google Earth, (2022).

3.2. DURACIÓN

La investigación tuvo una duración de nueve meses a partir de su aprobación, correspondientes al periodo de planificación entre los meses de octubre 2021 a enero de 2022 y el periodo de ejecución desde el mes de mayo hasta agosto de 2022.

3.3. MÉTODOS

A lo largo de la investigación se utilizaron diversos métodos, que servirán para el desarrollo y procesamiento de los datos obtenidos en la investigación. El método deductivo hace referencia a la orientación que va de lo general a lo específico; es decir, que partes de un enunciado general del que se fueron desentrañando elementos específicos (Dávila, 2006) y finalmente, el método bibliográfico se caracterizó por la utilización de los datos secundarios como fuente de información, este permitió identificar y acceder a la información pertinente de acuerdo al tema y de tal manera, sustentar de manera científica los procedimientos que se llevaron a cabo durante el desarrollo de la investigación (Tippelt y Lindemann, 2001).

3.4. TÉCNICAS

3.4.1. OBSERVACIÓN

La observación se define como una técnica que mediante la aplicación de ciertos recursos permite la organización, coherencia y economía de los esfuerzos realizados durante el desarrollo de una investigación; de esta forma, esta técnica tendrá una organización y una coherencia dependiente al método utilizado (Fabbri, 2020). En este caso, sirvió para determinar de forma cualitativa las propiedades físicas de las láminas de bioplástico.

3.4.2. EXPERIMENTACIÓN

Esta técnica consistió en manipular conscientemente las variables de manera que se pudieran observar los resultados o efectos de dicha manipulación sobre otras variables (Universidad Internacional de Valencia [VIU], 2018). La experimentación se realizó en el laboratorio de Química Ambiental de la ESPAM MFL, donde se pudo tener un control de las condiciones que podrían alterar la o las muestras.

3.4.3. ENCUESTA

La encuesta es una técnica que se caracteriza por utilizar una serie de procedimientos estandarizados, a partir de cuya aplicación se recogen, procesan y analizan un conjunto de datos de una muestra estimada como representativa de una población y a su vez, permite recabar información específica, con preguntas objetivas a fin de obtener respuestas concretas sobre las generalidades del moyuyo (*Cordia lutea*) a nivel local (Díaz *et al.*, 2013).

3.4.3.1. POBLACIÓN Y MUESTRA

Tomando como referencia el muestreo aleatorio simple, las encuestas se realizaron en 10 comunidades del cantón Bolívar, específicamente a 3 personas por cada comunidad, siendo estas una persona mayor a 50 años, un líder comunitario y una persona menor a 25 años con el propósito de obtener información de cómo se distribuía el moyuyo (*Cordia lutea*) anteriormente y en la actualidad a nivel local.

3.4.4. TÉCNICAS ESTADÍSTICAS

El análisis estadístico se llevó a cabo mediante el programa InfoStat versión 2020 a un nivel de significancia del 95 %, Software de Análisis Estadístico SPSS Versión 2019 y Microsoft Excel Versión 2016, mediante los cuales se logró resumir y sintetizar los datos obtenidos facilitando la comprensión de los mismos (Penna, 2010). Se utilizó la estadística descriptiva, la cual permitió recopilar y tabular los de datos numéricos con base a las pruebas que se desarrollaron, en función de las variables de estudio.

Adicionalmente, utilizando la estadística inferencial, se realizaron las siguientes pruebas: Análisis de varianza (ANOVA), supuestos del ANOVA, pruebas múltiples de media - Tukey, a un 5 % de significancia y correlación de variables.

3.5. UNIDAD EXPERIMENTAL

Se aplicaron cuatro tratamientos con diferentes concentraciones del mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*), constaron de tres repeticiones cada una (tabla 3.1), dando

como resultado un total de doce unidades experimentales, estas se ubicaron en vasos de precipitación de 250 ml. Los cuatro insumos que se incluyeron fueron el almidón de yuca, el glicerol, el ácido acético diluido y el agua destilada, mismos que tuvieron las mismas concentraciones en todos los tratamientos (tabla 3.2.).

Tabla 3.1. Descripción de la conformación de las unidades experimentales.

Tratamientos	Concentraciones de Mucílago de moyuyo (ml/l)	Repeticiones
T ₁	10	3
T ₂	15	3
T ₃	20	3
T ₄	25	3

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Tabla 3.2. Insumos utilizados en la elaboración del experimento (anexo 5-A).

Insumo	Concentración (mg/l)
Glicerol	6 ml
Ácido acético diluido	4 ml
Almidón de yuca	30 g
Agua	60 ml

Fuente. Pizá et al., (2017).

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la investigación, los tratamientos estuvieron expuestos a unidades experimentales en condiciones homogéneas, lo que quiere decir que todo el mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*) se extrajo siguiendo el mismo procedimiento y utilizando los mismos materiales, teniendo solo como factor de clasificación los tratamientos y la asignación de ellos a las unidades experimentales por lo que se decidió, aplicar el Diseño Completamente al azar (DCA) (Lara, 2013).

Se aplicó el ANOVA (tabla 3.3) y se verificó el cumplimiento de los supuestos (Gutiérrez, 2012).

- Normalidad.
- Homogeneidad de varianza (Homocedasticidad).

Tabla 3.3. Fuente de variación y grados de libertad del DCA.

Fuente de variación	GL
Tratamiento	3
Error	8
Total	11

Fuente. Jaime, (2019).

3.7. VARIABLES A MEDIR

3.7.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Concentración de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*).

3.7.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Características fisicoquímicas de las láminas de bioplástico.
- Grado de biodegradabilidad.

3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO

3.8.1. FASE I: DIAGNOSTICAR LAS PROPIEDADES DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

Actividad 1. Revisión bibliográfica sobre las generalidades del moyuyo (*Cordia lutea*)

La revisión bibliográfica, sirvió de base para llevar a cabo la investigación de manera apropiada, esta permitió conocer los aspectos más importantes relacionados al tema en cuestión como su distribución a nivel local, características físicas del fruto, composición química y su nivel de plasticidad. En este caso permitió conocer a profundidad las generalidades del moyuyo (*Cordia lutea*), su distribución geográfica, estado de conservación, principales utilidades en la industria, entre otros (Peña, 2010).

Actividad 2. Encuesta

Se realizaron las encuestas a un total de 30 personas en 10 comunidades del cantón Bolívar elegidas de forma aleatoria, es decir, 3 encuestados por cada comunidad. En cada comunidad los encuestados fueron una persona mayor de 50 años, un líder comunitario y una persona menor de 25 años, con ello, se obtuvo información local de las generalidades del moyuyo (*Cordia lutea*) (anexo 1-A).

Actividad 3. Recolección del fruto del moyuyo (*Cordia lutea*)

La recolección del fruto del moyuyo (*Cordia lutea*) (anexo 2), se llevó a cabo en el cantón Bolívar en el mes de mayo de 2022, específicamente en el sitio Platanales de la ciudad de Calceta, lugar donde abunda dicha planta. Para ello se utilizaron machetes, palancas, cartón, cestos, ente otros. Cabe mencionar que el moyuyo (*Cordia lutea*) se encuentra a lo largo de la región de la costa sur occidental de Ecuador, en bosques secos dentro de las Provincias del Oro, Guayas, Santa Elena y Manabí (Muñoz *et al.*, 2019).

Actividad 4. Análisis fisicoquímico del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*)

Dentro del análisis fisicoquímico del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*), se determinó lo siguiente (tabla 3.4.):

Tabla 3.4. Parámetros y métodos para el análisis fisicoquímico.

Parámetros	Métodos
pH	Método potenciométrico
Porcentaje de humedad	Método gravimétrico
Acidez total	Método volumétrico
Viscosidad	Método biobase
Solubilidad	Método de gravimétrico
Color	Método colorimétrico
Densidad	Método del picnómetro

Fuente. Morocho, (2019).

- a) pH:** Para determinar el valor el pH de forma cuantitativa, se utilizó un potenciómetro (Lage, 2018). Se colocó el electrodo dentro del recipiente con la muestra. Luego con la ayuda de tirillas de pH se corroboró cualitativamente el valor obtenido.
- b) Porcentaje de Humedad:** Para determinar el porcentaje de humedad se realizó dos veces el mismo procedimiento de tal manera que los datos obtenidos sean similares y evitar errores, estos datos al final fueron promediados obteniendo un solo valor. Primero se pesó en 2 caja Petri 2 g de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*) distribuido completamente en cada una de las cajas (previo a esto las placas petri fueron pesadas vacías). Luego fueron llevadas a la estufa, previamente calentada a 135 °C durante 2 horas. Luego de las 2 horas transcurridas las cajas fueron llevadas al desecador durante 30 min, para regular la temperatura antes de proceder a pesar (García y Fernández, 2012). Una vez obtenido el peso seco, con dichos valores se aplicó la siguiente formula:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{[(PCPV + PM) - (PCPDE)]}{PM} * 100 \quad [3.1]$$

Donde:

PCPV = Peso de la caja Petri vacía

PCPDE = Peso de la caja Petri después de la estufa

PM = Peso de la muestra

- c) Acidez Total:** Para determinar la acidez total se efectuó la dilución de 2 g de la muestra en 50 ml de agua destilada y se le agregó 3 gotas de fenolftaleína al 0,1 %. Luego, se fue agregando gota a gota NaOH hasta que la disolución cambiara a una tonalidad rosada. Cuando se observó el cambio de color, se cerró la bureta y se midió la cantidad de NaOH requerida (Rodríguez *et al.*, 2016). Con estos valores se utilizó la siguiente fórmula, con la cual se obtuvieron los resultados esperados:

$$\text{Porcentaje de acidez} = \frac{\text{Consumo de NaOH} * \text{Normalidad} * \text{Miliq químico} * 100}{\text{Peso de la muestra}} \quad [3.2]$$

- d) Viscosidad:** Para determinar este parámetro, se colocó en un vaso de precipitación 250 ml de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*), en el cual fue sumergido el husillo del viscosímetro por un minuto a 60 rpm (Jiménez, 2014).
- e) Solubilidad:** Se pesaron 23 g me mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*), luego se colocaron en un vaso de precipitación de 100 ml y se le añadieron 50 ml de agua destilada, seguidamente se lo llevó a la plancha junto con una bala magnética por 1 hora a temperatura de 25°C a 200 rpm. Una vez transcurrida la hora, con la ayuda de un embudo y una tela lino, se separó el mucílago que no se diluyó del agua. Se pesó esa fibra con la ayuda de la balanza y se llevó a la estufa a 105 °C por una hora. Transcurrido este tiempo se retiró la placa de la estufa y se llevó al desecador por un periodo de 25 a 30 min (Salazar, 2016). Finalmente se pesó el contenido de la placa y con dichos valores se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de Solubilidad} = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100 \% \quad [3.3]$$

Donde:

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final

- f) Color:** Para evaluar este parámetro se realizó una dilución de 1 g de la muestra en 100 ml de agua destilada y se procedió a homogenizarla con la ayuda de una varilla de vidrio. Seguidamente se tomaron 10 ml de la dilución y se colocaron en un tubo de ensayo para su posterior análisis. Con la ayuda de un espectrofotómetro (Rojas, 2022), se determinó el color del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*).
- g) Densidad:** Se calculó la densidad mediante el método del picnómetro (Atarés, 2013), considerando el peso del picnómetro vacío, el peso del picnómetro con agua destilada y el peso del picnómetro con la muestra de moyuyo (*Cordia lutea*). La fórmula utilizada es la siguiente:

$$\rho_{27^{\circ}C} = \frac{m3 - m1}{m2 - m1} \quad [3.4]$$

Donde:

$m1$ = peso del picnómetro vacío

$m2$ = peso del picnómetro con agua destilada

$m3$ = peso del picnómetro con muestra

3.8.2. FASE II: DETERMINAR LA MEJOR CONCENTRACIÓN DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*) PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES

Actividad 1. Extracción del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*)

En esta actividad se realizó la separación del mucílago de la cascarilla y de la semilla. Utilizando guantes, se exprimieron los frutos de forma manual y se colocó el mucilago en un colador, de tal manera se eliminaron las impurezas hasta que se visualizó una sustancia más transparente y así se logró continuar con el proceso (Álvarez y Soria, 2016).

Actividad 2. Elaboración de láminas de plástico biodegradables

Tomando como referencia la metodología utilizada por Moreno *et al.* (2017), se elaboraron las láminas de plástico biodegradables ubicando en 4 planchas de calentamiento, 4 vasos de precipitación con 30 g de almidón de yuca y 60 ml de agua destilada en cada uno, seguidamente se introdujo una bala magnética en cada uno de ellos a 500 rpm a temperatura ambiente por 5 minutos para que se diluya el almidón. Pasados los 5 minutos y observando una mezcla homogénea se procedió a subir la temperatura progresivamente de 80 °C a 110 °C en el transcurso de 7 minutos y se agregó 4 ml de ácido acético diluido en cada una de las mezclas.

Posteriormente, se siguió incrementando la temperatura hasta llegar a 130 °C y se agregaron las diferentes concentraciones de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*) en

cada uno de los vasos de precipitación, siendo estas: 10 ml, 15 ml, 20 ml y 25ml. Habiendo transcurrido un total de 20 minutos, se procede a colocar 6 ml de glicerol en cada uno de los tratamientos, se retira la bala magnética y se comienza a mezclar de forma manual con una espátula hasta observar una sustancia sumamente viscosa y transparente.

Inmediatamente, se colocaron los tratamientos en las Cajas Petri, se esparcieron lo más uniforme posible y se rotularon. Luego se llevaron a la estufa al vacío a 30 °C en un tiempo de 24 horas (Pizá *et al.*, 2017). Transcurridas las 24 horas se retiraron suavemente de las Cajas Petri.

Para comprender de mejor manera el procedimiento se presenta el siguiente diagrama de flujo:

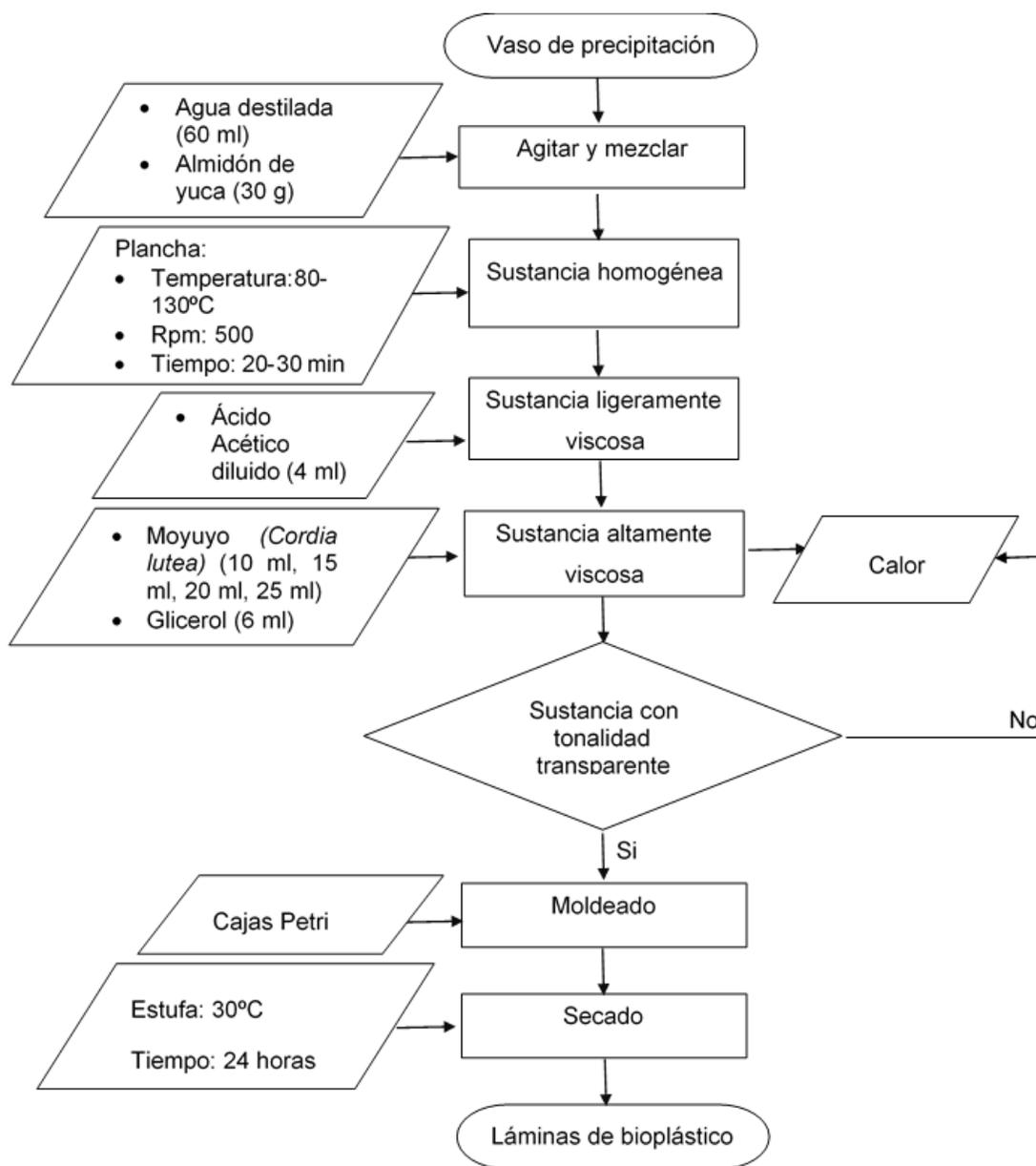


Figura 3.2. Diagrama de proceso de elaboración de láminas de plástico biodegradables.
Fuente: Cedeño y Gilces, (2022).

