



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

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

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

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DE LA QUITINA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN  
TERMOPLÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO**

**AUTORES:**

**JOSSELYN VIRGINIA MACÍAS BAZURTO  
DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA**

**TUTOR:**

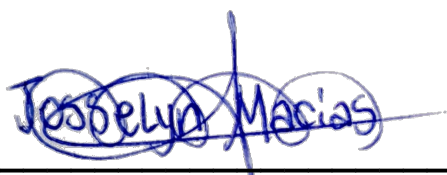
**M. Sc. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA**

**CALCETA, JULIO DEL 2023**

## DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

**JOSSELYN VIRGINIA MACIAS BAZURTO**, con cédula de ciudadanía: **1316048147** y **DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA** con cédula de ciudadanía: **1315226793** declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **“EVALUACIÓN DE LA QUITINA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO”** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos 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.



**JOSSELYN VIRGINIA MACÍAS BAZURTO**



**DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**JOSSELYN VIRGINIA MACÍAS BAZURTO**, con cédula de ciudadanía: **1316048147** y **DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA** con cédula de ciudadanía: **1315226793**, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **“EVALUACIÓN DE LA QUITINA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total auditoría.



---

**JOSSELYN VIRGINIA MACÍAS BAZURTO**

**CC: 1316048147**



---

**DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA**

**CC: 1315226793**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**M.Sc. CARLOS BANCHÓN BAJAÑA**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **“EVALUACIÓN DE LA QUITINA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO”**, que ha sido desarrollado por **JOSELYN VIRGINIA MACÍAS BAZURTO** y **DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA**, 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 de Manabí Manuel Félix López.

---

**M. Sc. Carlos Banchón Bajaña**

**CC: 0918059189**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes de Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: “**EVALUACIÓN DE LA QUITINA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO**”, que ha sido desarrollado por **JOSSELYN VIRGINIA MACÍAS BAZURTO** y **DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA**, 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 de Manabí Manuel Félix López.

---

**Mg. JOSÉ MANUEL CALDERÓN PINCAY**

**CC: 2300121833**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**MG. CARLOS SOLÓRZANO SOLÓRZANO**

**CC: 1306071984**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**MG. KEVIN PATIÑO ALONZO**

**CC: 1313231118**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradecemos infinitamente a Dios, por darnos salud, vida, inteligencia y perseverancia en esta etapa de vida. A la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López por darnos la oportunidad de una educación superior de calidad. A nuestros amados padres, que dieron todo su esfuerzo, amor, y apoyo, por ser pilar y motor, por dar tanto sin esperar nada a cambio; sin ellos no hubiéramos logrado esta difícil meta.

A todas las personas que pusieron su granito de arena para lograr nuestros propósitos, GRACIAS.

**JOSSELYN VIRGINIA MACIAS BAZURTO**

**DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a Dios, por ser mi guía, por brindarme sabiduría, amor y paciencia en esta etapa de formación profesional.

A la Escuela Superior Politécnica de Manabí Manuel Félix López por darme la oportunidad de una educación superior de calidad, a los docentes por cada una de sus enseñanzas.

A mis queridos padres Agustín y Virginia por su esfuerzo, perseverancia, amor e incansable labor al educarme y guiarme siempre por un buen camino. A mis hermanos Junior y Nicolle por ser mis amigos incondicionales y estar siempre en los momentos alegres y difíciles.

A mi ángel guardián (mi abuelito), gracias porque fuiste el principal cimiento en la construcción de mi vida profesional, sembraste en mí las bases de la responsabilidad, y los deseos de superación; en donde quiera que estés sé que guías mis pasos y estás orgulloso de mí.

A mis abuelos paternos y abuela materna gracias por cada consejo, enseñanzas y cariño.

A mí compañera y amiga de tesis Diana Zambrano por su esfuerzo y dedicación en este trabajo.

**JOSSELYN VIRGINIA MACÍAS BAZURTO**

## **DEDICATORIA**

Le dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mis padres Julio Zambrano y Diana Valencia, quienes me brindaron todo su esfuerzo y perseverancia para lograr mi educación superior, dando hasta lo imposible y dejando de lado sus necesidades.

A mi amado esposo, Diego Mieles, por su amor absoluto, por ser mi compañero, por apoyarme en los momentos más difíciles, por su esfuerzo, por no dejarme sola y ser parte de todo este proceso.

A mi querido suegro, Francy Mieles, por acogerme como una hija más, por su cariño y ser sustento para cumplir mis objetivos, por estar siempre presente.

A mis estimados Od. Audinamia Mieles “Mami Audi” y Geol. Donald Allen “Tío Don”, por su cariño incondicional, por estar perpetuamente pendiente de mis pasos y mis necesidades para ofrecer su amable ayuda.

A mis incondicionales hermanos, Diana Raquel Zambrano y César Zambrano quienes son mi ejemplo y mis consejeros de vida.

A mi compañera de tesis y amiga Josselyn Macías, por su cariño desde primaria, por su ayuda y esfuerzo en este trabajo.

A mis amados sobrinos Emmanuel y Alexito, por inspirarme a ser una mejor persona y ser su ejemplo.

**DIANA MARÍA ZAMBRANO VALENCIA**



## CONTENIDO GENERAL

<b>DECLARACIÓN DE AUDITORÍA.....</b>	<b>ii</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....</b>	<b>iii</b>
<b>CERTIFICACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>iv</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....</b>	<b>v</b>
<b>AGRADECIMIENTO.....</b>	<b>vi</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>vii</b>
<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>viii</b>
<b>CONTENIDO GENERAL.....</b>	<b>ix</b>
<b>CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS, ECUACIONES Y GRÁFICOS.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xiii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xiv</b>
<b>CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....</b>	<b>1</b>
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN.....	3
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
2.1. BIOPLÁSTICO.....	5
2.2. PLÁSTICO.....	8
2.3. ALMIDÓN.....	9
2.4. QUITINA.....	9
2.5. PLÁTANO.....	11
2.6. COMPONENTES PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS.....	13
2.7. PROPIEDADES MECÁNICAS.....	14
2.8. PLAN DE APROVECHAMIENTO DE DESECHOS.....	15
2.9. OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LOS DESECHOS DEL PLÁTANO.....	15
2.10. METODOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS.....	16
<b>CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO.....</b>	<b>18</b>
3.1. UBICACIÓN.....	18
3.2. DURACIÓN.....	19
3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	19

3.5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN.....	20
3.6. VARIABLES DE ESTUDIO.....	20
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	21
3.8. PROCEDIMIENTOS.....	22
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>28</b>
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FISICOQUÍMICA DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO.....	28
4.2. PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO A PARTIR DE LOS DIFERENTES NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE QUITINA Y CÁSCARA DE PLÁTANO.....	30
4.3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA QUITINA EN LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS SENSORIALES EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO A BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO.....	34
<b>CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>43</b>
5.1. CONCLUSIONES.....	43
5.2. RECOMENDACIONES.....	44
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>59</b>

## **CONTENIDO DE TABLAS, FIGURAS, ECUACIONES Y GRÁFICOS**

### **TABLAS**

Tabla 3.1. Diseño experimental.....	21
Tabla 3.2. Escala de Likert.....	27
Tabla 4.1. Medición de pH en base seca de cáscara de plátano.....	28
Tabla 4.2. Medición de cenizas en base seca de cáscara de plátano .....	29
Tabla 4.3. Medición de humedad en base seca de cáscara de plátano .....	29
Tabla 4.4. Medición de fibra en base seca de cáscara de plátano .....	30
Tabla 4.5. Evidencia fotográfico de los bioplásticos de las mezclas de cáscara de plátano y quitina .....	32
Tabla 4.6. Resultados de evaluación sensorial (propiedades plásticas) de mezclas de cáscara de plátano y quitina.....	35
Tabla 4.7. Ensayo de dureza plástica .....	36
Tabla 4.8. Análisis ANOVA de Dureza plástica.....	36
Tabla 4.9. Ensayo de elasticidad plástica .....	37
Tabla 4.10. Análisis ANOVA de elasticidad plástica .....	38
Tabla 4.11. Ensayo de opacidad plástica.....	39
Tabla 4.12. Análisis ANOVA de opacidad plástica.....	39
Tabla 4.13. Ensayo de rigidez plástica.....	40
Tabla 4.14. Análisis ANOVA de rigidez plástica.....	40

### **FIGURAS**

Figura 3.1. Ubicación de las chiflerías .....	18
Figura 4.1. Preparación de la pasta de cáscara de plátano.....	31
Figura 4.2. Preparación de la quitina .....	31

### **GRÁFICOS**

Gráfico 4.1. Categorización de Medias de Dureza plástica .....	37
Gráfico 4.2. Categorización de Medias de Elasticidad plástica.....	38
Gráfico 4.3. Categorización de medias de opacidad plástica .....	39

Gráfico 4.4. Categorización de Medias de Rigidez plástica .....	41
---	----

## **ECUACIONES**

Ecuación 3.1. Porcentaje de ceniza .....	23
Ecuación 3.2. Porcentaje de humedad .....	23
Ecuación 3.3. Porcentaje de fibra .....	23

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la quitina del exoesqueleto del camarón para la producción del almidón termoplástico (TPS) o bioplástico en mezcla con cáscara de plátano. Para la producción del TPS, se utilizó cáscara de plátano procedentes de dos chiflerías, y el exoesqueleto de camarón de restaurantes. Además, se realizaron análisis de laboratorio caracterizando las propiedades físico-químicas de la cáscara de plátano obtenidas de las chiflerías, evaluando ceniza, fibra, humedad y pH. Para la producción de almidones termoplásticos, se utilizaron plastificantes como agua, ácido acético y glicerol. Una vez elaborado el TPS, se llevaron a cabo pruebas cualitativas mediante la escala de Likert para evaluar propiedades plásticas sensoriales (Rigidez, elasticidad, opacidad y dureza). Los bioplásticos de mayor calidad fue el tratamiento T5 (25% cáscara de plátano y 75% quitina). La evaluación sensorial de estos bioplásticos indica que esta mezcla tuvo una dureza de 6,6 puntos, elasticidad de 0,8 puntos, rigidez de 2,6 puntos, y opacidad de 5,0 puntos. El análisis ANOVA especificó una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las propiedades plásticas, comprobando que la quitina actúa positivamente en la elaboración de bioplástico a base de cáscara de plátano.

## PALABRAS CLAVE

Plastificantes, pruebas cualitativas sensoriales, bioplástico, propiedades plásticas sensoriales.

## **ABSTRACT**

The purpose of this research was to assess the effect of the shrimp exoskeleton tin for the production of thermoplastic starch (TPS) or bioplastic in plantain peel mixture. For the production of the TPS, plantain peel was used from two chip makers, and restaurant shrimp exoskeletons. In addition, laboratory analyses were carried out, characterizing the physical and chemical properties of the plantain peel obtained from the chip makers, assessing ash, fiber, humidity and pH. For the production of thermoplastic starches, plasticizers such as water, acetic acid and glycerol were used. Once the TPS was developed, qualitative tests were carried out using the Likert scale to assess sensory plastic properties (Rigidity, elasticity, opacity, and hardness). The highest-quality bioplastics were T5 treatment (25% plantain peel and 75% quitina). The sensory assessment of these bioplastics indicates that this mixture had a 6.6-point hardness, 0.8-point elasticity, 2.6-point rigidity, and 5.0-point opacity. The ANOVA analysis specified a statistically significant difference between the tights of plastic properties, checking that the chitina acts positively in the development of plantain peel-based bioplastic.

## **KEY WORDS**

Plastic, sensical qualitative tests, bioplastic, sensory plastic properties.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial, el uso y consumo de plásticos de origen fósiles está causando graves problemas ambientales. La producción industrial de insumos domésticos, alimenticios, medicinal, entre otros, utilizan grandes cantidades de plástico para empaques y producción en valores cercanos a 1 300 millones de toneladas anuales (FAO *et al*, 2014). En Europa se consumen 140 kg de plásticos por persona anualmente, en Estados Unidos consumen 109 kg y América Latina en general producen entre 40 Kg y 50 Kg (Calero y Lapo, 2021). Pizá *et al*. (2017) mencionan que un 80% de desechos de plásticos son encontrados en los mares.

En Ecuador, los plásticos se han convertido en un problema de preocupación por su utilización continua. En la actualidad, dentro del territorio se generan 500 toneladas de plástico por año, y se consumen alrededor de 20 Kg por persona (Soliz, 2015). Se estima que, en la provincia de Manabí, se producen desechos plásticos de 59,77 toneladas diarias, donde solo el 15% de estos se depositan en botaderos a cielo abierto, y 70% aproximadamente en cuerpos de agua, lotes baldíos, quebradas, riachuelos, terrenos sólidos entre otros (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Manabí, 2013).

De esta forma, en la actualidad, la contaminación en la provincia de Manabí aumenta a una tasa acelerada, lo cual genera impacto ambiental y decadencia de la salud humana. Además, uno de los principales inconvenientes, es la falta de educación ambiental, información y conocimiento sobre los tratamientos destinados a los plásticos, por otro lado, el tema de reciclaje y reutilización, no son tan aplicados evidentemente (Muñoz *et al*, 2019).

En la actualidad, los científicos han realizado investigaciones para gestionar los residuos plásticos mediante búsqueda de materiales ecológicos; esta alternativa eco-amigable son los bioplásticos, que al ser desechados en el medio ambiente se degradan fácilmente gracias a la acción enzimática de los microorganismos (Mukti, 2014). Para Polít y Bravo (2015) los polímeros naturales (biopolímeros) como los de origen agrícola y marino han adquirido mayor auge en los últimos años para la

fabricación de bioplástico. El almidón es una de las principales fuentes en el desarrollo de bioplásticos, debido a su gran disponibilidad, bajo costo y biodegradabilidad. Las cáscaras de plátano son ricas en almidón, alrededor del 18,5%, convirtiendo este desecho en una fuente adecuada para la fabricación de bioplástico (Kader y Wan, 2017).

En conclusión, Riera y Palma (2018) mencionan que dado que el plástico al ser utilizado principalmente en la vida cotidiana, y conociendo sus efectos negativos en la salud humana y entorno ambiental, es necesaria la aplicación de productos biodegradables que surjan de residuos sólidos agrícolas, puesto que son una de las fuentes más viables y sustentables.

Ante lo expuesto, se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál es el efecto de la quitina sobre el almidón termoplástico producido a base de la cáscara de plátano?



## 1.2. JUSTIFICACIÓN

En el ámbito ambiental, económico y social, los productos biodegradables se han convertido en una de las mejores opciones para mermar la incidencia de los residuos plásticos, por medio de bioasimilación (Calero y Lapo, 2021). Por ejemplo, la quitina que compone un tercio de la masa del exoesqueleto del camarón ha sido reutilizada para diferentes productos farmacéuticos y de uso en biomedicina. En cambio, a través de los desechos derivados del plátano, es posible la generación de bioplástico con bajos niveles de toxicidad y ambientalmente beneficiosos, ejecutando estudios establecidos primordialmente en las características y peculiaridades fisicoquímicas (Jiménez, 2019).

Autores como Navia y Bejarano (2014) mencionan en su estudio “Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de plátano” y los autores López *et al.* (2012) en su investigación “Almidón termoplástico celular reforzado con fibras naturales: Una opción biodegradable para el envasado de alimentos”, que el almidón es prototipo para los bioplásticos, además de poseer una excelente capacidad de biodegradarse en condiciones controladas. Se puede decir que existe una gran variedad para la elaboración de bioplásticos como la quitina, yuca, maíz, entre otros (Pizá *et al.*, 2017).

