



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

**OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE LA  
CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*) INCORPORADO  
CON BAGAZO DE CAÑA DE MAÍZ (*Zea mays*) PARA EL USO EN  
ALIMENTOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA:** KIMBERLY ALONDRA SANIPATÍN JARA

**DIRECTOR:** Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA, PhD

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Kimberly Alondra Sanipatín Jara

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

Yo, Kimberly Alondra Sanipatín Jara, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 29 de noviembre de 2023.






**Kimberly Alondra Sanipatín Jara**

**0605217181**

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE LA CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*) INCORPORADO CON BAGAZO DE CAÑA DE MAÍZ (*Zea mays*) PARA EL USO EN ALIMENTOS**, realizado por la señorita: **KIMBERLY ALONDRA SANIPATIN JARA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Marco Raul Chuiza Rojas, Mgs. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2023-11-29
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-11-29
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2023-11-29

## **DEDICATORIA**

Dedico este logro a Dios, cuya luz iluminó mi camino en los momentos de incertidumbre. A mi amada madre, cuyo amor incondicional y apoyo inquebrantable me impulsaron a perseguir mis sueños. A mi familia, por su constante aliento. A mis amigos, quienes brindaron su amistad y aliento en cada etapa de este viaje académico. Esta tesis es un tributo a su confianza y cariño.

Kimberly

## **AGRADECIMIENTO**

En el culminar de este arduo camino, elevo mi gratitud a Dios, fuente de fortaleza y guía en cada paso. A mi madre, incansable apoyo y ejemplo de amor incondicional. A mi amada familia, por su constante aliento y comprensión. A mis amigos y docentes por compartir sus conocimientos y motivación inquebrantable. Sin ustedes, este logro no sería posible. ¡Gracias por ser mi inspiración y sostén en esta travesía!

Kimberly

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS .....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

## CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Antecedentes de la Investigación.....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Marco conceptual o glosario .....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1. Maíz.....</b>	<b>5</b>
<b>1.2.1.1. Descripción taxonómica.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2. Cacao.....</b>	<b>6</b>
<b>1.2.2.1. Descripción taxonómica.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.3. Celulosa.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.4. Fibra.....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.5. Bioplásticos .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2.5.1. Clasificación de los bioplásticos .....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.5.2. Plástico biodegradable.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.6. Impacto ambiental de los plásticos.....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.7. Consumo de plásticos en Ecuador .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.8. Exportaciones de cacao en Ecuador.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.9. Exportaciones de maíz en Ecuador.....</b>	<b>12</b>

## CAPÍTULO II

<b>2. METODOLOGÍA .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Hipótesis .....</b>	<b>14</b>

2.2.1.	<i>Hipótesis general</i> .....	14
2.2.2.	<i>Hipótesis específicas</i> .....	14
2.2.	<b>Identificación de variables</b> .....	14
2.3.	<b>Matriz de consistencia</b> .....	15
2.4.	<b>Tipo y diseño de investigación</b> .....	16
2.4.1.	<i>Tipo de investigación</i> .....	16
2.4.2.	<i>Diseño experimental</i> .....	16
2.4.3.	<i>Descripción de materia prima, reactivos, materiales y equipos</i> .....	16
2.4.3.1.	<i>Equipos</i> .....	17
2.4.3.2.	<i>Materiales</i> .....	17
2.4.3.3.	<i>Reactivos</i> .....	17
2.5.	<b>Unidad de análisis</b> .....	18
2.6.	<b>Población de estudio</b> .....	18
2.7.	<b>Tamaño de muestra</b> .....	18
2.8.	<b>Selección de muestra</b> .....	18
2.9.	<b>Técnicas de recolección de datos</b> .....	19
2.9.1.	<i>Caracterización del plástico biodegradable</i> .....	19
2.9.1.1.	<i>Análisis sensorial</i> .....	19
2.9.1.2.	<i>Determinación del espesor</i> .....	20
2.9.1.3.	<i>Determinación de la humedad</i> .....	20
2.9.1.4.	<i>Determinación de la permeabilidad</i> .....	21
2.9.1.5.	<i>Determinación de la biodegradabilidad</i> .....	22
2.10.	<b>Procedimientos</b> .....	22
2.10.1.	<i>Granos de cacao</i> .....	22
2.10.1.1.	<i>Obtención de cascarilla de cacao</i> .....	22
2.10.1.2.	<i>Obtención de celulosa a partir de la cascarilla de cacao</i> .....	23
2.10.2.	<i>Caña de maíz</i> .....	23
2.10.2.1.	<i>Obtención del bagazo de caña de maíz</i> .....	23
2.10.2.2.	<i>Obtención de fibra del bagazo de la caña de maíz</i> .....	24
2.10.3.	<i>Revelado de película bioplástica</i> .....	24

### CAPÍTULO III

3.	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	26
3.1.	<b>Resultados y análisis realizados a la cascarilla de cacao</b> .....	26



3.1.1.	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico de la celulosa de la cascarilla de cacao y materia prima.....</i>	26
3.1.2.	<i>Análisis químico proximal de la cascarilla de cacao.....</i>	27
3.1.3.	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico de la fibra del bagazo de caña de maíz y materia prima.....</i>	28
<b>3.2.</b>	<b>Resultados y análisis de la celulosa y fibra .....</b>	<b>29</b>
3.2.1.	<i>Celulosa de cascarilla de cacao.....</i>	29
3.2.2.	<i>Fibra de bagazo de caña de maíz.....</i>	30
<b>3.3.</b>	<b>Resultados de pruebas mecánicas .....</b>	<b>31</b>
<b>3.4.</b>	<b>Resultados del plástico biodegradable obtenido .....</b>	<b>31</b>
3.4.1.	<i>Análisis sensorial del plástico biodegradable obtenido .....</i>	31
3.4.2.	<i>Caracterización del plástico biodegradable .....</i>	32
3.4.2.1.	<i>Análisis de espesor .....</i>	32
3.4.2.2.	<i>Análisis de humedad.....</i>	32
3.4.2.3.	<i>Análisis de permeabilidad al vapor de agua .....</i>	33
3.4.2.4.	<i>Análisis de biodegradabilidad.....</i>	33
<b>3.5.</b>	<b>Discusión de resultados .....</b>	<b>35</b>
3.5.1.	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico de la materia prima .....</i>	35
3.5.2.	<i>Análisis fisicoquímico y microbiológico de la celulosa de cacao y fibra de maíz ....</i>	35
3.5.3.	<i>Análisis sensorial del plástico biodegradable obtenido .....</i>	36
3.5.4.	<i>Caracterización del plástico biodegradable .....</i>	36
<b>CONCLUSIONES.....</b>		<b>38</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>		<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		
<b>ANEXOS</b>		

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1.</b> Taxonomía del maíz ( <i>Zea mays</i> ) .....	6
<b>Tabla 2-1.</b> Taxonomía del cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L) .....	7
<b>Tabla 3-2:</b> Matriz de consistencia .....	15
<b>Tabla 4-2.</b> Valoración para el análisis sensorial.....	20
<b>Tabla 5-2.</b> Concentraciones de celulosa – fibra.....	25
<b>Tabla 6-3.</b> Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de la celulosa de la cascarilla de cacao y materia prima.....	26
<b>Tabla 7-3.</b> Resultados del análisis químico proximal de la cascarilla del cacao .....	27
<b>Tabla 8-3.</b> Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de la fibra del bagazo de caña de maíz y materia prima.....	28
<b>Tabla 9-3.</b> Resultado de obtención de celulosa de cascarilla de cacao.....	29
<b>Tabla 10-3.</b> Resultado de obtención de fibra de bagazo de caña de maíz .....	30
<b>Tabla 11-3.</b> Resultados de pruebas mecánicas.....	31
<b>Tabla 12-3.</b> Resultados del análisis sensorial del plástico biodegradable .....	31
<b>Tabla 13-3.</b> Resultados del espesor del plástico biodegradable.....	32
<b>Tabla 14-3.</b> Resultados de la humedad del plástico biodegradable .....	32
<b>Tabla 15-3.</b> Resultados de la permeabilidad de vapor de agua.....	33
<b>Tabla 16-3.</b> Resultados de la biodegradabilidad.....	34

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1.</b> Planta de maíz ( <i>Zea mays</i> ) .....	5
<b>Ilustración 2-1.</b> Planta de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> L.) .....	6
<b>Ilustración 3-1.</b> Estructura de la celulosa.....	7
<b>Ilustración 4-1.</b> Estructura de la fibra .....	8
<b>Ilustración 5-1.</b> Clasificación de los bioplásticos .....	9
<b>Ilustración 6-1.</b> Contaminación ambiental por plásticos .....	11
<b>Ilustración 7-1.</b> Producción de maíz.....	13
<b>Ilustración 8-2.</b> Obtención de la cascarilla del cacao .....	23

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2.</b> Proceso de selección de la muestra.....	19
<b>Gráfico 2-3.</b> Biodegradación aerobia de 3 láminas en la tierra .....	34

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** Norma INEN 2643:2012. Especificación para plásticos compostables

**ANEXO B:** Materia prima (Cascarilla de cacao)

**ANEXO C:** Materia prima (Bagazo de caña de maíz)

**ANEXO D:** Obtención de celulosa y fibra

**ANEXO E:** Obtención de celulosa y fibra

## RESUMEN

El volumen de varios desechos agrícolas en Ecuador, como la cascarilla de cacao y el bagazo de caña de maíz, están en un constante aumento, con la finalidad de minimizar estos impactos negativos y promover la sostenibilidad ambiental y la salud de las personas, se llevó a cabo este estudio para desarrollar películas plásticas biodegradables utilizando dichos desechos, por lo tanto, el objetivo de la investigación fue realizar la obtención de un plástico biodegradable a partir de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) incorporado con bagazo de caña de maíz (*Zea mays*) para el uso en empaque de alimentos. La metodología implementada tuvo un enfoque cualitativo y cuantitativo, se utilizó un tipo de investigación experimental – correlacional, ya que se actuará sobre el objeto de estudio y se obtendrá los datos estadísticos de la celulosa de cacao y la fibra de bagazo de caña de azúcar. Mediante esta metodología se logró obtener el plástico biodegradable, lo cual se realizaron 5 formulaciones. De las cuales se determinó que existe diferencia significativa con respecto a la variable plastificante, por lo cual se identificó que la tercera formulación cuenta con las mejores características físicas como el espesor, humedad, solubilidad en agua, permeabilidad al vapor de agua y biodegradabilidad. La tercera formulación cuenta con 0.118 mm de espesor, 20.38% de humedad, 0.155 de permeabilidad y 81.11 – 89.45% de biodegradabilidad. En ese contexto se concluye que el plástico biodegradable obtenido tiene apariencia translúcida, de textura lisa, cuenta con una consistencia fuerte y flexibilidad adecuada para su uso como sustituto del plástico convencional.

**Palabras clave:** <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <PROCESOS INDUSTRIALES>, <CASCARILLA DE CACAO (*Theobroma cacao*)>, <BAGAZO DE CAÑA DE MAÍZ (*Zea mays*)>, <PLÁSTICO BIODEGRADABLE>

2263-DBRA-UPT-2023



## ABSTRACT

The volume of agricultural waste in Ecuador, such as cocoa husks and corn cane bagasse, constantly increases. In order to minimize these negative impacts and promote environmental sustainability and people's health, this study develops biodegradable plastic films using these wastes. Therefore, the objective of the research was to obtain a biodegradable plastic from cocoa husk (*Theobroma cacao*) incorporated with corn cane bagasse (*Zea mays*) for use in food packaging. Approach: The methodology implemented had a qualitative and quantitative approach; experimental and correlational research will be used since the object of study will be acted upon, and the statistical data of cocoa cellulose and sugarcane bagasse fiber will be obtained. This methodology made it possible to get biodegradable plastic into five formulations. It determines a significant difference concerning the plasticizer variable, for which it identified that the third formulation has the best physical characteristics, such as thickness, moisture, water solubility, water vapor permeability, and biodegradability. The third formulation has a 0.118 mm thickness, 20.38% moisture, 0.155 permeability, and 81.11–89.45% biodegradability. In this context, it concludes that the biodegradable plastic obtained has a translucent appearance, smooth texture, strong consistency, and adequate flexibility as a substitute for conventional plastic.

**Keywords:** <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <INDUSTRIAL PROCESSES>, <COCOA HUSK (*Theobroma cacao*)>, <CORN CANE BAGASSE (*Zea mays*)>, <BIODEGRADABLE PLASTIC>



Lic. Edison Renato Ruiz López Mgs.  
0603957044

# INTRODUCCIÓN

## Identificación del problema

Gracias a las siguientes reseñas informativas con respecto al depósito final de los residuos plásticos, sus características y sus consecuencias a futuro tenemos que:

Durante el año 2015, se originaron alrededor de 6300 millones de toneladas de residuos plásticos, con lo cual, si persiste esta producción y gestión de residuos, para el año 2050 se tendrá una estimación de alrededor de 12000 millones de toneladas de desechos plásticos en el medio ambiente o en los vertederos. No obstante, aproximadamente 10 millones de toneladas de plástico terminan en los océanos cada año. (Instituto de la Vida Saludable, 2019)

Ante esto surge la necesidad de pensar y analizar alternativas sostenibles y sustentables para mitigar el efecto contaminante generado por los desechos plásticos, por ello Jenna Jambeck, profesora de ingeniería en la universidad de Georgia menciona que la mayoría de los plásticos comerciales no son biodegradables, debido a lo cual podrían estar cientos e incluso miles de años en el entorno. (UNAM, 2023)

Por tal motivo, se sugiere a través de este trabajo de investigación el desarrollo de un plástico biodegradable cuya materia prima procede de la celulosa que se encuentra en la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) incorporado con la fibra del bagazo de caña de maíz (*Zea mays*) para el uso en alimentos, dando un aprovechamiento a estas materias primas debido a su facilidad de producción en nuestra zona, aligerando de esta forma el impacto ambiental generada por los plásticos.