Actividad 3. Análisis de las propiedades fisicoquímicas las láminas de plástico biodegradables

Esta actividad permitió evaluar las diferentes características de cada una de las muestras de plástico biodegradable obtenido, donde se incluyeron las siguientes propiedades fisicoquímicas:

Tabla 3.5. Propiedades fisicoquímicas de las láminas de plástico biodegradables.

Propiedades fisicoquímicas	Método
Espesor	Método vernier
Resistencia al agua (filtración)	Método volumétrico
Resistencia a la tensión	Método texturométrico
Elongación	Método texturométrico
Humedad	Método gravimétrico
Solubilidad	Método gravimétrico

Fuente. Cajamarca, (2017).

- a) **Espesor:** Esta propiedad se midió a través de un calibrador Starrett pie de rey de apreciación 0,002 mm de nonio 1/50, considerando el punto centro de la lámina (Lema y Manzo, 2021).
- b) **Resistencia al agua (filtración):** Se determinó siguiendo el método cualitativo descrito por Moreno (2015). Las películas con un área de 36 cm², se fijaron en la superficie de un vaso de precipitación y sobre estas se colocó a una distancia de 20 cm una bureta con agua destilada. Se registró el tiempo en que se rompieron las láminas y los ml que filtraron la lámina, el tiempo que duró este experimento fue de 72 horas.
- c) **Resistencia a la tensión:** Para evaluar la resistencia a la tensión se procedió a cortar las láminas en rectángulos de 3x8 cm aproximadamente. Luego de esto cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones fueron colocadas en un texturómetro marca Shimadzu modelo EZ-LX, en donde se midió el aumento de longitud de las láminas al momento de ser sometidas a una fuerza de tracción hasta alcanzar una ruptura. La resistencia a la tensión se determinó utilizando el software TRAPEZIUM X. Según la metodología propuesta por (Santacruz *et al.*, 2015).

- d) Elongación:** Al igual que la resistencia a la tensión, para la elongación se utilizó el texturómetro marca Shimadzu modelo EZ-LX, en donde se midió el aumento de longitud de las láminas al momento de ser sometidas a una fuerza de tracción hasta alcanzar una ruptura. La elongación se determinó utilizando el software TRAPEZIUM X (Santacruz *et al.*, 2015).
- e) Humedad:** Este parámetro se determinó pesando en 2 caja Petri 2 g de láminas de bioplástico (previo a esto las placas petri fueron pesadas vacías). Luego fueron llevadas a la estufa, previamente calentada a 135 °C durante 2 horas. Luego de las 2 horas transcurridas las cajas fueron llevadas al desecador durante 30 min, para regular la temperatura antes de proceder a pesar (García y Fernández, 2012). Los resultados se obtuvieron utilizando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{[(PCPB + PM) - (PCPDE)]}{PM} * 100 \quad [3.5]$$

Donde:

$PCPV$ = Peso de la caja Petri vacía

$PCPDE$ = Peso de la caja Petri después de la estufa

PM = Peso de la muestra

- f) Solubilidad:** Para determinar la solubilidad, se utilizó una porción de 2x2 cm de la lámina, se la colocó en un vaso de precipitación de 100 ml, añadiendo 50 ml de agua destilada, se la llevó a la plancha de calentamiento por 1 hora a temperatura de 25°C. Se mezcló la sustancia con una bala magnética a 200 rpm. Una vez transcurrida la hora, se retiró la lámina del agua, se pesó en la balanza y se llevó a la estufa a 105 °C por una hora. Transcurrido este tiempo se retiró la lámina de la estufa y se llevó al desecador por un periodo de 25 a 30 min (Salazar, 2016). Finalmente se pesó la lámina y con dicho valore se aplicó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{Pi - Pf}{Pi} x 100 \% \quad [3.6]$$

Donde:

P_i = Peso inicial

P_f = Peso final

Cabe mencionar, que este procedimiento se lo realizó para cada uno de los tratamientos y sus respectivas repeticiones.

3.8.3. FASE III. ESTIMAR LA EFECTIVIDAD DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES MEDIANTE UN ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD BAJO CONDICIONES CONTROLADAS

Actividad 1. Ensayo de biodegradabilidad

Finalmente, el último paso de la presente investigación fue la verificación de efectividad de las láminas elaboradas mediante un ensayo de biodegradabilidad el cual fue adaptado a la presente investigación de acuerdo al método utilizado por Sernaqué *et al.* (2020), donde se colocó las láminas en un suelo agrícola con un 30,98 % de humedad inicial a una profundidad de 20 cm.

Las condiciones ambientales fueron controladas en una caja de espuma Flex cubierta en su totalidad para evitar alteraciones por factores externos. En ella, colocó un foco de 25 Watts de potencia, el cual generaba un nivel de iluminación promedio de 494,33 lm (Lux). Así mismo, durante todo el proceso se obtuvo una temperatura promedio de 25 °C y un porcentaje de humedad relativa promedio de 60 %. Con ello, se observaron los cambios presentados por las muestras durante un periodo de 36 días con revisiones periódicas cada 6 días donde se retiraban las láminas, se limpiaban y se pesaban.

Cabe mencionar que el porcentaje de humedad del suelo fue disminuyendo progresivamente con el pasar de los días hasta llegar a 19,59 %. Los resultados obtenidos se representaron mediante un gráfico de dispersión que permitió observar la biodegradabilidad en cuanto a la pérdida de peso respecto al tiempo de degradación.

Este procedimiento se realizó siguiendo la NTE-INEN 2642:2012, la cual expone el método de ensayo para determinar la degradación aeróbica en el suelo de los materiales plásticos o materiales plásticos residuales después de compostaje (INEN, 2012).

3.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el desarrollo de la investigación, se realizaron los análisis estadísticos utilizando el software InfoStat versión 2020, SPSS versión 2019 y Microsoft Excel versión 2016, programas que agilitaron el procesamiento de datos. Para ello se consideró lo siguiente (Zambrano y Lynch, 2021):

- a) **Estadística descriptiva:** La estadística descriptiva permitió recopilar los datos obtenidos y tabularlos, además de presentarlos en tablas y gráficos, de tal manera que se pudo evidenciar de forma visual las diferencias entre cada unidad experimental.
- b) **Prueba de normalidad de datos:** Se realizó el test de Shapiro Wilks, para determinar que los datos de las variables de interés cumplieran con una distribución normal.
- c) **Prueba de homocedasticidad:** Esta prueba se compararon las muestras basándose en la mediana para determinar cuáles poseen la misma varianza.
- d) **ANOVA al 95 % de significancia (DCA):** Permitted determinar si existió significancia entre los tratamientos, además de evaluar la hipótesis planteada.
- e) **Pruebas múltiples de media (Tukey al 95 % de significancia):** A través de esta prueba, se logró identificar las medias de las variables de estudio diferentes y categorizar los tratamientos, determinando las diferencias estadísticamente significativas.
- f) **Prueba de Kruskal-Wallis:** Es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población.
- g) **Prueba múltiple Games-Howell:** Es una prueba de comparación por pares que se utiliza cuando las varianzas son desiguales.

h) Correlación entre variables: Se realizó la correlación de Pearson entre cada una de las variables cualitativas inmersas en el estudio.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1. DIAGNÓSTICO DE LAS PROPIEDADES DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

4.1.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SOBRE LAS GENERALIDADES DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

Rodríguez *et al.* (2011) expresan que un mucílago es una sustancia altamente viscosa, que, al combinarse con ciertos aditivos, en especial con el almidón, se convierte en una sustancia plastificante de las que se puede obtener como resultado un plástico flexible, con una ligera pigmentación semitransparente.

El moyuyo (*Cordia lutea*), es un arbusto caducifolio de la familia Boraginaceae que produce una baya translúcida, elíptica, con una pulpa blanquecina y pegajosa (Castro, 2019). Se ha reconocido que la goma de Cordia, un polisacárido aniónico, produce películas transparentes y flexibles con una excelente barrera al oxígeno (Quinde, 2020) y propiedades emulsionantes (Veliz, 2022).

Por otra parte, Castro (2011) sostiene que el moyuyo crece y se distribuye únicamente en bosques secos, tropicales, y florece dos veces al año, generalmente en los cambios de época. En este tiempo, se pueden cosechar hasta 2000 frutos aproximadamente en una sola planta, aunque estos valores podrían variar dependiendo del tamaño de estas. En la actualidad no existen cultivos agrícolas del moyuyo (*Cordia lutea*), esta planta crece únicamente de forma silvestre, esto debido a que todavía no se le ha dado una utilidad a gran escala.

El fruto del moyuyo, en su total madurez, puede alcanzar hasta los 4 cm de diámetro y contener hasta 4 ml de mucílago, además, está constituido químicamente de la siguiente manera (tabla 4.1.):

Tabla 4.1. Composición química del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*).

Componentes	Resultados
Proteínas	3,26 %
Cenizas	1,52 %
Grasas	0,05 %
Humedad	88,91 %
Fibra	No contiene
Carbohidratos	6,26 %

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

4.1.2. ENCUESTA

A partir de la encuesta realizada a las 30 personas sobre las generalidades del moyuyo (*Cordia lutea*), se obtuvieron los siguientes resultados (anexo 1-B, 1-C, 1-D y 1-E):

a) Pregunta 1. ¿Conoce usted el moyuyo (*Cordia lutea*)?

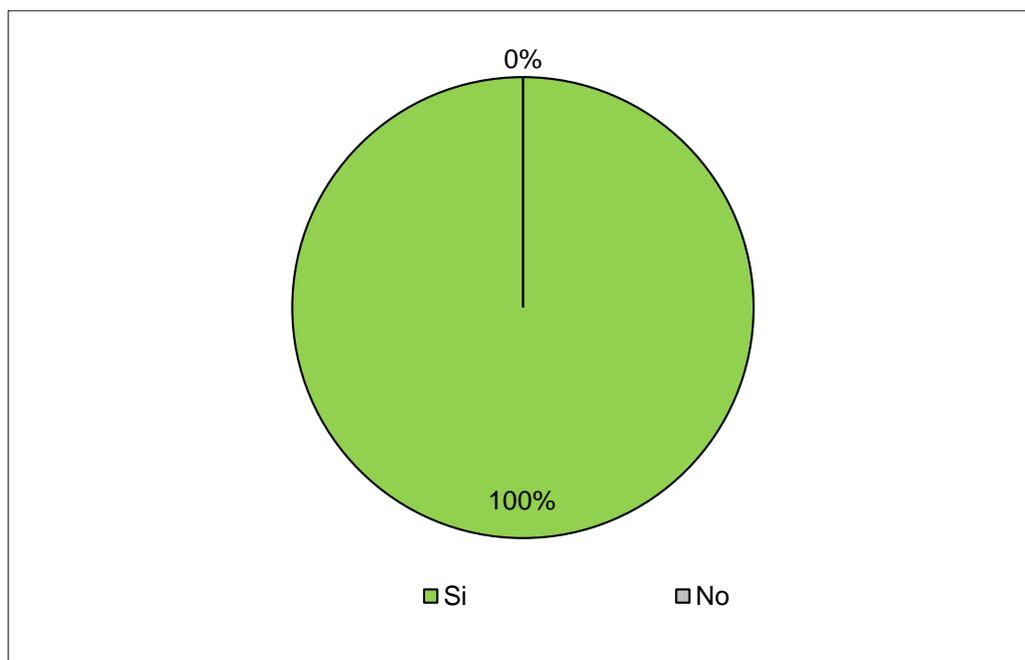


Gráfico 4.1. Personas que conocen el moyuyo (*Cordia lutea*).

El 100 % de la población encuestada contestó de manera afirmativa, ya que al ser el moyuyo (*Cordia lutea*), un cultivo propio de la zona la mayoría de las personas, lo conocen, lo han utilizado o han escuchado hablar de él. Esta información es

confirmada por lo expuesto por Veliz (2022) el cual menciona que el *Cordia lutea* se encuentra distribuido en zonas costeras del Ecuador, conocido con el nombre de moyuyo en las Provincias de Manabí, Esmeraldas y Guayas; a excepción de Loja donde lo llaman overal; las condiciones favorables para este arbusto es en climas cálidos y bosques secos, característicos de la zona de estudio.

b) Pregunta 2. Dentro de la comunidad ¿Dónde se distribuye el moyuyo (*Cordia lutea*)?

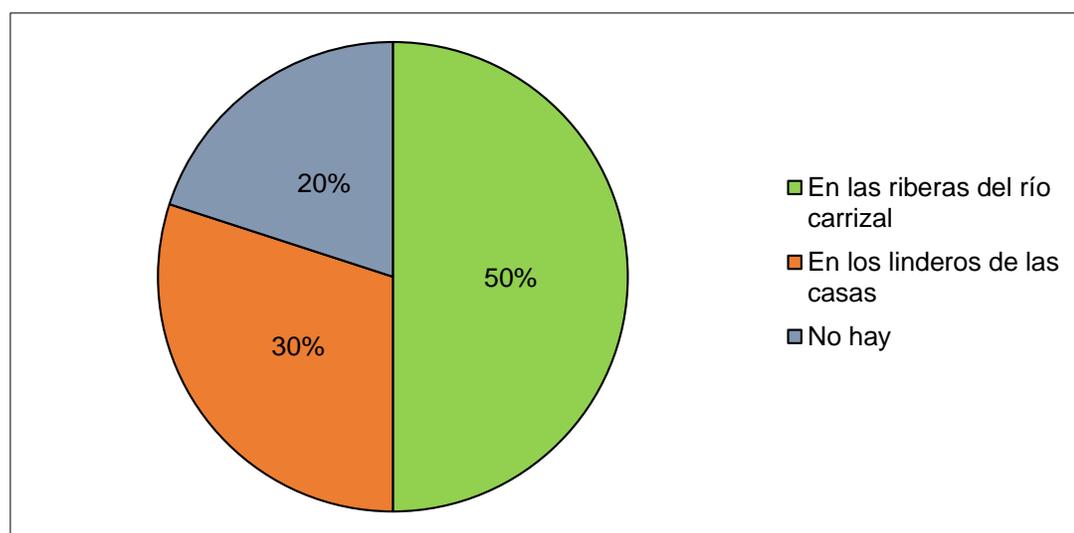


Gráfico 4.2. Distribución del moyuyo (*Cordia lutea*) por comunidad.

El 50 % de la población encuestada manifestó que, en su comunidad o barrio, el moyuyo (*Cordia lutea*) se distribuye en las riberas del río, el 30 % respondió que se lo encuentra en los linderos y el 20 % afirma que no hay cultivos de la planta cerca de su comunidad. Dentro del área de estudio se pudo observar a simple vista, las comunidades donde hay mayor existencia de la planta son Platanales y La Juanita.

Generalmente este tipo de arbusto crece y se desarrolla en zonas boscosas con características climáticas cálidas y cerca de los ríos, así como *Cordia alladoria* la cual pertenece a la misma familia (Quinatoa, 2018). Por su parte Gómez *et al.* (2012) mencionan en su investigación que en Colombia las especies de *Cordia* por lo general se encuentran como linderos o corrales.

c) Pregunta 3. ¿Cuáles son las utilidades más comunes que usted considera que se le pueda dar al fruto del moyuyo (*Cordia lutea*)?

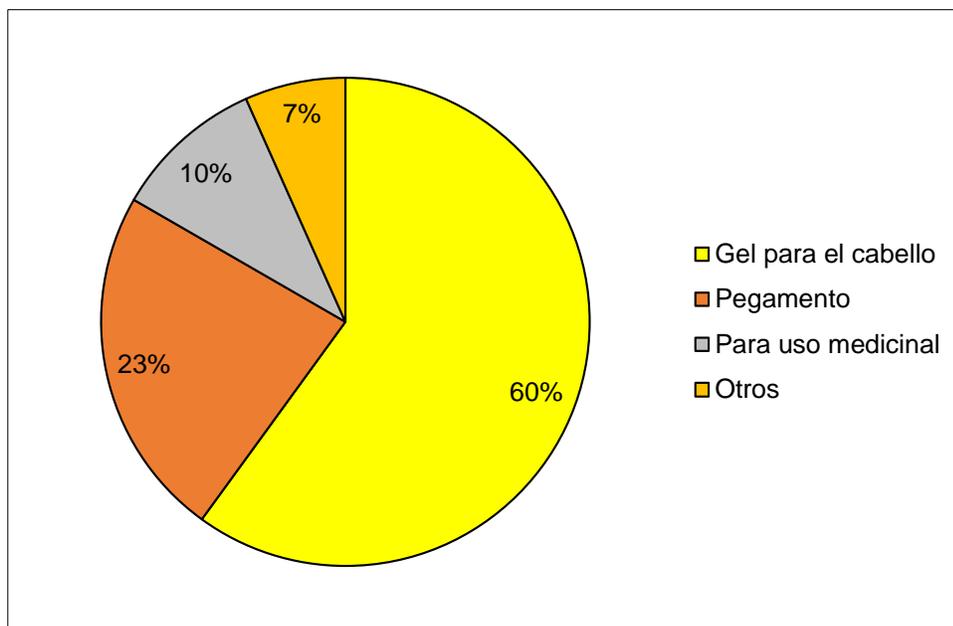


Gráfico 4.3. Utilidades del moyuyo (*Cordia lutea*).

El 60 % de la población encuestada, suele utilizar o utilizaba el moyuyo (*Cordia lutea*) como gel para el cabello, el 23 % como pegamento, ya sea para uso escolar o para manualidades. El 10 % lo suele utilizar para uso medicinal, aunque las personas que hicieron esta afirmación se referían a la flor de la planta y a las hojas, no al fruto como tal. Finalmente, el 6 % dieron a conocer que lo solían utilizar para otros fines, tales como hidratante para la piel o como estaca en el campo. De la misma manera, el extracto de moyuyo se ha considerado como un gel que tiene buenas propiedades de adhesión, por lo tanto, es un candidato ideal para películas y recubrimientos, así se ha reconocido a la goma del género *Cordia*, como un polisacárido aniónico que produce películas transparentes y flexibles con una excelente barrera al oxígeno, y que ayuda a mejorar las propiedades de pegado, térmicas, reológicas y de textura (Rodríguez y Zambrano, 2021).

d) Pregunta 4. ¿Alguna vez ha utilizado el moyuyo (*Cordia lutea*)?