Torres *et al.* (2015) señalan que la concentración de almidón en cáscaras de plátano está por encima del 40% y la quitina cerca del 30% en el exoesqueleto del camarón, se propone que estos materiales sean tomados en cuenta para la elaboración de bioplástico (Curbelo y Palacio, 2021). En el presente trabajo, se determinará de manera experimental la combinación óptima de cáscara de plátano y quitina, para que en futuros proyectos se lo tome en cuenta como base en la producción de bioplásticos, con el objeto de optar por innovadoras técnicas de producción y utilización de productos que neutralice la contaminación ambiental y a su vez beneficie a las personas que hacen uso de estos, brindando oportunidades de valoración monetaria.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la quitina obtenida del exoesqueleto del camarón, en la producción del almidón termoplástico (TPS) con base de cáscara de plátano.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Caracterizar la composición fisicoquímica de la cáscara del plátano
- Producir almidón termoplástico a partir de los diferentes niveles de concentración de quitina y cáscaras de plátano
- Determinar el efecto de la quitina en las propiedades plásticas sensoriales en la producción de almidón termoplástico con base de cáscara de plátano

## **1.4. HIPÓTESIS**

La adición de la quitina mejora las cualidades plásticas del almidón termoplástico a base de cáscara de plátano en un 25% cáscara de plátano y 75% quitina.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. BIOPLÁSTICO**

Los bioplásticos se refieren a plásticos fabricados a partir de plantas u otros materiales biológicos en lugar del petróleo, conociéndose comúnmente como bioplástico. Pueden estar hecho de ácido poliláctico (PLA) que se encuentra en plantas como el maíz y la caña de azúcar, o de polihidroxialcanoato (PHA) producido a partir de microorganismos (Gibbens, 2018). El PLA (ácido poliláctico) se usa comúnmente en el envasado de alimentos y el PHA (polihidroxialcanoato) en dispositivos médicos como suturas y parches cardiovasculares. Dado que el PLA proviene de las mismas grandes instalaciones industriales que fabrican productos como el etanol, que es la fuente más barata de bioplásticos, este es el tipo más común y también se usa en botellas de plástico, cubiertos y telas (Espinosa, 2013).

En la actualidad los bioplásticos se han convertido en una alternativa más habitual, ya que tienen prácticamente las mismas características de rendimiento que los plásticos a base de petróleo, además brindan beneficios adicionales como reducir las emisiones de carbono o hacer compost. Los bioplásticos son básicamente una parte muy importante de la bioeconomía y están creciendo muy rápidamente para tener más presencia en el mercado, generando crecimiento económico y reduciendo el impacto en el medio ambiente (Prime, 2021).

#### **2.1.1. HISTORIA DEL BIOPLÁSTICO**

Históricamente, los primeros materiales de bioplásticos utilizados por los seres humanos industrialmente fueron de origen natural. En la década de 1930 la denominación de los monómeros de la refinación de petróleo, muchos objetos cotidianos se fabricaron a partir de los polímeros de origen biológico. En ese entonces los recursos más utilizados fueron el caucho natural el cual fue descubierto en el siglo XVIII, la celulosa con parkesina, celuloide o incluso celofán a fines del siglo XIX y principios del XX, además de ingredientes de los lácteos como la caseína que conducían a la fabricación de gelatita en el año 1897 (Arago, 2019).

Décadas más tarde, en 1947, el Rilsan (o Poliamida 11) fue el primer bioplástico de ingeniería que se introdujo en el mercado, con la ayuda de sus excelentes propiedades de resistencia química y mecánica. Y es a partir de los 90 que surgieron los bioplásticos más conocidos hasta ahora como los PLA, los PHAs y los almidones plastificantes que se favorecieron de avances de la química verde y blanca para el aprovechamiento de biomasa tales como almidón, azúcar, celulosa, entre otros (Tag, 2019).

Además de los nuevos polímeros de origen biológico o biodegradable que salen con frecuencia como los PEF (Furanoato de Polietileno), los principales desarrollos se fundan en la diversificación de los recursos utilizados para así producir los materiales, las cuales de la mayoría se centran en la utilización de cobre y diferentes residuos de biomasa (Arago, 2019).

### **2.1.2. IMPORTANCIA DE LOS BIOPLÁSTICOS**

Los bioplásticos son una medida para reducir el problema de los residuos que contaminan y ahogan nuestro planeta. Para Adín (2019) menciona las ventajas que tienen los bioplásticos están:

- Reducir la huella de carbono.
- Ahorro energético en la producción.
- No consumen materias primas no renovables.
- Reducen los residuos no biodegradables.

Para Francois (2021), los bioplásticos tienen sus principales ventajas e intereses, ya que resultan de gran importancia gracias a su capacidad de reformar el impacto ambiental de un producto, aprovechando coproductos, posibilidades de usar un recurso local, así mismo ahorrar los recursos fósiles.

### **2.1.3. CLASIFICACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS**

Según Bayón y Mata (2019) las diferentes familias de bioplásticos se clasifican según su origen: los elaborados a partir de biomasa o materias primas orgánicas,

y los elaborados a partir de productos derivados de fósiles como el petróleo. Ellos, a su vez, se dividen en biodegradables y no biodegradables:

### ORIGEN BIOLÓGICO:

- **Biodegradable:** Bioplásticos hechos a partir de materiales vegetales tales como el maíz, caña de azúcar, celulosa, que son materiales biodegradables. Es relativamente nuevo en la industria, aunque ya se utiliza en envases, por ejemplo: ácido poliláctico (PLA), almidón termoplástico (TPS), polihidroxicanoato (PhA) y celulosa regenerada.
- **No biodegradable:** El hecho de que el plástico esté hecho de biomasa no significa necesariamente que sea biodegradable. Este es el caso de los materiales cuya composición química no puede ser degradados por microorganismos, pero puede reciclarse mecánicamente. Ejemplos: biopolietileno (BIOPE), biopolipropileno (BIO-PP), biopoliamida (Nylon 11) y biopolietileno (BIO-PET).

### ORIGEN FÓSIL

- **Biodegradable:** Este grupo ha sido clasificado como "orgánico" porque, aunque está hecho de combustibles fósiles como el petróleo, es degradado por microorganismos. Por Ejemplos: polietenol (PvA), adipatotereftalato de polibutileno (PBAT) y polibutileno succinato (PBS).
- **No biodegradable:** Los plásticos de todas las formas de vida, es decir, los fabricados a partir de materias primas a base de petróleo y no son biodegradables. Por ejemplo: polietileno (PE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), tereftalato de polietileno (PET), cloruro de polivinilo (PvC).

#### 2.1.4. ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO (TPS)

Para Chi (2017) menciona que los TPS son un material obtenido por la perturbación estructural (modificación) que se produce dentro de los gránulos de almidón cuando se tratan con un bajo contenido de agua y trabajo de fuerzas térmicas y mecánicas en presencia de plastificantes que no se vaporizan fácilmente durante el procesamiento. Los TPS tienen varias propiedades, a parte de la biodegradabilidad,

es un material reversible, flexible que puede empacarse fácilmente para diferentes procesos termoplásticos utilizando el equipo estándar que se usa en la producción de polímeros sintéticos como moldeo por inyección, moldeo por extrusión por soplado, moldeo por compresión, extrusión de película plana y moldeo por radiación (Villada *et al.*, 2008).

Los TPS (Thermo Plastic Starch) es un biopolímero a base de almidón que se degrada fácilmente, existen numerosas maneras de adquirirlas, ya que es un material muy barato y lo más importante, es compatible con el medio ambiente (Guerrero, 2008).

## **2.2. PLÁSTICO**

Los plásticos son sustancias formadas de macromoléculas, las cuales forman estructuras muy resistentes, para la American Society for Testing Materials (ASTM) define al plástico como cualquier material de un grupo grande y diverso que contenga el elemento esencial que es una sustancia orgánica de alto peso molecular, siendo sólido en su estado final (Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito", 2017).

Según Cristán *et al.* (2003) mencionan que los plásticos suelen caracterizarse porque tienen una alta relación resistencia/densidad, excelentes propiedades de aislamiento térmico y eléctrico, además de buena resistencia a ácidos, álcalis y disolventes. Los plásticos pueden ser divididos en dos grandes grupos en función al comportamiento que presenten ante el calor los cuales son: termoplásticos y los plásticos termoestables.

El plástico presenta utilidades muy variadas tales para la construcción de mesas, botellas, floreros, entre otros. La resistencia al daño, permeabilidad y el bajo costo hacen de este material uno de los más utilizados en la industria y el consumo diario; pero este material no es fácil de reciclar por lo que contamina el medio ambiente durante miles de años (Máxima, 2021).

### 2.3. ALMIDÓN

El almidón es el principal polisacárido de las plantas, químicamente consta de dos polímeros de glucosa, la amilosa y la amilopectina. Estos polímeros se depositan en partículas de diferentes tamaños tipo A grande, B mediano y C pequeño y en forma de discos y esferas (Cornejo *et al.*, 2018).

La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidos por enlace  $\alpha$  (1-4) de las cuales pueden estar presentes varios enlaces  $\alpha$  (1-6), comprende entre el 15-20% de almidón, además esta molécula es insoluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas debido a su capacidad para unir moléculas vecinas a través de enlaces de hidrógeno y dar una estructura de hélice capaz de desarrollarse el color azul al formar complejos de yodo Hernández *et al.* (2008). La amilosa en los bioplásticos brinda firmeza en la elasticidad y mecánica, también se toma en consideración los almidones abundantes de amilosa, ya que proveen mucha capacidad de modelación y gelificación, y si no es el caso, no se gelifica (Acosta *et al.*, 2018).

Mientras que la amilopectina es un polímero ramificado de unidades de glucosa enlazadas en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1-4) y 4-6% con enlaces  $\alpha$  (1-6), estas ramas se ubican alrededor del 15 a 25 unidades de glucosa, la amilopectina es soluble parcialmente en agua caliente y en presencia de yodo da un color rojo púrpura (Hernández *et al.*, 2008).

### 2.4. QUITINA

La quitina es el polímero más abundante después de la celulosa; éste contiene una tasa de remodelación natural, ya que, por lo general, se estima que un  $1 \times 10^9$  Ton de quitina se degradan y sintetizan en el hábitat. Este forma parte de la pared celular de hongos, levaduras y exoesqueleto de invertebrados como cangrejo e insectos (Ramírez *et al.*, 2010).

La quitina tiene una estructura lineal de alto peso molecular que consiste en unidades de N-acetil-D-glucosamina unidas entre sí por enlaces  $\beta$ D (1, 4). Es difícil de disolver y tiene baja reactividad, la reducción parcial de la oxidación de la quitina

produce quitosano, con mejores propiedades de reactividad, solubilidad y propiedades mecánicas que facilitan la producción de fibras y películas biodegradables (Mármol *et al.*, 2011).

Gómez *et al.* (2018) mencionan que la quitina se extrae principalmente del exoesqueleto de mariscos procesados, su creciente uso y sus derivados están motivados por el hecho de que, a diferencia de los derivados de petróleo, se obtienen a partir de los subproductos de la pesca, origen que es renovable siendo no tóxica, ni alérgica, también es antimicrobiana y biodegradable.

#### **2.4.1. QUITINA EN CAMARÓN**

El exoesqueleto del camarón (cabeza y cáscara) son una de las materias primas para obtener quitina, para esto las cabezas desecadas son descalcificadas empleando ácidos minerales y desproteinizadas utilizando compuestos alcalinos y así adquirir una masa rica en quitina, la cual se lleva a secar al sol o horno para obtener la quitina con usos industriales o farmacológico (Cervantes *et al.*, 2018).

Los residuos del procesamiento de crustáceos habitualmente contienen de 1-40% de quitina asociado con pigmentos, proteínas, lípidos y depósitos de calcio, lo que representa una producción global anual estimada de quitina en residuos de aproximadamente de 120.000 toneladas (Gómez *et al.*, 2018).

Guzhñay (2022) menciona que entre los residuos que son procesados por el camarón, la quitina comprende de un 14-35%, un 30-40% de proteínas y un 30% a 50% corresponde lípidos, pigmentos y depósitos de calcio. Así mismo Rosero *et al.* (2020) indica que el cefalotórax tiene un promedio de 27-30% de quitina, proteína 40%, carbonato de calcio 30% y carotenos 3%; todos estos materiales son calificadas materias primas renovables con un amplia utilización a nivel industrial, siendo la quitina el más importante ya que es utilizada en la producción de bioplásticos.



## 2.5. PLÁTANO

El plátano (*Musa paradisiaca*) es un término derivado del latín *platānus*, que puede referirse a una planta que forma parte de la familia de las platanáceas o las musáceas cuyo fruto es comestible (Pérez y Gardey, 2021). Esta herbácea es perenne gigante, con rizoma corta y un tallo aparente, que se da de la unión de vainas foliares, cónicas y acaban en una corona de hojas, el plátano tiene una alta actividad celular y es muy exigente de nutrientes, luz, calor, humedad y suelo (Arévalo, 2018).

El plátano se originó en el suroeste de Asia, y las Islas del Pacífico, desplegándose hacia el resto de los países; estos son de gran importancia en todo el mundo no solo porque forman parte de la dieta de las personas, sino también por el espacio plataneros que son una fuente de empleo a largo plazo y generación de divisas (García, 2006).

### 2.5.1. DESECHOS DE LA COSECHA DEL PLÁTANO

Entre los desechos de plátano están:

- **Pseudotallo:** Según Cadena y Gómez (2013) son tallos visibles que consisten en vainas foliares densas y entrelazadas, también suele conocerse como seudocaule. El pseudotallo es una fuente de fibra y, sobre todo, las especies de *Musa* se utilizan en la fabricación de ropa, cuerdas, hilos y tejidos de forro dentro de coches. La fibra común se extrae de los pecíolos secos estos se usan para la fabricación de papeles.
- **Raquis o pinzote:** Es el tallo de la inflorescencia, desde el primer fruto hasta la yema masculino. Pueden estar desnudos o cubiertos con grumos continuos (Pedraza, 2019).
- **Vástago:** El tallo consiste en una yema central cubierta con hojas circundantes. Cada hoja es una fruta y puede haber unas 20 por tallo (RAE, 2022).
- **Cáscara:** La cáscara es la piel que protege la fruta del plátano (Mejías, 2016).

## 2.5.2. PROPIEDADES DE LOS DESECHOS DEL PLÁTANO

Wachirasiri *et al.* (2009) mencionan que los desechos del plátano especialmente las cáscaras son ricos en polisacáridos y almidón, se estima que las cáscaras están compuestas de un aproximado de 12% de masa de almidón. Kader y Wan (2017) indican en su investigación “The development of banana peel/corn starch Bioplastic Film: a preliminary study”, que las cáscaras de plátano consisten en altas fuentes de almidón de un alrededor de 18,5%. El polímero de almidón es un material termoplástico obtenido mediante la conversión de almidón natural mediante procesos químicos, térmico, mecánico, debido a su coste relativamente bajo, siendo un atrayente alternativo para plásticos derivados de petroquímicos (Chariguamán, 2015).