## **Justificación de la investigación**

La mayoría de los plásticos no se biodegradan, por eso la búsqueda de una alternativa que se descomponen lentamente en fragmentos más pequeños se conocen como micro plásticos. Algunos estudios indican que las bolsas de plástico y envases hechos de espuma de poliestireno pueden tardar hasta miles de años en descomponerse, contaminando así el suelo y el agua. (Organización de las Naciones Unidas, 2018)

Los residuos plásticos constituyen del 20% al 40% en tamaño de los desperdicios sólidos municipales en los países industrializados. La principal demanda de plásticos producidos se halla en el área de empaque, del cual se derivan como clientes recurrentes: el empaque para alimentos luego está la industria farmacéutica y finalmente el empaque para cosméticos, por esta razón esta área de procesamiento presta total atención a los empaques biodegradables. (Guamán, 2019)

Los residuos agrícolas, específicamente el gabazo de caña de maíz y la cascarilla de cacao son el resultado de la cosecha del maíz y de procesar las semillas de cacao que no son utilizados para fines alimenticios. Por eso tanto el gabazo de caña de maíz como la cascarilla de cacao pueden tener varios usos beneficiosos, ya sea como fuente de nutrientes, materiales de construcción, fuentes de energía renovable o incluso para aplicaciones en la industria alimentaria y de bebidas. La utilización de estos subproductos puede contribuir a la reducción de residuos y al aprovechamiento más eficiente de los recursos agrícolas.

En consecuencia, a lo mencionado anteriormente, se justifica esta investigación como una contribución para la ingeniería y para el avance tecnológico en el ámbito de la ingeniería de los plásticos biodegradables a partir de desechos agroindustriales (cacao y maíz). Debido a lo cual con la aplicación de esta metodología los beneficiados serán todos los seres vivos al tener menos contaminación en el ambiente. De manera que las inversiones en el tratamiento de los desechos sólidos plásticos serán menores, con lo cual los productos a partir de este material biodegradable lograrán una apreciación considerable que acrecentará su demanda, y que aportaran a los almacenes comerciales una imagen ecológica e innovadora debido a su tendencia por preservar el ecosistema. (Riofrio, Oviedo y Navarro, 2019)

## **Objetivos**

### ***Objetivo general***

- Obtener un plástico biodegradable a partir de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) incorporado con bagazo de caña de maíz (*Zea mays*) para el uso en empaque de alimentos.

### ***Objetivos específicos***

- Extraer la celulosa a partir de la cascarilla de cacao y obtener la fibra del bagazo de caña de maíz.
- Plantear formulaciones óptimas para la elaboración de bioplásticos.
- Evaluar el bioplástico obtenido con respecto al espesor de acuerdo con la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad y biodegradabilidad.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes de la Investigación

Según Guacho y Loor con su tema de titulación **“Formulación de un proceso para la elaboración de platos desechables a base de cáscara de cacao CCN-51”** señalan que el cacao contiene 15.83% de celulosa, 1975% de lignina, 8.63% de humedad y 8.98 de ceniza. Por lo que el almidón que contiene el cacao ayuda a la formulación de bioplásticos gracias a la solubilidad, gota de agua y dureza. (Guacho y Loor, 2022)

De igual manera, en el trabajo de titulación **“Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos”** mencionan que a partir de un enfoque de investigación han logrado extraer los componentes de celulosa y almidón mediante hidrólisis por vía seca de la mazorca y cascarilla del cacao, para lo cual realizaron una mezcla de plastificantes para la obtención del bioplástico. El bioplástico obtenido tiene un espesor de 0.19mm y un porcentaje de biodegradabilidad de 6%, siendo así apto según la NTTE INEN 2542. (Lema y Manzo, 2021, p. 144)

Por otro lado, en la **“Obtención de fibra de cacao alcalinizada a partir de la cascarilla de cacao ecuatoriano (*Theobroma cacao L.*) para reemplazo total o parcial de polvo de cacao en productos alimenticios”** señala que la fibra a partir de cascarilla de cacao es una fuente potencial de fibra dietaria, proteínas, componentes funcionales y cumple con la norma NTE INEN 620 y que se la obtiene mediante procesos de lavado, alcalinización y operaciones unitarias de secado y molienda. Además, que se puede reemplazar este polvo de cacao en los productos alimenticios. (García, 2021, p. 74)

Sin embargo, en el artículo científico denominado **“Extracción de almidón de cáscara de cacao *Theobroma cacao L.* como alternativa de bioprospección”** indican que la composición química de la cascarilla del grano de cacao la clasifica como un material difícil de degradar por su alto contenido de lignina y celulosa, y este material lignocelulósico se utiliza en varios procesos

industriales, pero muchas veces la cascarilla se desecha en la misma cosecha, lo que provoca problemas como el crecimiento de microorganismos patógenos. Los almidones, por su parte, son sustancias granulares presentes en diversas matrices vegetales utilizadas en la industria alimentaria para aportar propiedades organolépticas y organolépticas, así como en la producción de papel y materiales biodegradables. (Herrera et al., 2020)

Finalmente, en el artículo científico “**Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador**” mencionan que los residuos agrícolas se pueden utilizar para producir plásticos biodegradables que compiten con los plásticos sintéticos. La decisión de cuál de estos residuos utilizar para obtener un mayor rendimiento dependerá de diversas variables y sus interacciones, que pueden evaluarse con herramientas de análisis multicriterio. En futuros estudios, será práctico sopesar los criterios de selección de cada residuo como materia prima para la producción de bioplásticos, para someterlo a evaluación por alguno de los métodos. (Riera y Palma, 2018)

## **1.2. Marco conceptual o glosario**

### **1.2.1. Maíz**

El maíz es un grano, una planta herbácea americana caracterizada por un tallo largo y duro (no hueco como sus parientes cercanos), al final del cual forma una espiga o espiga (flores femeninas), las semillas o granos de que bordean el eje. (Equipo editorial, 2023)



**Ilustración 1-1.** Planta de maíz (*Zea mays*)

**Fuente:** (Montana, 2021)

### 1.2.1.1. Descripción taxonómica

**Tabla 1-1.** Taxonomía del maíz (*Zea mays*)

<b>Reino</b>	Plantae
<b>Clase</b>	Monocotyledoneae
<b>Orden</b>	Poales
<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Género</b>	<i>Zea</i>
<b>Especie</b>	<i>mays</i>
<b>Nombre científico</b>	<i>Zea mays L.</i>

**Fuente:** (Guacho, 2014)

**Realizado por:** Sanipatín, K, 2023.

### 1.2.2. Cacao

El cacao (*Theobroma cacao L.*) es una planta originaria de los trópicos húmedos de las Américas y se cree que se originó en la región amazónica del noroeste de América del Sur. El cacao es muy importante para la economía del Ecuador, ya que es un producto de exportación y fuente de empleo para gran parte de la población, tanto urbana como rural. Esta especie es uno de los productos más importantes del país, representando el 5% de la producción mundial, y uno de los cultivos tradicionales de importancia comercial en la provincia de Los Ríos. (Montes, 2016, p. 4)



**Ilustración 2-1.** Planta de cacao (*Theobroma cacao L.*)

**Fuente:** (GRANDSUR, 2021)

### 1.2.2.1. Descripción taxonómica

**Tabla 2-1.** Taxonomía del cacao (*Theobroma cacao L*)

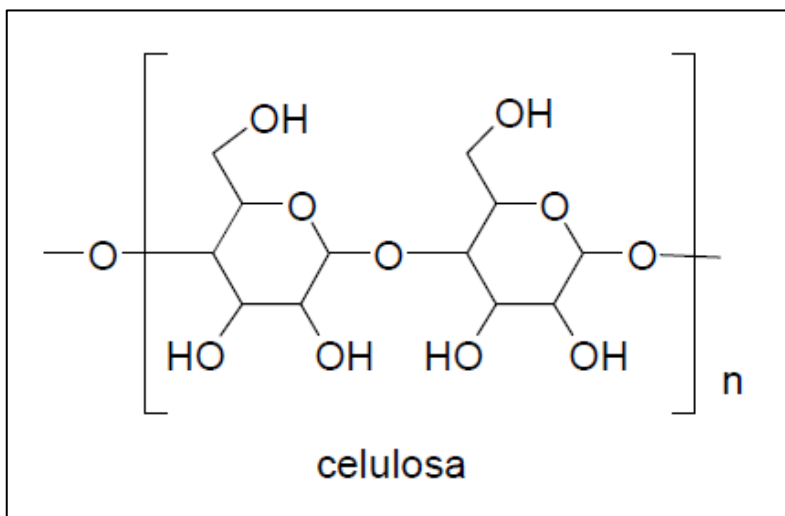
<b>Reino</b>	Plantae
<b>Tipo</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Magnoliopsida
<b>Orden</b>	Malvales
<b>Familia</b>	Sterculiaceae
<b>Género</b>	<i>Theobroma</i>
<b>Especie</b>	<i>Cacao L.</i>

**Fuente:** (Montes, 2016)

**Realizado por:** Sanipatín, K, 2023.

### 1.2.3. Celulosa

La celulosa es el compuesto orgánico natural más abundante y la madera contiene entre un 40% y un 60% de celulosa y la paja un 30%. Más del 90% de la celulosa está hecha de madera y el 10% restante de otras plantas. La celulosa es el material de construcción de las paredes celulares de las plantas, la madera y las fibras naturales, a menudo combinada con sustancias como la lignina, la hemicelulosa (carbohidratos más cortos, principalmente pentosanos), la pectina y los ácidos grasos. La celulosa es un polímero lineal compuesto por unidades de glucosa. Las cadenas de celulosa están conectadas en paquetes por enlaces de hidrógeno. (Sanz, 2020)

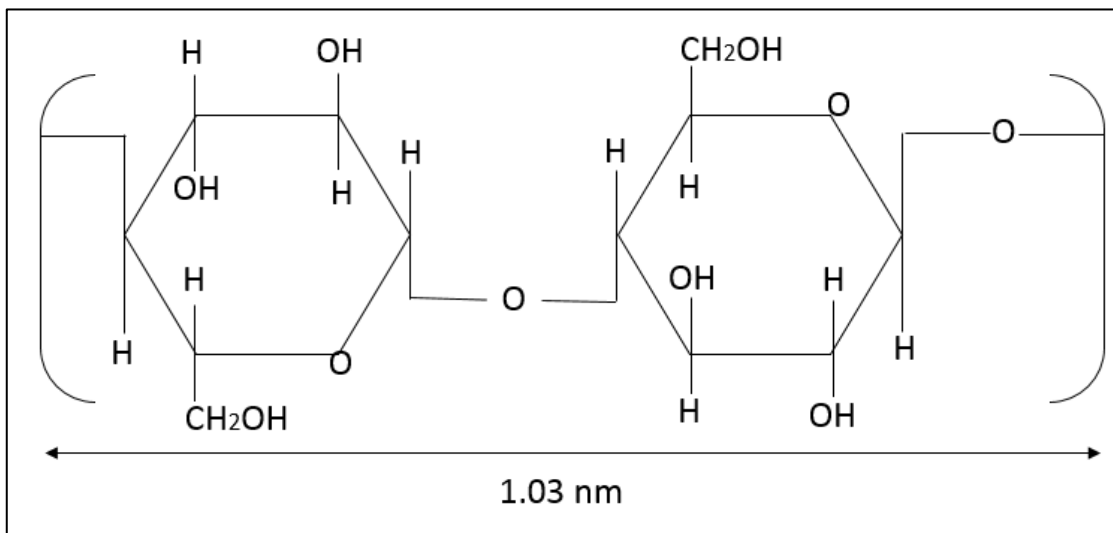


**Ilustración 3-1.** Estructura de la celulosa

**Fuente:**(Sanz, 2020)

#### 1.2.4. Fibra

Las fibras naturales son materiales filamentosos de origen biológico cuyas propiedades químicas, físicas y mecánicas les confieren propiedades como apariencia, textura, longitud, resistencia y flexibilidad que las hacen aptas para su uso. Las fibras animales son secreciones de glándulas especializadas, como la seda, o productos de los folículos pilosos, como lana, alpaca, etc. Las fibras vegetales son un grupo de células con alta resistencia mecánica, compuestas principalmente por lignina y celulosa, por lo que se asocian principalmente a funciones de soporte de la planta. (CONABIO, 2020)