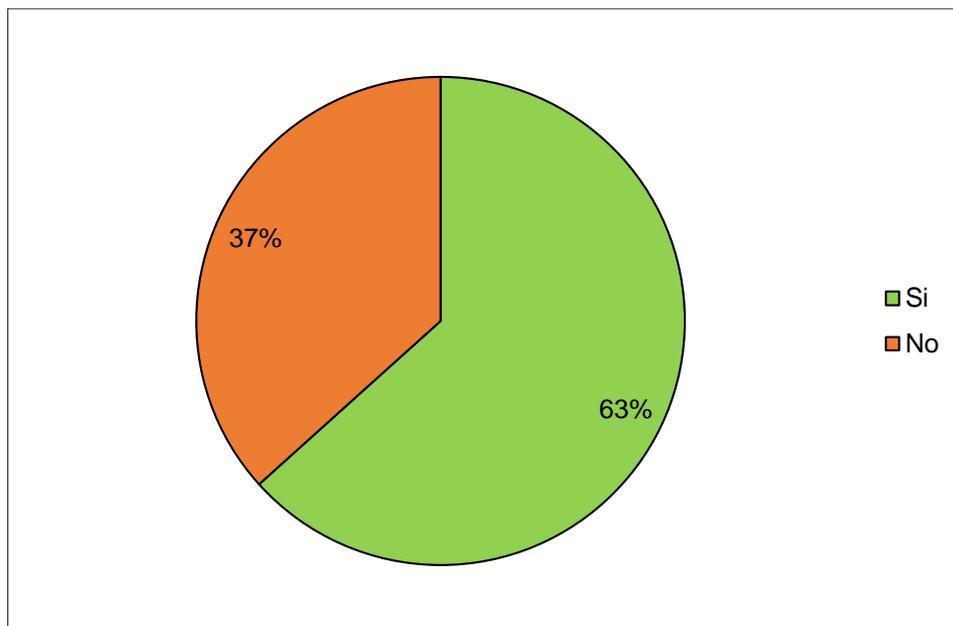


Gráfico 4.4. Personas que han utilizado el moyuyo (*Cordia lutea*).

El 63 % de las respuestas fueron afirmativas, en su mayoría por personas de edad avanzada, ya que anteriormente se utilizaba el moyuyo (*Cordia lutea*) con mayor frecuencia y el 37 % de la población encuestada, dieron a conocer que no habían utilizado el fruto del moyuyo (*Cordia lutea*) para ningún fin. En la investigación de Castro (2019), fue aplicado como recubrimiento comestible el moyuyo en conjunto con el quitosano, con efecto antimicrobiano el cual mostró inhibición microbiana frente a las cepas de (*Rizophus sp*, *Aspergillus sp*, y *Penicillium sp*,) siendo más efectivo contra *Rizophus sp*. El moyuyo tiene muchas propiedades medicinales que involucran hojas, flores y fruto. Es conocido que la goma del fruto del moyuyo es utilizado como fijador del cabello y con el mismo se prepara un jarabe para el dolor de cabeza (Castro, 2015).

En la actualidad las personas que viven en las zonas rurales costeras solo la utilizan como goma en reemplazo de la goma blanca industrial para realizar varias manualidades y como gel para el cabello en algunos cantones de la provincia de Manabí (Quinde, 2020). En la investigación de Rojas *et al.* (2020), se comprobó que el extracto etanólico de *Cordia lutea* tiene efecto quimiopreventivo sobre el cáncer de próstata inducido por NMU en ratas. Es probable que los flavonoides quercetina y

rutina del extracto de *Cordia lutea*, por sus propiedades antiinflamatorias, antiangiogénicas, apoptóticas y antioxidantes, sean en parte responsables del efecto antineoplásico.

e) Pregunta 5. En caso de haber utilizado ¿Cuántos frutos de moyuyo (*Cordia lutea*) requiere para llevar a cabo esta actividad?

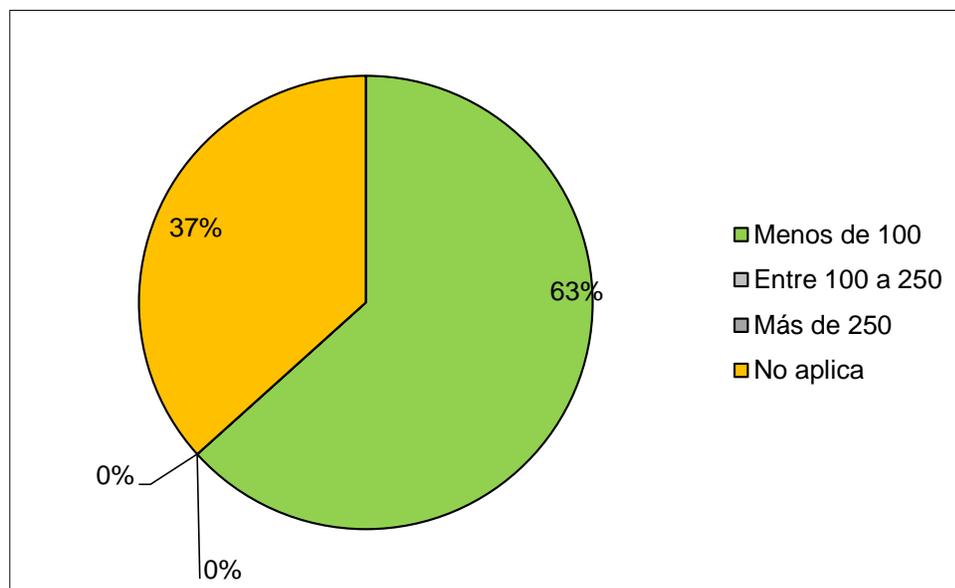


Gráfico 4.5. Cantidad de frutos requeridos para darle una utilidad al moyuyo (*Cordia lutea*).

De igual manera, el 63 % de personas que han utilizado el moyuyo (*Cordia lutea*), dan a conocer que han necesitado menos de 100 frutos para llevar a cabo la actividad y para el 37 % de la población, no aplica esta pregunta, ya que no lo han utilizado al igual que Quinde (2020) indica en su investigación que este fruto no es consumido ya sea por falta de conocimiento o por su alta viscosidad.

A diferencia de Castro (2015), para llevar acabo su investigación, en la que usó el fruto del moyuyo para realizar un fijador de cabello y Castro (2019), quien realizó un recubrimiento comestible a partir del moyuyo, utilizaron mayor cantidad de fruto, es decir que tuvieron que recolectar más de 100 frutos para el desarrollo de las mismas.

f) Pregunta 6. ¿Esta actividad le genera ingresos económicos?

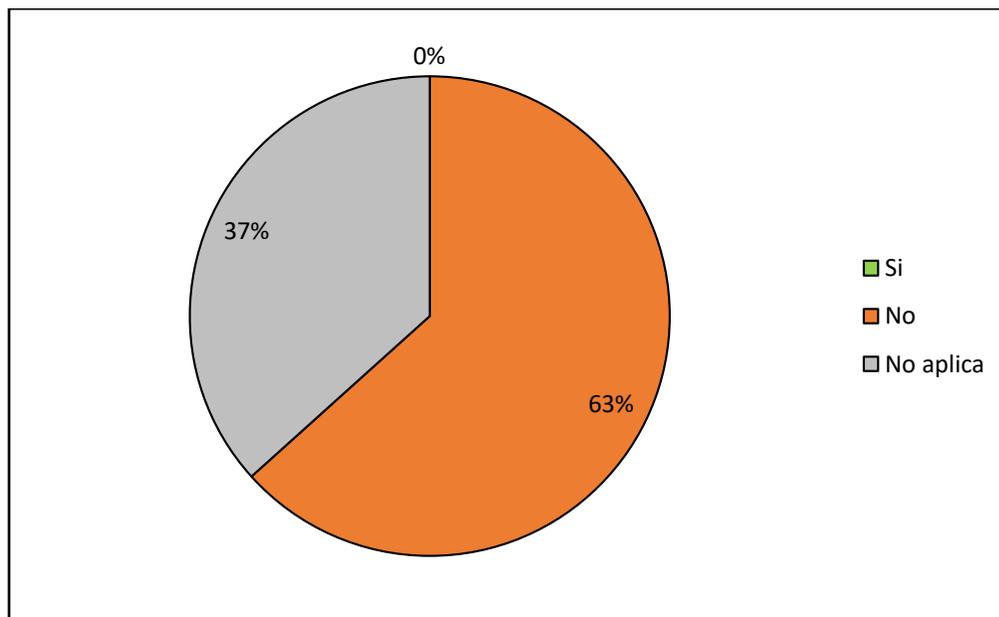


Gráfico 4.6. Ingresos económicos generados a partir de la actividad.

El mismo 63 % de personas que han utilizado el moyuyo (*Cordia lutea*), manifiestan que las actividades efectuadas a partir de la planta, no les generan ningún ingreso económico. Por lo consiguiente, para el 37 % de la población, no aplica esta pregunta, ya que no lo han utilizado.

Existen actividades realizadas con la planta del moyuyo que generan ingresos económicos a la población, por ejemplo en la parte gastronómica, se ha utilizado su fruto para crear varios postres como la pannacotta de moyuyo, coulis de moyuyo, entre otros (Quinde 2020). El mismo autor afirma que sus productos tuvieron la aceptación de los degustadores, es decir que al realizar esta actividad generará ingresos económicos puesto que tienen bajos costos de producción.

Así mismo, Giler (2015) menciona que en el campo artesanal varias personas le dan un uso significativo a la madera, ya que han producido muebles, juegos de comedor e incluso lámparas con madera de moyuyo para luego comercializarlos.

- g) Pregunta 7. Si la respuesta anterior fue sí, ¿Cuál es la ganancia mensual que le deja dicha actividad?

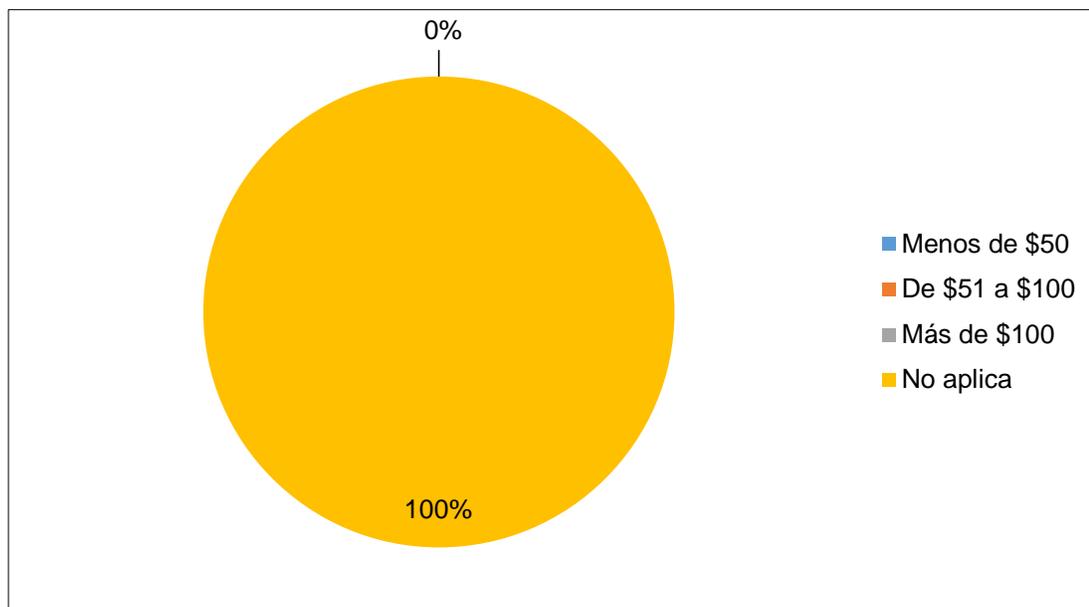


Gráfico 4.7. Cantidad de ingresos económicos generados.

Esta interrogante no aplica para el 100 % de la población ya que la respuesta anterior los encuestados indicaban que no generaban ingresos económicos a partir de los usos otorgados al fruto del moyuyo (*Cordia lutea*). Las ganancias son limitadas ya que la producción del moyuyo se da únicamente en época lluviosa, además los conocimientos en cuanto al manejo de esta materia prima es nulo y se basan en las habilidades empíricas (Valencia y Chimbolema, 2016).

h) Pregunta 8. ¿Consumiría usted algún producto hecho a base de moyuyo (*Cordia lutea*)?

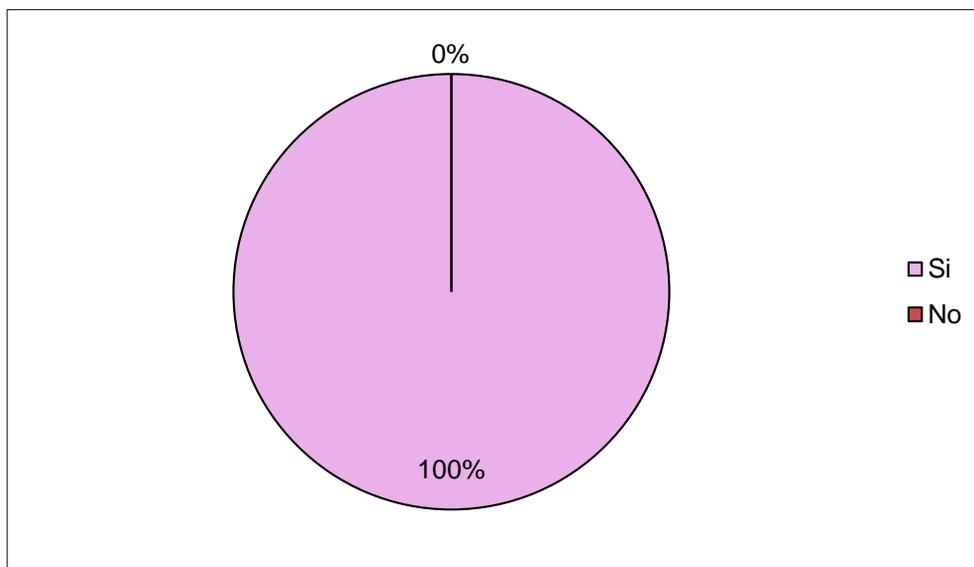


Gráfico 4.8. Personas que consumirían un producto a base de moyuyo (*Cordia lutea*).

El 100 % de la población encuestada afirmó que sí consumirían productos hechos a base de moyuyo (*Cordia lutea*), ya que consideran interesante darle una utilidad a mayor escala a dicha planta. Así mismo, mencionaron que es importante la utilización de productos biodegradables, que puedan reemplazar los plásticos sintéticos de un solo uso, para contribuir al cuidado del medio ambiente. Esto concuerda con lo expuesto por Álvarez y Soria (2016), quienes en su investigación buscan reemplazar productos de origen sintético por materiales biodegradables que tengan la misma efectividad, pero que a su vez no provoquen ningún daño ambiental.

- i) Pregunta 9. ¿Le gustaría reemplazar el plástico sintético por plástico biodegradable a base de moyuyo (*Cordia lutea*)?

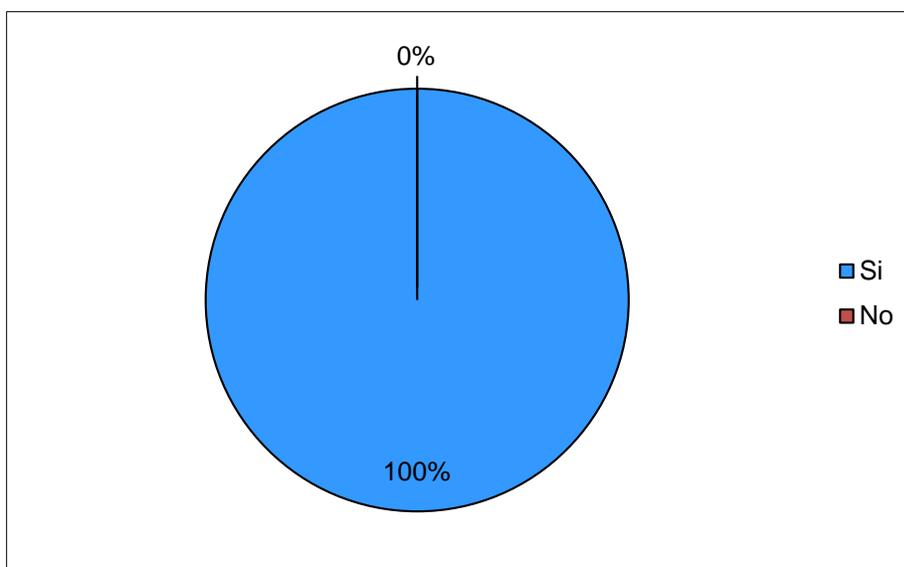


Gráfico 4.9. Personas a las que les gustaría reemplazar el plástico sintético por plástico biodegradable.

La población encuestada en su totalidad afirma que sí les gustaría reemplazar el plástico sintético por plástico biodegradable a base de moyuyo (*Cordia lutea*). Además, enfatizan que en la actualidad muchos de los problemas ambientales son precisamente por el uso de plásticos sintéticos y sería bueno contrarrestar dicho mal.