## 2.5.3. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICA DE LOS DESECHOS DE PLÁTANO

Entre las características físicos-químico de los desechos de plátano:

### 2.5.3.1. ANÁLISIS PROXIMAL QUÍMICO

El análisis proximal referencia a la obtención de humedad, fibra, cenizas, carbohidratos y proteína procedente de bioplástico (Bustos, 2016):

- **Humedad:** aprueba la medición de materia seca que permanece en el bioplástico, luego de ser medida por la humedad, el porcentaje de humedad recomendado es de 17% máximo (Martínez, 2017).
- **Fibra:** al ser asimilada por medio de soluciones de hidróxido de sodio y ácido sulfúrico muestra la cantidad de fibra en la muestra, cuando se encuentra calcinada, presenta cambio en el peso, esto vendría a ser la fibra presente en los desechos del plátano (Catalán, 2021).
- **Cenizas:** esta incorpora a los minerales, es obtenida por medio de la incineración de una muestra de peso a 500 °C de temperatura, además simboliza sustancias inorgánicas en los bioplásticos, sin embargo, contiene materia orgánica (fósforo y azufre), pero pueden desaparecer (Bustos, 2016).

## **2.6. COMPONENTES PARA LA ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS**

Para poder producir bioplásticos a partir del almidón, es necesario agregar algunos reactivos a la mezcla y asegurar ciertas condiciones que permitan su producción. Los biopolímeros requieren componentes que exhiban propiedades tales como la durabilidad, elasticidad, dureza, entre otros (Bejarano, 2018).

### **2.6.1. PLASTIFICANTES**

Son pequeñas moléculas agregadas para suavizar un polímero por debajo del punto de transición vítrea, lo que reduce la cristalinidad o el punto de fusión. El agua es un agente suavizante el más recomendado, pero es muy complicado de extraer de la mezcla, por lo que no debe estar presente en un porcentaje alto en comparación con el almidón, para esto se debe aumentar el punto de ebullición del agua, logrando así no solo extraer el agua, sino que también degradar la estructura de almidón que es perjudicial para los biopolímeros (Bejarano, 2018).

El glicerol es una molécula de bajo peso molecular, actúa como plastificante utilizado para aumentar la flexibilidad de los bioplásticos, es el plastificante más utilizado para producir bioplásticos a partir de almidón (Masitoh *et al.*, 2019).

El glicerol debilita la estructura molecular del almidón rompiendo los enlaces glucosídicos involucrados en él y aumentando la distancia entre las cadenas de glucosa, regulando la solubilidad del almidón. Consecuentemente, las moléculas del plastificante no están unidas químicamente a las moléculas del polímero, que están unidas por enlaces que pueden perderse por evaporación, también retrasan la retrogradación (Lamin *et al.*, 2018).

### **2.6.2. MODIFICADOR QUÍMICO**

Según Ángeles (2016) la modificación química del almidón está directamente relacionada con reacciones de los grupos hidroxilo de polímeros de almidón, que reaccionan a través de éteres, lo que lleva a la formación de ésteres, oxidación e

hidrólisis del grupo hidroxilo, son algunas de las transformaciones que se pueden aplicar al almidón. Por lo general, la esterificación de polisacáridos con ácidos orgánicos como lo es el ácido acético, este es una de la transformación más versátil de los biopolímeros; la introducción de grupos éster en los polisacáridos representa un avance importante ya que permite modificar la naturaleza hidrofílica y lograr cambios drásticos en las propiedades mecánicas y térmicas de las biomacromoléculas.

El ácido acético se recomienda como modificador químico porque reduce la hidrofilia del almidón, imparte propiedades hidrofóbicas al material y mejora las propiedades mecánicas (Bejarano, 2018).

## 2.7. PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas de los materiales revelan la relación entre las fuerzas que actúan y reaccionan ante ellos. Por lo tanto, es esencial comprender las propiedades de un material antes de manipularlo hasta el punto en que una deformación excesiva revele su integridad física (Vélez *et al.*, 2021).

Según Holguin (2019), algunas de las propiedades mecánicas de los materiales son:

- **Elasticidad:** Propiedad de un material que vuelve a su forma original cuando se elimina la tensión aplicada al material.
- **Plasticidad:** Es la propiedad que pierde su forma original a medida que se reduce el esfuerzo aplicado. Esta propiedad indica la capacidad de un material para mantener su forma cuando se somete a una determinada tensión.
- **Dureza:** Esta es la resistencia proporcionada para que un material sea penetrado por otro, esta propiedad proporciona información sobre el desgaste en presencia de abrasivos.
- **Fragilidad:** Fractura del material por el esfuerzo, sin deformación plástica.

## **2.8. PLAN DE APROVECHAMIENTO DE DESECHOS**

Es un conjunto de actividades con objeto de mermar y darle otra vida útil a los desechos para diferentes áreas tomando en cuestionamiento a sus características, origen, tamaño, aprovechamiento energético, costos entre otros, además evalúa las mejores disposiciones finales del desecho, y por medio del manejo integral de desechos, la materia recuperada se une de forma temporal al ciclo de economía productiva, donde intervienen el reciclaje, reutilización, compost, incineración y cualquier tipo de actividades que ayuden al ambiente como tal (Palacios y Bernal, 2020).

## **2.9. OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LOS DESECHOS DEL PLÁTANO**

Evidentemente es conveniente adquirir partículas biodegradables plásticas, por medio del almidón de plátano, maíz, arroz, yuca y papa, como origen de nuevas opciones para empaques de alimentos, además hay un sinnúmero de técnicas desarrolladas con el proceso de producción de partículas biodegradable en base a almidón, es más, se crean patentes con el fin de aportar a los procesos que incluyen al almidón termoplástico, considerándolo materia prima de plástico biodegradable (Reira y Palma, 2018).

Pizá *et al.* (2017) mencionan que los desechos de la producción de plátano contienen abundante almidón, el mismo que se llega a extraer con fines económicos directos u otros usos adicionales, también el almidón interviene en las industrias textiles, papeleras, farmacéutica, y alimentos, por otro lado, la cantidad de almidón en la cáscara es de 50%, además, dependiendo del estado del plátano, el almidón varía, siendo el plátano verde el que más contenido de almidón posee, y en el maduro los azúcares son más abundantes. En el trabajo de investigación de Lambis *et al.* (2015) durante el proceso de extracción con una humedad de 2 a 2,5 %, obtuvo productos brutos con 50,5 a 69,9% de almidón.

## 2.10. METODOLOGÍAS PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS

Según Holguin (2019) en el proceso de elaboración del bioplástico, es fundamental implementar 4 mezclas, para obtener la mejor materia prima, estas mezclas se realizan con el objeto de evadir la estimulación de cúmulos en la homogenización, bajar los porcentajes de material perdido al momento de aplicar la mezcla y bajar el tiempo en operación, en la primera mezcla es la aparición del almidón modificado, donde el PVA y el agua destilada se realiza por la utilización de un agitador magnético dentro de una plancha de 25 grados aproximadamente durante 30 minutos, y con velocidad de 150 rpm.

En lo que corresponde a la segunda mezcla, el celocell con agua destilada toma protagonismo, este se adecua con 250 rpm en agitación mecánica, con una temperatura de 40°C rondando los 5 minutos pero se procesan continuamente durante todo el procedimiento, el ácido bórico y el NaCl corresponden a la tercera mezcla, los mismo que reciben pesajes para reservarlos y cuando sea necesario se integran a la mezcla, con 20 minutos y 150 rpm en agitación mecánica, además en esta mezcla se asocia 10 ml de etanol para la homogeneización, y 3 ml de aceite mineral para lubricar y la temperatura asciende a los 70°C con una velocidad de 800 rpm agregando más etanol (15 ml) y agua destilada tipo I, una vez secado el material, es importante llevarlo a 110 °C por un periodo de tiempo de 6 a 18 horas (Holguin, 2019).

En la metodología de Cárdenas (2018), la obtención del almidón se emplean dos tipos de procesos, uno seco y otro húmedo, el método húmedo se realiza la selección y lavado del desecho, licuado, filtrado, además la sedimentación, decantación, secado y tamizado forman parte del proceso.

Así mismo, Cárdenas (2018) indica que en el método seco se aplica dos veces el licuado, y luego surge la tamización, además se realizan un análisis de almidón, donde la temperatura, el complejo iodo almidón, la hidrolisis y la evaluación de la humedad, son fundamentales a la hora de extraer el almidón del desecho, por otro lado, se aplica la granulometría, con tamices de 20  $\mu\text{m}$ , 40  $\mu\text{m}$ , 60  $\mu\text{m}$ , y 80  $\mu\text{m}$ , es más se realiza la reticulación de los biopolímeros y el blanqueamiento y la

acetilación del almidón, por consiguiente se constituye el desarrollo del biopolímero, evaluación de degradación de azúcar y el análisis DSC del almidón del plátano.

# CAPITULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

La investigación se realizó en 2 empresas dedicadas a la producción, comercialización y venta de productos elaborados a base de plátanos conocidos como chifles, chiflería 1 (-0.842305,-80.161278) y chiflería 2 (-0.8492129, -80.1509731) ubicadas en la ciudad de Calceta (0° 50' 31 "S 80° 09 ' 43" O), cantón Bolívar.

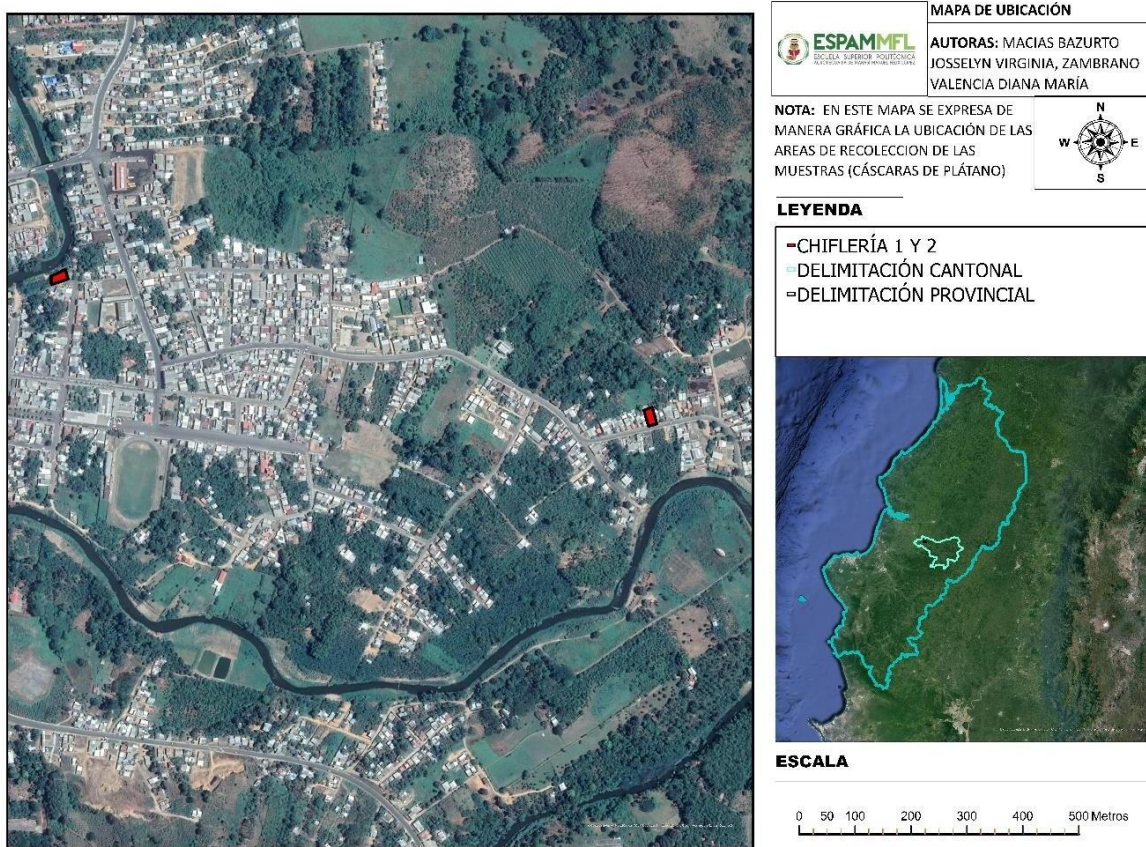


Figura 3.1. Ubicación de las chiflerías

Elaborado por: Las autoras



## **3.2. DURACIÓN**

La presente investigación tuvo una duración de nueve meses.

## **3.3. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación que se empleó en esta investigación fue de tipo experimental:

### **3.3.1. INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL**

La investigación experimental es aquella en la que el investigador manipula una o más variables de investigación, para inspeccionar el aumento o disminución de estas variables y su influencia en los comportamientos observados (Gaspar, 2020). Se evaluó el efecto de la quitina sobre el almidón termoplástico a base de cáscara de plátano.

## **3.4. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.4.1. MÉTODO INDUCTIVO**

El método inductivo se basa en la interpretación y análisis de información a través de datos y resultados ya dados, además compete a la comprobación de hechos que van a encaminar la investigación y promover el mejoramiento de resultados futuros (Váldes, 2019), a partir de este método se determinaron si los componentes fisicoquímicos de la cáscara de plátano es una buena alternativa para obtener bioplástico.

### **3.4.2. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO**

El método bibliográfico o documental implica una revisión de documentos bibliográficos existentes relevantes para el tema a estudiar. Este método se considera un paso fundamental ya que este comprende un conjunto de etapas entre las que se encuentra la observación, investigación, la interpretación y análisis para obtener las bases importantes en el desarrollo de una investigación (Matos, 2021). Mediante este método se pudo localizar, acceder a documentos que contienen información oportuna en el desarrollo de esta investigación.

### **3.4.3. MÉTODO ESTADÍSTICO**

El método estadístico es aquel que busca con exactitud y precisión, la construcción y el desarrollo y organización de cada dato numérico de un problema, cuyo fin es comprender y resolver el problema relacionado a la estadística. De igual manera permite analizar el resultado para que a partir de este método se cree una tabla de los datos generados (Defni, 2016). Por medio del método estadístico se estableció el efecto de la quitina sobre el almidón termoplástico a base de cáscara de plátano a través de tablas estadísticas.

## **3.5. TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

### **3.5.1. OBSERVACIÓN**

El método de observación consiste en examinar y detallar la conducta de un proceso en particular, por medio de antecedentes propios del mismo argumento (Fabbri, 2020). En esta investigación se aplicó la observación para comprender el sistema de manejo de desecho que desarrollan con las cáscaras de plátano dentro de las chiflerías.

### **3.5.2. GEORREFERENCIACIÓN**

Este método relaciona la información posicional de diversos orígenes, permitiendo establecer a los elementos investigativos en coordenadas (Dávila y Camacho, 2012). Se utilizó este método para identificar a las chiflerías dentro de un mapa de ubicación.

## **3.6. VARIABLES DE ESTUDIO**

### **3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Cantidad de exoesqueleto de camarón (quitina) y cantidad de cáscara de plátano.

### **3.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Propiedades plásticas sensoriales cualitativas (Rigidez, elasticidad, opacidad, y dureza).

### 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Tabla 3.1. Diseño experimental

Tratamiento	Cáscara de Plátano	+	Quitina	Réplicas	UE
T1	100%		0%	10	60
T2	95%		5%	10	
T3	75%		25%	10	
T4	50%		50%	10	
T5	25%		75%	10	
T6	0%		100%	10	

La investigación se realizó bajo un diseño DCA (diseño completamente al azar) con intersección bifactorial de A (Cáscara de plátano) x B (Quitina). En este diseño se aplicó diferentes proporciones para los tratamientos cuyas cantidades fueron:

- T1: correspondiente al 100% consta de 40 g de masa de cáscara de plátano y 60 ml de aditivos (agua, ácido acético) con 0% de Quitina.
- T2: el 95% se divide en 35 g de masa de cáscara de plátano más el 5% de quitina que corresponde a 5 g, mientras que los aditivos siguen constantes con 60 ml.
- T3: el 75% pertenece a 30 g de masa de cáscara de plátano con porcentaje de aditivos similares, más 10 g de quitina.
- T4: en este tratamiento se emplearon 20 g de masa de cáscara de plátano y 20 g de Quitina.
- T5: se evaluaron 10 g de masa de cáscara de plátano y 30 g de quitina.
- T6: para este último tratamiento se aplicó solamente quitina 40 g sin cáscara de plátano.