**Ilustración 4-1.** Estructura de la fibra

**Fuente:** (CONABIO, 2020)

#### 1.2.5. Bioplásticos

Los bioplásticos pueden tener propiedades tales como propiedades biológicas, propiedades biodegradables o combinaciones de estas. Tienen un alto peso molecular y varían en composición química y física dependiendo de la fuente de extracción. Las materias primas bioplásticas están fácilmente disponibles, son baratas, renovables y biodegradables, lo que las hace económicamente competitivas con los plásticos a base de aceite. El ciclo de vida de los bioplásticos es circular, las materias primas se obtienen de los residuos agrícolas, estas materias primas se transforman en productos intermedios, se utilizan para producir bioplásticos y después de su uso se disponen en

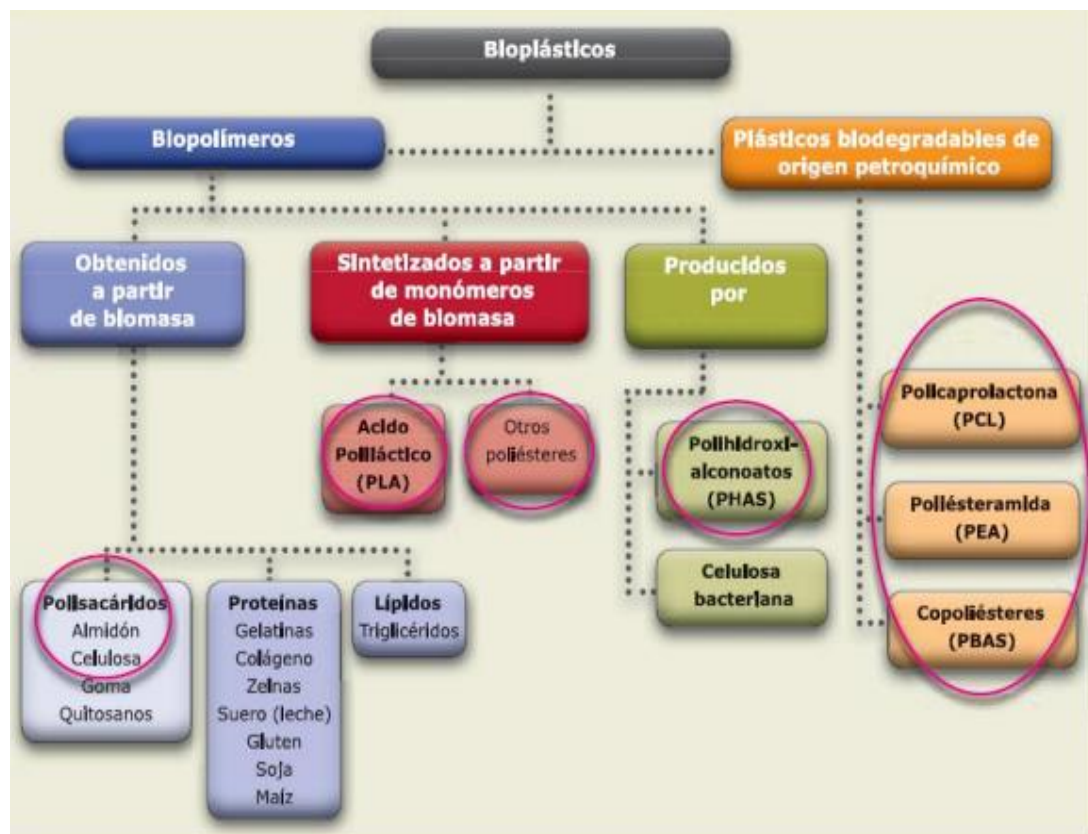
centros de acopio que los transforman en fertilizantes para las plantaciones agrícolas. (Guacho y Loor, 2022, p. 38)

### 1.2.5.1. Clasificación de los bioplásticos

Los bioplásticos se clasifican a partir de su proceso de fabricación de acuerdo a la siguiente manera:

- Polímeros extraídos o removidos directamente de la biomasa.
- Polímeros producidos por síntesis química clásica.
- Polímeros producidos por microorganismos, bacterias productoras nativas o modificadas genéticamente.

(Meza, 2016, p. 38)



**Ilustración 5-1.** Clasificación de los bioplásticos

Fuente: (Meza, 2016)



#### *1.2.5.2. Plástico biodegradable*

Los plásticos biodegradables pueden estar hechos de materias primas renovables o de combustibles fósiles, y la biodegradabilidad no depende del origen de las materias primas utilizadas, sino de la estructura química. Se deben considerar todos los aspectos necesarios para que ocurra la degradación, como las condiciones ambientales. La mayoría de los plásticos biodegradables están diseñados para mejorar su biodegradabilidad en ambientes específicos, haciéndolos susceptibles a los microbios presentes en los procesos de compostaje, ambientes marinos o incluso ambientes anóxicos. (Vázquez et al., 2014, p. 1)

Por eso la principal ventaja de los plásticos biodegradables es que tienen el potencial de reducir la cantidad de residuos plásticos en los vertederos, lo que puede ayudar a reducir el impacto ambiental. Es importante contar con sistemas adecuados de separación y recolección para compostaje, digestión anaeróbica u otro tipo de ambiente.

#### *1.2.6. Impacto ambiental de los plásticos*

A nivel mundial, se estima que 25 millones de toneladas de plásticos se generan cada año acumulándose en el ambiente mismas que pueden permanecer por un periodo de entre 100 y 500 años. Debido a que su degradación es muy lenta y consiste principalmente en su fragmentación en partículas más pequeñas, estas se distribuyen en los mares, ríos, sedimentos y suelos, entre otros. (Hernández, 2013)

Sin embargo, la contaminación plástica se ha convertido en uno de los desafíos ambientales más urgentes de nuestro tiempo. La producción y quema de plástico contribuye significativamente al cambio climático. Los desechos plásticos también obstruyen nuestras vías fluviales, contaminan nuestros océanos, matan la vida silvestre y entran en nuestra cadena alimentaria. Si las tendencias actuales continúan, para 2050 habrá alrededor de 12 mil millones de toneladas de desechos plásticos en nuestros vertederos o contaminando nuestro medio ambiente, el equivalente a casi 80 millones de ballenas azules. (The Nature Conservancy, 2021)



**Ilustración 6-1.** Contaminación ambiental por plásticos

**Fuente:** (The Nature Conservancy, 2021)

### ***1.2.7. Consumo de plásticos en Ecuador***

Los ecuatorianos arrojaron 12.739,01 toneladas de basura cada día en 2018, según las últimas cifras del INEC. De estos, el 11,43% eran de plástico, esta cifra corresponde a 531.461 toneladas de material al año, equivalente al peso de más de 350.000 vehículos medianos. Sin embargo, cada año se desechan 261.778 toneladas de este plástico en Ecuador, lo que hace que sea casi imposible reciclarlo. Los datos del INEC también dieron indicios de las regiones y provincias que más consumieron. (Morán, 2020)

Imbabura tiene el mayor consumo de fundas y envases de espuma flexible: alrededor del 12% de los residuos son plásticos de un solo uso, le siguen Azuay, Cotopaxi, Pichincha, Cachi, Morona Santiago y Zamora Chinchipe. Quito es una de las ciudades de preocupación. En 2019 vertió más de 6.000 toneladas de fundas que se utilizó una sola vez, equivalente al volumen de 157 piscinas olímpicas o al peso de 4.000 vehículos medianos. (Morán, 2020)

Por lo que, la industria del plástico ecuatoriana innova, investiga, genera empleo y exporta en medio de desafíos. Según la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (Aseplas), la industria está conformada por aproximadamente 600 empresas, de las cuales 120 pertenecen a la asociación, las empresas manufactureras están ubicadas principalmente en Guayaquil. Según datos de Aseplas, la industria aporta el 1,2 por ciento del PIB del país, o cerca de 1.200 millones de dólares. Además, la producción anual es de unas 500.000 toneladas. (Redacción Líderes, 2018)

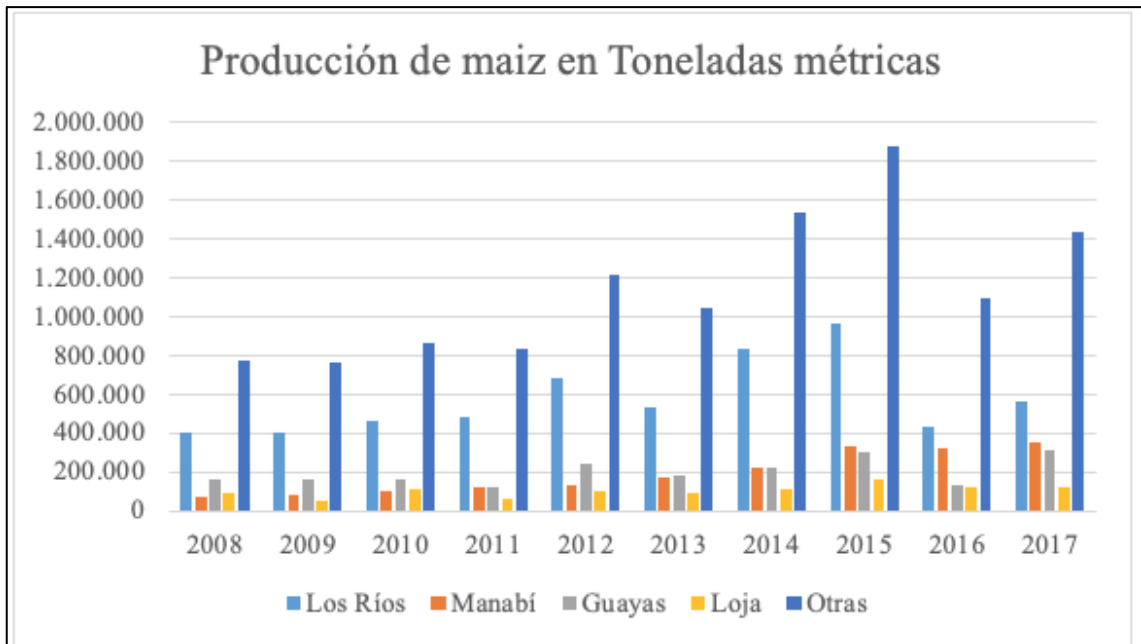
### ***1.2.8. Exportaciones de cacao en Ecuador***

Las exportaciones de la industria del cacao ecuatoriana están batiendo récords con un récord de 315 000 toneladas en 2018 y superarán las 345 000 toneladas en 2020, lo que equivale aproximadamente a poco más de 850 millones en Ecuador. En el 2020, las áreas sembradas han aumentado significativamente, en el último censo agropecuario hace unos años, el área sembrada rondaba las 470.000 hectáreas, y hoy, el último récord alcanzado por nuestro proyecto con el Ministerio de Agricultura es de poco más de 600.000 hectáreas.(Redacción El Universo, 2020)

Por lo tanto, el Ecuador tiene un cacao único en el mundo llamado "país". El cacao nacional se caracteriza por un tiempo de fermentación muy corto, un suave sabor a chocolate y un buen sabor y aroma, por lo que es reconocido internacionalmente en la clasificación "Cacao aromático". Desde hace dos siglos, el cacao nacional se cultiva en las zonas de los ríos Daule y Babahoyo, en donde se encuentra la ciudad de Guayaquil siendo el principal puerto del Ecuador y origen del cacao. Hasta la fecha, todo el cacao se exporta a nivel mundial. Desde entonces, el producto ha ganado reputación y se conoce como "cacao arriba". (Quingaisa y Riveros, 2007)

### ***1.2.9. Exportaciones de maíz en Ecuador***

En 2013, Ecuador ocupó el puesto 48 a nivel mundial en producción de maíz candeal seco. Para el Censo Agropecuario, la superficie sembrada de maíz candeal seco en el país es de unas 248.982 hectáreas, teniendo 82.000 unidades de producción. Sin embargo, el MAGAP señala que el Ecuador ha sembrado aproximadamente de 270.000 a 360.000 hectáreas de maíz anualmente durante la última década, con una producción actual superior al millón de toneladas. En 2021, las exportaciones de maíz de Ecuador se convirtieron en el número 81 de exportador en el mundo. (Triviño y Villena, 2019)



**Ilustración 7-1.** Producción de maíz

**Fuente:** (Triviño y Villena, 2019)

## CAPÍTULO II

### 2. METODOLOGÍA

#### 2.1. Hipótesis

##### 2.2.1. *Hipótesis general*

- Se obtendrá plástico biodegradable a partir de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) incorporado con bagazo de caña de maíz (*Zea mays*) para el uso en empaque de alimentos tendrá características similares al plástico tradicional.

##### 2.2.2. *Hipótesis específicas*

- La formulación óptima para la para la elaboración de bioplástico es 50:50.
- Se extrae celulosa a partir de la cascarilla de cacao y la fibra del bagazo de caña de maíz.
- Se hace la evaluación del bioplástico obtenido cumpliendo los parámetros como: espesor de acuerdo con la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad y biodegradabilidad.

#### 2.2. Identificación de variables

Variable Independiente:

- Reactivo NaOH para la elaboración del bioplástico.
- Costo de la elaboración del bioplástico.

Variable Dependiente:

- Porcentaje de celulosa y fibra añadido a la estructura del bioplástico.