López (2012) indica en su investigación que la contaminación por plásticos sintéticos ha ido creciendo desmesuradamente, es por esto que los plásticos biodegradables son una gran alternativa para el cuidado y la sostenibilidad de los recursos naturales. Por su parte Pittaluga y Pirrocco (2021) mencionan que a pesar de que los plásticos sintéticos brindan muchos beneficios a los seres humanos, el uso indiscriminado de estos productos trae consigo problemas ambientales, por esta razón es de vital importancia crear alternativas para reemplazar los plásticos sintéticos.

- j) Pregunta 10. ¿Tiene alguna sugerencia que aporte al desarrollo del proyecto de investigación?

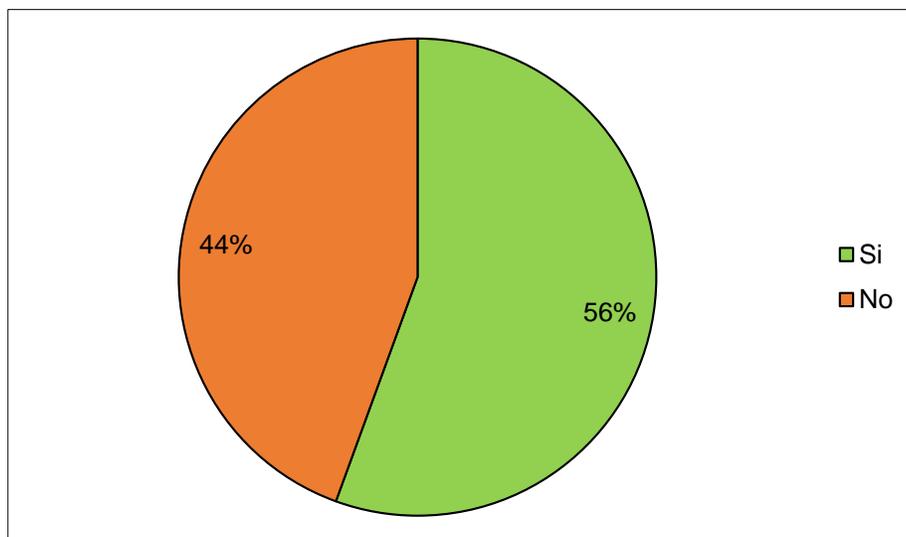


Gráfico 4.10. Sugerencias de los encuestados.

En esta última interrogante se le manifestó a la población encuestada, la finalidad del trabajo de investigación y se les pidió que brinden las sugerencias que se deberían considerar al momento de poner en marcha el proyecto. El 56 % dijeron que sí tenían sugerencias, entre las cuales destacan el preservar los cultivos de moyuyo (*Cordia lutea*) que aún hay en nuestra zona, controlar el uso de químicos y evitar que se pierda la especie en su totalidad, pues afirman que anteriormente había mayor abundancia de la especie.

Así mismo sugieren que sea un proyecto que se ejecute y sirva de guía para futuras investigaciones donde se elaboren productos a partir de las láminas de plástico biodegradable que sean resistentes y de buena calidad como es el caso de Murciano (2016), quien en su investigación, no solo promueve la utilización de plásticos biodegradables, sino que también propone estrategias de marketing para poder ingresar al mercado global y reducir la producción de materiales de origen fósil. Otra de las sugerencias es que evalúe la rentabilidad del proyecto y la sustentabilidad del mismo.

4.1.3. RECOLECCIÓN DEL FRUTO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

Se recolectaron aproximadamente 7000 frutos de moyuyo (*Cordia lutea*) de 26 plantaciones distintas (anexo 2-A). Se tomaron únicamente los que habían alcanzado su total madurez. Los frutos recolectados se clasificaron nuevamente para evitar que se haya incluido un fruto verde y posteriormente se trasladó lo recolectado al laboratorio donde fue analizado (anexo 2-B). La recolección del fruto se efectuó tomando como referencia la metodología de Villa *et al.* (2020), que propone los métodos de recolección y extracción de mucílagos de diversas plantas.

4.1.4. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

Dentro del análisis fisicoquímico del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*), se determinaron las siguientes propiedades, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.2. Parámetros y métodos para el análisis fisicoquímico.

Parámetros	Métodos	Resultados
pH	Método potenciométrico	6,07
Porcentaje de humedad	Método gravimétrico	86,91%
Acidez total	Método volumétrico	0,30 %
Viscosidad	Método biobase	3945 cP
Solubilidad	Método gravimétrico	65,77 %
Color	Método colorimétrico	12000 Pt/Co
Densidad	Método del picnómetro	1,049 g/ml

Fuente. Morocho, (2019).

- a) pH:** El mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) tiene un pH de 6,07 siendo denominado ligeramente ácido (anexo 3-A); este valor se obtuvo de forma cuantitativa y luego con la ayuda de tirillas de pH se corroboró cualitativamente el valor, ya que los colores obtenidos se encontraban en el rango de 6 (Vargas *et al.*, 2016).

Esta ponderación es similar al mucílago de Nopal también considerado ligeramente ácido con un valor de 6,6 y se diferencia de otro tipo de mucílagos como por ejemplo el de cacao que oscila entre 3,0 y 3,5, considerado ácido (Loureiro *et al.*, 2017).

- b) Porcentaje de humedad:** Al ser el mucilago del moyuyo (*Cordia lutea*) un material líquido, dio como resultado un 86,91 % de humedad (anexo 3-B). Este resultado concuerda con Carrasco (2018), quien en su investigación obtuvo un porcentaje de humedad de 84,74 %.
- c) Acidez total:** Se obtuvo un 0,30 % de acidez total, al ser un valor mínimo, esto indica que el mucílago del fruto del moyuyo (*Cordia lutea*) (anexo 3-C), es una sustancia con una concentración un poco más alta de iones de hidrógeno que el agua pura (Rodríguez *et al.*, 2016). Este valor, se diferencia de otros mucílagos que suelen tener mayores niveles de acidez, como los provenientes de cítricos (Villa *et al.*, 2020).
- d) Viscosidad:** La viscosidad del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) es de 3945 cP que corresponde al 38,9 %, valor que se considera confiable ya que el rango en porcentaje oscila entre el 15 % y el 85 % (anexo 3-D). Esta propiedad es de gran importancia dentro de la investigación ya que de ella depende la resistencia y elongación de las láminas a elaborar. Castañeda *et al.* (2019) expresan que otras especies mucilaginosas pueden presentar valores similares como la linaza (*Linum usitatissimum*) (1110,90 cP viscosidad) o inclusive se presentan otras mayormente viscosas Aloe (*Aloe Vera*) (10.000 cP de viscosidad) (Pérez *et al.*, 2019).
- e) Solubilidad:** La solubilidad del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) es del 65,77 % (anexo 3-E), cabe mencionar que se obtuvo este resultado porque dentro de la muestra había partes de fibra, las cuales no se diluyeron en su totalidad. Este valor difiere con Castro (2019), ya que en su investigación sobre la caracterización de

las propiedades físicas y antimicrobianas in vitro de un recubrimiento comestible a base de moyuyo (*Cordia lutea*) únicamente utilizaron la parte líquida de mucílago donde obtuvieron como resultado de solubilidad 92,40 %.

f) Color: El parámetro de color dio como resultado 12000 Pt/Co (anexo 3-F). Se consideró esta propiedad dentro del análisis fisicoquímico ya que la transparencia es una de las principales características de los materiales plastificantes, ya sean naturales o sintéticos y a través de ella, se puede concluir si este cumple con los estándares establecidos (Navia y Bejarano, 2014).

g) Densidad: El valor de densidad es de 1,049 g/ml (anexo 3-G), valor que concuerda con Carrasco (2018) quien en su investigación sobre caracterización fisicoquímica y tecnológica del moyuyo (*Cordia lutea*) obtuvo un resultado de densidad de 1,06 g/ml.

4.2. DETERMINACIÓN DE LA MEJOR CONCENTRACIÓN DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*) PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES

4.2.1. EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO (*Cordia lutea*)

Se extrajo aproximadamente 480 ml de mucílago puro de moyuyo (*Cordia lutea*) la cual fue colocada en un vaso de precipitación de 500 ml (anexo 4), cantidad suficiente para realizar el análisis fisicoquímico correspondiente y para elaborar las láminas de plástico biodegradables.

4.2.2. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES

Se elaboraron las láminas de plástico biodegradables siguiendo el procedimiento detallado en la figura 3.2., donde se consideraron cuatro tratamientos propuestos con

diferentes concentraciones del mucílago moyuyo (*Cordia lutea*) (anexo 6). El proceso se realizó en base a diferentes metodologías (Carranza y Zavaleta, 2021). Sin embargo, de manera previa, se hicieron varias pruebas manipulando las variables de tiempo y temperatura hasta llegar a la fórmula más acertada con los resultados esperados.

4.2.3. ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES

4.2.3.1. VARIABLES CUALITATIVAS

a) RESISTENCIA AL AGUA (FILTRACIÓN)

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de la resistencia al agua, en la tabla 4.3. Este proceso se realizó en un tiempo de 72 horas:

Tabla 4.3. Datos de la resistencia al agua (filtración).

Tratamientos	Repeticiones	Filtración de agua (ml)	Tiempo de rotura (h)
T ₁	R ₁	67	13 h
	R ₂	80	10 h
	R ₃	115	11 h
T ₂	R ₁	150	10 h
	R ₂	175	15h
	R ₃	190	18h
T ₃	R ₁	723	Irrompible
	R ₂	234	23 h
	R ₃	780	Irrompible
T ₄	R ₁	812	Irrompible
	R ₂	795	Irrompible
	R ₃	472	54 h

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Una vez obtenidos los datos, el T₄ fue considerado como el más resistente ya que 2 de sus 3 repeticiones no sufrieron ninguna rotura durante el plazo de 72 horas, siendo catalogadas como irrompibles y la tercera se rompió luego del transcurso 54 horas con un consumo total de agua de 472 ml, es decir que este tratamiento tiene mayor resistencia al agua. En segundo lugar, se ubica el T₃ ya que, solo 1 de sus 3

repeticiones se rompió luego de 23 horas con un consumo total de 234 ml y al igual que el T₄ las otras 2 repeticiones no lograron romperse durante el plazo establecido. En el caso del T₁ y T₂ tienen menor resistencia al agua ya que todas sus repeticiones se rompieron, esto da a entender que a mayor concentración de mucílago moyuyo (*Cordia lutea*), mayor resistencia al agua tendrán las láminas (anexo 7-B).

Esta información coincide con Moreno (2015), quien en su investigación realizó películas biodegradables a partir de la harina de plátano con concentraciones de 0,5 %, 1.0 % y 1,5 % de aceites esenciales de geranio y eucalipto. También menciona que las láminas más débiles son las que tienen menor concentración de aceites esenciales que las que poseen mayor concentración, estas fueron catalogadas como irrompibles puesto que no se rompieron durante la experimentación.

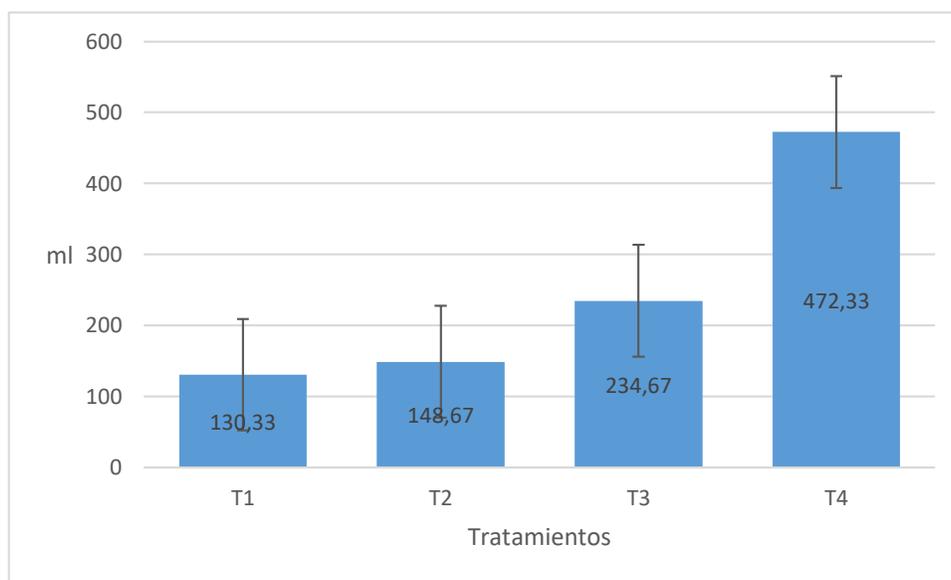


Gráfico 4.11. Resistencia al agua (filtración).
Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

4.2.3.2. SUPUESTOS DEL ANOVA PARA LAS VARIABLES CUANTITATIVAS

Se verificó la distribución de cada uno de los datos obtenidos en el ensayo cuantitativo de las propiedades físicas de las láminas de plástico biodegradables elaboradas a partir del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*), para ello se realizó prueba de normalidad (tabla 4.4.).

Tabla 4.4. Supuesto de normalidad para las variables de estudio.

Variables dependientes	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Espesor	T ₁	0,964	3	0,637
	T ₂	1,000	3	1,000
	T ₃	1,000	3	1,000
	T ₄	0,964	3	0,637
Resistencia a la Tensión	T ₁	0,877	3	0,317
	T ₂	0,991	3	0,815
	T ₃	0,765	3	0,033
	T ₄	0,889	3	0,353
Elongación	T ₁	0,876	3	0,312
	T ₂	0,834	3	0,198
	T ₃	1,000	3	0,999
	T ₄	0,842	3	0,220
Humedad	T ₁	0,891	3	0,358
	T ₂	0,843	3	0,222
	T ₃	0,838	3	0,210
	T ₄	0,991	3	0,817
Solubilidad	T ₁	0,972	3	0,681
	T ₂	0,855	3	0,255
	T ₃	0,828	3	0,184
	T ₄	0,845	3	0,227

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Los valores obtenidos a partir de la prueba estadística de normalidad tabla 4.4. dan a conocer que todas las variables cumplieron con el supuesto, ya que presentaron una distribución normal con una significancia mayor a (0,05), a excepción de la variable de resistencia a la tensión, en la cual uno de los valores resultó menor a (0,05). Por ello, se procedió a realizar la prueba de homogeneidad de varianza (homocedasticidad) la cual se describe en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Prueba de homogeneidad de varianza para los datos de las variables dependientes.

Variables dependientes	F	gl1	gl2	Sig.
Espesor	0,992	3	8	0,444
Resistencia a la Tensión	3,823	3	8	0,057
Elongación	0,876	3	8	0,493
Humedad	5,923	3	8	0,020
Solubilidad	4,783	3	8	0,034

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Como se puede observar para los valores de espesor, resistencia a la tensión y elongación cumplen con los supuestos de la homocedasticidad de varianza debido a que el valor sig. es mayor a 0,05, por ello se realizó el análisis de varianza (pruebas paramétricas) para cada una de ellas. Sin embargo, el valor sig. para las variables de humedad y solubilidad resultó menor a 0,05, por tal motivo para dichas variables se realizaron pruebas no paramétricas.

4.2.3.2.1. PRUEBAS PARAMÉTRICAS

a) ESPESOR

El ANOVA, respecto al espesor, da a conocer que el valor sig. es mayor a 0,05 y por tanto no hay diferencias estadísticamente significativas entre las medias de los tratamientos tal como se muestra en la tabla 4.6.

Tabla 4.6. ANOVA para la variable espesor.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	0,010	3	0,00	0,221	0,879
Error	0,017	8	0,002		
Total	0,018	11			

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

El T₄ presenta el mayor espesor con 0,19 mm y el T₃ el menor espesor con 0,16 mm (anexo 7-A). Estos valores se diferencian a los obtenidos por Maliza (2015), quien en su investigación sobre elaboración de fundas biodegradables a partir de almidón de yuca modificado el mayor espesor obtenido fue de 1,79 mm y el menor espesor fue de 0,35 mm. Es importante mencionar que no existe un valor ideal de referencia del

espesor de las láminas, pues este varía dependiendo de la utilidad en la que se las vaya a emplear (Morocho *et al.*, 2021). Abril (2020), da a conocer que en el caso de utilizar esta metodología para elaborar algún tipo de material que sirva como envase, se debe considerar que este tenga un espesor tal, que brinde la suficiente resistencia al momento de ser utilizado. Caso contrario si se desea elaborar algún tipo de material más flexible como un bioembalaje, el espesor debe ser relativamente menor.

Para mejor interpretación de los valores obtenidos en las medias de los niveles de los tratamientos, se estableció el gráfico 4.12.:

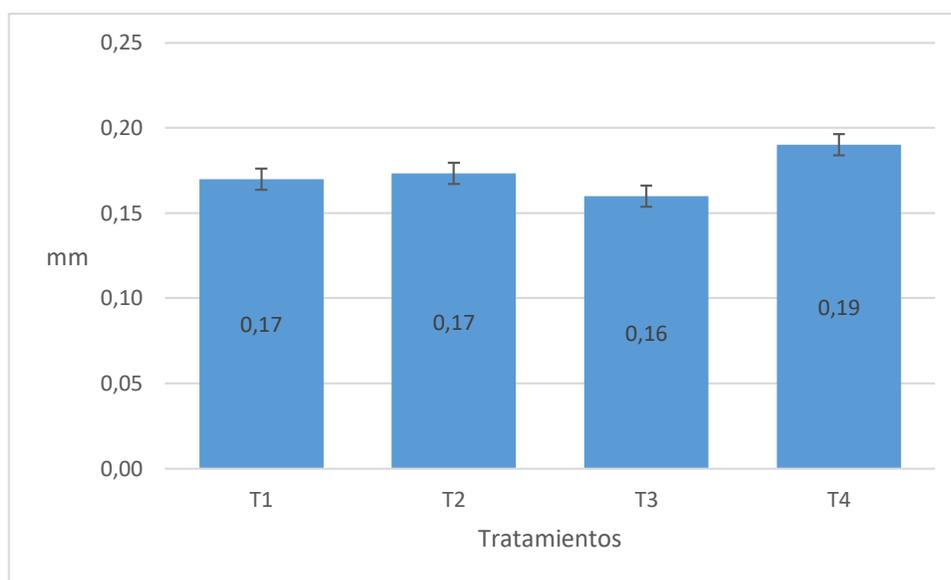


Gráfico 4.12. Espesor.
Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

b) RESISTENCIA A LA TENSIÓN

En la variable resistencia a la tensión, la tabla 4.7. da a conocer que si existen diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significancia del 5 % entre cada uno de los tratamientos.