### **3.8. PROCEDIMIENTOS**

#### **3.8.1. FASE I. CARACTERIZAR LA COMPOSICIÓN FÍSICO-QUÍMICA DE LA CÁSCARA DEL PLÁTANO**

##### **3.8.1.1. ACTIVIDAD 1. RECOLECCIÓN DE CÁSCARAS DE PLÁTANO Y EXOESQUELETO DE CAMARÓN**

Se recolectó la materia prima de cáscara de plátano en 2 empresas dedicadas a la producción, comercialización y venta de productos de plátanos conocidos como chifles. Primeramente, se aislaron las cáscaras de plátano, 2 días antes de ser desechadas, y posteriormente se ubicaron en una funda esterilizada, para no estropear la muestra, tal como lo mencionan (Azieyanti *et al.*, 2020).

Así mismo, se recolectaron las cáscaras de camarón (exoesqueleto) de negocios como restaurantes y venta de camarón, y se las colocó en una funda esterilizada para no contaminar las mismas.

##### **3.8.1.2. ACTIVIDAD 2. ANÁLISIS DE LABORATORIO**

En esta actividad se procedió al traslado de la materia prima hacia el laboratorio para su respectiva evaluación, los análisis se realizaron en el Laboratorio de Bromatología ubicado en la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, en las cuales se analizaron en base seca: la ceniza, humedad, fibra, y pH con las siguientes técnicas mencionadas por la Dra. Margot Avilés (2000) en su libro “Manual de técnicas de análisis de alimentos”:

**Ceniza:** Se pesó en un crisol vacío en la balanza y se anotó el resultado, luego se pesó aproximadamente 2 gr de muestra, seguidamente se calcinó la muestra en el mechero por 30 minutos, pasado el tiempo estimado de calcinación, se llevó a la mufla por 2 horas a 600°C, posteriormente se llevó a la desecadora por unos 30 minutos, finalmente se pesó en la balanza analítica, y se calculó el peso con la siguiente fórmula:

$$\%Ceniza = \frac{\text{peso final} - \text{peso inicial}}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad [1]$$

**Ecuación 3.1.** Porcentaje de ceniza

**Humedad:** Se pesó la caja Petri vacía y tarar, luego se pesó 2 gramos de muestra, y se colocó en la estufa a 135°C por 2 horas, pasado el período, se sacó de la estufa y se posicionó en el desecador por 30 minutos, posteriormente se pesó la muestra y realizaron los cálculos con la siguiente fórmula:

$$\%Humedad = \frac{[(\text{Peso inicial} + \text{peso de muestra}) - (\text{Peso final})]}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad [2]$$

**Ecuación 3.1.** Porcentaje de humedad

**Fibra:** Para este parámetro se utilizó las soluciones de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) a 0,255 N y hidróxido de sodio (NaOH) a 0,313 N; se colocó en un vaso precipitado 2 g de muestra, luego se agregó 200 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, y se colocó la muestra en el digestor de fibra a 6 amperios durante 30 minutos, una vez que se completó los 30 minutos, se llevó a un matraz volumétrico de 100 ml con un filtro en la parte superior, y seguidamente se filtró la muestra y se lo colocó en el mismo vaso de precipitación cuando la muestra se filtró completamente se agregó el NaOH y nuevamente se colocó en el digestor de fibra por 30 minutos más, seguidamente se sacó la muestra sólida y se colocó en un crisol y se lo llevó a la estufa por 2 horas a 130°C después, que salió de la estufa y se lo colocó en el desecador por media hora, consecutivamente se procedió a pesar la muestra, finalmente se lo colocó en la mufla y en el desecador por 30 minutos más, y se volvió a pesar para realizar los cálculos con la siguiente fórmula:

$$\%Fibra = \frac{\text{peso inicial} - \text{peso final}}{\text{peso de muestra}} \times 100 \quad [3]$$

**Ecuación 2.3.** Porcentaje de fibra

**pH:** En la balanza se pesó 10 g de muestra dentro de un vaso de precipitación, luego se colocó 80 ml de agua destilada, enseguida se colocó una bala y se lo llevó a la plancha de calentamiento por 30 minutos de agitación constante, y una vez que

pasó el tiempo, se utilizó el medidor de pH y se colocó en la solución, para obtener los resultados a alcanzar.

### **3.8.2. FASE II. PRODUCIR ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO A PARTIR DE LOS DIFERENTES NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE QUITINA Y CÁSCARAS DE PLÁTANO**

#### **3.8.2.1. ACTIVIDAD 1. PREPARACIÓN DE LA PASTA DE CÁSCARA DE PLÁTANO Y QUITINA**

Para la elaboración del almidón termoplástico, primeramente, se preparó la pasta de cáscara de plátano y posteriormente la quitina:

##### **Preparación de la pasta de cáscara plátano:**

De acuerdo con la metodología de Azieyanti *et al.* (2020) se cortó las cáscaras de plátano en trozos (aproximadamente 1.500 g), y luego se las colocó en agua hirviendo durante una hora, luego se secó sobre papel filtro durante 30 minutos, cuando ya se secaron las cáscaras se colocaron en una licuadora hasta obtener una pasta uniforme.

##### **Preparación de quitina:**

De acuerdo con la metodología de Banchón y Romo (2005) se lavó las cáscaras de camarón con abundante agua (aproximadamente 1.100 g) posteriormente, se lavó con ácido clorhídrico (1.5 N) para separar restos de carne, y oxidar la fracción de carbonato de calcio presente en el exoesqueleto. Al final, se realizó un lavado con agua desionizada para eliminar restos de ácido, y así lograr un pH neutro. Luego se secaron las cáscaras de camarón a una temperatura aproximada de 45°C durante aproximadamente 5 horas; finalmente, mediante trituración se obtuvieron partículas de exoesqueleto con alta porción de quitina, como lo afirma (Guzhñay, 2022) ya que entre los residuos que son procesados por el camarón, la quitina comprende de un 14-35%.

### 3.8.2.2. ACTIVIDAD 2. PRODUCCIÓN DEL ALMIDÓN TERMOPÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO

Para la producción de los almidones termoplásticos o bioplástico la base de materia prima contiene un 40% (cáscara de plátano y quitina), 60% de aditivos plastificantes (agua, ácido acético y glicerol).

En la presente actividad, se evaluaron 6 tratamientos con 10 réplicas en base a la combinación de la fracción de materia prima estructurante (cáscara de plátano y quitina). En total, se dispusieron de 60 unidades experimentales.

En todos los tratamientos la materia prima y los aditivos sumaron un total de 100 gramos. De los cuales, un 40%, es decir 40 gramos, tuvieron la composición de cáscara de plátano y quitina según el Diseño Experimental mostrado en la Tabla 3.1. El restante 60%, es decir 60 ml, corresponden a cantidades constantes de agua, glicerol y ácido acético. La cantidad de agua utilizada fue 40 ml la cantidad de glicerol fue 10 ml y la de ácido acético fue 10 ml.

En la Tabla 3.1, se presentan los dos factores de estudio (cantidad de cáscara de plátano, y cantidad de exosqueleto de camarón) y sus respectivos niveles, los cuales corresponden a los porcentajes máxicos a agregar en la mezcla entre 0 y 100%.

Siguiendo el procedimiento mencionado por Azieyanti *et al.* (2020) se desarrolló lo siguiente:

- Se colocó en un vaso de precipitación la pasta de cáscara de plátano (según del porcentaje para cada tratamiento) y luego se pesó. Esta cantidad representa un 40% de la fórmula.
- Se mezclaron 40 ml de H<sub>2</sub>O con la pasta y se agitarán con una varilla de vidrio.
- Se agregó 10 ml de glicerol que actúa como plastificante y se agita con varilla de vidrio.

- Se añadieron 10 ml de ácido acético para equilibrar el valor de pH de la mezcla y quitina (según el porcentaje para cada tratamiento), posteriormente se agita usando la varilla de vidrio por unos 5 minutos.
- El resultante de la mezcla se estiró y se prensó sobre papel de horno y se colocó en el horno a una temperatura de 120°C por 2 horas y se esperó a que se enfríe la muestra.
- Finalmente, una vez enfriada la mezcla se procedió a cortarla en pequeños cuadrados obteniendo así los almidones termoplásticos para su respectiva evaluación.

### **3.8.3. FASE III. DETERMINAR EL EFECTO DE LA QUITINA EN LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS SENSORIALES EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO**

#### **3.8.3.1. ACTIVIDAD 1. EVALUAR LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS SENSORIALES CUALITATIVAS**

En la presente actividad se evaluó el efecto de la quitina en la producción de almidón termoplástico. Para esto se determinó las propiedades plásticas sensoriales cualitativas: rigidez, elasticidad, opacidad, y dureza.

Según Karana (2012), la metodología para la evaluación de los materiales plásticos fue la siguiente:

- En total, 10 personas (entre 18-24 años) que residen en la ciudad de Calceta participaron en el presente estudio, las cuales fueron personas escogidas al azar.
- Posteriormente, se evaluó cualitativamente el efecto de la quitina sobre las propiedades mecánicas del almidón termoplástico. Para esto se aplicó la escala Likert la cual consta con los siguientes puntajes:



**Tabla 3.2.** Escala de Likert

<b>Escala</b>	<b>Puntaje</b>
Bajo	0
Medio bajo	2
Medio	4
Medio Alto	6
Alto	8

**Fuente:** Karana (2012)

Por medio de esta escala, las personas que fueron escogidas para evaluar las propiedades plásticas sensoriales, colocaron los puntajes correspondientes, a partir del análisis sensorial de cada persona. Posteriormente se lo evaluó en el Software estadístico INFOSTAT.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA COMPOSICIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO

De los análisis de pH, ceniza, humedad, fibra se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 4.1. Medición de pH en base seca de cáscara de plátano

Chiflería 1	Chiflería 2
5,90	5,38

Elaborado por: Las autoras

En la Tabla 4.1, se presenta el pH resultante de las cáscaras de plátano de las 2 chiflerías, dando como resultado ligeramente ácido. Los mismos son similares a la investigación propuesta por Ortega (2016), donde el pH fue de 5,67 para la cáscara de *Musa paradisiaca*. Según Sharif *et al.* (2016), este valor de pH ácido está dentro de los parámetros normales debido a la presencia de azúcares fermentables.

Así mismo Torres *et al.* (2013) especifican que, el pH se reduce con el aumento del estado de madurez, debido a la acidulación (acidez) que sufre el almidón por el azúcar. Getachew y Woldesenbet (2016) mencionan que para la preparación de bioplásticos el pH se encuentra dentro de los valores normales para la preparación del mismo.

A continuación, en la Tabla 4.2, se presentan los valores de la composición de cenizas en cáscaras de plátano.

**Tabla 4.2.** Medición de cenizas en base seca de cáscara de plátano

Chiflería 1	Chiflería 2
11,91%	14,17%

Elaborado por: Las autoras

En la Tabla 4.2, se evidencia respectivamente las cenizas de la cáscara de plátano de las 2 chiflerías. Según Barreto (2022), el rango debe ubicarse entre 4,5% a 30%, ya que puede variar según el método empleado. Así mismo en la investigación de Rojas *et al.* (2019), indican que el resultado de ceniza de la cáscara de plátano fue 7,83% siendo viable para la utilización de este producto como alternativa de generación de energía eléctrica, y para la elaboración del bioplástico. Sin embargo, para Ramadhan y Handayani (2020) el contenido de humedad también influye, ya que para un 11,55 % de cenizas un 3,060 % va a ser de agua.

**Tabla 4.3.** Medición de humedad en base seca de cáscara de plátano

Chiflería 1	Chiflería 2
6,39%	7,39%

Elaborado por: Autoras

La humedad presentada para chiflera 1 fue de 6,39% y la de la chiflera 2 correspondió a 7,39 %. Según Gaytán (2022), la proporción mínima de la humedad recomendable es menos de 1% para la producción de bioplástico; sin embargo, no es significativamente una condición exclusiva para la elaboración del bioplástico, ya que la humedad que presenten las cáscaras de plátano depende de las técnicas aplicadas durante el proceso de evaluación. Esto lo confirma Valarezo (2012) que, entre sus resultados de humedad presentó niveles de 9,97% y 11,58% comparativamente a la metodología utilizada para el moldeo. Además, Martínez *et al.* (2016) mencionan que, el porcentaje de humedad puede variar por la maduración del fruto, ya que un plátano en estado verde tiene un 65% de humedad,

mientras que el estado maduro consta de un 83%, especialmente para el tipo *Musa paradisiaca*. También, en las evaluaciones finales de Carrillo *et al.* (2019) la humedad resultó de 20,87%, dado que se aplicó la técnica de deshidratación por medio de desecadores solares tradicionales, para demostrar que es posible utilizar este método para la caracterización físico-química.

**Tabla 4.4.** Medición de fibra en base seca de cáscara de plátano

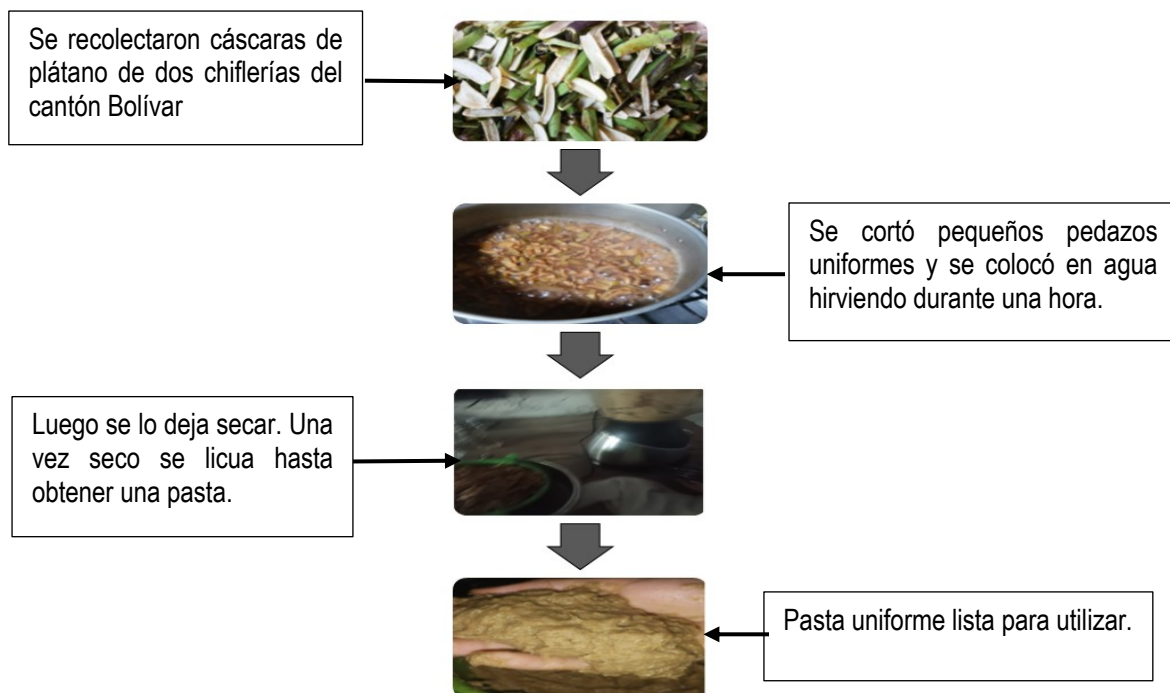
Chiflería 1	Chiflería 2
5,76 %	6,0%

Elaborado por: Autoras

El contenido de fibra de las cáscaras de plátano resultó un 5,76% para chiflería 1 y 6,0% para chiflería 2. En la investigación de Ayala *et al.* (2003) el valor de la fibra de la cáscara de plátano fue de 6,66%, en concordancia con la investigación de Díaz (2021) cuyo resultante fue un 7,96 % de fibra en cáscara de plátano verde, para ambos valores se confirma que el porcentaje de fibra cambia debido al estado del fruto, degradabilidad y tipo de plátano. La fibra orgánica de las cáscaras de plátano intercepta los aditivos opcionales, favoreciendo a la compactación del material, fundamentando características físicas a la hora de obtener resultados finales en la estructuración del almidón termoplástico (Reyes, 2019). En la norma ASTM D3039, para la elaboración de bioplástico se requiere hasta un 10% de fibra, dependiendo del ambiente en que estén las muestras (ASTM, 2002).