### 2.3. Matriz de consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES			
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
Emisiones de plásticos no degradables. Tiempo de degradabilidad. Resistividad entre el bioplástico generado vs el plástico convencional.	Obtener plástico biodegradable a partir de la cascarilla de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) incorporado con bagazo de caña de maíz ( <i>Zea mays</i> ) para el uso en alimentos.	Se obtendrá plástico biodegradable a partir de la cascarilla de cacao ( <i>Theobroma cacao</i> ) incorporado con bagazo de caña de maíz ( <i>Zea mays</i> ) para el uso en empaque de alimentos tendrá características similares al plástico tradicional.	
ASPECTOS ESPECÍFICOS			
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES	INDICADORES
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraer celulosa a partir de la cascarilla de cacao y fibra del bagazo de caña de maíz.</li> <li>• Plantear formulaciones óptimas para la elaboración de bioplásticos.</li> <li>• Evaluar el bioplástico obtenido con respecto a parámetros físicos como: espesor de acuerdo con la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos como el ensayo de resistencia a la tracción de acuerdo con la norma INEN 2637.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La formulación óptima para la para la elaboración de bioplástico es 50:50.</li> <li>• Se extrae celulosa a partir de la cascarilla de cacao y la fibra del bagazo de caña de maíz.</li> <li>• Se hace la evaluación del bioplástico obtenido cumpliendo los parámetros como: espesor de acuerdo con la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad y biodegradabilidad.</li> </ul>	<b>Variable Independiente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reactivos para la elaboración del bioplástico</li> <li>• Costo de la elaboración del bioplástico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valor económico en la elaboración.</li> <li>• Cantidades a utilizar en la producción de bioplástico.</li> </ul>
		<b>Variable Dependiente</b> Porcentaje de celulosa y fibra añadido a la estructura del bioplástico	Resultados de las pruebas de humedad, resistencia, degradabilidad, permeabilidad, espesor.

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

## **2.4. Tipo y diseño de investigación**

### ***2.4.1. Tipo de investigación***

Este trabajo de investigación es de tipo experimental y correlacional. Es de tipo experimental porque se actuará sobre el objeto de estudio de la investigación, lo cual corresponde a las muestras de bioplástico y su calidad de textura resistividad en comparación al bioplástico /plástico convencional. Además, es correlacional porque se obtendrá datos estadísticos mediante esta investigación lo cual corresponde al porcentaje de degradación del bioplástico.

Este estudio tendrá una recopilación de información teórica – práctica que fue adquirida en la formación académica, para que se obtenga un resultado cualitativo y cuantitativo de manera factible para la problemática planteada.

Es por eso por lo que la recolección de datos obtenidos a nivel laboratorio nos permite establecer las variables de esta investigación, para así poder realizar la formulación del plástico biodegradable.

### ***2.4.2. Diseño experimental***

El desarrollo de esta investigación se llevará a cabo durante un mes y dos semanas para la obtención de la materia prima, elaboración del bioplástico y pruebas de degradabilidad de este. Se realizará dos mediciones por tratamiento, se medirá espesor humedad, permeabilidad, biodegradabilidad, resistencia a la tracción.

### ***2.4.3. Descripción de materia prima, reactivos, materiales y equipos***

En la parte experimental de este trabajo de investigación que se lo ha llevado a cabo en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo especialmente en el Laboratorio de Procesos Industriales y de Investigación de la Facultad de Ciencias, en donde facilitaron todos los equipos, instrumentos y materiales necesarios para la obtención de plástico biodegradable.

#### 2.4.3.1. Equipos

- Molino
- Balanza analítica
- pHmetro
- Estufa
- Mufla
- Baño maría
- Tamiz 425  $\mu\text{m}$  y 850  $\mu\text{m}$

#### 2.4.3.2. Materiales

- Reverbero
- Vasos de precipitación
- Probetas
- Pipetas
- Espátula
- Mortero
- Cajas Petri
- Fundas ziploc
- Embudo de separación
- Matraz Erlenmeyer
- Crisoles
- Cápsulas de porcelana

#### 2.4.3.3. Reactivos

- Solución NaOH (1 molar)
- Agua oxigenada
- Glicerina
- Sorbitol
- Agua destilada
- Vinagre
- Cloruro de sodio



## **2.5. Unidad de análisis**

La extracción de celulosa y fibra es la unidad de análisis, los cuales serán extraídos mediante una solución alcalina vía húmeda y caracterizado con pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Para posteriormente realizar el proceso de la obtención del plástico biodegradable, por lo que se debe definir la formulación adecuada, lo cual se realizará varias formulaciones y además de características de tracción para así evaluar la efectividad del plástico biodegradable para el uso de alimentos, el cual se basará en la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2643:2012

## **2.6. Población de estudio**

La población de estudio está conformada por la cascarilla de la semilla del cacao traída desde la ciudad del Puyo y la caña de maíz fue adquirida en la Parroquia Rural de San Luis perteneciente al cantón Riobamba.

## **2.7. Tamaño de muestra**

De acuerdo con la metodología planteada por Gutiérrez & De La Vara mencionan que el tamaño de la muestra debe ser representativa con la finalidad de que la población de estudio sea completamente analizada y monitoreada. (Gutiérrez y De la Vara, 2008) El tamaño de la muestra será de 30 g para cada tratamiento para su análisis.

## **2.8. Selección de muestra**

La selección de la muestra se lo realizará mediante características organolépticas para poder eliminar todo el material extraño y así obtener el tamaño de muestra.



**Gráfico 1-2.** Proceso de selección de la muestra

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

## 2.9. Técnicas de recolección de datos

### 2.9.1. Caracterización del plástico biodegradable

Para la caracterización del bioplástico se realizará un análisis de cuatro factores importantes como son el espesor, la humedad, permeabilidad y biodegradabilidad.

#### 2.9.1.1. Análisis sensorial

Por medio de este análisis se podrá estimar la formulación y selección de un bioplástico que tenga características aceptables que se asimilen al del plástico tradicional, los atributos a calificar son:

- a) Textura
- b) Flexibilidad
- c) Resistencia

Los parámetros mencionados anteriormente serán calificados de acuerdo con los atributos que tengan las láminas de bioplástico, esto se realizara mediante la siguiente tabla:

**Tabla 4-2.** Valoración para el análisis sensorial

Atributos de las láminas de bioplástico				Puntos
Opaco	Abrupta	Poco flexible	Débil	1
Nítido	Lisa	Flexible	Fuerte	10

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

Como se puede observar en la tabla 4-2 cada uno de los parámetros a calificar tendrán una puntuación que varía entre uno y diez, siendo uno (no aprueba) y diez (aprueba).

#### 2.9.1.2. Determinación del espesor

Este análisis se lo realizara en base la norma técnica Ecuatoriana INEN 2542, el procedimiento a seguir para medir el espesor se lo realizara con un micrómetro.

El proceso comenzara con la recepción de las láminas de bioplástico a ser analizadas, se realizarán un total de cinco mediciones en puntos uniformemente espaciados a lo largo y ancho de las láminas seleccionadas, al final el resultado del análisis del espesor se expresará como el número promedio de todas las mediciones.

#### 2.9.1.3. Determinación de la humedad

Para determinar el contenido de la humedad se utilizará el proceso descrito por la AOAC (2005) mediante el cual se determinará el contenido de humedad de las láminas de bioplástico.

Para el procedimiento se lo realizará recogiendo una muestra de las láminas de bioplástico que pesen aproximadamente 10 g dentro de una placa Petri, la cual será sometida a un proceso de desecado de 110°C en una estufa de aire forzado aproximadamente 16 horas de desecación (AOAC, 2005). Los resultados a obtener se lo realizaran con los siguientes cálculos:

$$\% \text{ Materia Seca} = 100 \times (P_f - P_v) / P_m$$

$$\% \text{ Humedad} = 100 - \text{Materia Seca}$$

Donde:

$P_f$  es el peso final de la placa conteniendo la muestra desecada,  $P_v$  el peso de la placa vacío y  $P_m$  la cantidad de muestra pesada en el ensayo.

#### 2.9.1.4. Determinación de la permeabilidad

Para determinar la permeabilidad de agua se utilizó el método descrito por Wang (2013) se lo realizara mediante la utilización de una copa la cual se llenará con 2 g de  $CaCl_2$  para proporcionar 0%HR la cual posteriormente se sellará con la lámina de plástico biodegradable. Luego se procederá a colocar el vaso en el desecador a temperatura ambiente junto con una solución saturada de  $KNO_3$  para alcanzar el 95% HR. La copa se pesó reiteradamente cada 2 horas por un tiempo de 18 horas, empleando una balanza analítica con una precisión de 0.1 mg.(Wang et al., 2013)

El WVP de las láminas se calculó multiplicando el WVTR por el espesor de la lámina y dividiéndolo por la diferencia de presión de vapor de agua entre las láminas. La WVTR y WVP se determinaron mediante la siguiente ecuación de Srinivasa. (Srinivasa, Ramesh y Tharanathan, 2007)

$$WVTR = \frac{\text{pendiente}}{A}$$
$$WVP = \frac{WVTR \times d}{p \times (r1 - r2)}$$

**Donde:**

WVP = expresada en (g mm m<sup>-2</sup> day<sup>-1</sup> kPa<sup>-1</sup>).

A = área expuesta.

d = espesor de lámina.

p = saturación de presión de vapor de agua a la temperatura de análisis (25 °C).

R1= humedad relativa en el desecador.

R2 = humedad relativa dentro de la copa de aluminio.

### 2.9.1.5. Determinación de la biodegradabilidad

Una vez obtenido el tratamiento que resulto con mejores características para el plástico biodegradable se realiza la determinación de biodegradabilidad en diferentes medios (aire, agua, tierra) cada 5 días, durante un mes, para lo cual se utilizará la siguiente fórmula:

$$\%Pérdidas\ de\ área = \frac{(área\ inicial - área\ final) * 100}{área\ inicial}$$

## 2.10. Procedimientos

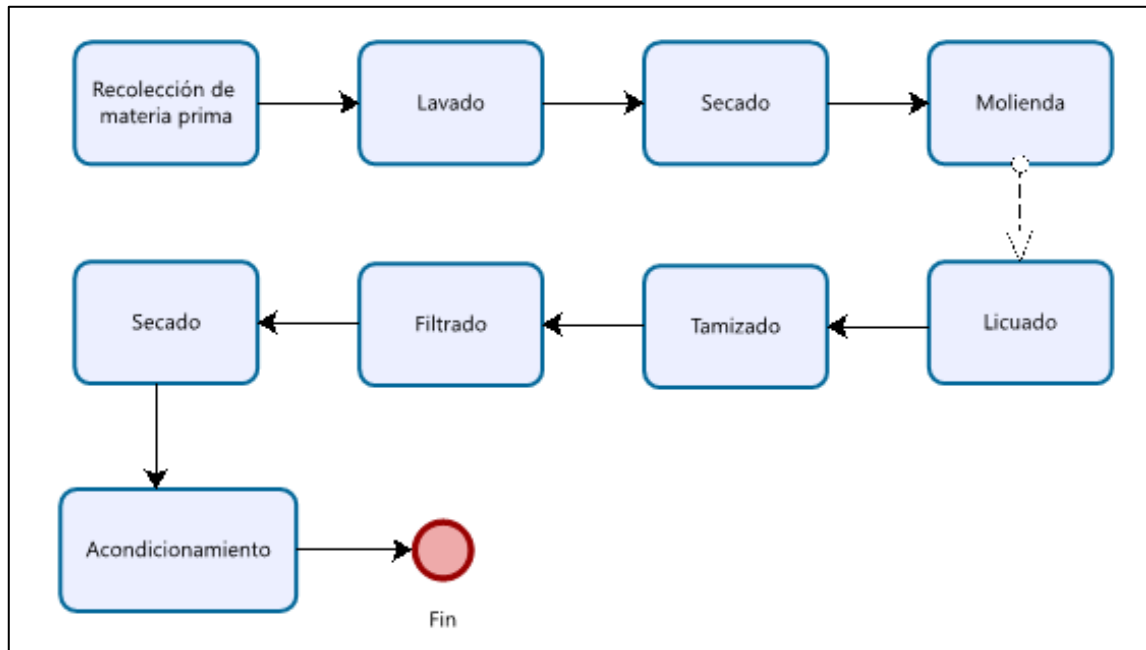
### 2.10.1. Granos de cacao

#### 2.10.1.1. Obtención de cascarilla de cacao

Durante el procedimiento de industrialización de cacao se obtiene la cascarilla del grano de cacao, por lo regular es desechado, ya que se considera un residuo y es desechada una vez iniciado el proceso, se realiza el siguiente procedimiento:

- **Lavado.** Se realizo previamente un lavado a las cascarillas del grano del cacao, de esa manera se retiró todas las impurezas de la muestra.
- **Secado.** Los granos de cacao se exponen a un secado, generalmente se realiza de forma natural con ayuda de luz solar, se puede optar también por el uso de deshidratadores u hornos que aceleran el proceso drásticamente.
- **Molienda.** Se procede a la molienda de la cascarilla, para triturar y reducir el tamaño de esta a partículas, se hace uso de un molino.
- **Licuada.** Al contar con un producto molido, aún con partículas muy grandes, es necesario reducir el tamaño de estas, se utiliza una licuadora para reducir el grosor y se convertir el producto en un polvo.
- **Tamizado.** Una vez de contar con la cascarilla en polvo, se procede a tamizar el mismo para eliminar partículas grandes. Con una malla de 0.90mm, con el fin de obtener un polvo de cascarilla de características uniformes.
- **Filtrado.** Se realizo varios lavados al polvo de la cascarilla del cacao hasta observar que el agua del lavado tenga un color transparente.