Tabla 4.7. ANOVA para la variable resistencia a la tensión.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	39,969	3	13,323	32,597	0,000
Error	3,270	8	0,409		
Total	43,239	11			

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Con el fin de demostrar las diferencias entre cada uno de los tratamientos, se aplicó la prueba significativa del Tukey 5 %, mediante la cual, se categorizaron los tratamientos donde la menor media corresponde al T₁ (8,93 mPa) y al T₂ (9,13 mPa), mientras que el T₄ se categorizó en el subconjunto 3 con un 13,49 mPa, siendo el de mayor media como se detalla en la tabla 4.8. (anexo 7-C).

En este sentido, se expone que el tratamiento con mayor concentración de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*), presenta mayor resistencia. Veliz (2022) afirma que esto ocurre debido a que alta viscosidad del mucílago de moyuyo le proporciona mayor rigidez a las partículas que constituyen las láminas y por lo consiguiente hace que estas tengan mayor firmeza al ser tensionadas.

Los valores de resistencia obtenidos son evidentemente mayores a los de otras investigaciones similares como es el caso de Espinoza y Puglisevich (2019), que en su investigación el valor mayor de resistencia a la tensión fue 2.124 mPa. y (Murillo y Taco, 2020) quien obtuvo tan solo 0,89 mPa.

Tabla 4.8. Subconjunto homogéneo de resistencia a la tensión.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T ₁	3	8,9367		
T ₂	3	9,1314	9,1314	
T ₃	3		10,6623	
T ₄	3			13,4989
Sig.		,981	0,073	1,000

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

De igual manera, los valores estadísticos obtenidos a partir de esta variable, se representan en el siguiente gráfico 4.13.:

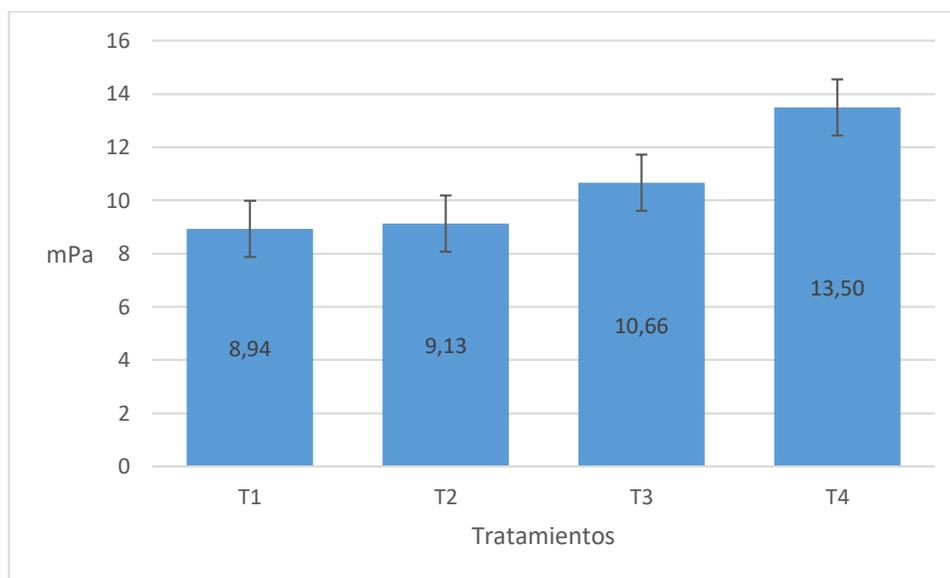


Gráfico 4.13. Resistencia a la tensión.
Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

c) ELONGACIÓN

La tabla 4.9. para la variable elongación, muestra la existencia de diferencias significativas entre cada tratamiento, por lo que el valor sig. es menor 0.05 a un nivel de significancia del 5 %.

Tabla 4.9. ANOVA para la variable elongación.

Fuente de variación	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Tratamiento	322,829	3	107,610	50,310	0,000
Error	17,112	8	2,139		
Total	339,941	11			

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

En la prueba honestamente significativa de Tukey al 5 % descrita en la tabla 4.10., se categorizó en el subconjunto las medias del T₁ (24,50 %) y T₂ (27,08 %), como los que presentan menor elongación y en el subconjunto 3, el T₄ (37,79 %) como el tratamiento que presenta mayor elongación (anexo 7-C).

Estos valores pueden resultar similares a los obtenidos a partir de otros productos de origen natural, por ejemplo Guerrero (2020), quien en su investigación obtuvo un 29 % de elongación en plásticos biodegradables elaborados a partir de almidón de plátano verde.

Así mismo, en una investigación realizada por Meza *et al.* (2019), la elongación alcanzó un 19,99 %, lo que da a entender que las de la presente investigación son mucho más elongables, razón por la cual se le pueden asignar mayores usos y obtener mayores beneficios.

Tabla 4.10. Subconjunto homogéneo de elongación.

Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
T ₁	3	24,5071		
T ₂	3	27,0837		
T ₃	3		33,1139	
T ₄	3			37,7976
Sig.		,215	1,000	1,000

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

En el gráfico 4.14. a continuación, se expresan cada uno de los valores obtenidos de las medias de cada tratamiento:

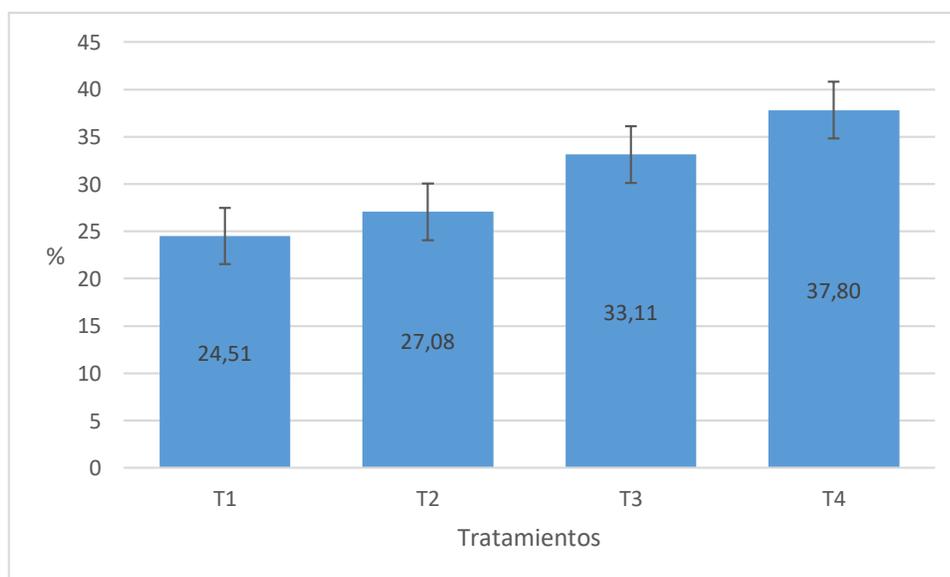


Gráfico 4.14. Elongación.
Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

4.2.3.2.1. PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS

En el caso de las variables de humedad y solubilidad no cumplen con los supuestos de homocedasticidad, ya que los valores se encuentran dispersos entre si y por ello se procedió a realizar las pruebas no paramétricas.

a) HUMEDAD

La variable humedad presentó diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos ya que el valor sig. es menor a 0,05 como se observa en la tabla 4.11. y por ende se realizó la prueba múltiple de medias. Esto quiere decir que las medias de los tratamientos son estadísticamente diferentes.

El T₄ es el tratamiento que presentó un mayor porcentaje de humedad con un 24,11 % y el menor porcentaje de humedad corresponde al T₁ con un 14,04 %. Estos valores resultaron ya que al ser la materia prima principal un mucílago, éste les aporta humedad a las láminas y como el T₄ es el que está constituido por la mayor concentración, lógicamente posee el mayor porcentaje de humedad (anexo 7-D). Lo mismo sucede con Moreno *et al.* (2017), ya que su investigación consistió en obtener plástico biodegradable a partir del mucílago de nopal y de sábila, y al determinar el porcentaje de humedad ocurrió exactamente lo mismo.

Tabla 4.11. ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para la variable humedad.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Humedad es la misma entre las categorías de Concentraciones.	Prueba de Kruskal. Wallis para muestras independientes.	0,033	Rechazar la hipótesis nula.

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

En la tabla 4.12. se describe la prueba múltiple Games-Howell, la cual permite comparar de manera detallada a cada uno de los tratamientos para observar las diferencias significativas de cada uno. El T₁, respecto al T₄ presenta un valor sig. menor

a 0,05, es decir que dichos valores se encuentran dispersos entre sí. Lo mismo sucede con el T₂ respecto al T₄, el valor sig. también es menor a 0,05.

Tabla 4.12. Prueba múltiple Games-Howell para la variable humedad.

Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Humedad	1	2	-0,55667	0,87707	0,913
		3	-3,51333	1,28547	0,249
		4	-10,06333*	0,33668	0,000
	2	1	0,55667	0,87707	0,913
		3	-2,95667	1,52107	0,354
		4	-9,50667*	0,88010	0,013
	3	1	3,51333	1,28547	0,249
		2	2,95667	1,52107	0,354
		4	-6,55000	1,28754	0,080
	4	1	10,06333*	0,33668	0,000
		2	9,50667*	0,88010	0,013
			3	6,55000	1,28754

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

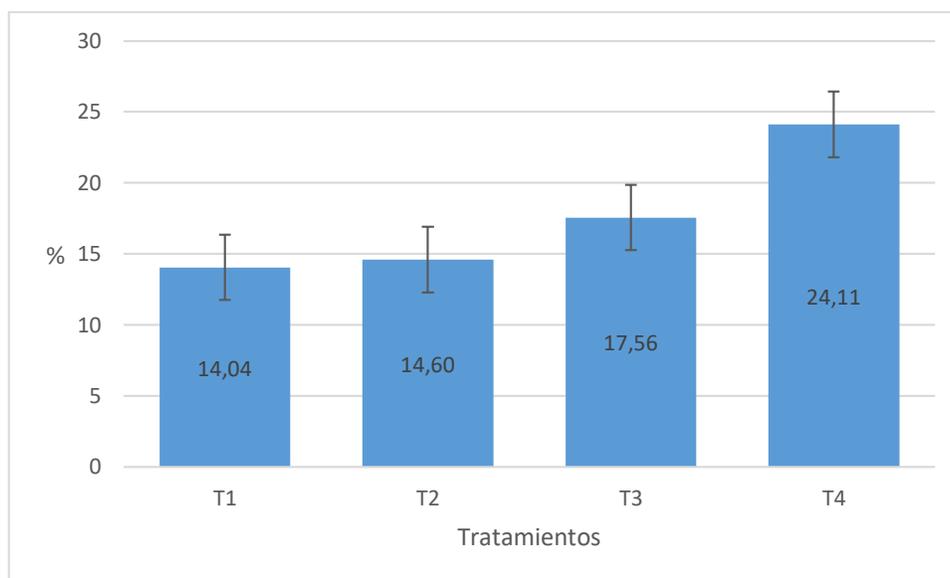


Gráfico 4.15. Humedad.

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

b) SOLUBILIDAD

Las medias de los tratamientos de la variable solubilidad son estadísticamente diferentes ya que el valor sig. es menor que 0,05 como se observa en la tabla 4.13. Por ello, se procedió a realizar la prueba múltiple de media Games-Howell.

El T₄ presentó un mayor porcentaje de solubilidad con un valor de 50,43 %, siendo el mayormente soluble entre todos los tratamientos y el T₁ con un 27,35 % siendo el que presentó menor porcentaje de solubilidad.

Esto coincide con una investigación de plásticos biodegradables obtenidos a partir del trigo y cebada, donde indican que la solubilidad máxima de las láminas de trigo fue entre 54,52 % - 60,94 % y para las láminas de cebada fue entre 44,05 % - 50,77 % (Morocho *et al.*, 2021). Por su parte Huacho (2022) difiere de esta información, ya que en su investigación manifiesta que las láminas de plástico procedente del plátano malayo (*Musa acuminata*) el porcentaje mayor de solubilidad que obtuvieron fue 13,65 %. Cabe recalcar que esta variable dependerá del tipo de uso de la lámina.

Tabla 4.13. ANOVA no paramétrico Kruskal-Wallis para la variable solubilidad.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Solubilidad es la misma entre las categorías de Concentraciones.	Prueba de Kruskal. Wallis para muestras independientes.	0,016	Rechazar la hipótesis nula.

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Los resultados de la prueba múltiple Games-Howell para la variable solubilidad (tabla 4.14.) da a conocer que existen diferencias significativas en el T₁ respecto al T₃ y T₄; en el T₂ respecto al T₄ y en el T₃ respecto al T₄ ya que el valor sig. es menor a 0,05. Con lo expuesto, se puede acotar que el T₄ es el que se diferencia con los demás tratamientos.

Tabla 4.14. Prueba múltiple Games-Howell para la variable solubilidad.

Variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Solubilidad	1	2	-3,09333	1,44020	0,349
		3	-10,13333*	1,03373	0,011
		4	-23,07667*	0,47973	0,000
	2	1	3,09333	1,44020	0,349
		3	-7,04000	1,68911	0,056
		4	-19,98333*	1,41938	0,009
	3	1	10,13333*	1,03373	0,011
		2	7,04000	1,68911	0,056
		4	-12,94333*	1,00451	0,008
	4	1	23,07667*	0,47973	0,000
		2	19,98333*	1,41938	0,009
			3	12,94333*	1,00451

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

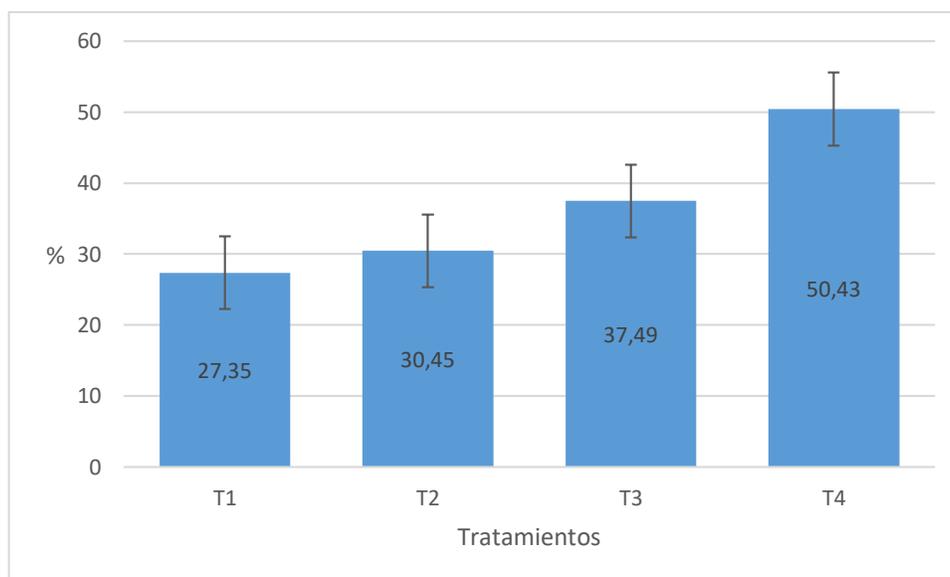


Gráfico 4.16. Solubilidad.
Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

4.2.3.3. CORRELACIÓN DE PEARSON

Tabla 4.15. Correlación De Pearson Coeficientes/Probabilidades.

	Espesor	Resistencia a la tensión	Elongación	Humedad	Solubilidad
Espesor	1,00	0,49	0,79	0,33	0,45
Resistencia a la tensión	0,22	1,00	6,6E-05	2,0E-05	9,8E-06
Elongación	0,09	0,90	1,00	1,4E-05	1,4E-05
Humedad	0,31	0,92	0,88	1,00	2,5E-05
Solubilidad	0,24	0,93	0,93	0,98	1,00

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

En este caso, se observa que todos los valores que corresponden a los coeficientes son positivos, lo que quiere decir que en mayor y menor proporción todos se correlacionan de forma directa.

De esta manera, las variables con menor correlación se describen a continuación: El coeficiente de correlación de la variable espesor es de 0,22 con la resistencia a la tensión; de 0,09 con la elongación; de 0,31 la humedad y de 0,24 con la solubilidad. Esto quiere decir que si bien es cierto que al ser valores que se acercan más al 0,0 que al 1,0 existe una correlación directa, ésta resulta débil.

Por lo consiguiente, a continuación, se detallan las variables con menor correlación: La variable resistencia a la tensión se correlaciona directamente con las variables elongación, humedad y solubilidad con valores cercanos a 1,0, siendo estos 0,90, 0,92 y 0,93 respectivamente. Así mismo, la elongación presenta valores cercanos a 1,0 para las variables humedad y solubilidad con valores de 0,88 y 0,93 respectivamente.

Finalmente, la variable humedad presenta un coeficiente de correlación de 0,98 con la variable solubilidad, siendo éste el que más se acerca al 1,0 y permite concluir que dichas variables son las que guardan mayor relación entre sí.