## **4.2. PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO A PARTIR DE LOS DIFERENTES NIVELES DE CONCENTRACIÓN DE QUITINA Y CÁSCARA DE PLÁTANO**

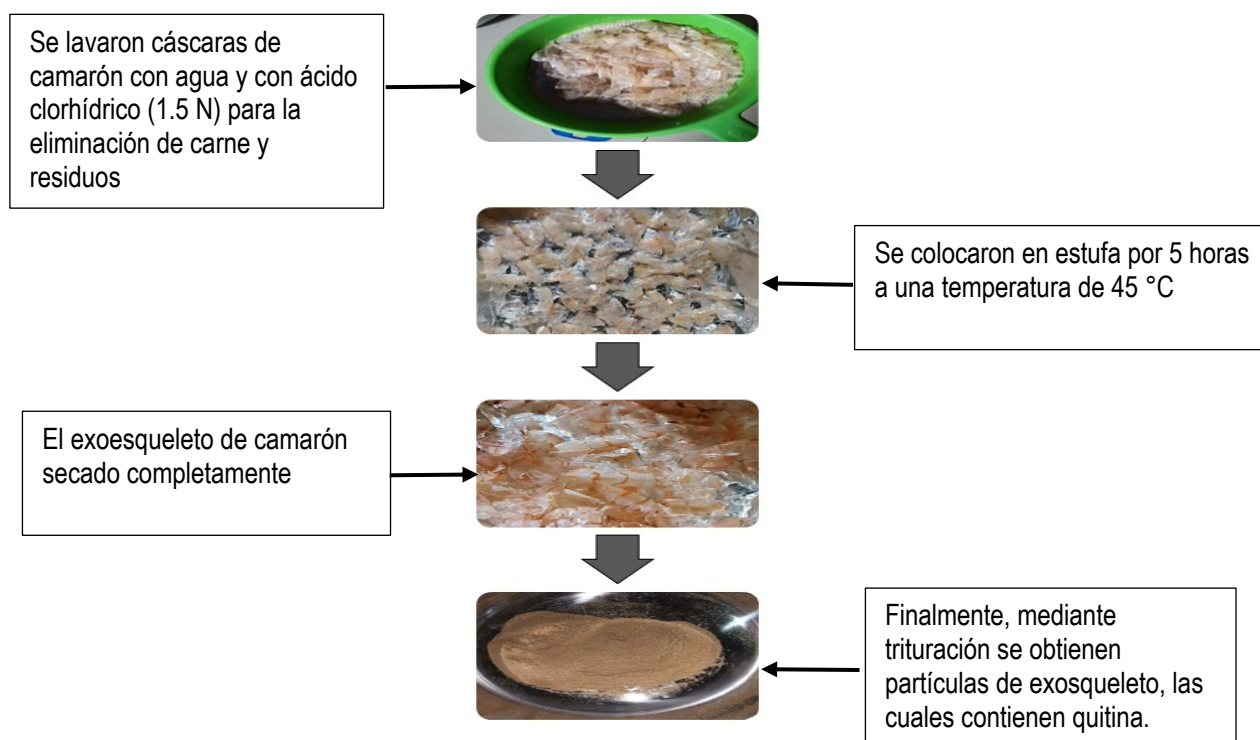
A continuación, en la figura 4.1 se evidencia la producción de la pasta de cáscara de plátano, para posteriormente utilizarla en la elaboración del almidón termoplástico.



**Figura 4.1.** Preparación de la pasta de cáscara de plátano

**Elaborado por:** Las autoras

En la figura 4.2 se evidencia la producción de la quitina.








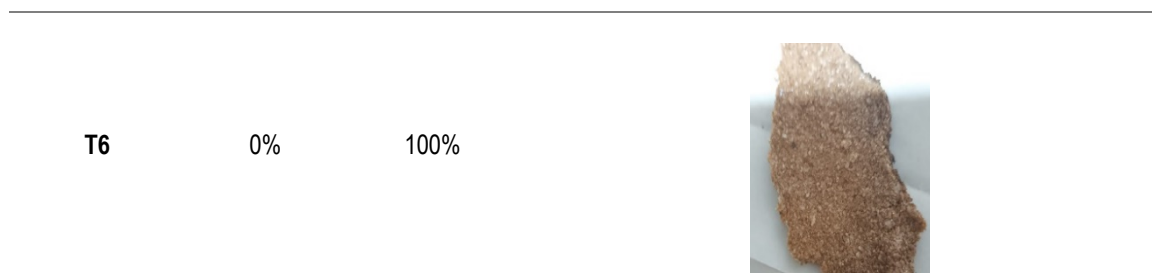
**Figura 4.2.** Preparación de la quitina

**Elaborado por:** Las autoras

A continuación, se evidencian los registros fotográficos de los resultados de la producción de los almidones termoplásticos:

**Tabla 4.5.** Evidencia fotográfica de los bioplásticos de las mezclas de cáscara de plátano y quitina

Tratamiento	Cáscara de plátano	Quitina	Fotos
T1	100%	0%	
T2	95%	5%	
T3	75%	25%	
T4	50%	50%	
T5	25%	75%	



**Elaborado por:** Las autoras

Como se evidencia en la tabla 4.5, el color marrón de los termoplásticos es en particular por la reacción enzimática que sufre la cáscara de plátano cuando entra en contacto con el oxígeno tal como lo menciona Desfosse (2021), a esto se le suma la presencia de la quitina del exoesqueleto del camarón. Además, su rigidez incrementa conforme va aumentando el porcentaje de quitina como polímero, ya que forma bloques de conexión con el almidón del plátano.

### **4.3. DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA QUITINA EN LAS PROPIEDADES PLÁSTICAS SENSORIALES EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO A BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO**

Una vez producido el bioplástico, se evaluó cualitativamente el efecto de la quitina sobre las propiedades mecánicas del almidón termoplástico.

Como se evidencia en la Tabla 4.6, el efecto de la quitina sobre el almidón termoplástico en base a cáscara de plátano es progresivamente favorable en las propiedades mecánico-plásticas como la dureza y rigidez. Estos parámetros mejoran según el porcentaje de quitina. Este fenómeno encuentra explicación en que la quitina (polímero) forma bloques de conexión con el almidón, favoreciendo las propiedades mecánicas mencionadas. Esto coincide con la investigación de Dawan (2019), quien produjo bioplástico de almidón de yuca y quitina, en donde se evidenció que al aumentar el porcentaje de quitina aumenta la rigidez y dureza de los bioplásticos, mientras que la elasticidad y opacidad resultaron negativas, ya que al aumentar el porcentaje de quitina disminuye la elasticidad.



**Tabla 4.6.** Resultados de evaluación sensorial (propiedades plásticas) de mezclas de cáscara de plátano y quitina.

Tratamiento	Cáscara de plátano	Quitina	P. Plásticas	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Promedio	
T1	100%	0%	Dureza	0	0	0	2	3	3	0	2	2	2	1,4	
			Elasticidad	2	1	3	2	3	2	3	1	2	2	2,1	
			Opacidad	6	4	4	6	4	6	4	6	4	4	4	4,8
			Rigidez	0	0	2	0	2	0	2	0	2	0	0	0,8
T2	95%	5%	Dureza	2	2	2	4	3	3	2	4	3	2	2,7	
			Elasticidad	0	0	0	0	2	2	2	2	2	0	0	0,8
			Opacidad	4	4	4	6	6	4	6	6	6	6	4	5
			Rigidez	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2	4	2,8
T3	75%	25%	Dureza	2	2	2	2	4	4	4	2	2	2	2,6	
			Elasticidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Opacidad	4	4	4	4	6	4	4	4	4	6	4	4,4
			Rigidez	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
T4	50%	50%	Dureza	4	4	4	6	6	4	4	4	6	6	4,8	
			Elasticidad	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
			Opacidad	2	2	2	4	6	2	2	4	4	6	6	3,4
			Rigidez	2	2	2	4	4	2	2	4	4	2	2	2,8
T5	25%	75%	Dureza	6	6	6	6	8	6	6	8	8	6	6,6	
			Elasticidad	0	0	0	2	2	0	0	2	2	0	0	0,8
			Opacidad	2	2	2	2	4	2	2	2	4	4	4	2,6
			Rigidez	4	4	4	6	6	4	4	6	6	6	6	5
T6	0%	100%	Dureza	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
			Elasticidad	0	0	0	2	2	0	0	2	2	2	2	1
			Opacidad	2	2	2	4	4	2	4	4	4	2	2	2,8
			Rigidez	6	6	6	6	8	8	8	8	6	6	6	6,6

Elaborado por: Las autoras

Las láminas de mayor calidad fueron la del tratamiento 5 (T5), el cual consistió de una mezcla de 25% de cáscara de plátano y 75% de quitina. Esta fórmula presentó características plásticas relevantes en comparación con las otras muestras. Estas láminas de almidón termoplástico, con desarrollo técnico y ajustando métodos de elaboración, se podría utilizar en algunos sectores como lo menciona Riera y Palma (2018) enfocándose en el campo de la biomedicina, las industrias textiles, el empaque de medicamentos, recipientes de los implantes biológicos, vendas y productos quirúrgicos. Al mismo tiempo, los productos bioplásticos influyen en los impactos positivos al medio natural, y la socio-economía en general, disminuyendo el consumo de plásticos elaborados a base de petróleo.

A continuación, se realizó el análisis de varianza (ANOVA). Para esto, se tomó en cuenta los 6 tratamientos experimentales, lo cual permitió obtener los siguientes resultados:

- **DUREZA**

**Tabla 4.7.** Ensayo de dureza plástica

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Promedio	**
T1	0,0	0,0	0,0	2,0	3,0	3,0	0,0	2,0	2,0	2,0	1,4	E
T2	2,0	2,0	2,0	4,0	3,0	3,0	2,0	4,0	3,0	2,0	2,7	D
T3	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0	2,6	DE
T4	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	4,8	C
T5	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	6,0	6,0	8,0	8,0	6,0	6,6	B
T6	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	8,0	A

Los valores registrados en la tabla 4.7., corresponden a la media de diez repeticiones. Para la columna promedio con letra común no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq$  5%). \*\* = diferencia estadística significativa

Elaborado por: Autoras

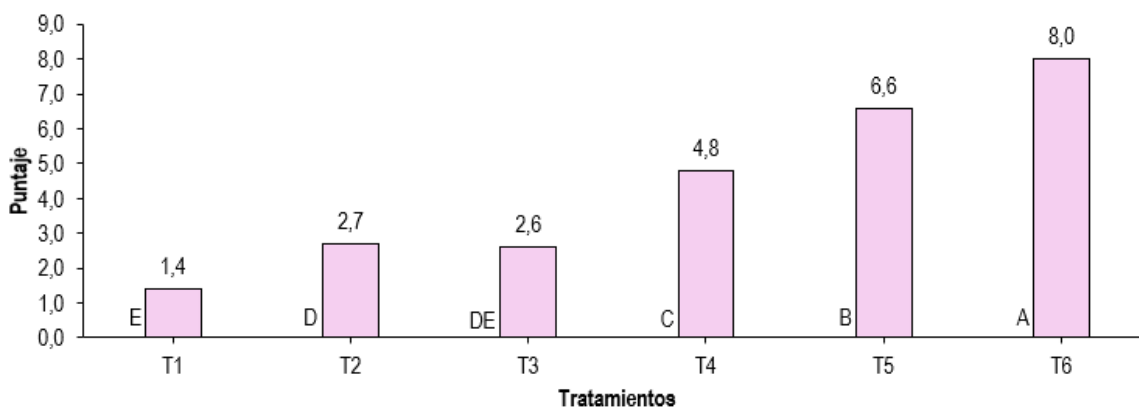
**Tabla 4.8.** Análisis ANOVA de Dureza plástica

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	330,75	5	66,15	76,16	<0,0001
Intra grupos (error)	46,90	54	0,87		
Total (Corr.)	377,65	59			

Elaborado por: Autoras

De acuerdo con la Tabla 4.8, el valor de P de la prueba es menor a 0,05 con un nivel de confianza del 95%. Esto indica que los tratamientos con porcentajes de

cáscara de plátano y quitina son diferentes en cuanto a la dureza de las láminas bioplásticas. Para ello, se utilizó la prueba de Tukey de múltiples medias para determinar si los promedios son significativamente diferentes de otros.



**Gráfico 4.1.** Categorización de Medias de Dureza plástica

Elaborado por: Autoras

En el gráfico 4.1, se identificaron 6 grupos homogéneos, donde el T6 pertenece a la primera alineación (grupo A) y fue el tratamiento que provocó una mayor dureza en las láminas plásticas con un promedio de 8 puntos, el cual contenía 100% de quitina y 0% de cáscara de plátano. Por otro lado, el T1 al tener un porcentaje del 100% de cáscara de plátano y 0% de quitina, fue el que menor dureza generó (1,4).