- **Secado.** Se recoge la celulosa en bandejas de vidrio y se procede a secarlo en una estufa a 50 °C.
- **Acondicionamiento.** Las muestras obtenidas se empaacan y se depositan en un lugar fresco



**Ilustración 8-2.** Obtención de la cascarilla del cacao

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

### 2.10.1.2. Obtención de celulosa a partir de la cascarilla de cacao

Para lograr la extracción de los compuestos de la cascarilla de grano de cacao se aplica una hidrólisis básica o alcalina, donde se utiliza hidróxido de Sodio (NaOH) a 1 molar, durante 3 horas a 100 °C, se puede optar por el método seco, que engloba los procesos de lavado, secado, triturado, molienda y tamizado de las materias primas. La celulosa se seca en un horno durante 24 horas a 60°C, luego se blanquea la celulosa seca removiéndola con una cantidad de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) durante 45 minutos a 70°C en la placa caliente. Posteriormente la muestra blanqueada se lava con agua destilada por 24 horas en una estufa y se muele la celulosa.

### 2.10.2. Caña de maíz

#### 2.10.2.1. Obtención del bagazo de caña de maíz

### **Secado**

El bagazo de caña de maíz se colocará de manera homogénea en rejillas de acero inoxidable dentro de la estufa para eliminar el contenido de agua, a una temperatura de 50°C por un tiempo de 8 horas, hasta alcanzar una humedad constante de 12% en el bagazo de caña de azúcar.

### **Molido**

Ya deshidratada la muestra del bagazo de caña de maíz, se procedió a triturar el mismo, mediante el uso de un molino de martillos, con la finalidad de reducir la dimensión de la fibra del bagazo.

### **Tamizado**

Posteriormente, el producto obtenido de la molienda se pasará por un tamiz de diámetro 0.594 mm # 30, alcanzando un tamaño de partícula inferior a 300 µm.

#### *2.10.2.2. Obtención de fibra del bagazo de la caña de maíz*

Se colocan el bagazo fino en polvo en una solución de NaOH durante una hora con agitación constante a temperatura ambiente. Seguido, la solución se lava y filtra con agua destilada hasta obtener un pH neutro. La fibra se seca en un horno durante 24 horas a 50°C, luego se blanquea la fibra seca removiéndola con una cantidad de solución de vinagre y NaCl durante dos horas a 70°C en la placa caliente.

#### *2.10.3. Revelado de película bioplástica*

Se aplica polvo de celulosa, glicerol, agua destilada y sorbitol, se mezcla todo en un vaso de precipitados, se agita sobre una placa caliente, hasta deshidratar y la solución se torne pegajoso, la mezcla se vierte y esparce en una placa Petri, la película de bioplástico se deshidrata en un horno y luego se mantiene a temperatura ambiente hasta alcanzar un peso constante.

Se realiza el mismo procedimiento para películas bioplásticas a partir de bagazo de caña de maíz, se aplican fibras de bagazo, glicerina, agua destilada y sorbitol, se preparan y mezclan en un vaso de precipitados, la solución se agita en la placa caliente hasta conseguir evaporación, y la solución se vuelve viscosa, la mezcla se vierte en una placa de Petri, se deja secar en un horno y luego se

secó a temperatura ambiente. El procedimiento para la película bioplástica se repite en el bioplástico derivado de celulosa de cascarilla de cacao incorporado con fibra (bagaje de caña de maíz) en diferentes concentraciones como se muestra en la tabla 5-2.

**Tabla 5-2.** Concentraciones de celulosa – fibra

<b>CONCENTRACIÓN</b>	<b>TIEMPO DE AGITACIÓN (min)</b>	<b>TIEMPO DE SECADO (h)</b>
100:0	15	2
75:25	15	2
50:50	20	1,5
25:75	25	1
0:100	30	1

**Realizado por:** Sanipatín, K, 2023.



## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Resultados y análisis realizados a la cascarilla de cacao

##### 3.1.1. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la celulosa de la cascarilla de cacao y materia prima

**Tabla 6-3.** Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de la celulosa de la cascarilla de cacao y materia prima

PRODUCTO	No	PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA
<b>CASCARILLA DE CACAO</b>	1	Humedad	%	11,24		FAO
	2	Ceniza	%	8,64		FAO
	3	Solubilidad	%	-		
	4	pH		5,60		FAO
	5	Fibra	%			
	6	Proteína	%	-		
	7	Viscosidad		-		
	8	Temperatura de gelatinización	°C	-		
	9	Amilosa	%	-		
	10	Amilopectina	%	-		
	11	Hongos	UPC/g	-		
	12	Levaduras y mohos	UPC/g	-		
	13	Coliformes totales	UPC/g			
<b>CELULOSA DE CÁSCARA CACAO</b>	1	Humedad	%	10,84		FAO
	2	Ceniza	%	0,65	≤0,12	AOAC (Association of Official Analytical

						Chemists) 942.05
3	Solubilidad	%	13,33	0,27-12,52	INEN 1456	
4	pH		5,42	6,00-7,00	INEN 1456	
5	Viscosidad		-	840-1500 SP	ISI 17-1 del International Starch Institute	
6	Temperatura de gelatinización	°C	70,00	57,5-70	INEN 1456	
7	Amilosa	%	40,52		CINIAP	
8	Amilopectina	%	59,48		CINIAP	
9	Hongos	UPC/g	0	1000-5000	FAO	
10	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	FAO	
11	Coliformes totales	UPC/g	0	Ausencia	FAO	

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

### 3.1.2. Análisis químico proximal de la cascarilla de cacao

Luego de haber realizado los ensayos sobre la cascarilla del cacao, se recolecto los siguientes datos:

**Tabla 7-3.** Resultados del análisis químico proximal de la cascarilla del cacao

Parámetro	Método	Resultado
Contenido de humedad	Analizador Radwag-PMC50	11.24%
Rendimiento del almidón	Extracción por decantación natural	8.49%
Contenido de almidón	Polarimétrico	72.14%

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

**3.1.3. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la fibra del bagazo de caña de maíz y materia prima**

**Tabla 8-3.** Resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de la fibra del bagazo de caña de maíz y materia prima

<b>PRODUCTO</b>	<b>Nº</b>	<b>PARÁMETROS</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>VALOR</b>	<b>ESTÁNDAR</b>	<b>NORMA</b>
<b>BAGAZO CAÑA DE MAÍZ</b>	1	Humedad	%	9,70		
	2	Ceniza	%	1,94		
	3	Solubilidad	%	50,00		
	4	pH		5,50		
	5	Fibra	%	2,15		
	6	Proteína	%	9,2		
	7	Viscosidad		2976,08		
	8	Temperatura de gelatinización	°C	69,00		
	9	Carbohidratos Totales	%	77,3		
	10	Amilosa	%	26,3		
	11	Amilopectina	%	73,7		
	12	Hongos	UPC/g	0		
	13	Levaduras y mohos	UPC/g	1.1 x10 <sup>7</sup>		
	14	Coliformes totales	UPC/g	0		
<b>FIBRA DE BAGAZO CAÑA DE MAÍZ</b>	1	Humedad	%	9,88	09-15%	NTE INEN-ISO 1666
	2	Ceniza	%	0,53	0,12-0,82%	NTE INEN-ISO 3593
	3	Solubilidad	%	11,35	0,27-12,32%	FAO (Anderson,1969)
	4	pH		4,53	5.5-6.0	NTE INEN 1456:1986

	5	Fibra	%	12,19	12 ± 1,30	NTE INEN 2725
	6	Proteína	%	8	8.80 ± 1.00	
	7	Viscosidad	cP	936,5	840-1500cP	FAO (Smith,1997)
	8	Temperatura de gelatinización	°C	70	57,5-70°C	FAO (Grace,1977)
	9	Carbohidratos Totales	%	74,5	70-80%	Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO)
	10	Amilosa	%	25,63	25-30%	NTE INEN-ISO 6647-1
	11	Amilopectina	%	74,37	70-75%	
	12	Hongos	UPC/g	0	<10	Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO)
	13	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	
	14	Coliformes totales	UPC/g	0	-	

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

### 3.2. Resultados y análisis de la celulosa y fibra

#### 3.2.1. Celulosa de cascarilla de cacao

**Tabla 9-3.** Resultado de obtención de celulosa de cascarilla de cacao

Tratamiento	Repetición	Entrada en g	Salida en g	Promedio salida en g	Rendimiento proceso
<b>BPCM 1</b>	1	600	215	218.5	36.4%
	2	600	222		

<b>BPCM 2</b>	1	600	221	217	36.1%
	2	600	213		
<b>BPCM 3</b>	1	600	210	213.5	35.6%
	2	600	217		
<b>BPCM 4</b>	1	600	229	223.5	37.25%
	2	600	218		

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

Como se observa en la tabla 9-3 el rendimiento de celulosa de la cascarilla de cacao oscila entre 35 a 37%, cosa que resulta permisiva según el estudio de (Lema y Manzo, 2021) los cuales tienen resultados que van de 20 y 35%.

### 3.2.2. Fibra de bagazo de caña de maíz

**Tabla 10-3.** Resultado de obtención de fibra de bagazo de caña de maíz

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Entrada en g</b>	<b>Salida en g</b>	<b>Promedio salida en g</b>	<b>Rendimiento proceso</b>
<b>BPCM 1</b>	1	400	153	157.5	39.4%
	2	400	162		
<b>BPCM 2</b>	1	400	149	148.5	37.1%
	2	400	148		
<b>BPCM 3</b>	1	400	157	156	39%
	2	400	155		
<b>BPCM 4</b>	1	400	160	154	38.5%
	2	400	148		

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

En la tabla 10-3 se aprecia que dentro de las 4 repeticiones de las muestras de bagazo de caña de maíz con 2 repeticiones cada una, obtenemos un porcentaje de fibra de bagazo de caña de maíz que va desde el 37 hasta el 39%, cosa diferente que ocurre según (García et al., 2013), quien en su estudio detalla encontrar un rendimiento del 55% en la fibra del bagazo de la caña de azúcar.

### 3.3. Resultados de pruebas mecánicas

Tabla 11-3. Resultados de pruebas mecánicas

No	Producto	Tratamiento	Módulo elasticidad (MPa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Carga máxima (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Elongación (%)
1	CASCARILLA DE CACAO	T1	1,36E+00	6,90	1,53	0,74	1,36	48,571
			1,36E+00	4,90	1,09	0,53	1,36	48,571
		T2	6,40E-01	6,80	1,51	0,35	0,64	22,857
			8,00E-01	9,80	3,27	0,93	0,80	28,571
		T3	0,48	9,6	2,13	0,7	0,48	17,143
T4	1,12	7,8	1,73	0,69	1,12	40		
2	BAGAZO	T1	1,88E+01	1,75	1,8	2,35	2,42	28,68
		T2	2,39E+01	1,45	1,55	2,16	2,3	33,58
		T3	2,46E+02	15,9	12,9	16,91	13,72	6,04
		T4	2,73E+02	8,32	7,96	8,52	8,15	5,3

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

### 3.4. Resultados del plástico biodegradable obtenido

#### 3.4.1. Análisis sensorial del plástico biodegradable obtenido

Tabla 12-3. Resultados del análisis sensorial del plástico biodegradable

Tratamientos	Parámetros a calificar			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia
100:0	Opaco	Abrupta	Poco flexible	Débil
75:25	Opaco	Lisa	Poco Flexible	Fuerte
50:50	Nítido	Lisa	Flexible	Fuerte
25:75	Opaco	Lisa	Poco Flexible	Débil
0:100	Opaco	Abrupta	Poco Flexible	Débil

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

En base a los resultados indicados en la Tabla 12-3, se tiene que la formulación tres (50:50) cuenta con características sobresalientes, ya que presenta un aspecto traslúcido, su textura es lisa y según

(Tubón, 2013), se necesitan que las láminas de bioplástico cuenten con una flexibilidad y resistencia altas, entendiéndose que las demás muestras no cuentan con los parámetros necesarios para su análisis en laboratorio.

### 3.4.2. Caracterización del plástico biodegradable

#### 3.4.2.1. Análisis de espesor

Los ensayos se realizaron en base a los resultados que se obtuvieron del análisis sensorial, se consideró la mejor puntuación la cual es 50-50, que está conformada por 50% de celulosa la cual fue recolectada de la cascarilla del cacao y 50% de fibra la cual fue extraída del bagazo de la caña de maíz, a partir de este resultado se realizó nuevos ensayos experimentales.

**Tabla 13-3.** Resultados del espesor del plástico biodegradable

Plástico biodegradable	Repeticiones	Espesor (mm)	Espesor Promedio	Límites
BPCM 3	1	0.114	0.118 mm	Norma INEN (2542) 0,2 mm
	2	0.121		
	3	0.118		
	4	0.119		

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

Como se puede observar en la tabla 13-3, en la muestra de BPCM 3 (Bio Plástico Cacao-Maíz tratamiento 3) al aplicarse la medición de espesor y repetir la técnica cuatro veces proporciona un espesor promedio de 0.118 mm, lo cual resulta permisivo de acuerdo con la norma INEN 2542 que es 0.2 mm.