Es importante mencionar que, aunque cada una de las variables mencionadas son variables dependientes, en este caso logró identificar cuál de las variables

correlacionadas dependen en mayor medida de las demás variables tal como se detalla a continuación:

- La elongación (0,90) y la solubilidad (0,93) dependen en mayor medida de la resistencia a la tensión.
- La solubilidad (0,93) depende en mayor medida de la elongación
- La resistencia a la tensión (0,92), la elongación (0,88) y la solubilidad (9,98) dependen en mayor medida de la humedad.

A diferencia de lo expuesto, existen otros estudios en los que no todas las variables se correlacionan de forma directa, como es el caso de Castellón *et al.* (2016), quien en su investigación sobre la evaluación de la degradación de bolsas plásticas biodegradables, consideró las variables pérdida de masa, resistencia a la tensión y absorción de agua y obtuvo que, a mayor pérdida de masa y absorción de agua, menor resistencia a la tensión. Por tanto, la tensión se relaciona de manera inversa con las otras dos variables.

4.3. ESTIMAR LA EFECTIVIDAD DE LAS LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO MEDIANTE UN ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD BAJO CONDICIONES CONTROLADAS

4.3.1. ENSAYO DE BIODEGRADABILIDAD

Se evaluaron las láminas en términos de degradabilidad por diferenciación de peso durante un periodo de 36 días, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 4.16. Peso de los tratamientos.

Tratamientos	Día 1 (Peso Inicial)	Día 6	Día 12	Día 18	Día 24	Día 30	Día 36 (Peso Final)
T ₁	4,9869	4,8217	4,2098	3,4520	2,4273	1,9503	1,5815
T ₂	4,7170	4,2354	4,0340	3,4747	2,5819	1,9293	1,5430
T ₃	4,8932	4,4921	4,1264	3,1765	2,5272	2,1107	1,6054
T ₄	4,8223	4,4552	4,1125	3,0832	2,4114	1,9587	1,6128

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Como se observa en la tabla 4.16., es evidente que con el pasar de los días, cada uno de los tratamientos disminuyeron su peso considerablemente. El T₁ disminuyó en un 68,29 % destacando como el que mayor peso perdió, el T₂ disminuyó en un 67,29 %, el T₃ disminuyó en un 67,19 % y finalmente el tratamiento T₄ disminuyó su peso en un 66,55 %, siendo el que menos peso perdió (Tabla 4.17).

Peinado (2015) realizó un proceso de biodegradación similar con láminas biodegradables elaboradas a partir de almidón en suelo agrícola; sin embargo, él incorporó diferentes sustancias antimicrobianas, donde se observa una diferencia de peso de cada una de las láminas respecto al tiempo. Este ensayo se realizó durante un periodo de 73 días y luego de eso se logró un 63,83 % de pérdida de peso.

No obstante, existen otras investigaciones como Sernaqué *et al.* (2020), que alcanzó un 93,06 % de degradación en 4 semanas en un ensayo de biodegradabilidad de bioplástico elaborado a partir de cáscara de *Magnifera indica* y *Musa paradisiaca*.

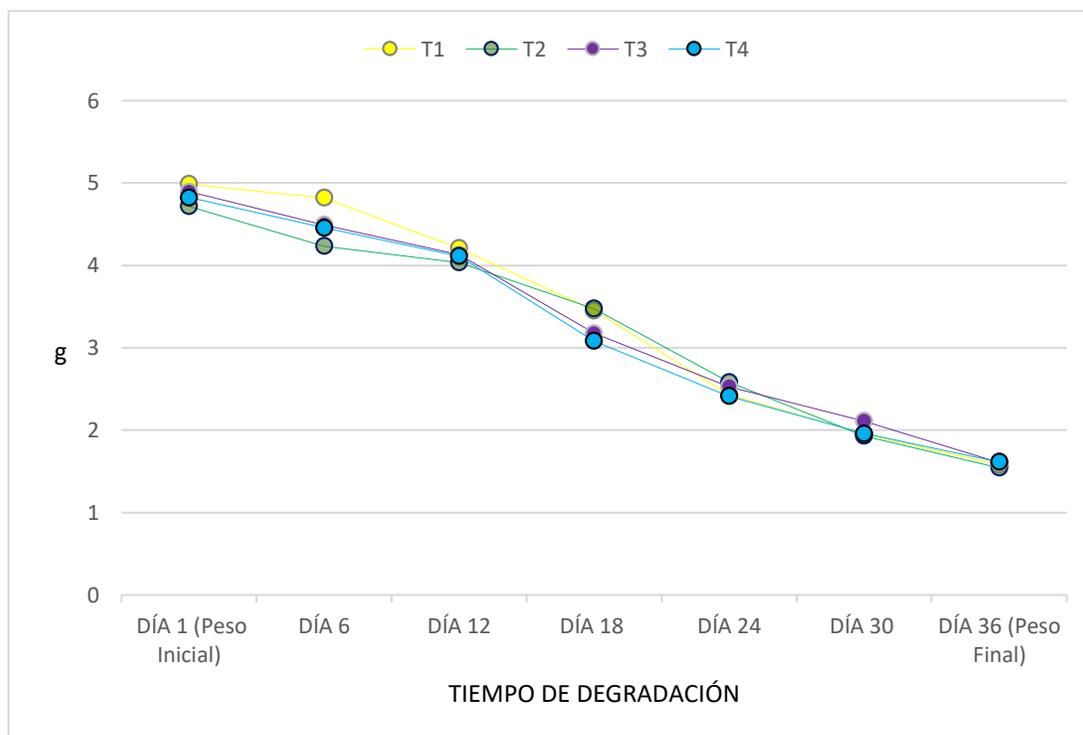
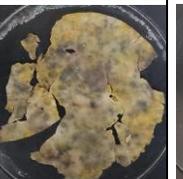
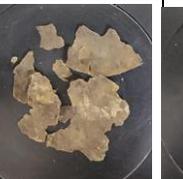
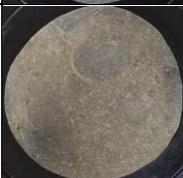
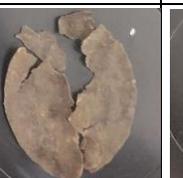
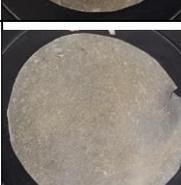
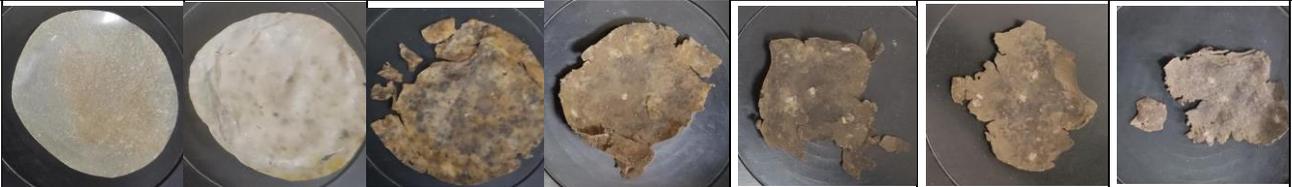


Gráfico 4.17. Degradación de las láminas de plástico biodegradables.
Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Tabla 4.17. Proceso de degradación de las láminas de plástico biodegradables

Tratamientos	Peso inicial (g)	Tiempo de degradación							Peso final (g)
		Día 1	Día 6	Día 12	Día 18	Día 24	Día 30	Día 36	
T ₁ R ₁	6,4784								3,0427
T ₁ R ₂	3,5718								0,6538
T ₁ R ₃	4,9105								1,0480
T ₂ R ₁	4,4499								1,7251
T ₂ R ₂	3,8849								1,2683

T ₂ R ₃	5,8163								1,6357
T ₃ R ₁	3,8978								1,4635
T ₃ R ₂	6,4975								2,3714
T ₃ R ₃	4,2842								0,9813
T ₄ R ₁	5,2812								1,9357

T ₄ R ₂	5,8292		1,7245
T ₄ R ₃	3,3565		1,1782

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El moyuyo (*Cordia lutea*), es un cultivo propio de la localidad, conocido por la mayoría de las personas que crece y se distribuye mayormente en bosques secos al cual se le asignan diversos usos. Su mucílago es una sustancia plastificante de ligera pigmentación, que puede ser utilizado de diversas formas y presenta las siguientes propiedades: pH (6,07), Acidez (0,30 %), Viscosidad (3945 cP), Color (12000 Pt/Co), Humedad (86,91 %), Solubilidad (65,77 %) y Densidad (1,049 g/ml).
- Las láminas de plástico biodegradables se realizaron a partir de diferentes concentraciones de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*) donde a partir del T₄ (25 ml) se obtuvieron los mejores resultados. Pues a mayor concentración de mucílago de moyuyo, mayor resistencia a la tensión, resistencia al agua (filtración), elongación y solubilidad. De igual manera fue el tratamiento con mayor porcentaje de humedad y mayor espesor. Por otro lado, se expone que todas las variables se correlacionan directamente, sin embargo, destaca la resistencia a la tensión, siendo la que presenta coeficientes más altos al correlacionarla con las demás variables.
- En cuanto a la biodegradación, se puede concluir que todas y cada una de las láminas presentaron una pérdida de peso considerable superior al 50 % en un periodo de 36 días. Sin embargo, destaca el T₁, el cual redujo su peso inicial en un 68,29 % siendo tratamiento que mayor peso perdió y el T₄ que redujo su peso en un 66,59 % siendo el tratamiento que menor peso perdió.

5.2. RECOMENDACIONES

- Es importante conocer las propiedades del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) como el contenido de azúcares, grasas, proteínas, entre otros., ya que, al someter dicha sustancia a altas temperaturas, podría sufrir alteraciones

producto de su composición química, por ejemplo: Pardeamiento enzimático y reacción de Maillard.

- Al momento de elaborar las láminas de plástico biodegradables, se deben utilizar moldes permitan esparcir uniformemente el material de tal manera que cada una de las láminas sean lo más homogéneas posibles respecto a su peso y espesor. Caso contrario se alterarían los tratamientos y los resultados no serían confiables.
- Para elaborar las láminas de plástico biodegradables se debe tener claro la utilidad que se le va a dar, ya que de ello dependerá el espesor, la resistencia a la tensión, resistencia al agua (filtración), la elongación, la humedad y solubilidad de las mismas. Todas estas propiedades se pueden manipular de acuerdo al uso que se les asigne a las láminas.
- Se debe considerar otras alternativas para la biodegradación de las láminas como por ejemplo en condiciones anaerobias, sumergidas en el agua o expuestas a la luz solar, así mismo, en el caso del uso de suelos agrícolas se podrían insertar microorganismos eficientes para la degradación acelerada de las láminas.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A. (2020). Elaboración de bioplástico de queratina obtenida de residuos de plumas de aves de corral y quitosano. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 110(9), 1689–1699. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/12056/1/UDLA-EC-TIAM-2020-09.pdf>
- Aguirre, Z. (2015). Especies forestales de los bosques secos del Ecuador. Guía dendrológica para su identificación y caracterización. Proyecto Manejo Forestal Sostenible ante el Cambio Climático. *Ministerio Del Ambiente Del Ecuador*, 130. https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/21/14042335632720/especies_forestales_bosques_secos_del_ecuador.pdf
- Álvarez, S., y Soria, J. (2016). Elaboración de un prototipo de lámina aglomerada como elemento interior a base de cascarilla de arroz con muyuyo para la cooperativa voluntad de Dios. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 106(1), 6465–6489. <http://www.bssaonline.org/content/95/6/2373> <http://www.bssaonline.org/content/95/6/2373.short> <http://www.bssaonline.org/cgi/doi/10.1785/0120110286> <http://gji.oxfordjournals.org/cgi/doi/10.1093/gji/ggv142> <http://link.springer.com/10.1007/s00024-01>
- Atarés, L. (2013). Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro. *Departamento de Tecnología de Alimentos, Universidad Politécnica de Valencia*, 5. <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12655/11>. Artículo docente. Determinación de la densidad de un líquido con el método del picnómetro.pdf?sequence=1
- Bacon, R. (2018). El PVC (Policloruro de Vinilo). *UCA – Facultad de Química e Ingeniería “Fray Rogelio Bacon” - Bruera - Suarez*, 1–28.

<https://estudioyensayo.files.wordpress.com/2008/11/pvc.pdf>

Bohigas, A. (2020). *Ensayos de biodegradabilidad y compostabilidad de envases - Mérieux Nutrisciences España.*

<https://www.merieuxnutrisciences.com/es/news/ensayos-de-biodegradabilidad-y-compostabilidad-de-envases>

Bolivia, W. (2020). *Naturaleza sin plásticos.*

<https://www.wwf.org.bo/campanas/plasticos/>

Cajamarca, A. (2017). *Maleabilidad ¿En qué consiste la maleabilidad? Características.*

<https://es.scribd.com/document/362382731/MALEABILIDAD>

Camarena, C., Policarpio, E., Cosme, J., y Alarcón, P. (2018). *Elaboración de bolsas plásticas biodegradables a base del almidón de la yuca.*

http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/3728/3/2018_Camarena-Reyes.pdf

Campuzano, J., Hernández, A., Ortiz, J., Serna, A., y Moná, E. (2022). *Directrices técnicas para el manejo de materiales plásticos recuperados de RAEE y vehículos desintegrados.*

https://residuoselectronicosal.org/wp-content/uploads/2022/03/Directrices_Tecnicas_Plasticos.pdf

Candia, J. (2019). Manual de Tecnologías de Remediación de Sitios Contaminados.

Journal of Chemical Information and Modeling, 53(9), 35–36. https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/10/manual-de-tecnologias-de-remediacion-de-sitios-contaminados_baja-1.pdf

Carlosama, D. (2020). *Análisis de la relación entre permeabilidad efectiva y permeabilidad absoluta en el reservorio Hollín del campo X1, mediante la interpretación de pruebas de presión y correlación con pruebas de núcleos. Figura 1, 2–3.* <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/20924/1/T-UCE-0012-FIG-195.pdf>

Carranza, S., y Zavaleta, C. (2021). Influencia del tipo y porcentaje de plastificante

sobre la resistencia a la tracción, rigidez y la deformación de bioplásticos obtenidos a partir de almidón modificado y reforzado de *Manihot esculenta crantz*.

Lexus, 4(None), 37.

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/16780/CARRANZA>

RODRIGUEZ y ZAVALETA NEYRA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Carrasco, E. (2018). Caracterización fisicoquímica y tecnológica de fruto overo (*Cordia Lutea Lamarck*) procedente del distrito de chongoyape de la provincia chiclayo. *Universidad Privada Del Norte*, 116.

<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/27098>

Casio, O. (2018). Actividad antioxidante y contenido de polifenoles en flor de *Cordia lutea Lam* (flor de overo). *Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote*.

<http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/7800>

Castañeda, A., Zavaleta, N., y Siche, R. (2019). Optimización del proceso de extracción del mucílago de *Linum usitatissimum* utilizando un diseño secuencial.

Scientia Agropecuaria, 10(1), 19–28.

<https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2019.01.02>

Castellón, C., Tejeda, L., y Tejeda, L. (2016). Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables. *Informador Técnico (Colombia)* 80(1), 80(1),

24–32. https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/evaluacion-de-la-degradacion-ambiental-de-bolsas-plasticas-biode/338

Castro, Manolo. (2011). *La ingeniería biológica en la consolidación de piñón (*Jatropha curca*) y moyuyo (*Cordia lutea*), en la avenida de los choferes del cantón Jipijápa*.

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59624/1/FINAL-TESIS> JENNIFER

VELIZ CEDEÑO.pdf

Castro, Marlon. (2019). Caracterización de propiedades físicas y antimicrobianas in vitro de un recubrimiento comestible a base de muyuyo (*cordia lutea lam.*) Y quitosano.

Tesis de Posgrado, 66.

<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1063/1/TTMAI9.pdf>

Castro, S. (2015). Evaluación del fruto del Muyuyo (*Cordia lutea* Lamarck, boraginaceae), como ingrediente cosmético para la elaboración de fijadores de cabello. *Tesis de Posgrado*, 139.
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/9029>

Choéz, H. (2010). *La ingeniería naturalística en la estabilización de suelos mediante la siembra de moyuyo (Cordia lutea), en la ciudadela Bellavista del cantón Jipijapa, período 2010.* 106.
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/307/1/UNESUM-ECU-MEAM-2010-1.pdf>

Chuiza, M., Rodríguez, A., y Brito, H. (2020). Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de Las Ciencias*, 6, 981–994.
<https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1261>

Cobana, M. (2015). Proceso De Extracción De Almidón De Yuca Por Vía Seca. *Revista Boliviana de Química*, 24(1), 77–83.
<http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf>

Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional - CISAN. (2012). *Los plásticos biodegradables en la industria alimentaria.* 1–2.
http://cisan.org.ar/adjuntos/20110210125752_.pdf

Condrea, G. (2016). *Definición de la metodología del test de biodegradabilidad bajo condiciones aerobias.* 87. <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/3031/1/TFM Condrea Rineanu%2C Gina.pdf>

Cordobesas, A. (2015). *Molecula de vida.*
<https://www.aguascordobesas.com.ar/DescargarFileBiblioteca/114/439332939d02c389dcfa891ca334ef18#:~:text=El agua es considerada un,condición de>

“molécula polar”.