- **ELASTICIDAD**

**Tabla 4.9.** Ensayo de elasticidad plástica

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Promedio	**
T1	2,0	1,0	3,0	2,0	3,0	2,0	3,0	1,0	2,0	2,0	2,1	A
T2	0,0	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	2,0	0,0	0,0	0,8	B
T3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	B
T4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	B
T5	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,8	B
T6	0,0	0,0	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	2,0	2,0	2,0	1,0	B

Los valores registrados en la tabla 4.9., corresponden a la media de diez repeticiones. Para la columna promedio con letra común no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq$  5%). \*\* = diferencia estadística significativa

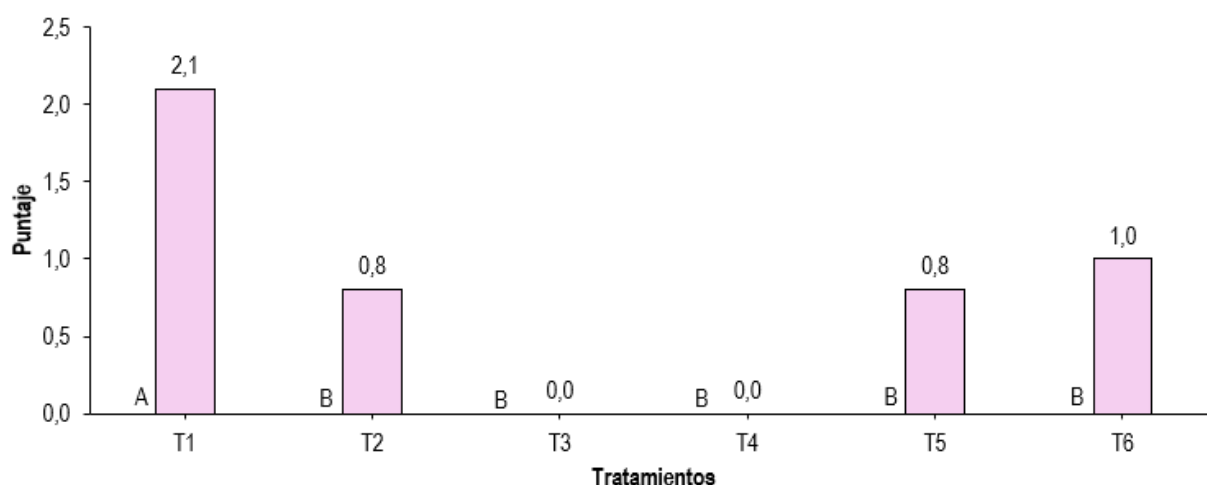
Elaborado por: Autoras

**Tabla 4.10.** Análisis ANOVA de elasticidad plástica

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	30,08	5	6,02	9,53	<0,0001
Intra grupos (error)	34,10	54	0,63		
Total (Corr.)	64,18	59			

Elaborado por: Autoras

La tabla ANOVA muestra que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de elasticidad del plástico dado que el valor-P de la prueba-F es inferior a 0,05. Para ello, se utilizó la prueba de Tukey para determinar si los medios fueron significativamente diferentes de otros, como se observa en el siguiente gráfico.

**Gráfico 4.2.** Categorización de Medias de Elasticidad plástica

Elaborado por: Autoras

En el gráfico 4.2, se identificaron 2 grupos homogéneos, donde el T1 con una media de 2,1 fue el único que pertenece a la primera alineación (grupo A) y fue aquel que provocó una mejor elasticidad de la lámina de plástico; en cambio los T2-T3-T4-T5 y T6 pertenecen a la misma alineación (grupo B) con valores similares no significativos.

- **OPACIDAD**

**Tabla 4.11.** Ensayo de opacidad plástica

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Promedio	**
T1	6,0	4,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	6,0	4,0	4,0	4,8	AB
T2	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	4,0	6,0	6,0	6,0	4,0	5,0	A
T3	4,0	4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	4,0	4,0	6,0	4,0	4,4	AB
T4	2,0	2,0	2,0	4,0	6,0	2,0	2,0	4,0	4,0	6,0	3,4	BC
T5	2,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	2,6	C
T6	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	2,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,8	C

Los valores registrados en la tabla 4.11, corresponden a la media de diez repeticiones. Para la columna promedio con letra común no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq 5\%$ ). \*\* = diferencia estadística significativa

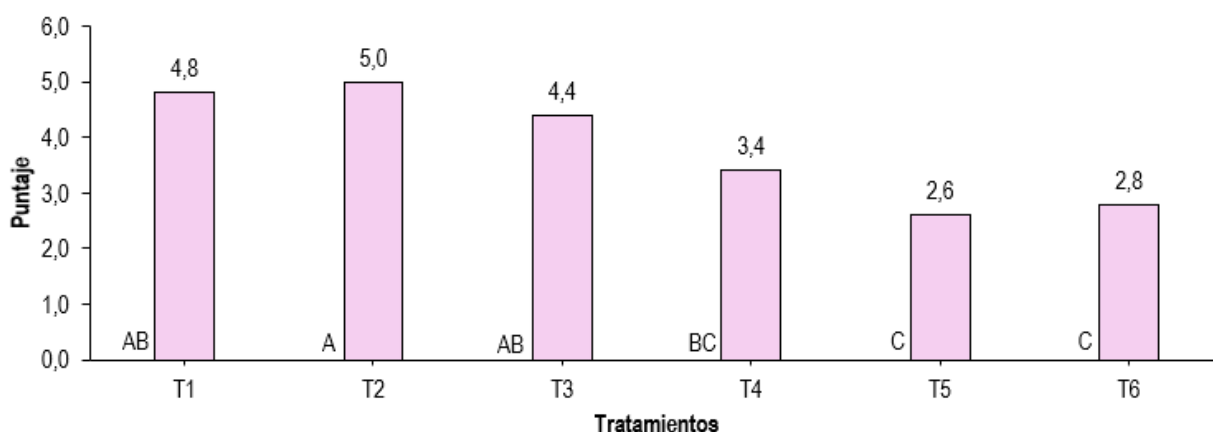
Elaborado por: Autoras

**Tabla 4.12.** Análisis ANOVA de opacidad plástica

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	53,93	5	10,79	8,52	<0,0001
Intra grupos (error)	68,40	54	1,27		
Total (Corr.)	122,33	59			

Elaborado por: Autoras

La tabla ANOVA muestra que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre aplicar los distintos tratamientos a diferentes porcentajes de envoltura plástica con quitina ya que las medias para la opacidad del plástico muestran un valor-P de la prueba-F por debajo de 0,05. Como se observa en la prueba de Tukey se utilizó para determinar si los medios fueron significativamente diferentes a otros.



**Gráfico 4.3.** Categorización de medias de opacidad plástica

Elaborado por: Autoras

En el gráfico 4.7, se identificaron 4 grupos homogéneos, donde el T2 pertenece a la primera alineación (grupo A); T1-T3 pertenecen a la segunda alineación (grupo AB); T4 pertenece a la tercera alineación (grupo BC); y el T5-T6 pertenecen a la cuarta alineación (grupo C). El tratamiento que obtuvo una opacidad mayor fue la del T2 (5,0) el cual contenía 95% de cáscara de plátano y 5% de quitina; así mismo, el de menor opacidad fue el T5 (2,6) el cual contenía 25% de cáscara de plátano y 75% de quitina.

- **RIGIDEZ**

**Tabla 4.13.** Ensayo de rigidez plástica

Tratamiento	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	Promedio	**
T1	0,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	2,0	0,0	0,8	D
T2	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	4,0	2,0	2,0	2,0	4,0	2,8	C
T3	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	CD
T4	2,0	2,0	2,0	4,0	4,0	2,0	2,0	4,0	4,0	2,0	2,8	C
T5	4,0	4,0	4,0	6,0	6,0	4,0	4,0	6,0	6,0	6,0	5,0	B
T6	6,0	6,0	6,0	6,0	8,0	8,0	8,0	6,0	6,0	6,0	6,6	A

Los valores registrados en la tabla 4.13, corresponden a la media de diez repeticiones. Para la columna promedio con letra común no son significativamente diferentes (Tukey  $\leq$  5%). \*\* = diferencia estadística significativa

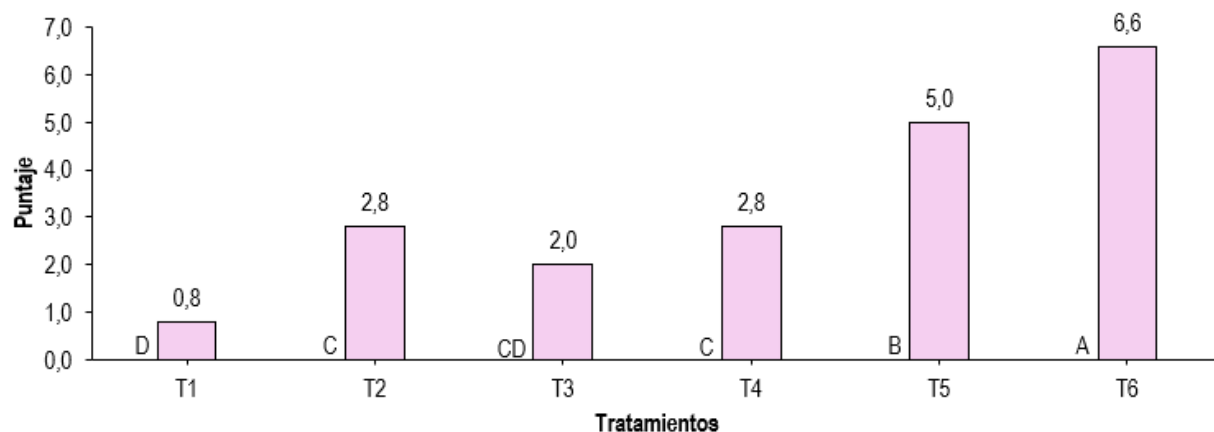
Elaborado por: Autoras

**Tabla 4.14.** Análisis ANOVA de rigidez plástica

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos (tratamientos)	222,13	5	44,43	50,83	<0,0001
Intra grupos (error)	47,20	54	0,87		
Total (Corr.)	269,33	59			

Elaborado por: Autoras

La tabla ANOVA muestra que sí existe una diferencia estadísticamente significativa entre aplicar los distintos tratamientos a varios porcentajes de cáscara de plátano con quitina, debido a que las medias para rigidez de lámina plástica muestran un valor-P de la prueba-F por debajo de 0,05. Por consiguiente, se realizó la prueba de medias de nivel de confianza al 95% de Tukey con la intención de clasificar los diversos enfoques de tratamiento.



**Gráfico 4.4.** Categorización de Medias de Rigidez plástica

Elaborado por: Autoras

En el gráfico 4.4, se identificaron 5 grupos homogéneos, donde el T6 pertenece a la primera alineación (grupo A); T5 pertenece a la segunda alineación (grupo B); T4 y T2 pertenecen a la tercera alineación (grupo C); T3 pertenece a la cuarta alineación (grupo CD); y el T1 pertenecen a la última alineación (grupo D) mismo con el menor valor promedio de rigidez (0,8) el cual contenía 100% cáscara de plátano y 0% de quitina. En cambio, el T6 obtuvo una rigidez mayor (6,6) el cual contenía 0% cáscara de plátano y 100% de quitina. T5 fue el mejor tratamiento de las composiciones aplicadas ya que actuó con la quitina de manera excelente, teniendo medios a ser desarrollado como nueva alternativa apta para la pre incubación, y aportando a la propiedad intelectual general de futuros estudios que lleva el caso.

En conclusión, se hace notoria la ideología de conservación del medio y sus recursos naturales, principalmente en la aplicación de nuevos productos biodegradables, tal como proponen Villamar *et al.* (2020), con la elaboración de platos orgánicos obtenidos con desecho de plátano, lo que derivó a diversas ventajas a las empresas industriales y al planeta, por la demanda de productos, generando miles de dólares, a esto se le suma que actualmente se comienza a culturalizar el uso de servicios ambientales con mayor precautela.

A nivel social y económico, se muestran los beneficios en la aplicación de la economía circular, por medio de las prácticas ecológicamente racionales dirigidas a las empresas chifleras y demás industrias, relatado por Pizá *et al.* (2017), también

el precio incorporado a los desechos se convierte en el enfoque principal en las que se basan las tendencias ecológicas, igualmente aporta al mejoramiento del nivel paisajístico de la población urbana, forja oficio principalmente para los desempleados, genera ingresos adicionales para los productores de plátano, etc. (Instituto de investigaciones Amazónicas, 2017).

Con el uso y aplicación de esta alternativa, se colabora con la gestión integral de residuos, aprovechando la cáscara de plátano y de camarón, así como la disminución o reemplazo de plásticos de un solo uso evitando la acumulación de los mismos, además por la disgregación temprana que sufren las cáscaras de plátano y camarón, se puede manejar como abono, así lo menciona Ojeda (2023) también, la CEPAL (2021), indica que por los rasgos mecánicos de estos bioplásticos, se los puede utilizar para otros fines como la elaboración de platos dependiendo su composición, en este caso se podría aplicar las combinaciones del tratamiento (T5).

Por lo tanto, al emplear soluciones relacionadas con el buen manejo integral de residuos, se indaga en el reciclaje y la reducción de plásticos de origen fósil, comenzando desde la recolección separada Genia (2023). Cuando se expone la elaboración de bioplástico a base de cáscara de camarón y plátano acaparada como una alternativa viable y sin mucho costo, concientiza sobre el enfoque de la circularidad, empezando con la separación adecuada de los residuos.



# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- Sobre la caracterización de la composición fisicoquímica de la cáscara del plátano, se concluye que el pH resultante de las cáscaras de plátano de las dos chiflerías fue ligeramente ácido; las cenizas de las cáscaras tuvieron valores de hasta 14,17%, dentro del rango reportado en otros trabajos; también, la humedad se determinó en concentraciones de hasta 7,39%, así mismo en concordancia con resultados reportados en la literatura. Sobre la fibra de la cáscara, ésta cambia su concentración debido al estado del fruto, degradabilidad y tipo de plátano. En el presente caso, el contenido de fibra tuvo una concentración de 6,0%.
- Se prepararon fórmulas de almidones termoplásticos a partir de los diferentes niveles de concentración de quitina y cáscaras de plátano según un diseño experimental. Se obtuvieron laminillas biodegradables, las mismas que fueron aumentando su rigidez y dureza conforme a mayor porcentaje de quitina en la fórmula. En contraste, a mayor concentración de quitina, la opacidad y elasticidad descendió.
- Se determinó el efecto de la quitina en las propiedades plásticas sensoriales en la producción de almidón termoplástico a base de cáscara de plátano para cada uno de sus tratamientos mediante análisis ANOVA. El mejor tratamiento fue la mezcla de 25% de cáscara de plátano y 75% de quitina. La calidad de este bioplástico tuvo una percepción cualitativa de dureza de 6,6 puntos, elasticidad de 0,8 puntos, opacidad de 2,8 puntos y rigidez de 5 puntos, sobre un total de 8 puntos.
- Los resultados evidenciaron que en efecto la mezcla quitina con almidón de la cáscara de plátano es una mezcla para considerar como bioplástico. Estos resultados permiten corroborar la hipótesis sobre la adición de la quitina, la cual sí mejora las cualidades plásticas del almidón termoplástico a base de cáscara de plátano.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Al analizar las características físico-químicas de la cáscara de plátano, se recomienda tomar en cuenta otros parámetros estructurales como el porcentaje de almidón y verificar si cumplen con los rangos permisibles para la elaboración de los bioplásticos por medio de la norma ASTM d6400.
- Producir láminas de bioplástico de diferente fuente natural de almidón para comparar propiedades mecánicas, y así verificar cuáles serían otras opciones para el aprovechamiento de residuos agroindustriales, en beneficio del medio ambiente.
- Se recomienda, en base a la evidencia del presente estudio, se lleven a cabo proyectos relacionados a la elaboración de bioplásticos con otro tipo de biopolímero (maíz, yuca, arroz, papa, etc.) o polisacárido que mejore en un 100% sus propiedades mecánicas.
- Se recomienda, que en futuras investigaciones se tome en cuenta la incidencia del almidón termoplástico a base de cáscara de plátano y quitina en el ámbito económico y repercusión social, debido a su viabilidad en la pre incubación de nuevos proyectos.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, J., Gomajoa, H., Benavides, Y., Charfuelan, A. y Valenzuela, F. (2018). Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico. *Bionatura*, 1(1), 1-18. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21931/RB/CS/2018.01.01.2>
- Acosta, S., Jimenéz, A., Chiralt, A., González, C. y Cháfer, M. (2013). *Mechanical, barrier and microstructural properties of films based on cassava starch gelatin blends: effect of aging and lipid addition*. 6. <https://doi.org/138027018>
- Adín. (2019). *¿Qué son los bioplásticos?* Obtenido de sostenibilidad: [https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/que-son-los-bioplasticos/?\\_adin=02021864894](https://www.sostenibilidad.com/medio-ambiente/que-son-los-bioplasticos/?_adin=02021864894)
- Ángeles, A. (2016). *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua*. Obtenido de Repositorio Unan: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>
- Arago. (2019). *Historia de los bioplásticos*. Obtenido de Nature plast: <http://natureplast.eu/es/el-mercado-de-los-bioplasticos/historia-de-los-bioplasticos/>
- Arévalo, C. (2018). *Hongos asociados al falso mal de Panamá en el cultivo de banano orgánico en el valle del Chira Sullana, Piura*. Obtenido de Repositorio unp: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1281/AGR-ARE-QUI-18.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Arévalo, G. (2016). *Métodos gravimétricos*. Obtenido de Blogspot: <http://metodosgravimetricos2016.blogspot.com/2016/>
- ASTM. (2002). *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. Obtenido de repositorio.uisek.edu.ec: <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/2751/1/ANEXO%201%20NORMA%20ASTM%20D3039.pdf>