#### 3.4.2.2. Análisis de humedad

**Tabla 14-3.** Resultados de la humedad del plástico biodegradable

Plástico biodegradable	Repeticiones	Humedad (%)	Promedio Humedad	Límites
BPCM 3	1	19.58	20.38%	19.3-22.1% (Escobar et al., 2009)
	2	21.14		

	3	20.72		
	4	20.06		

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

En la tabla 14-3 se puede apreciar que el porcentaje de humedad promedio de la muestra BPCM 3 es de 20.38%, lo cual está dentro del rango de (Escobar et al., 2009), que estaría en un rango entre 19.3 a 22.1% de humedad.

#### 3.4.2.3. Análisis de permeabilidad al vapor de agua

**Tabla 15-3.** Resultados de la permeabilidad de vapor de agua

Plástico biodegradable	Repeticiones	WVP (g.mm/(m <sup>2</sup> .dia.kPa))	Promedio Permeabilidad	Límites
<b>BPCM 3</b>	1	0.147	0.150	5.77 (Wang et al., 2013)
	2	0.144		
	3	0.151		
	4	0.160		

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

Como anuncia la tabla 10-3 el promedio de permeabilidad de la muestra de BPCM 3 es de 0.150, que sería un valor aceptable, tomando en cuenta el límite mencionado por (Wang et al., 2013) , que es de 5.77.

#### 3.4.2.4. Análisis de biodegradabilidad

Para el proceso de biodegradación de las láminas se procedió a enterrarlas en tierra agrícolas donde estuvieron expuestas a condiciones aerobias, el tiempo que estuvieron expuestas las lamina fue de un mes, 30 días, la siguiente tabla muestra la pérdida de peso de las láminas en el lapso establecido.

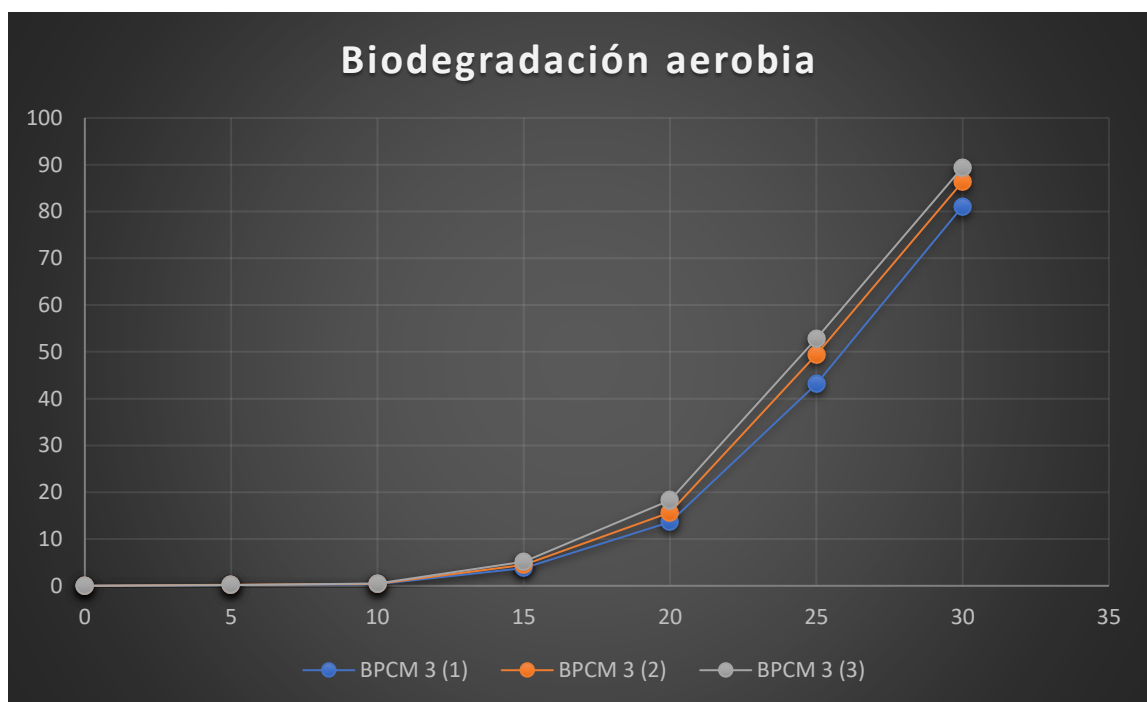


**Tabla 16-3.** Resultados de la biodegradabilidad

Día	Análisis aerobio		
	% pérdida de peso		
	BPCM 3 (1)	BPCM 3 (2)	BPCM 3 (3)
0	30	30	30
5	0.15	0.19	0.17
10	0.39	0.43	0.53
15	3.80	4.47	5.14
20	13.62	15.72	18.31
25	43.14	49.44	52.81
30	81.11	86.37	89.45

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

Las láminas de bioplástico BPCM 3 fueron sometidas a pruebas de biodegradación requieren de más de 30 días para su completa descomposición, ya que pasado este periodo de tiempo alcanzan valores de degradación que oscilan entre 81 a 89%, caso diferente que ocurre para (López et al., 2010), quienes obtienen una pérdida de peso entre el 39.4 al 40.4% al cabo de diez días de ensayo.



**Gráfico 2-3.** Biodegradación aerobia de 3 láminas en la tierra

Realizado por: Sanipatín, K, 2023.

### **3.5. Discusión de resultados**

#### ***3.5.1. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la materia prima***

En primer lugar, se realizó el análisis fisicoquímico de la cascarilla del cacao luego de haber sido sometida a secado y trituración, la cual obtuvo 11,24% de humedad, 8,64% de cenizas y 5,60 de pH, todos estos parámetros de acuerdo con la FAO. En lo microbiológico no se presentaron alteraciones y se encontró bajos los parámetros. Además, el rendimiento de celulosa de la cascarilla de cacao oscila entre 35 a 37%, cosa que resulta permisiva según el estudio de (Lema y Manzo, 2021) los cuales tienen resultados que van de 20 y 35%.

Para el bagazo de caña de maíz de igual manera se realizó el análisis fisicoquímico y en donde se obtuvieron los siguientes resultados: el 9,70% de humedad, el 1,94% de cenizas, el 50% de solubilidad, el 5,50 de pH, el 2,15% de fibra, el 9,2% de proteína, de viscosidad 2976,8 y de carbohidratos totales 77,3%; todos estos resultados de acuerdo con la FAO. En cuanto al análisis microbiológico se obtuvo de hongos y coliformes totales un resultado de 0 UPC/g, de amilosa 26,3%, de amilopectina el 73,7% y de levaduras y mohos el  $1.1 \times 10^7$  UPC/g, siendo valores favorables para poder utilizar esta materia prima.

#### ***3.5.2. Análisis fisicoquímico y microbiológico de la celulosa de cacao y fibra de maíz***

Para obtener la celulosa de la cascarilla de cacao se lo realizó por vía húmeda por hidrólisis alcalina y blanqueamiento con peróxido de hidrógeno. Luego, se procedió a realizar el análisis de fisicoquímico y microbiológico de la celulosa de la cáscara de cacao se tiene que la humedad es de 10,84%, las cenizas de 0,65%, la solubilidad de 13,33%, 5,42 de pH, la temperatura de gelatinización de 70 °C, la amilosa de 40,52%, la amilopectina de 59,48%, hongos y coliformes totales ausentes; todos estos valores se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la AOAC, INEN 1456, ISI 17-1 y CINIAP, por lo que esta celulosa la podemos utilizar para la elaboración del bioplástico.

Mientras que para obtener la fibra del bagazo de caña de maíz se realizó vía húmeda por hidrólisis alcalina con NaOH y para su blanqueamiento se utilizó vinagre y cloruro de sodio (NaCl). Por lo que se realizó el correspondiente análisis fisicoquímico en donde se obtuvieron los siguientes

resultados: la humedad del 9,88%, la ceniza de 0,53%, la solubilidad de 11,35%, el pH de 4,53, la fibra de 12,19%, la proteína de 8% y los carbohidrato totales de 74,5%. En cuestión de los análisis microbiológicos se tiene Además, se obtuvo un porcentaje de fibra de bagazo de caña de maíz que va desde el 37 hasta el 39%, cosa diferente que ocurre según (García et al., 2013), quien en su estudio detalla encontrar un rendimiento del 55% en la fibra del bagazo de la caña de azúcar.

### ***3.5.3. Análisis sensorial del plástico biodegradable obtenido***

En la elaboración del plástico biodegradable se utilizó sorbitol, glicerina, agua destilada, celulosa de cacao y fibra de cañar de maíz, en donde se realizaron 5 formulaciones para poder observar cuál de estas es la que se adapta a las características de un plástico. Por eso se llegó a que la formulación tres (50:50) cuenta con características sobresalientes, ya que presenta un aspecto traslúcido, su textura es lisa y según (Tubón, 2013), se necesitan que las láminas de bioplástico cuenten con una flexibilidad y resistencia altas, entendiendo que las demás muestras no cuentan con los parámetros necesarios para su análisis en laboratorio. Esta muestra 3 está conformada por 50% de celulosa la cual fue recolectada de la cascarilla del cacao y 50% de fibra la cual fue extraída del bagazo de la caña de maíz

### ***3.5.4. Caracterización del plástico biodegradable***

Una vez identificado que la muestra 3 fue aquella que cumplía con las características para un plástico que le realizaron varios ensayos experimentales. Se empezó por la medición de espesor y esta técnica se tuvo que repetir cuatro veces, lo cual proporcionó un espesor promedio de 0.118 mm, lo cual resulta permisivo de acuerdo con la norma INEN 2542 que es 0.2 mm. Otra de las pruebas fue conocer el porcentaje de humedad promedio de la muestra BPCM 3 es de 20.38%, lo cual está dentro del rango de (Escobar et al., 2009), que estaría en un rango entre 19.3 a 22.1% de humedad.

De igual manera se conoció el promedio de permeabilidad de la muestra de BPCM 3 es de 0.150, que sería un valor aceptable, tomando en cuenta el límite mencionado por (Wang et al., 2013), que es de 5.77. Finalmente, esta muestra de BPCM3 se la sometió a un proceso de biodegradación, este proceso consiste en enterrar las láminas de plástico en tierras agrícolas donde estuvieron expuestas a condiciones aerobias durante un tiempo de 30 días. Por lo que se obtuvo que los

valores de degradación oscilan entre 81 a 89%, caso diferente que ocurre para (López et al., 2010), quienes obtienen una pérdida de peso entre el 39.4 al 40.4% al cabo de diez días de ensayo.