- Córdova, C. (2016). *Proyecto de exportación de bolsos y bolsas de tela ecológicos desde Quito-Ecuador a Miami-Florida*. 244. http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/8103/1/44872_1.pdf
- Crespo, A. (2021). *Biodegradación de partículas de microplástico de polietileno a partir de un consorcio microbiano aislado del contenido intestinal de la larva Galleria mellonella L.* 1–68. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20234>
- Dávila, G. (2006). El razonamiento inductivo y deductivo dentro del proceso investigativo en ciencias experimentales y sociales. *Journal of Medical Genetics*, 13(6), 469–476. <https://doi.org/10.1136/jmg.13.6.469>
- De Pelekais, C. (2000). QUANTUM HAMILTONIAN FORMULATION OF THE q-STATE POTTS MODEL: WEAK-COUPPLING EXPANSION. *Journal de Physique Paris*, 42(6), 793–798. <https://doi.org/10.1051/jphys:01981004206079300>
- Del Castillo, F. (2016). Conformado de materiales plásticos. *Universidad Nacional Autónoma De México*, 86. [http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado de plasticos.pdf](http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/pagina_ingenieria/mecanica/mat/mat_mec/m6/conformado_de_plasticos.pdf)
- Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., y Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Revista Iberoamericana de Las Ciencias Sociales y Humanísticas: RICSH*, 4(8), 8–8. <http://www.scielo.org.mx/pdf/iem/v2n7/v2n7a9.pdf>
- Díaz, S. (2019). *Plásticos, análisis y estudio de soluciones a su problemática desde el punto de vista de su química*. https://tauja.ujaen.es/bitstream/10953.1/10726/1/TFG_Diaz_Martinez_Sara.pdf
- Doello, F. (2019). *Ventajas y desventajas de los plásticos biodegradables*. <https://www.enlacecritico.com/informacion/cuales-son-las-ventajas-y-las-desventajas-del-plastico-biodegradable/>

- Duarte, L. (2022). *Facultad Ciencias De La Salud Bioplásticos: Contexto Actual, Aplicaciones Y Sostenibilidad*.
<https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/4872/LuisAntonioDuarteRamírez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Earth, G. (2022). *El globo terráqueo más completo*.
<https://www.google.com/intl/es/earth/>
- Espinoza, F., y Puglisevich, D. (2019). Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo. *Lexus*, 4(None), 37.
[https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12561/ESPINOZA ARROYO%2C Franco Herbert%3B PUGLISEVICH RUIZ%2C Diana Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12561/ESPINOZA%20ARROYO%20Franco%20Herbert%3B%20PUGLISEVICH%20RUIZ%20Diana%20Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Fabbri, M. S. (2020). Las técnicas de Observación. *Docentes Investigadores*, 9.
<http://institutocienciashumanas.com/wp-content/uploads/2020/03/Las-técnicas-de-investigación.pdf>
- Fernández, J., y Vargas, P. (2015). *Elaboración de un plan de negocios para determinar la producción de bioplásticos a partir de papa en contra de la contaminación en Colombia*. 151, 10–17.
<https://doi.org/10.1145/3132847.3132886>
- Fierro, J., Parra, A., y Vásquez, C. (2017). *Determinación del coeficiente de permeabilidad de las comunas 1, 3 y 5 del Municipio de Girardot - Cundinamarca*. 15(2), 1–23.
[http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5643/TRABAJO FINAL.pdf?sequence=1](http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/5643/TRABAJO_FINAL.pdf?sequence=1)
- Fuhr, L., y Franklin, M. (2020). *Atlas del Plástico - Datos y cifras sobre el mundo de los polímeros sintéticos*. 1, 56. https://mx.boell.org/sites/default/files/2021-04/WEB_Atlas_plasticos_Mexico_04.pdf

- García, E., y Fernández, I. (2012). *Determinación de la Humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación*. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinación de humedad.pdf](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/16339/Determinación_de_humedad.pdf)
- Giler, L. (2015). Estudio De Factibilidad Para La Creación De Una Fábrica De Muebles De Muyuyo En El Recinto El Arenal, Cantón Playas, Provincia Del Guayas. *Tesis de Grado*, 184. <https://repositorio.upse.edu.ec/handle/46000/3515>
- Gómez, J., Buriticá, P., y Salazar, M. (2012). Revisión de los Uredinales colectados sobre Cordia (Boraginaceae) en Colombia. *Revista Mexicana de Micología*, 36, 41–47. <http://revistamexicanademicologia.org/wp-content/uploads/2012/10/Vol.-36-páginas-41-481.pdf>
- Guerrero, L. (2020). Grado de biodegradabilidad del bioplástico elaborado con almidón de plátano verde (Musa paradisiaca L.). *Tesis*, 1–56. http://repositorio.unj.edu.pe/jspui/bitstream/UNJ/331/1/Guerrero_GL.pdf
- Gutiérrez, H. (2012). *Análisis y Diseño de Experimentos*. https://www.researchgate.net/publication/44401609_Analisis_y_Disenio_de_Experimentos
- Hernández, M., Torruco, J., Chel, L., y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(3), 718–726. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612008000300031>
- Higuera, C., Rodríguez, N., y Zuluaga, K. (2021). *Bioplásticos a partir de la semilla de aguacate*. <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10904/HigueraCamilo2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Holguin, J. (2019). *Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa*. 1–9.

<http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v7nspe/a09v7nspe.pdf>

Huacho, I., Mancheno, P., Rodríguez, A., y Brito, H. (2022). Identificación del tiempo de degradación de láminas de plástico procedente del plátano malayo (*Musa Acuminata*). *AlfaPublicaciones*, 4(1.2), 91–101. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i1.2.189>

INEN. (2012). *Instituto Ecuatoriano de Normalización. Norma Técnica Ecuatoriana Método - Método de ensayo para determinar la biodegradabilidad aeróbica en el suelo de los materiales plásticos o de materiales plásticos reusuales después de compostaje.*

Jaime, M. (2019). *Estadística Inferencial II Diseño experimental para un factor - Dca y anova.* <https://es.slideshare.net/Jaimeortegamanuel/dca-y-anova>

Jiménez, A. (2014). Estudio de la composición relativa entre un lubricante mineral con lubricantes orgánicos y su influencia en el comportamiento de la densidad y viscosidad a diferente temperatura. *Sistemas Inteligentes Para Domicilios y Edificios.*, 34–46. <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/13279/1/FCHE-EBS-1519.pdf><http://es.slideshare.net/Andysebas1/domotica-42887798>

Jiménez, C. (2017). Mecánica De Fluidos: Viscosidad Y Turbulencia. *Escuela de Física Instituto Tecnológico de Costa Rica*, 6. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10194/Dinámica de fluidos viscosos.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10194/Dinámica%20de%20fluidos%20viscosos.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Labeaga, A. (2018). Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. *Uned*, 45–47. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf

Lafuente, G. (2017). Glicerol: Síntesis y Aplicaciones. *Universidad Nacional De Educación a Distancia* Má, 1–56. <http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ->

Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf

Lage, J. (2018). *Medición del pH "in situ" Especialización en Calidad Industrial*.
[http://www.unsam.edu.ar/institutos/incalin/repositorio/TIF_Industrial/Lage Jimena.pdf](http://www.unsam.edu.ar/institutos/incalin/repositorio/TIF_Industrial/Lage_Jimena.pdf)

Lara, A. (2013). Diseño Estadístico Experimentos. *Diseño Estadístico Experimentos*, 25–39. <http://eprints.uanl.mx/12482/1/A5.pdf>

Lema, E., y Manzo, N. (2021). Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos. *Repositorio Digital UTEQ*, 19–25. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5311/1/T-UTEQ-0093.PDF>

Litterthub, M. (2019). Impacto del abandono del plástico en la naturaleza. *Ecoembes*, 24. https://proyectolibera.org/wp-content/uploads/2019/03/Impacto-de-los-plásticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf

López, G. (2012). *Ventajas y desventajas de los plásticos dedradables para su aplicación en la agricultura sustentable o ecológica*. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/371/1/Gorgonio Lopez Tolentino.pdf>

Loureiro, G., Reis, Q., René, R., Andrade, G., y Moreira, S. (2017). Influencia de factores agroambientales sobre la calidad del clon de cacao (*Theobroma cacao* L.) PH-16 en la región cacaotera de Bahia, Brasil. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 4(12), 579. <https://doi.org/10.19136/era.a4n12.1274>

MAE. (2019). *Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica promueve la Primera Política de Consumo Responsable de Fundas Plásticas tipo camiseta*. <https://www.ambiente.gob.ec/mae-promueve-la-primera-politica-de-consumo-responsable-de-fundas-plasticas-tipo-camiseta/>

Maliza, V. (2015). *Síntesis de bioplástico a partir de la pulpa de plátano de seda (Musa*

paradisiaca) y plátano rojo (*Musa acuminata*) para uso como envoltura en productos alimenticios.

<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/14960/1/96T00619.pdf>

Martí, L., Ferrero, P., y Verdejo, E. (2020). *Biodegradación y síntesis de plásticos mediante el uso de enzimas y microorganismos seleccionados - Plástico.*

<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/302273-Biodegradacion-sintesis-plasticos-mediante-uso-enzimas-microorganismos-seleccionados.html>

Martines, E. (2017). Definiciones de humedad y su equivalencia. *Centro Nacional de Metrología, División de Termometría*, 1–5.

<http://www.cenam.mx/dme/pdf/TM02.pdf>

Martínez, J. (2016). *Estados de tensión y de deformación en materiales compuestos reforzados con fibra ante diferentes casos de carga.* 130.

https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/10892/TESIS_Martínez_Vicente.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Meza, P., Quipuzco, L., y Meza, V. (2019). Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad. *Rev. Del Instituto de Investigación*, 22(4), 67–80.

<https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/download/16691/14254/58242>

<https://www.insst.es/documents/94886/431980/DLEP+119+Ácido+acético++Año+2018.pdf/1d5b5a9a-4438-4105-8b77-3e68196f2701?version=1.0&t=1551310408920>

Morales, L., y Méndez, G. (2021). Biorremediación de carbamazepina por hongos y bacterias en aguas residuales. *Bionatura*, 6(2), 1851–1857.

<https://doi.org/10.21931/rb/2021.06.02.28>

Moreno, A., Humarán, V., Báez, E., Báez, G., y León, 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*, 365–382.

<https://doi.org/10.35197/rx.13.03.2017.21.am>

- Moreno, G. (2015). *Utilización de harina de plátano (Musa balbisiana), en el desarrollo de películas biodegradables activas.* 33–34.
http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/11979/1/AL_572.pdf
- Morocho, K. (2019). *Hidrólisis enzimática del mucilago de cacao CCN-51 (Theobroma cacao L.) Para incrementar la concentración de azúcares fermentables.* 51, 1–49.
http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/13284/1/T-2740_MOROCHO_ESPINOZA_KAREN_MARIBEL.pdf
- Morocho, M., Flores, L., Dalgo, V., y Chango, G. (2021). Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada Physical-chemical and mechanical characterization of bioplastic. *Ciencias Técnicas y Aplicadas*, 7(4), 623–637.
<http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/indexhttps://orcid.org/0000-0003-0228-7095>
- Muñoz, J., Armijos, D., y Erazo, S. (2019). *Flora y Fauna del Bosque Seco de la provincia de Loja, Ecuador.* https://unl.edu.ec/sites/default/files/archivo/2019-12/FLORA_Y_FAUNA_DEL_BOSQUE_SECO_compressed_compressed.pdf
- Murciano, J. (2016). Plan de Marketing para bioplásticos en la industria del Packaging. *Prezi.* <https://prezi.com/ck42qdnazoho/plan-de-marketing-para-pacari/>
- Murillo, I., y Taco, J. (2020). *Aprovechamiento de residuos orgánicos agrícolas mezclados con plastificante para la obtención de un biopolímero resistente y biodegradable.*
- Navia, D., y Bejarano, N. (2014). Evaluación De Propiedades Físicas De Bioplásticos Termo-Comprimidos Elaborados Con Harina De Yuca Evaluation of Physical Properties of Thermopressing Bioplastics Made From Cassava Flour Avaliação

- Das Propiedades Físicas De Termo-Comprimidos Bioplásticos. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 12(2), 40–48.
<http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>
- Neila, M. (2015). *Las ventajas de los bioplásticos*.
<http://www.laenergiadelcambio.com/las-ventajas-de-los-bioplasticos/>
- Núñez, C. (2018). *Guía de Laboratorio Polímeros Industriales*.
<http://ciencias.ubiobio.cl/quimica/web/wp-content/uploads/2018/11/Guía-de-laboratorio-Polimeros-Industriales-2018.pdf>
- ONU. (2019). *10 cifras de la ONU para mostrar el daño que los plásticos le hacen al planeta*.
<https://expansion.mx/vida-arte/2019/07/03/10-cifras-de-la-onu-para-mostrar-el-dano-que-los-plasticos-le-hacen-al-planeta>
- Ortega, M., y Robayo, L. (2016). *Beneficios de optar por los bioplásticos*.
<https://www.plastico.com/temas/Beneficios-de-optar-por-los-bioplasticos+94993?pagina=3>
- Ortiz, María. (2019). Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (mangifera indica) con aplicación potencial en envases. *Repositorio Institucional Universidad El Bosque*, 7–97.
<https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>
- Ortiz, Martín, y Cruz, A. (2022). Viscosidad de un fluido. *Ingenio y Conciencia Boletín Científico de La Escuela Superior Ciudad Sahagún*, 9(17), 77–84.
<https://doi.org/10.29057/escs.v9i17.7893>
- Pacheco, G., Flores, N., y Rodríguez, R. (2014). Biotecnología y Bioingeniería. In *Bioplásticos* (Vol. 18, Issue 2). https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2014_V18_N2.pdf
- Pascoe, S., Martínez, C., y Varela, J. (2013). *Formación de una película plástica natural utilizando Nopal Verdura SPP*. 53–67.

- Peace, G. (2016). Plásticos en los océanos. *Dosier de Prensa*, 7. http://www.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf
- Peinado, M. (2015). *Estudio de la biodegradabilidad y Pva Que incorporan diferentes sustancias antimicrobianas*. [https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56383/PEINADO_ESTUDIO_DE_LA_BIODEGRADABILIDAD_Y_GRADO_DE_DESINTEGRACIÓN DE FILMS A BASE DE ALMIDON Y P....pdf?sequence=1](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/56383/PEINADO_ESTUDIO_DE_LA_BIODEGRADABILIDAD_Y_GRADO_DE_DESINTEGRACION_DE_FILMS_A_BASE_DE_ALMIDON_Y_P....pdf?sequence=1)
- Peña, L. (2010). Proyecto de indagación. *Pontificia Universidad Javeriana*, 1–12. http://www.javeriana.edu.co/prin/sites/default/files/La_revision_bibliografica.mayo_.2010.pdf
- Penna, F. (2010). La utilización de variables indicadoras en un Modelo de Regresión Múltiple. *Fundamentos En Humanidades*, XI(22), 91–101. <https://www.redalyc.org/pdf/184/18419812006.pdf>
- Pérez, V., Minjares, J., Martínez, J., Baez, G., y Candelas, M. (2019). Composición Química , Propiedades Físicas y Reológicas del mucílago de Aloe barbadensis Miller. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(2005), 902–906. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/128.pdf>
- Pittaluga, L., y Pirrocco, D. (2021). Análisis de la cadena de valor del plástico y el caucho en el Uruguay. *Serie Estudios y Perspectivas*, 53, 71. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47382/1/S2100534_es.pdf
- Pizá, H., Rolando, S., Ramirez, C., Villanueva, S., y Zapata, A. (2017). Analisis experimental de la elaboración de Bioplástico a partir de la Cáscara de Plátano. *Pirhua*, 108. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf
- PNUMA. (2015). *PNUMA Archives - Residuos Profesional. Programa de las Naciones*

Unidas para el Medio Ambiente. <https://www.residuosprofesional.com/tag/pnuma/>

Quecedo, R., y Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14(14), 5–39. <https://www.redalyc.org/pdf/175/17501402.pdf>

Quijano, Y., y Melo, J. (2020). *Análisis de la variación de la densidad seca máxima y humedad óptima de afirmados provenientes de diferentes canteras de la sabana de Bogotá.* https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil//ciencia.lasalle.edu.co/ing_civil/891

Quinatoa, J. (2018). Evaluación de la variabilidad genética y dasométrica de nueve procedencias de *Cordia alliodora* R&P (Laurel) en la Estación Experimental Central de la Amazonia (EECA), Parroquia San Carlos, Cantón La Joya De Los Sachas, Provincia de Orellana. *Escuela Superior Politécnica De Chimborazo*, 72. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5000/1/Tesis Ing. Forest. Quinatoa J..pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5000/1/Tesis%20Ing.%20Forest.Quinatoa%20J..pdf)

Quinde, W. (2020). *Desarrollo de aplicaciones culinarias a partir de la fruta del Muyuyo (Cordia lutea lamarck) para su aprovechamiento en el cantón Paján, Manabí.* 2507(February), 1–9. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49626/1/BINGQ-GS-20P09.pdf>

Ramos, V. (2018). Evolución del Uso de los Materiales Plásticos en la Industria Automotriz. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 17–27. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n12.2018.928>

Rimac, A. (2019). Bioplásticos - Universidad Científica del Sur. *Universidad Científica Del Sur. Facultad de Ciencias Ambientales. Ingeniería Ambiental.*, 1–126. <https://pubs.acs.org/doi/pdf/10.1021/acs.est.9b04513>

Rivera, O., Álvarez, L., Rivas, M., Garelli, O., Pérez, E., y Estrada, N. (2020). Impacto de la contaminación por plásticos en Áreas Naturales Protegidas mexicanas.