- Ayala , C., Rivas, G. y Zambrano, C. (2003). *Estudio proximal comparativo de la cáscara y pulpa del plátano (Musa paradisiaca) para su aprovechamiento completo en la alimentación humana y animal* Obtenido de ri.ues.edu.sv: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5595/1/10122377.pdf>
- Azieyanti, N., Amirul, A., Othman, S. y Misran, H. (2020). Mechanical and morphology studies of bioplastic-based banana peels. *Journal of Physics: Conference Series*. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1529/3/032091>
- Banchón, C. y Romo, M. (2005). *Inmovilización de papaína en soporte de quitosano*. Obtenido de Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/413>.
- Barreto, D. (2022). *Norma Cenizas D-3174*. Obtenido de pdfcoffee: <https://pdfcoffee.com/norma-cenizas-d-3174-2-pdf-free.html>
- Bayón, Á. y Mata, I. (2019). *Bioplásticos ¿ Qué tipos conoces?* Obtenido de Consumer: <https://www.consumer.es/medio-ambiente/bioplásticos-tipos.html>
- Bedoya, L. y Perrazo, M. (2011). *Descripción de los productos no petroleros tradicionales del Ecuador: banano, cacao, cmarón, atún y pescado en el año 2010*. Obtenido de Repositorio ucsg: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/6180/1/T-UCSG-PRE-ECO-CECO-123.pdf>
- Bejarano, N. (2018). *Estudio de las propiedades mecánicas de un biopolímero a partir del contenido de almidón de cáscara de plátano*. Obtenido de Repositorio Unsa: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7578/MTbemanl.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Bustos, N. (2016). *Análisis químico proximal*. Obtenido de Studocu: <https://www.studocu.com/co/document/universidad-de-pamplona/quimica-analitica/analisis-quimico-proximal/4409335>
- Cadena, M. y Gómez, C. (2013). *Estudio de factibilidad para la implementación de una fábrica procesadora de papel ecológico a base del reciclaje a los*

desechos de banano. Obtenido de Repositorio Ucsq: <http://repositorio.ucsq.edu.ec/bitstream/3317/8639/1/T-UCSQ-PRE-ECO-GES-399.pdf>

Calero, M. y Lapo, E. (2021). *Diseño de una línea de producción de envases biodegradables a partir de bioplástico, aprovechando residuos del plátano (Musa paradisiaca) con aplicación para el uso de empaquetado de alimentos.* Obtenido de Repositorio uteq: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6123/1/T-UTEQ-103.pdf>

Cárdenas, M. (2018). *Extracción de almidón a partir de residuos de banano (Musa paradisiaca) para la obtención de un biopolímero.* Obtenido de Dspace ups: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16241/1/UPS-CT007893.pdf>

Carrillo, M., Castorena, J., García, F. y García, J. (2019). Dehydration of banana (*Musa paradisiaca*) by means of solar radiation in a direct. *Revista de Sistemas Experimentales*, 6(19), 19-23. <https://doi.org/10.35429/JOES.2019.19.6.19.23>

Catalán, R. (2021). *Análisis proximales en alimentos.* Obtenido de Tecnosoluciones: <https://tecnosolucionescr.net/blog/278-analisis-proximales-en-alimentos>

CEPAL. (2021). *Economía circular en América Latina y el Caribe.* Obtenido de Repositorio Cepal: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47309/1/S2100423_es.pdf)

Cervantes, A., Lozano, F. y Martínez, C. (2018). *Plástico a base de quitina (cáscara de camarón).* Obtenido de Vinculación dgire: <https://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2018/trabajos/ciencias-biologicas-quimicas-y-de-la-salud/medio-ambiente-biologia/doc3.pdf>

Chariguamán, J. (2015). *Caracterización de bioplásticos de almidón elaborado por el método casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.).*

- Obtenido de Bdigital zamorano:  
<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>
- Chi, E. (2017). *Preparación y evaluación de las propiedades físico-químicas y mecánicas de un almidón termoplástico (TPS) de semillas de pich (Enterolobium cyclocarpum) obtenido por extrusión*. Obtenido de Rinacional:  
<https://rinacional.tecnm.mx/bitstream/TecNM/1770/1/CHI-2017-PREPARACI%2B%C3%B4N%20Y%20EVALUACI%2B%C3%B4N%20DE%20LAS%20PROPIEDADES.pdf>
- Cornejo, Y., Martínez, O., Toro, C., Wong, F., Borboa, J. y Cinco, F. (2018). The structural characteristics of starches and their functional properties. *CYTA – JOURNAL OF FOOD*, 16(1), 1003–1017.  
<https://doi.org/doi.org/10.1080/19476337.2018.1518343>
- Cristán, Iza. y Gavilán. (2003). *La situación de los envases de plástico en México*. Obtenido de Gaceta ecológica:  
<https://www.redalyc.org/pdf/539/53906905.pdf>.
- Curbelo, C. y Palacio, Y. (2021). Tratamiento químico de residuos de camarón para la obtención de quitina. *Centro Azúcar*, 48(2), 103-116.  
<https://doi.org/http://scielo.sld.cu/pdf/caz/v48n2/2223-4861-caz-48-02-103.pdf>
- Dávila, F. y Camacho, E. (2012). *Georreferenciación de documentos cartográficos para la gestión de Archivos y Cartotecas*. . Obtenido de Ibercarto:  
<https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CTC-Ibercarto-V-Georreferenciacion.pdf>
- Dawan, A., Fikriyyah, A. y Furghoniyyah, U. (2019). Effect of chitin addition on waster resistance properties of starch-based bioplastic properties. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*(483), 1-10.  
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/483/1/012002>
- Defni. (2016). *Método estadístico*. Obtenido de Definición y que es:  
<https://definicionyque.es/metodo-estadistico/>

- Desfosse, R. (2021). *¿Cómo se produce la oxidación en el plátano?* Obtenido de eHow en español: [https://www.ehowenespanol.com/como-se-produce-la-oxidacion-en-el-platano\\_13154297/](https://www.ehowenespanol.com/como-se-produce-la-oxidacion-en-el-platano_13154297/)
- Díaz, A. (2021). *Elaboración y caracterización fisicomecánica de una película biodegradable utilizando harina de cáscara de plátano (Musa paradisiaca L.)*. Obtenido de [bdigital.zamorano.edu:](https://bdigital.zamorano.edu/) <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/9106d7c1-c7e5-462a-b21e-de9caca0b56a/content>
- Escuela Colombiana de Ingeniería "Julio Garavito" . (2017). *Plástico/Protocolo/Curso de procesos de Manufactura*. Obtenido de Escuela.ing: [https://escuelaing.s3.amazonaws.com/staging/documents/2734\\_plimeros.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAWFY3NGTFBJGCIWME&Signature=uMjiaQdoFfU5rfvnlzwcKrrSbc%3D&Expires=1642607129](https://escuelaing.s3.amazonaws.com/staging/documents/2734_plimeros.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAWFY3NGTFBJGCIWME&Signature=uMjiaQdoFfU5rfvnlzwcKrrSbc%3D&Expires=1642607129)
- Espinosa, A. (2013). *Bioplástico una realidad comercial*. Obtenido de VIRTUALPRO: <https://www.virtualpro.co/revista/bioplasticos/3>
- Fabbri, M. (2020). *Las técnicas de investigación: la observación*. Obtenido de Instituto de ciencias humanas: <http://institutocienciashumanas.com/wp-content/uploads/2020/03/Las-t%C3%A9cnicas-de-investigaci%C3%B3n.pdf>
- FAO. (2014). *Las pérdidas y el desperdicio de alimentos en el contexto de sistemas alimentarios sostenibles*. Obtenido de Fao.org: <https://www.fao.org/3/i3901s/i3901s.pdf>
- Francois. (2021). *Ventaja medioambientales de los bioplásticos*. Obtenido de Nature Plast: <http://natureplast.eu/es/el-mercado-de-los-bioplasticos/ventajas-de-los-bioplasticos/ventajas-medioambientales-de-los-bioplasticos/>
- Fuente, C., Sousa, A., Tadini, C. y Duarte, P. (2019). Ozonation of cassava starch to produce biodegradable films. *Inernacional Journal of biological Macromolecules*, 141, 713-720. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.02>

- García, M. (2006). *Comportamiento agronómico con las prácticas de deshiene vitroplantas de plátano (Musa spp) cultivar cuerno, genotipo (AAB) y el estudio de correlaciones lineales entre caracteres para facilitar la selección temprana de plantas de buen rendimiento*. Obtenido de Cenida: : <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf01g216c.pdf>
- Gaspar, J. (2020). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Obtenido de <https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/55568285/Experimental-with-cover-page-v2.pdf?Expires=1653769404&Signature=DA5hzQpgdJLI4S0IHvNhJCIMeKX1UjL9ImIYAnzx5iaHSuCo7QLSNE6bM4xfILD497MuqgKoDopja-85qwnmkKvZ9HHjTlosecwBOglWkQn7cVphBL1M7HekEWu~oY-uOc-zPUgdhQrDiD>
- Gaytán, S. (2022). *ASTM D 6980*. Obtenido de qdoc.tips: <https://qdoc.tips/astm-d-6980-pdf-free.html>
- Genia. (2023). *¿Cómo gestiono mis residuos orgánicos?* Obtenido de Geniabioenergy: <https://geniabioenergy.com/como-gestionar-residuos-organicos/>
- Getachew, A. y Woldesenbet, F. (2016). Production of biodegradable plastic by polyhydroxybutyrate (PHB) accumulating bacteria using low cost agricultural waste material. *BMC Research Notes*, 7(9), 2-9. <https://doi.org/10.1186/s13104-016-2321-y>
- Gibbens, S. (2018). *Todo lo que necesitas saber sobre los bioplásticos*. Obtenido de National Geographic: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Manabí. (2013). *Gestión Ambiental Provincial*. Obtenido de Gobierno de Manabí: <https://www.manabi.gob.ec/>
- Gómez, A., López, E., Briseño, L. y Girón, K. (2018). *Extracción de quitina y quitosano del exoesqueleto del camarón*. Obtenido de



<https://vinculacion.dgire.unam.mx/vinculacion-1/Memoria-Congreso-2018/trabajos/ciencias-biologicas-quimicas-y-de-la-salud/biologia/doc13.pdf>

Guerrero, L. (2008). *Estudio de la morfología y las propiedades mecánicas del almidón termoplástico (TPS) plastificado con la mezcla de Urea-etanolamina y reforzado con nanoarcilla*. Obtenido de Repositorio uniandes: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/23906/u346269.pdf?sequence=1>

Guzhñay , C. (2022). *Evaluación de la eficiencia de extracción de quitina de cáscara de camarón (Litopenaeus vannamei), obtenida enzimáticamente con papaína y quimotripsina*. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21665/1/UPS-CT009516.pdf>

Hernández, M., Torruco, J., Chel, L. y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciencia e tecnología de alimentos*, 28(3), 718-726. [https://doi.org/https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNJK9Yf/?format=pdf&lang=es#:~:text=La%20amilosa%20es%20un%20pol%C3%ADmero,%2D6\)%20pueden%20estar%20presentes.&text=Dichas%20rami%2D%20ficaciones%20se%20localizan,15%2D25%20unidades%20de%20glucosa](https://doi.org/https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNJK9Yf/?format=pdf&lang=es#:~:text=La%20amilosa%20es%20un%20pol%C3%ADmero,%2D6)%20pueden%20estar%20presentes.&text=Dichas%20rami%2D%20ficaciones%20se%20localizan,15%2D25%20unidades%20de%20glucosa).

Holguin , J. (2019). *Obtención de bioplástico a partir de almidón de papa*. Obtenido de Repositorio Uamerica: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

Instituto de investigaciones Amazónicas. (2017). *Bio-plásticos a base de cáscara de plátano*. Obtenido de Iniam: <https://iniam.umsa.bo/bio-plasticos-a-base-de-cascara-de-platano>

Jiménez, J. (2019). *Análisis del bioplástico de banano desde la perspectiva del diseño industrial para posible aplicación en diseño de producto*. Obtenido de Biblioteca digital usb:

<https://bibliotecadigital.usb.edu.co/server/api/core/bitstreams/824976f4-140e-43e2-918c-61931db3ae37/content>

Kader, N. y Wan, W. (2017). The Development of Banana Peel/Corn Starch Bioplastic Film: a preliminary study. *BSTR*, 5(1), 12-17. <https://doi.org/https://journal.hibiscuspublisher.com/index.php/BSTR/article/view/352/358>

Karana, E. (2012). Characterization of 'natural' and 'high-quality' materials to improve perception of bio-plastics. *Journal of Cleaner Production*, 37, 316-325. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.07.034>

Lambis, H., Hernández, F., Morales, Y., Marin, L. y Pasqualino, J. (2015). Extracción de almidón a partir de residuos de piel de plátano. *XXVIII Congreso Colombiano de Ingeniería Química*, 16-18. [https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/303541238\\_Extraccion\\_de\\_almidon\\_a\\_partir\\_de\\_residuos\\_de\\_piel\\_de\\_platano#:~:text=Se%20caracteriz%C3%B3%20la%20c%C3%A1scara%20de,%C3%A9sta%20como%20fuente%20de%20carbono.](https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/303541238_Extraccion_de_almidon_a_partir_de_residuos_de_piel_de_platano#:~:text=Se%20caracteriz%C3%B3%20la%20c%C3%A1scara%20de,%C3%A9sta%20como%20fuente%20de%20carbono.)