## CONCLUSIONES

- La obtención de celulosa a partir de la cascarilla de cacao (*Theobroma cacao*) se realizó mediante un proceso manual, el secado se lo realizó a temperatura ambiente con ayuda de la temperatura solar y se aplicó un pulverizado y licuado para reducir el grosor del grano a la mayor eficiencia posible con la cual se obtuvo un rendimiento de obtención de celulosa del 35 al 37%. Mientras que la obtención de la fibra del bagazo de la caña de maíz (*Zea mays*) se utilizó el secado con la ayuda de una estufa a una temperatura de 50°C hasta alcanzar una humedad del 12%, a continuación, se trituro la caña hasta obtener un polvo seco de la misma y finalmente se tamizó con el fin de tener una muestra uniforme, alcanzando un rendimiento de fibra con un porcentaje del 37 al 39%.
- Se planteó formulaciones óptimas para la elaboración de bioplásticos, por lo que para escoger la formulación más adecuada de bioplástico para el estudio experimental se realizó un análisis sensorial, en la cual la muestra escogida sería la de BPCM 3 (50:50) 50% de celulosa de cascarilla de cacao añadiendo un 50% de fibra de bagazo de la caña de maíz, las demás muestras de 100:0, 75:25 y 25:75 no cumplen con las características básicas requeridas para este proceso. La muestra BPCM 3 (50:50) tiene apariencia translúcida, de textura lisa, cuenta con una consistencia fuerte y flexibilidad adecuada para su uso como sustituto del plástico convencional.
- Se evaluó el bioplástico obtenido con respecto al espesor de acuerdo con la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad y biodegradabilidad, para esto se realizó varios ensayos mediante 4 repeticiones para el análisis de la película de bioplástico, lo cual se pudo observar los siguientes resultados: el espesor de la lámina es de 0.118 mm, la humedad del bioplástico obtenido es de 20.38%, la permeabilidad resultante de la muestra es de 0.155 y la biodegradabilidad obtenida mediante la degradación de 3 muestras del bioplástico de celulosa de cascarilla cacao y fibra de bagazo de la caña de maíz está en un valor entre 81.11 a 89.45% mediante la pérdida de masa de las muestras al cado de 30 días de ensayo aerobio con un intervalo de 5 días.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar otras investigaciones a futuro donde se realicen el plástico biodegradable para alimentos y así poder comprobar si son iguales a los convencionales.
- Se recomienda tener mucho cuidado en la elaboración del plástico biodegradable para evitar su contaminación y así poder realizarle un análisis microbiológico, ya que este será utilizado en alimentos.
- Se recomienda que en el proceso de elaboración del bioplástico tener cuidado con las condiciones del proceso y contar con envases adecuados para poder realizar el bioplástico con un volumen uniforme.
- Se recomienda tener cuidado con la temperatura en el tratamiento alcalino en la obtención de la celulosa para evitar que los principios activos sean eliminados y obtener una celulosa de calidad.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **CONABIO**, *Fibras naturales*. [en línea]. 2020. [Consulta: 18 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/fibras-naturales>.
2. **EQUIPO EDITORIAL, E.**, *Maíz*. *Enciclopedia Humanidades* [en línea]. 2023. [Consulta: 23 febrero 2023]. Disponible en: <https://humanidades.com/maiz/>.
3. **ESCOBAR, D., SALA, A., SILVERA, C., HARISPE, R. y MÁRQUEZ, R.**, *Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador*. *Innotec*, 2009. vol. 4, no. 4, pp. 33-36. DOI 10.26461/04.07.
4. **GARCÍA, Á.**, *Obtención de fibra de cacao alcalinizada a partir de la cascarilla de cacao ecuatoriano (Theobroma cacao L.) para reemplazo total o parcial de polvo de cacao en productos alimenticios* [en línea]. 2021. S.l.: Universidad Central del Ecuador. Disponible en: [http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25081/1/FIQ-SA-GARCIA\\_ÁNGEL.pdf](http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/25081/1/FIQ-SA-GARCIA_ÁNGEL.pdf).
5. **GARCÍA, L., BORDALLO, E., DOPICO, D. y CORDERO, D.**, *Obtención de celulosa microcristalina a partir del bagazo de la caña de azúcar*. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea], 2013. vol. 47, no. 1, pp. 57-63. ISSN 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223126409008>.
6. **GRANDSUR**, *Nuestro Cacao: Sostenible y Socialmente Responsable*. [en línea]. 2021. [Consulta: 18 marzo 2023]. Disponible en: <https://grandsur.com/productos/>.
7. **GUACHO, E.**, *Caracterización agro-morfológica del maíz (Zea mays) de la localidad San José de Chazo* [en línea]. 2014. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <https://ejebioscientifica.com/view/journals/eje/171/6/727.xml>.
8. **GUACHO, M. y LOOR, R.**, *Formulación de un proceso para la elaboración de platos desechables a base de cáscara de cacao CCN-51* [en línea]. 2022. S.l.: Universidad de Guayaquil. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/65352/1/BINGQ-IQ-22P60.pdf>.
9. **GUAMÁN, J.**, *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial* [en línea]. 2019. S.l.: s.n. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>.
10. **GUTIÉRREZ, H. y DE LA VARA, R.**, *Análisis y diseño de experimentos*. S.l.: s.n. 2008. ISBN 9789701065266.
11. **HERNÁNDEZ, M.**, *Impacto de los plásticos en el ambiente*. *Jornada ecológica* [en línea]. 2013. [Consulta: 2 abril 2021]. Disponible en: <https://www.jornada.com.mx/2013/05/27/eco-f.html#:~:text=Los RSU originan problemas>

de,entre 100 y 500 años.

12. **HERRERA, J., VILLA, L., OLAYA, A. y GARCÍA, L.**, *Starch extraction from cacao shell *Theobroma cacao* L. as an alternative of bioprospection. Revista ION* [en línea], 2020. vol. 33, no. 2. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-100X2020000200025](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2020000200025).
13. **INSTITUTO DE LA VIDA SALUDABLE**, *Contaminación por plásticos. Uno de los mayores desafíos ambientales del siglo XXI. [en línea]*. 2019. Disponible en: <https://ecodes.org/hacemos/cultura-para-la-sostenibilidad/salud-y-medioambiente/observatorio-de-salud-y-medio-ambiente/contaminacion-por-plasticos-uno-de-los-mayores-desafios-ambientales-del-siglo-xxi>.
14. **LEMA, E. y MANZO, N.**, *Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos* [en línea]. 2021. S.l.: s.n. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5311/1/T-UTEQ-0093.PDF>.
15. **LÓPEZ, Á., RIVAS, J., LOAIZA, M. y SABINO, M.**, *Degradación de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de conchas de camarón (*L.vannamei*). Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela* [en línea], 2010. vol. 25, no. 2. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0798-40652010000200014](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000200014).
16. **MEZA, P.**, *Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio. Universidad Nacional Agraria la Molina* [en línea], 2016. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
17. **MONTANA, B.**, *¿Cómo es el proceso de cultivo del maíz?. Agricultura* [en línea]. 2021. [Consulta: 18 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.corpmontana.com/blog/agricultura/proceso-cultivo-maiz/>.
18. **MONTES, M.**, *Efectos del fosforo y azufre sobre el rendimiento de mazorcas, en una plantación de cacao (*Theobroma cacao* L.) CCN-51, en la zona de Babahoyo. Universidad Técnica De Babahoyo Facultad De Ciencias Agropecuarias Carrera De Ingeniería Agropecuaria Trabajo* [en línea], 2016. pp. 46. Disponible en: <http://dspace.utb.edu.ec/bitstream/handle/49000/3358/E-UTB-FACIAG-ING-AGROP-000009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
19. **MORÁN, S.**, *Nada frena los plásticos de un solo uso: más de 260.000 toneladas al año en Ecuador. Plan V Multimedia* [en línea]. 2020. 2020. Disponible en: <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador#:~:text=Galápagos aún consume altas cantidades,altamente sensible por su biodiversidad>.



20. **ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS**, *Plásticos de un solo uso*. [en línea]. 2018. Disponible en: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic\\_SP.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25496/singleUsePlastic_SP.pdf?sequence=2&isAllowed=y).
21. **QUINGAISA, E. y RIVEROS, H.**, *Denominación De Origen «Cacao Arriba»*. [en línea], 2007. Disponible en: <https://www.fao.org/3/bt583s/bt583s.pdf>.
22. **REDACCIÓN EL UNIVERSO**, *Pese al COVID-19, cacao rompe récord del 2018 y exporta 345.000 toneladas en 2020*. *El Universo* [en línea]. 2020. Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/12/27/nota/8993653/cacao-record-exportacion-produccion-2020/#:~:text=Este año el sector cacaotero,entran al Ecuador por cacao>.
23. **REDACCIÓN LÍDERES**, *La industria del plástico se mueve al ritmo de unas 600 empresas*. *Revista Lideres* [en línea]. 2018. Disponible en: <https://www.revistalideres.ec/lideres/industria-plastico-inversion-innovacion-ritmo.html>.
24. **RIERA, M. y PALMA, R.**, *Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador*. *Avances en Química* [en línea], 2018. vol. 13, no. 3, pp. 69-78. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>.
25. **RIOFRIO, C., OVIEDO, C. y NAVARRO, D.**, *Importancia de productos biodegradables en Ecuador*. *Observatorio de la Economía Latinoamericana* [en línea], 2019. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/oel/2019/06/productos-biodegradables-ecuador.html>.
26. **SANZ, A.**, *Tecnología de la celulosa. La industria papelera*. [en línea]. 2020. [Consulta: 18 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php>.
27. **SRINIVASA, P., RAMESH, M. y THARANATHAN, R.**, *Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films*. *Food Hydrocolloids* [en línea], 2007. vol. 21, no. 7, pp. 1113-1122. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X06001718>.
28. **THE NATURE CONSERVANCY**, *Detengamos el flujo de residuos plásticos. Ciudades saludables* [en línea]. 2021. Disponible en: <https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestras-prioridades/ciudades-saludables/detener-residuos-plasticos/#:~:text=La producción e incineración de,infiltran en nuestra cadena alimentaria>.
29. **TRIVIÑO, A. y VILLENA, N.**, *La industria del maíz y su incidencia en la matriz productiva del Ecuador en el periodo 2013-2017*. *Revista Espacios* [en línea], 2019. vol. 40, no. 14, pp. 1-14. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a19v40n14/a19v40n14p14.pdf>.
30. **TUBÓN, I.**, *Formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina* [en línea]. 2013. S.l.: s.n. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/2572>.
31. **UNAM**, *El ser humano ha generado 8.300 millones de toneladas de plástico*. [en línea].

2023. Disponible en: <https://unibetas.com/guia-unam-espanol-area-4>.
32. **VÁZQUEZ, A., ESPINOSA, R., BELTRÁN, M. y VELASCO, M.**, *Bioplásticos y plásticos degradables. Universidad Autonoma Metropolitana* [en línea], 2014. no. 0046, pp. 11. Disponible en: <http://biblioteca.org.anipac.mx/biblioteca/degradabilidad-2/bioplasticos-y-plasticos-degradables>.
33. **WANG, L., DONG, Y., MEN, H., TONG, J. y ZHOU, J.**, *Preparation and characterization of active films based on chitosan incorporated tea polyphenols. Food Hydrocolloids* [en línea], 2013. vol. 32, no. 1, pp. 35-41. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X12002998>.



## ANEXOS

**ANEXO A:** Norma INEN 2643:2012. Especificación para plásticos compostables



Quito - Ecuador

---

**NORMA TÉCNICA ECUATORIANA**

**NTE INEN 2643:2012**

---

## **ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES**

**Primera edición**

SPECIFICATION FOR COMPOSTABLE PLASTICS

First edition

---

DESCRIPTORES: industria del caucho y del plástico, plástico, biodegradable, plástico compostable, plásticos degradables, compostaje, Ecuador, Requisitos  
PL 01.03-004  
CDU: 278.5543.07  
CUI: 3960  
ICS: 83.080.01

Norma Técnica Ecuatoriana Voluntaria	ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES	NTE INEN 2643:2012 2012-09
<b>1. OBJETO</b>		
<p><b>1.1</b> Esta norma establece los requisitos para el etiquetado de los materiales y productos, incluidos los envases fabricados de plástico, como compostable en las instalaciones municipales e industriales de compostaje.</p>		
<p><b>1.2</b> Las propiedades en esta especificación son aquellas necesarias para determinar si los plásticos y los productos elaborados con plásticos se compostan de manera satisfactoria, incluyendo la biodegradación a una tasa comparable a la de materiales compostables conocidos. Además, las propiedades en esta norma técnica son necesarias para asegurar que la degradación de estos materiales no va a disminuir el valor o la utilidad del compost resultante del proceso de compostaje.</p>		
<b>2. ALCANCE</b>		
<p><b>2.1</b> Esta norma se aplica a los plásticos y los productos elaborados de plásticos que están diseñados para ser compostados en instalaciones municipales e industriales de compostaje aeróbico.</p>		
<b>3. DISPOSICIONES GENERALES</b>		
<p><b>3.1</b> La siguiente advertencia de riesgos para la seguridad se refiere a los métodos de ensayo incluidos en esta norma: <i>Esta norma no tiene el propósito de contemplar todo lo concerniente sobre seguridad, si es que hay algo asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer prácticas apropiadas de seguridad y salud, y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias previo a su uso.</i></p>		
<p><b>3.2</b> <b>Correspondencia.</b> Esta norma INEN es la versión oficial, en español, para el Ecuador, de la Norma ASTM D 6400-04 (ver nota 1).</p>		
<b>4. TERMINOLOGÍA</b>		
<p><b>4.1</b> Para los efectos de esta norma, se aplican las siguientes definiciones:</p>		
<p><b>4.1.1</b> <b>Plástico biodegradable.</b> Un plástico degradable en el cual la degradación es efecto de la acción de microorganismos de origen natural, tales como bacterias, hongos y algas.</p>		
<p><b>4.1.2</b> <b>Plástico compostable.</b> Un plástico que se somete a degradación por procesos biológicos durante compostaje para producir dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa a una velocidad consistente con otros materiales compostables conocidos y que no deja residuos visibles, distinguibles o tóxicos.</p>		
<p><b>4.1.3</b> <b>Compostaje.</b> Un proceso dirigido que controla la descomposición biológica y la transformación de materiales biodegradables en una sustancia semejante al humus, llamada compost: la degradación aeróbica mesofílica y termofílica de la materia orgánica para hacer compost; la transformación de material que se puede descomponer biológicamente a través de un proceso controlado de biooxidación que pasa por fases mesofílica y termofílica y da como resultado la producción de dióxido de carbono, agua, minerales y materia orgánica estabilizada (compost o humus).</p>		
<p><b>4.1.3.1</b> <b>Discusión.</b> El compostaje utiliza un proceso natural para estabilizar mezclas de material orgánico que se pueden descomponer, que han sido recuperadas de los residuos sólidos urbanos, restos de paja, biosólidos (lodos digeridos de aguas residuales), ciertos residuos industriales y residuos comerciales.</p>		
<p>NOTA 1. No existe ninguna especificación ISO equivalente a esta norma.</p>		
(Continúa)		
<p>DESCRIPTORES: Industria del caucho y del plástico, plásticos, biodegradable, plástico compostable, plásticos degradables, compostaje, etiquetado, Requisitos.</p>		

<p><b>4.1.4</b> <b>Plástico degradable.</b> Un plástico diseñado para experimentar un cambio significativo en su estructura química bajo determinadas condiciones ambientales resultando en una pérdida de algunas propiedades que puedan medirse mediante métodos de ensayo estándar apropiados para el plástico y la aplicación en un periodo de tiempo que determina su clasificación.</p>
<p><b>4.1.5</b> <b>Plástico.</b> Un material que contiene como ingrediente esencial una o más sustancias orgánicas poliméricas de gran peso molecular, es sólido en su estado terminado, y, en algún momento de su fabricación o transformación en artículos terminados, puede modelarse por flujo.</p>
<p><b>4.1.6</b> <b>Polímero.</b> Sustancia constituida por moléculas caracterizadas por la repetición (excluyendo los extremos, uniones de ramificación y otras irregularidades menores) de uno o más tipos de monómeros.</p>
<b>5. REQUISITOS</b>
<p><b>5.1</b> <b>Clasificación.</b> Los productos que satisfacen los requisitos descritos a continuación son apropiados para el etiquetado como "compostable" de conformidad con las directrices emitidas por la Comisión Federal de Comercio (<i>Guidelines for the Use of Environmental Marketing Claims</i>, Federal Trade Commission, Washington, DC, 1992).</p>
<b>5.2</b> <b>Requisitos generales</b>
<p><b>5.2.1</b> Con el fin de obtener un compostaje satisfactorio, un producto o material debe demostrar cada una de las características que se encuentran en 5.2.1.1 - 5.2.1.3, y que se cuantifican en el numeral 5.3 (ver nota 2).</p>
<p><b>5.2.1.1</b> <b>Desintegración durante el compostaje.</b> Un producto o material plástico se debe desintegrar durante el compostaje de modo que cualquier resto plástico no sea fácilmente distinguible de los otros materiales orgánicos en el producto terminado. Además, el material o el producto no debe encontrarse en cantidades significativas durante el tamizado previo a la distribución final del compost.</p>
<p><b>5.2.1.2</b> <b>Biodegradación inherente.</b> Un nivel de biodegradación inherente se determina mediante ensayos en condiciones controladas, que son comparables a aquellos de materiales compostables conocidos.</p>
<p><b>5.2.1.3</b> <b>No hay impactos adversos sobre la capacidad del compost para mantener el crecimiento vegetal.</b> Los materiales ensayados no deben repercutir negativamente en la capacidad del compost para mantener el crecimiento de plantas, en comparación con el compost utilizando celulosa como un control, una vez que el compost terminado se coloca en el suelo. Además, los productos o materiales poliméricos no deben introducir niveles inaceptables de metales pesados u otras sustancias tóxicas en el ambiente, sobre la descomposición de la muestra.</p>
<b>5.3</b> <b>Requisitos específicos</b>
<p><b>5.3.1</b> A fin de ser identificados como compostables, los productos deben cumplir con los requisitos de 5.3.2, 5.3.3, y 5.3.4, utilizando las pruebas de laboratorio apropiadas, representativas de las condiciones que se encuentran en las instalaciones de compostaje aeróbico. Ensayar los artículos terminados y productos de la misma forma en que están orientados a utilizarse. Para los productos que se fabrican en varios espesores o densidades, tales como películas, conexiones y espumas, solo requieren ensayarse los productos más gruesos o más densos, siempre que la composición química y la estructura siga siendo por lo demás la misma. Se asume que calibres más delgados y densidades menores también van a producir compost de manera satisfactoria. Del mismo modo, si están presentes aditivos en las muestras que son aprobadas tras el ensayo, niveles más bajos de los mismos aditivos son igualmente aprobados.</p>
<p><b>5.3.2</b> <b>Desintegración durante el compostaje.</b> Un producto plástico se considera que ha demostrado desintegración satisfactoria si después de doce semanas en un ensayo de compostaje controlado, no más del 10% de su peso seco original se mantiene después del tamizado en un tamiz de 2,0 mm. Generar condiciones de laboratorio termofílicas de compostaje mediante la realización del Método de Ensayo de la NTE INEN 2640 sin componente de captura de CO<sub>2</sub> o por aplicación de la ISO 15829.</p>
<p>NOTA 2. Para una mejor comprensión de por qué estos criterios son importantes, consulte la Guía de Operaciones en Instalaciones para Compost (<i>Compost Facility Operating Guide</i>, Composting Council, Alexandria, VA, 1995) y la UNE-EN 13432.</p>
(Continúa)

**5.3.3 Biodegradación inherente.** Un producto plástico debe demostrar una tasa satisfactoria de biodegradación por la consecución de uno de los siguientes porcentajes de conversión a dióxido de carbono hallados en 5.3.3.1 o 5.3.3.2 dentro de los periodos de tiempo especificados en 5.3.3.3 o 5.3.3.4, utilizando el Método de Ensayo de la NTE INEN 2640 (ver nota 3 y 4).

**5.3.3.1** Para los productos constituidos por un polímero único (homopolímeros o copolímeros aleatorios), el 60% del carbono orgánico debe ser convertido a dióxido de carbono al final del periodo de ensayo cuando se compara con el control positivo.

a) Para los productos constituidos por más de un polímero, cada polímero individual componente, presente en una concentración superior al 1%, debe alcanzar la especificación del 60% para los homopolímeros, según lo descrito en 5.3.3.1.

**5.3.3.2** Para los productos constituidos por más de un polímero (copolímeros de bloque, copolímeros segmentados, mezclas o inclusión de aditivos de bajo peso molecular), el 90% del carbono orgánico debe ser convertido a dióxido de carbono al final del periodo de ensayo cuando se compara con el control positivo.

**5.3.3.3** Para los materiales que no son radiomarcados, el periodo de ensayo no debe ser mayor de 180 días.

**5.3.3.4** Si se utilizan materiales radiomarcados, entonces el periodo de ensayo no debe ser mayor de 365 días.

**5.3.4** Un producto plástico puede demostrar seguridad terrestre y acuática satisfactoria, si cumple con los requisitos establecidos en 5.3.4.1 y 5.3.4.2.

**5.3.4.1** El plástico o el producto deben presentar concentraciones de metales pesados regulados inferiores al 50% de las prescritas para los lodos o compost en el país donde se vende el producto. Específicamente en los Estados Unidos, las concentraciones de metales pesados regulados se encuentran en la Tabla 3 de 40 CFR Parte 503.13. En Canadá, las concentraciones de metales regulados se encuentran en la Tabla II del Memorando de comercio (Trade Memorandum) T-4-93.

**5.3.4.2** La tasa de germinación y la biomasa de plantas de los compost de muestra no deben ser inferiores al 90% respecto a las correspondientes del blanco de compost para dos especies de plantas diferentes siguiendo las Directrices de la OECD 208 con las modificaciones que se encuentran en el Anexo E de la norma UNE-EN 13432.

## 6. MUESTREO

**6.1** El muestreo debe realizarse como se indica en el método de ensayo especificado.

## 7. PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS

**7.1** La preparación de muestras debe realizarse de conformidad con el método de ensayo especificado.

## 8. MARCADO Y ETIQUETADO

**8.1** El marcado y etiquetado debe realizarse conforme a las normativas nacionales y locales.

NOTA 3. Si bien los puntos finales de la biodegradación incluyen la incorporación a la biomasa o sustancias húmicas, así como el dióxido de carbono, no existen métodos de ensayo estándar y especificaciones reconocidas para cuantificar estos resultados. Cuando estos ensayos y especificaciones estén disponibles, esta norma será revisada.

NOTA 4. Las muestras de ensayo de productos plásticos no deben ser sometidas a condiciones destinadas a acelerar la biodegradación, previo a ensayarse de acuerdo al numeral 5.3.3.

(Continúa)

## APÉNDICE Z

### Z.1 DOCUMENTOS NORMATIVOS A CONSULTAR

Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2640	<i>Método de ensayo para determinar la biodegradación aeróbica de materiales plásticos bajo condiciones controladas de compostaje</i>
Norma UNE-EN 13432	<i>Envases y embalajes. Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación.</i>
Norma ISO 16929	<i>Plastics—Determination of the Degree of Disintegration of Plastic Materials under Defined Composting Conditions in a Pilot-Scale Test</i>
OECD (Organization for Economic Development) Guideline 208 Terrestrial Plants, Growth Test	
U.S. Government Standard 40 CFR Part 503.13 Standards for the Use or Disposal of Sewage Sludge	
Canadian Government Standard Trade Memorandum T-4-93 Standards for Metals in Fertilizers and Supplements	

### Z.2 BASES DE ESTUDIO

ASTM D 6400 – 04 *Standard Specification for Compostable Plastics*. ASTM International, United States, 2011.

### INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

<b>Documento:</b> NTE INEN 2643	<b>TÍTULO:</b> COMPOSTABLES	<b>ESPECIFICACIÓN PARA</b>	<b>PLÁSTICOS</b>	<b>Código:</b> PL.01.03-304
------------------------------------	--------------------------------	----------------------------	------------------	--------------------------------

<b>ORIGINAL:</b> Fecha de iniciación del estudio: 2011-05-27	<b>REVISIÓN:</b> Fecha de aprobación anterior del Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de por Resolución No. publicado en el Registro Oficial No.  Fecha de iniciación del estudio:
---	---

Fecha de consulta pública: de \_\_\_\_\_ a \_\_\_\_\_

Subcomité Técnico: PLÁSTICOS DEGRADABLES Fecha de iniciación: 2011-07-15 Integrantes del Subcomité Técnico:	Fecha de aprobación: 2012-01-18
---	---------------------------------

NOMBRES:	INSTITUCIÓN REPRESENTADA:
Ing. Patricio Cadena (Presidente) Dra. Verónica Arrieta  Ing. Diego Saltes Domínguez Ing. Francisco Quíroz Ing. Jaime Yáñez León Ing. Yoceli Valcillos Ing. Yolanda Chimbo Ing. Cristina Acosta (Secretaría Técnica)	FLEXIPLAST MINISTERIO DEL AMBIENTE – PROGRAMA NACIONAL PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DE DESECHOS SÓLIDOS FLEXIPLAST CIAP – ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL MEXICHEM ECUADOR S.A. ASEPLAS EMPAQPLAST INEN – REGIONAL AZUAY

Otros trámites:

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma

Oficializada como: Voluntaria	Por Resolución No. 12173 de 2012-07-31
Registro Oficial No. 784 de 2012-09-07	

**ANEXO B: Materia prima (Cascarilla de cacao)**



a



b

**NOTAS**

- a. Cascarilla de cacao
- b. Limpieza de la cascarilla de cacao

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA**

- CERTIFICADO
- APROBADO
- POR APROBAR
- POR CALIFICAR
- POR VERIFICAR

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA DE INGENIRÍA QUÍMICA  
REALIZADO POR:  
Sanipatín Kimberly**

**Proceso Experimental**

**ESCALA**

**FECHA**

**LÁMINA**

1:1

18/08/2023

1

ANEXO C: Materia prima (Bagazo de caña de maíz)



a



b



c

NOTAS		CATEGORIA DEL DIAGRAMA		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIRÍA QUÍMICA			Proceso Experimental		
							ESCALA	FECHA	LÁMINA
a.	Molienda de bagazo de caña de maíz	<input type="checkbox"/>	CERTIFICADO	REALIZADO POR: Sanipatín Kimberly	1:1	18/08/2023	1		
b.	Tamizado de bagazo de caña de maíz	<input checked="" type="checkbox"/>	APROBADO						
c.	Pesado del tamizado de bagazo de caña de maíz	<input type="checkbox"/>	POR APROBAR						
		<input type="checkbox"/>	POR CALIFICAR						
		<input type="checkbox"/>	POR VERIFICAR						



**ANEXO D: Obtención de celulosa y fibra**



a



b

NOTAS	CATEGORIA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIRÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Sanipatín Kimberly	Proceso Experimental		
			ESCALA	FECHA	LÁMINA
a. Tratamiento alcalino (NaOH) del bagazo de caña de maíz  b. Tratamiento alcalino (NaOH) de la cascarilla de cacao	<input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR		1:1	18/08/2023	1



c



d



e

<b>NOTAS</b> c. Filtrado del tratamiento alcalino d. Pesaje de la cascarilla de cacao húmeda (tratamiento alcalino) e. Pesaje del bagazo de caña de maíz (tratamiento alcalino)	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIRÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b> Sanipatín Kimberly	<b>Proceso Experimental</b>		
			<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
			1:1	18/08/2023	2

**ANEXO E: Obtención de celulosa y fibra**



a





b

<b>NOTAS</b>  a. Muestras secas luego del tratamiento alcalino  b. Molienda de las muestras blanqueadas	<b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA</b> <input type="checkbox"/> CERTIFICADO <input checked="" type="checkbox"/> APROBADO <input type="checkbox"/> POR APROBAR <input type="checkbox"/> POR CALIFICAR <input type="checkbox"/> POR VERIFICAR	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA DE INGENIRÍA QUÍMICA</b>  <b>REALIZADO POR:</b> Sanipatín Kimberly	<b>Proceso Experimental</b>		
			<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>	<b>LÁMINA</b>
			1:1	18/08/2023	1



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**Fecha de entrega:** 08/ 07 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Kimberly Alondra Sanipatín Jara
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
 Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. <b>Director del Trabajo de Integración Curricular</b>
 Ing. Silvana Paola Ocaña Coello <b>Asesora del Trabajo de Integración Curricular</b>