Green-Peace, 53(9), 1689–1699. https://www.greenpeace.org/static/planet4-mexico-stateless/2020/09/12e508ed-estudio_impacto_contaminacion-plastico.pdf

Rodríguez, J, Ruiz, L., Santoyo, M., y Velásquez, M. (2016). Determinación del índice de acidez y acidez total en cinco mayonesas. *Investigacion y Desarrollo En Ciencia y Tecnologia de Alimentos*, 1(2), 843–849. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/10/146.pdf>

Rodríguez, Junior, y Zambrano, M. (2021). *Vida de anaquel del tomate (Solanum lycopersicum L.) aplicando un recubrimiento comestible quitosano y muyuyo*. <https://repositorio.esпам.edu.ec/bitstream/42000/1754/1/TTAI43D.pdf>

Rodríguez, R. (2017). *Fundamentos de Química General: Disoluciones, Propiedades Coligativas y Gases Ideales*. [https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4271/1/Fundamentos de Química General_Disoluciones%2C propiedades coligativas y gases ideales.pdf](https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4271/1/Fundamentos%20de%20Quimica%20General_Disoluciones%2C%20propiedades%20coligativas%20y%20gases%20ideales.pdf)

Rodríguez, S., Martínez, H., Órnelas, J., y Garnica, M. (2011). Optimización de la extracción del mucílago de nopal (*Opuntia ficus-indica*). *XIV Congreso Nacional de Biotecnología y Bioingeniería, 2004*, 58240. <https://smbb.mx/congresos/smbb/queretaro11/TRABAJOS/trabajos/III/carteles/CIII-71.pdf>

Rodríguez, V. (2021). *El uso indiscriminado del plástico contamina el medio ambiente y vulnera los derechos de la naturaleza*. 1–157. <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/23910>

Rojas, D. (2022). *Espectrofotometría y colorimetría*. 51404. [https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8207/Danie I_Exam.Suf.Prof_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/8207/Danie_I_Exam.Suf.Prof_Titulo_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Rojas, J., Arroyo, J., Ortiz, J., Palomino, M., Herrera, O., Calva, J., Rojas, A., Justil, H. J., Castro-Luna, A., y Hilario, J. (2020). Flores de *Cordia lutea* L.: una planta

- medicinal prometedora como quimiopreventivo en la carcinogénesis de próstata inducida en ratas. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2020, 1–8. <https://doi.org/10.1155/2020/5062942>
- Roldán, L. (2019). *Biodegradación de Plásticos: Qué es y métodos*. <https://www.ecologiaverde.com/biodegradacion-de-plasticos-que-es-y-metodos-2424.html>
- Ruiz, G. (2005). Pólimeros Biodegradables a partir de almidón de yuca. *Eafit*, 97. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2
- S.A., C. (2017). *Estudio de Impacto Ambiental de una Línea de Transmisión en 500 kV entre Ecuador - Perú. Capítulo 6 - 6.2 Medio biológico*. 149–291. <https://www.celec.gob.ec/transelectric/images/stories/noticias/2020WEB/PDF2020/DocumentosINTERECUPER2020/CAPITULO 6.2. Medio Biológico.pdf>
- Sáez, J. (2019). *Impacto del plástico en el Medio Ambiente - Universidad Camilo José Cela*. https://blogs.ucjc.edu/cc-transporte-logistica/2019/07/impacto-del-plastico-en-el-medio-ambiente/?_adin=11551547647
- Sailema, D. (2019). *Packaging forma - función y la contaminación por empaques a partir de polímeros en la ciudad de Ambato*. [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30255/1/Sailema Daniel.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30255/1/Sailema%20Daniel.pdf)
- Salazar, G. (2016). Validación del método analítico sulfatos por gravimetría en cristales salinos y estimación de la incertidumbre según la norma NB-ISO/ICE 17025:2005. *Sistema Web de Digitalización de Libro de Acta de Notas*, 111. <https://repositorio.umsa.bo/handle/123456789/9903>
- Santacruz, S., Rivadeneira, C., y Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49(July), 89–94.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.03.019>

Secretaría Nacional de Planificación. (2021). *Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado* (pp. 1–122). <https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/09/Plan-de-Creación-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado.pdf>

Segura, D. (2017). *Validación del método para medición de densidades de materiales compactados mediante el uso del densímetro eléctrico*. 1, 108. <http://repositoriotec.tec.ac.cr/handle/2238/6153>

Sernaqué, A., Huamán, L., Chipa, H., y Chacón, E. (2020). Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*. *Centro Agrícola*, 47(4), 22–31. <http://scielo.sld.cu/pdf/cag/v47n4/0253-5785-cag-47-04-22.pdf>

Serván, A. (2018). *Interés Farmacéutico De Los Mucílagos Trabajo Fin De Grado*. 8–9. https://idus.us.es/xmlui/bitstream/handle/11441/82306/TFG_terminado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Silva, C. (2022). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos Influencia de la elongación en el cumplimiento del planeamiento de la producción de cintas elásticas para prendas underwear en una tejeduría plana*. https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/17711/Silva_ac.pdf?sequence=1

SNI. (2022). *IEDG - Infraestructura Ecuatoriana de Datos Geospaciales*. <https://iedg.sni.gob.ec/geoportal-iedg/inicio.html>

Stuchtey, M., y Dillon, T. (2020). *Rompiendo la Ola de Plástico*. <https://www.pewtrusts.org/en>

Suárez, C. (2019). *Desarrollan plástico biodegradable a partir de almidón de yuca*. <http://www.upsocl.com/ciencia-y-tecnologia/desarrollan-plastico-biodegradable-a>

partir-de-almidon-de-yuca-es-tan-resistente-como-el-de-petroleo-2/

Suasnavas, D. (2017). *Degradación de materiales plásticos “PET”, como alternativa para su gestión.* 8.5.2017.

[http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13224/Degradación Química del PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13224/Degradación%20Química%20del%20PET.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Tejeda, A., Méndez, I., Rodríguez, N., y Tejeda, E. (2018). *La humedad en la atmósfera: Bases físicas, instrumentos y aplicaciones.*

http://ww.uco.mx/content/publicacionesenlinea/adjuntos/La-humedad-en-la-atmosfera_466.pdf

Tierra, A. de la. (2020). *Un estudio revela los impactos del plástico sobre la salud.*

<https://www.tierra.org/un-estudio-revela-los-impactos-del-plastico-sobre-la-salud/>

Tippelt, R., y Lindemann, H. (2001). El Método de Proyectos. 2013, 1–14.

http://132.248.239.10/cursos_diplomados/dipomados/basico/colima07/5_material-didactico/productos_didac/met-proy.pdf

Valdés, O., Jiménez, Á., Servin, A., y Tejero, J. (2020). Tension and bending tests in roots of two tropical species. *Madera y Bosques*, 26(2), 1–13.

<https://doi.org/10.21829/MYB.2020.2621716>

Valencia, J., y Chimbolema, M. (2016). *La exportación de artesanías a base de muyuyo como acción motivadora de emprendimiento en la asociación de artesanos tres de septiembre del cantón general Villamil Playas de la provincia del Guayas.* 15(2), 1–23.

[http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23569/1/Valencia - Chimbolema.pdf](http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/23569/1/Valencia-Chimbolema.pdf)

Vallejo, C., Díaz, R., Morales, W., Soria, R., Baren, C., y Vera, J. (2016). Utilización del mucílago de cacao, tipo nacional y trinitario, en la obtención de jalea. *Revista ESPAM*

CIENCIA, 7(1), 51–58.

<http://investigacion.espam.edu.ec/index.php/Revista/article/view/204>

- Vargas, L., Arroyo, G., Herrera, C., Pérez, A., García, M., y Rodríguez, J. (2016). Propiedades físicas del mucílago de nopal. *Acta Universitaria*, 26(NE-1), 8–11. <https://doi.org/10.15174/au.2016.839>
- Veliz, J. (2022). *Obtención y caracterización química del mucílago del fruto muyuyo (Cordia lutea) y elaboración de productos de limpieza personal*. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59624/1/FINAL-TESIS_JENNIFER_VELIZ_CEDEÑO.pdf
- Vettorel, S., Grigioni, L., Silva, C., y Farina, J. (2019). *Oscilaciones Mecánicas 5 ° Año Física*. 0–26. https://rehip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/4386/7501-15_FISICA_Oscilaciones_Mecanicas.pdf?sequence=2
- Villa, D., Osorio, M., y Villacis, N. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílago. *Dominio de Las Ciencias*, 6(2), 503–524. <http://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/index>
- VIU. (2018). *Pasos del método científico: de la observación a la ley | VIU - Universidad Internacional de Valencia*. <https://www.universidadviu.com/ec/actualidad/nuestros-expertos/pasos-del-metodo-cientifico-de-la-observacion-la-ley>
- Vivanco, E. (2019). Envases plásticos y materiales biodegradables. *BCN, Asesoría Técnica Parlamentaria*, 1–7. https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/27236/1/Envases_plasticos_y_materiales_biodegradables_2019_FINAL.pdf
- Zambrano, J., y Lynch, I. (2021). *Aprovechamiento de residuos de yuca (Manihot esculenta Crantz) como aporte nutricional del chame (Dormitator latifrons) con fines de economía circular*.
- Zapata, J. (2017). *Síntesis mediante un proceso productivo tipo masa-masa y caracterización de poli(acrilonitrilo butadieno estireno) empleando hules con*

diferente arquitectura macromolecular - Maestría en Tecnología de polímeros.
[https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/580/1/Tesis MTP Jose Luis González Zapata 13 Feb 2018.pdf](https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/580/1/Tesis%20MTP%20Jose%20Luis%20González%20Zapata%2013%20Feb%202018.pdf)

Zumstein, M., Narayan, R., Kohler, H., McNeill, K., y Sander, M. (2019). Qué hacer y qué no hacer al evaluar la biodegradación de los plásticos. *Environmental Science and Technology*, 53(17), 9967–9969. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b04513>

ANEXOS

Anexo 1. Encuesta.

Anexo 1-A. Encuesta realizada a los habitantes de las comunidades seleccionadas.

ENCUESTA

Nombre: _____

Edad: ____ años

Comunidad a la que pertenece: _____

1. **¿Conoce usted el moyuyo (*Cordia lutea*)?**
 - a. Si
 - b. No
2. **Dentro de la comunidad ¿Dónde se distribuye el moyuyo (*Cordia lutea*)?**
 - a. En las riberas del río
 - b. En los linderos de las casas
 - c. No hay
3. **¿Cuáles son las utilidades más comunes que usted considera que se le pueda dar al fruto del moyuyo (*Cordia lutea*)?**
 - a. Gel para el cabello
 - b. Pegamento
 - c. Para uso medicinal
 - d. Otros
4. **¿Alguna vez ha utilizado el moyuyo (*Cordia lutea*)?**
 - a. Si
 - b. No

- 5. En caso de haber utilizado ¿Cuántos frutos de moyuyo (*Cordia lutea*) requiere para llevar a cabo esta actividad?**
- a. Menos de 100
 - b. De 100 a 250
 - c. Más de 250
 - d. No aplica
- 6. ¿Esta actividad le genera ingresos económicos?**
- a. Si
 - b. No
 - c. No aplica
- 7. Si la respuesta fue sí, ¿Cuál es la ganancia mensual que le deja dicha actividad?**
- a. Menos de \$50
 - b. De \$51 a \$100
 - c. Más de \$100
 - d. No aplica
- 8. ¿Consumiría usted algún producto hecho a base de moyuyo (*Cordia lutea*)?**
- a. Sí
 - b. No
- 9. ¿Le gustaría reemplazar el plástico sintético por plástico biodegradable a base de moyuyo (*Cordia lutea*)?**
- a. Sí
 - b. No

10. ¿Tiene alguna sugerencia que aporte al desarrollo del proyecto de investigación?

- a. Sí
- b. No



Anexo 1-B. Encuesta en Platanales.



Anexo 1-C. Encuesta en “El Limón”.



Anexo 1-D. Encuesta en La Juanita.



Anexo 1-E. Encuesta en San Bartolo.

Anexo 2. Recolección del fruto del moyuyo (*Cordia lutea*).



Anexo 2-A. Recolección de frutos en Platanales.



Anexo 2-B. Frutos recolectados.

Anexo 3. Análisis de las propiedades fisicoquímicas del mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*).



Anexo 3-A. Medición de pH.



Anexo 3-B. Medición del porcentaje de humedad.



Anexo 3-C. Medición de acidez total.



Anexo 3-D. Medición de viscosidad.



Anexo 3-E. Medición del porcentaje de solubilidad.



Anexo 3-F. Medición del color.



Anexo 3-G. Medición de la densidad.

Anexo 4. Extracción del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*).



Anexo 4-A. Extracción del mucílago en el laboratorio.



Anexo 4-B. Mucílago extraído.

Anexo 5. Materiales e insumos utilizados en la elaboración de láminas de plástico biodegradables.



Anexo 5-A. Instrumentos de laboratorio y aditivos.

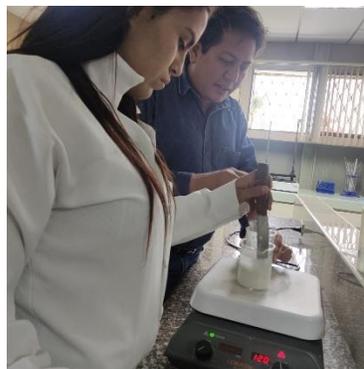


Anexo 5-B. Plancha de calentamiento.

Anexo 6. Elaboración de las láminas de plástico biodegradables.



Anexo 6-A. Dilución del almidón en agua destilada.



Anexo 6-B. Homogenización de la mezcla.



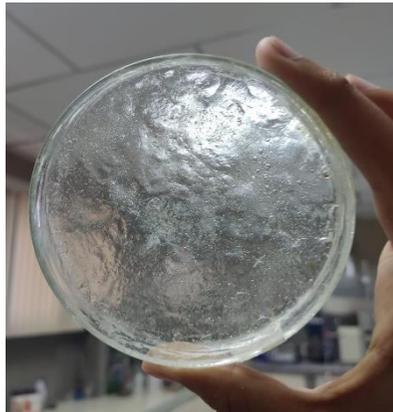
Anexo 6-C. Sustancia viscosa y transparente.



Anexo 6-D. Sustancia esparcida en cajas Petri antes de estufa.



Anexo 6-E. Cajas Petri en la estufa.



Anexo 6-F. Sustancia esparcida en cajas Petri después de estufa.



Anexo 6-G. Lámina elaborada.

Anexo 7. Análisis de las propiedades fisicoquímicas de las láminas de plástico biodegradables.



Anexo 7-A. Medición del espesor.



Anexo 7-B. Medición de la resistencia al agua.



Anexo 7-C. Medición de la resistencia a la tensión y elongación.



Anexo 7-D. Medición del porcentaje de humedad.



Anexo 7-E. Medición del porcentaje de solubilidad.

Anexo 8. Ensayo de biodegradación de las láminas de plástico biodegradables.



Anexo 8-A. Caja para el control de las condiciones ambientales.



Anexo 8-B. Botellas recicladas donde se enterraron las láminas.

Anexo 9. Base de datos de los resultados obtenidos de los análisis realizados.

Tabla 4.18. Base de datos de los resultados obtenidos.

Tratamientos	Espesor	Humedad	Solubilidad	Resistencia a la tensión	Elongación	Resistencia al agua
	mm	%	%	mPa	%	ml
T ₁ R ₁	0,1	13,89	27,48	8,5507	25,0037	67
T ₁ R ₂	0,22	14,5	26,64	10,0237	25,4001	80
T ₁ R ₃	0,19	13,74	27,94	8,2358	23,1176	115
T ₂ R ₁	0,14	13,59	28,75	9,1163	28,9055	150
T ₂ R ₂	0,16	13,93	29,39	9,2738	26,3369	175
T ₂ R ₃	0,22	16,28	33,2	9,0042	26,0088	190
T ₃ R ₁	0,15	16,06	36,37	10,2963	35,1439	723
T ₃ R ₂	0,19	20,07	39,4	10,2735	33,1125	234
T ₃ R ₃	0,14	16,54	36,69	11,4170	31,0853	780
T ₄ R ₁	0,23	24,06	50,2	13,8951	38,2514	812
T ₄ R ₂	0,2	23,71	51,01	12,9001	37,0417	795
T ₄ R ₃	0,14	24,55	50,08	13,7014	38,0997	472

Fuente. Cedeño y Gilces, (2022).

Anexo 10. Certificado de los análisis de laboratorio realizados en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Facultad de Ciencias de la Vida
y Tecnologías

CERTIFICACIÓN

Manta, 12 de septiembre del 2022

La Decana de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías y el Coordinador de Laboratorios de la Carrera de Agroindustrias, certifica que:

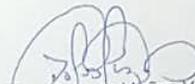
Una vez realizados los estudios correspondientes en el Laboratorio de Investigación de Alimentos, se emite este documento con resultados de los siguientes análisis: Determinación de elongación y resistencia a la tensión en láminas de plásticos, dichos análisis corresponden al trabajo de titulación "**Aprovechamiento del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*) para la elaboración de láminas de plástico biodegradables**", de **Cedeño Zambrano Luisana Mercedes C.I. 131522029-1** y **Gilces Vidal Sara Beatriz C.I. 131594961-8**. Estudiantes egresadas de la Carrera de Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

ELONGACIÓN (%)			
Tratamientos	R1	R2	R3
T1	23,1176	25,4001	25,0037
T2	28,9055	26,3369	26,0088
T3	35,1439	33,1125	31,0853
T4	38,2514	37,0417	38,0997

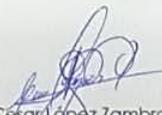
RESISTENCIA A LA TENSIÓN (Mpa)			
Tratamientos	R1	R2	R3
T1	8,2358	10,0237	8,5507
T2	9,1163	9,2738	9,0042
T3	10,2963	10,2735	11,4170
T4	13,8951	12,9001	13,7014

Particular que informamos para fines pertinentes.

Atentamente


Dra. Dolores Muñoz Verduga, Ph.D.
Decana F. Ciencias de la Vida y Tecnologías
Email: dolores.munoz@uleam.edu.ec
Cc.: Archivo.




Ing. César López Zambrano Mg.
Coordinador de Laboratorio
Email: cesar.lopez@uleam.edu.ec

05-2623-740 ext. 127 / 05-2622758
Av. Circunvalación Vía a San Mateo
www.uleam.edu.ec/facultades/

 UleamEcuador