Lamin, M., R, I., Spuan, S., y Jumaidin, R. (2018). Sugar palm starch-based composites for packaging applications. *Bionanocomposites for Packaging Applications*, 125-147. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-67319-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-319-67319-6_7)

López, G., Belluci, A., Ardanuy, R., Rodríguez, M. y Miguel, S. (2012). Almidón termoplástico celular reforzado con fibras naturales: Una opción biodegradable para el envasado de alimentos. *Revista de plásticos modernos*, 104(671), 115-125. <https://doi.org/http://hdl.handle.net/2117/16776>

Mármol, Z., Rincón, M., Araujo, K. y Paéz, G. (2011). Quitina y quitosano, polímeros amigables. Una revisión de aplicaciones. *Revista tecnocientífica URU*(1), 53-58. [https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/235431334\\_Quitina\\_y\\_Quitosano\\_polimeros\\_amigables\\_Una\\_revisión\\_de\\_sus\\_aplicaciones](https://doi.org/https://www.researchgate.net/publication/235431334_Quitina_y_Quitosano_polimeros_amigables_Una_revisión_de_sus_aplicaciones)

- Martínez, C., Cayón, G. y Ligarreto, G. (2016). Composición química y distribución de materia seca. *Corpoica Cienc Tecnol Agropecuaria, Mosquera (Colombia)*, 17(2), 217-227.  
<https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/ccta/v17n2/v17n2a06.pdf>
- Martínez, V. (2017). *Estudio de la degradabilidad del PET (polietilen tereftalato)*. Obtenido de Dspace: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14370/4/UPS-CT007043.pdf>
- Masitoh, Dawan, A., Firman, R., Denny, Y. y Affifah, I. (2019). Effect of carbon nanotube content on the nature of bioplastic from cassava starch. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 20(4), 174-178.  
[https://doi.org/http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/5514/pdf\\_1](https://doi.org/http://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/5514/pdf_1)
- Matos, A. (2021). *Investigación Bibliográfica: definición, tipos y técnicas*. Obtenido de Docplayer: <https://docplayer.es/204971617-Investigacion-bibliografica-definicion-tipos-tecnicas.html>
- Máxima, J. (2021). *Plástico*. Obtenido de Humanidades: <https://www.caracteristicas.co/plastico/>
- Mejías, J. (2016). *Extracción de almidón a partir de la cáscara de plátano Transformar un residuo orgánico en un recurso local*. Obtenido de Issuu: <https://issuu.com/libiomat/docs/publi0702/s/12737369#:~:text=La%20c%20%20A1scara%20del%20pl%20%20A1tano%20contiene,dependiendo%20de%200la%20especie%205%20.&text=madurando%20se%20produce%20el%20r ompimiento,es%20m%20%20A1s%20rico%20en%20almid%20%20B3n>
- Mukti, G. (2014). Bioplastic: a better alternative to plastic. *Impact Journals*, 2(8), 115-120.  
<https://doi.org/https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=4872b491d66a116d32403771986fb057aa3b7e5c>
- Muñoz, M., Santos, R. y Cárdenas, T. (2019). Residuos sólidos urbanos en la ciudad el Carmen, Manabí, Ecuador. Análisis de sistema de gestión .

*Dominio de las ciencias*, 5(2), 1-5. <https://doi.org/https://doi.org/10.23857/pocaip>

Navarrete, D., Quijano, N. y Vélez Cristian. (2014). *Elaboración de carbón activado a partir de materiales no convencionales, para ser usado como medio filtrante*. Obtenido de [dspace.espol.edu.ec: http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/29845/D-70080.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/123456789/29845/D-70080.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Navia, D. y Bejarano, N. (2014). Evaluación de propiedades físicas de bioplásticos termo-comprimidos elaborados con harina de yuca. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustria*, 12(2), 40-48. <https://doi.org/http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a05.pdf>

Ojeda, B. (2023). *Elaboración de bioplásticos a base de exoesqueleto de camarón (quitina) como alternativa del plástico termo formable*. Obtenido de Universidad Politécnica Salesiana: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/24457/1/UPS-CT010356.pdf>

Ortega, J. (2016). *Estudio de las propiedades fisicoquímicas y funcionales de la harina de banano (Musa acuminata AAA) de rechazo en el desarrollo de películas biodegradables*. Obtenido de Repositorio.uta.edu.ec: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/22874/1/AL599.pdf>

Palacios, K. y Bernal, D. (2020). *Propuesta de plan de manejo y aprovechamiento de los residuos sólidos en el barrio Córdoba de la ciudad de Santiago de Cali*. Obtenido de Repository Usc: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/5086/PROPUESTA%20DE%20PLAN.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

Pedraza, C. (2019). *Caracterización de la fibra del pseudotallo de plátano como refuerzo y desarrollo de un material compuesto para fabricación de tejas*. Obtenido de Repositorio uptc: [https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2768/1/TGT\\_1401.pdf](https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2768/1/TGT_1401.pdf)

- Peréz, J. y Gardey, A. (2021). *Definición de plátano*. Obtenido de Definición: <https://definicion.de/platano/>
- Pizá, H., Rolando, S., Ramírez, C., Villanueva, S. y Zapata, A. (2017). *Análisis experimental de la elaboración de bioplástico a partir de la cáscara de plátano para el diseño de una línea de producción alterna para las chiflerías de Piura, Perú*. Obtenido de Pirhua udep: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT\\_Informe\\_Final\\_Proyecto\\_Bioplastico.pdf](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf)
- Polít, S. y Bravo, J. (2015). *Producción de láminas biodegradables a base de quitina (cáscara de camarón) provincia de Guayas, 2015*. Obtenido de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/bitstream/3317/3177/1/T-UCSG-PRE-ESP-CFI-140.pdf>
- Prime. (2021). *Conoce la definición y los tipos de bioplástico*. Obtenido de Prime biopolymers: <https://primebiopol.com/que-son-los-bioplasticos/>
- RAE. (2022). *Vástago*. Obtenido de Real academia española: <https://dle.rae.es/v%C3%A1stago>
- Ramírez, M., Rodríguez, A., Alfonso, L. y Peniche, C. (2010). La quitina y sus derivados, biopolímeros con potencialidades de aplicación agrícola. *Biotecnología Aplicada*, 27, 262-269. <https://doi.org/https://elfosscientiae.cigb.edu.cu/PDFs/Biotecnol%20Apl/2010/27/4/BA002704RV262-269.pdf>
- Reyes, E. (2019). *Análisis comparativo de peso y resistencia a la compresión entre hormigón alternativo fabricado con agregados naturales*. Obtenido de repositorio.utmachala.edu.ec/: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15019/1/TTFIC-2019-ICI-DE00022.pdf>
- Riera, M. y Palma, R. (2018). Obtención de bioplástico a partir de los desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades del Ecuador. *Avances en*

- Química*, 13(3), 1-6.  
<https://doi.org/https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>
- Rojas, A., Rodríguez, S. y Montoya, J. (2019). Evaluación de Alternativas de Aprovechamiento Energético y Bioactivo de la Cáscara de Plátano. *Información Tecnológica*, 30(5), 11-24.  
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500011>
- Rosero, J., Suárez, M., Mora, S., Achig, B., Chamba, A. y Anrango, A. (2020). Obtención de quitina a partir del exoesqueleto de camarón (*Litopenaeus vannamei*) como coagulante -floculante en aguas de baja turbidez. *InfoANALÍTICA*, 8(2), 135-151. <https://doi.org/10.26807/ia.v8i2.113>
- Sharif, A., Ibrahim, N. y Saad, M. (2016). Nano-cellulose derived bioplastic biomaterial data for vehicle bio-bumper from banana peel waste biomass. *Science direct*, [doi.org/10.1016/j.dib.2016.05.029\(8\)](https://doi.org/10.1016/j.dib.2016.05.029(8)), 286-294.  
<https://doi.org/doi.org/10.1016/j.dib.2016.05.029>
- Soliz, M. (2015). Ecología política y geografía crítica de la basura en Ecuador. *Letras verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Ambientales*(17), 4-28.  
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.17.2015.1259revistas.flacsoandes.edu.ec/letrasverdes/index>
- Tag. (2019). *Bioplásticos: historia, cómo se producen y trucos caseros*. Obtenido de Harvard edu:  
[http://tagteam.harvard.edu/hub\\_feeds/2090/feed\\_items/2547361](http://tagteam.harvard.edu/hub_feeds/2090/feed_items/2547361)
- Torres, R., Montes, E., Pérez, O. y Andrade, R. (2013). Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales . *Información Tecnológica* , 24(3), 51-56 .  
<https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000300007>
- Torres, Y., Melo, D., Serna, J. y Torres, L. (2015). Aprovechamiento de pulpa y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca* spp) para la obtención de maltodextrina. *Biotecnología en el sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 76-85. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(13\)76-85](https://doi.org/10.18684/BSAA(13)76-85)

- Valarezo, M. (2012). *Desarrollo de bioplímeros a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta)*. Obtenido de [dspace.utpl.edu.ec: https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2733/1/Maria%20Jose%20Valarezo%20Ulloa.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2733/1/Maria%20Jose%20Valarezo%20Ulloa.pdf)
- Váldez, F. (2019). *Metodología de la investigación*. Obtenido de <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/105291/Metodolog%C3%ADa+de+la+Investigaci%C3%B3n+Unidad+II.pdf?sequence=1>
- Vélez, C., Zambrano, X., Delgado, M., Burgos, G. y Cedeño, C. (2021). Almidones de cáscara de yuca (Manihot Escuelenta) y papa (Solanum Tuberosum) para producción de bioplásticos: propiedades mecánicas y efecto gelatinizante. *Revista Bases de las Ciencias*, 6(2), 137-152. <https://doi.org/https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3293/3817>
- Villada, H., Acosta, H. y Velasco, R. (2008). Investigación de almidones termoplásticos, precursores de productos biodegradables. *Información tecnológica*, 19(2), 3-14. <https://doi.org/https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v19n2/art02.pdf>
- Villamar, M., Contreras, C., Cruz, M. y Mendoza, E. (2020). *Elaboración de utensilios de bioplástico a base de la cáscara de plátano*. Obtenido de <https://www.eumed.net/rev/cccss/2020/05/elaboracion-utensilios-bioplastico.html>
- Wachirasiri, P., Julakarangka, S. y Wanlapa, S. (2009). The effects of banana peel preparations on the properties of banana peel dietary fibre concentrate. *Songklanakarin J. Sci. Technol.*, 31(6), 605-611. <https://doi.org/https://www.thaiscience.info/journals/Article/SONG/10614970.pdf>

# **ANEXOS**



## ANEXOS

### Anexo 1. Preparación de la cáscara de plátano para la caracterización físico-química



### Anexo 2. Cáscara de plátano completamente picada



**Anexo 3.** Cáscara de plátano picada lista para ser llevada a la estufa



**Anexo 4.** Colocación de la muestra en la estufa

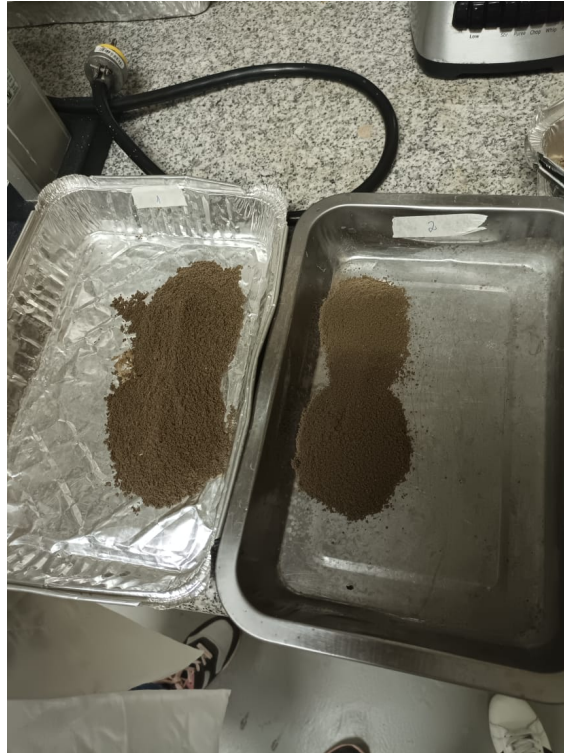


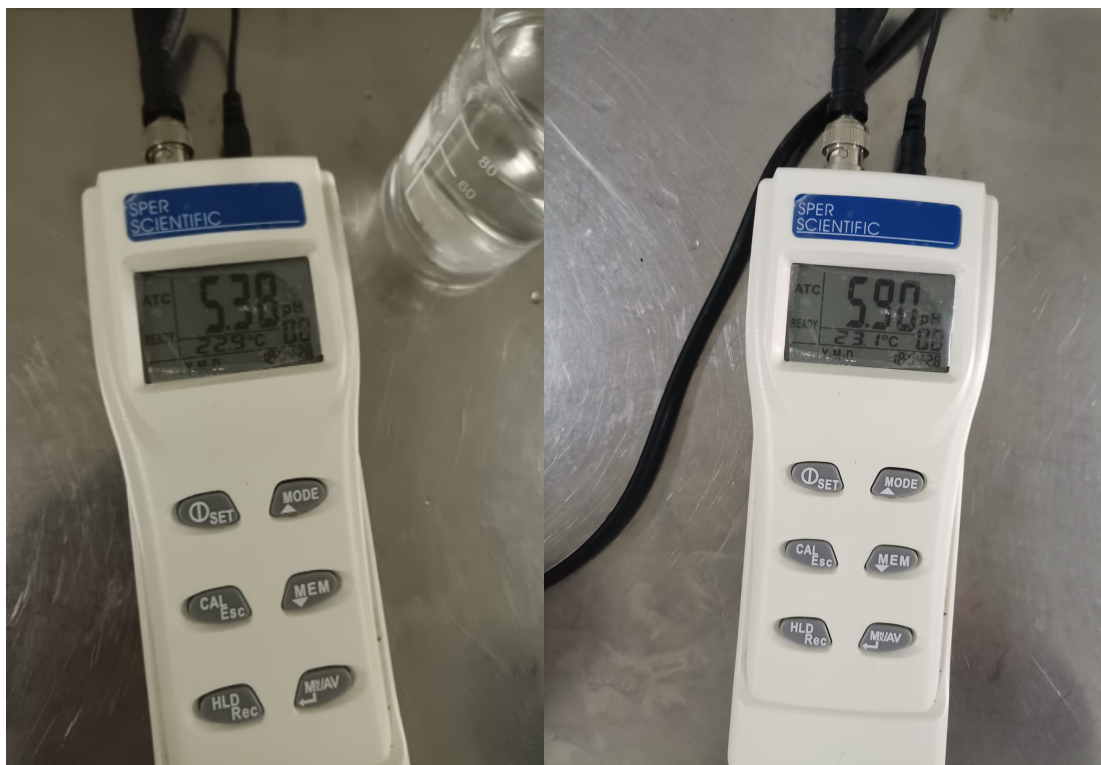
**Anexo 5.** Estado de la muestra después de 8 horas en la estufa a 160 °C



**Anexo 6.** Trituración de la muestra



**Anexo 7. Muestra triturada****Anexo 8. Preparación de las muestras para su respectiva caracterización**

**Anexo 9. pH****Anexo 10. Cenizas**

**Anexo 11. Fibra**



**Anexo 12. Humedad**



### Anexo 13. Evaluación de las propiedades plásticas sensoriales



### Anexo 14. Reporte de la composición físico- química de la cáscara de plátano

  	
<b>ESPAMMFL</b> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LOPEZ	
<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ "MANUEL FÉLIX LÓPEZ"</b> <b>LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA DEL ÁREA AGROINDUSTRIAL</b>	
<b>ESTUDIANTES:</b>	JOSSELYN VIRGINIA MACIAS BAZURTO DIANA MARIA ZAMBRANO VALENCIA
<b>DIRECCIÓN:</b>	CALCETA
<b>FECHA DE COMIENZO</b>	24 DE MAYO DEL 2022
<b>FECHA DE FINALIZACION</b>	26 DE MAYO DEL 2022
<b>MUESTRAS ENVIADAS</b>	8

TRATAMIENTOS	EVALUACIÓN DE LA QUITINA EN LA PRODUCCIÓN DE ALMIDÓN TERMOPLÁSTICO CON BASE DE CÁSCARA DE PLÁTANO			
	% HUMEDAD	% CENIZA	%FIBRA	pH
CHIFLERIA 1	6,39	11,91	5,76	5,90
CHIFLERIA 2	7,39	14,17	6,0	5,38

  
 \_\_\_\_\_  
**ING. JORGE TECCA DELGADO**  
**TÉCNICO DE LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA**

  
**ESPAMMFL**  
 ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA  
 AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LOPEZ  
 Carrera de  
**AGROINDUSTRIA**  
**LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA**