



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**

**FACULTAD ACADÉMICA DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS  
NATURALES**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA: “Protocolo para obtención de biopolímeros por plastificación de polisacáridos provenientes del maíz (Zea Mays) en el Centro de Experimentación Académica Salache (CEASA), en el periodo 2019-2020”.**

**Proyecto de investigación previo a la obtención del título de  
Ingeniero en Medio Ambiente**

**Autor:**

Néstor Alejandro Patiño Sotamba

**Tutor:**

PhD. Vicente de la Dolorosa Córdova Yanchapanta

**Latacunga-Ecuador**

**Septiembre 2020**

## DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Yo, **NÉSTOR ALEJANDRO PATIÑO SOTAMBA** con **CC. 172149810-1**, declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **“Protocolo para obtención de biopolímeros por plastificación de polisacáridos provenientes del maíz (Zea Mays) en el Centro de Experimentación Académica Salache (CEASA), en el periodo 2019-2020”**. Siendo, **PhD. Córdova Yanchapanta Vicente del Doloroso** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 16 de Octubre del 2020



.....  
Patiño Sotamba Néstor Alejandro

C.I. 172149810-1



.....  
PhD. Córdova Yanchapanta Vicente de la Dolorosa

C.I. 180163492-2

## **CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR**

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **PATIÑO SOTAMBA NÉSTOR ALEJANDRO**, identificado con **C.C. 1721498101** de estado civil **soltero**, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

**ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de **Ingeniería en Medio Ambiente**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado de **“Protocolo para obtención de biopolímeros por plastificación de polisacáridos provenientes del maíz (Zea Mays) en el Centro de Experimentación Académica Salache (CEASA), en el periodo 2019-2020”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

### **Historial académico. -**

Fecha de inicio: Abril 2015 –Agosto 2015

Fecha de finalización: Mayo 2020 - septiembre 2020

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de Julio del 2020.

Tutor. - PhD. Córdova Yanchapanta Vicente de la Dolorosa

Tema: **“PROTOCOLO PARA OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMEROS POR PLASTIFICACIÓN DE POLISACÁRIDOS PROVENIENTES DEL MAÍZ (ZEA MAYS) EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN ACADÉMICA SALACHE (CEASA), EN EL PERIODO 2019-2020”**,

**CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de

investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

**CLÁUSULA TERCERA.** - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

**CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO:** Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- f) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

**CLÁUSULA QUINTA.** - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

**CLÁUSULA SEXTA.** - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

**CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD.** - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

**CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA** podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

**CLÁUSULA NOVENA.** - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

**CLÁUSULA DÉCIMA.** - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

**CLÁUSULA UNDÉCIMA.** - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 16 días del mes de Octubre del 2020.



\_\_\_\_\_  
Néstor Alejandro Patiño Sotamba

\_\_\_\_\_  
Ing. MBA. Cristian Tinajero Jiménez

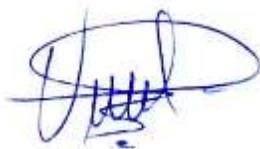
**EL CEDENTE**

**EL CESIONARIO**

## **AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título: **“PROTOCOLO PARA OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMEROS POR PLASTIFICACIÓN DE POLISACÁRIDOS PROVENIENTES DEL MAÍZ (ZEA MAYS) EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN ACADÉMICA SALACHE (CEASA), EN EL PERIODO 2019-2020”**, de **PATIÑO SOTAMBA NÉSTOR ALEJANDRO**, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 16 de Octubre del 2020



---

PhD. Córdova Yanchapanta Vicente de la Dolorosa

C.I. 180163492-2

## AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, el o los postulantes: **PATIÑO SOTAMBA NÉSTOR ALEJANDRO**, identificado con **C.C 172149810-1** con el Proyecto de Investigación, cuyo título es: **“PROTOCOLO PARA OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMEROS POR PLASTIFICACIÓN DE POLISACÁRIDOS PROVENIENTES DEL MAÍZ (ZEA MAYS) EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN ACADÉMICA SALACHE (CEASA), EN EL PERIODO 2019-2020”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación en la fecha y hora señalada.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 16 de Octubre 2020

Para constancia firman:



---

*Ph.D Mercy Lucila Ilbay Yupa*  
**LECTOR 1 (PRESIDENTE)**  
**CC: 06044147900**

---

Ing. Joseline Luisa Ruiz Depablos Mg.  
**LECTOR 2**  
**CC: 1758739062**



---

*Ing. José Luis Agreda Oña. Mg*  
**LECTOR 3**  
**CC: 0401332101**

## AGRADECIMIENTO

*Expreso mi más sincero agradecimiento primero a Dios y a todos quienes me incentivaron para el cumplimiento de esta etapa esencial en la vida, en especial a mi padre, mi madre, mis hermanas quienes me inculcaron desde un principio valores y deseos de superación.*

*Agradezco infinitamente a mi hermana Ana Lucia quien logro ser un ejemplo a seguir, por su incondicional apoyo y darme fuerzas de continuar adelante en la vida. A los amores de mi vida Marbely e Israel quienes fueron un pilar fundamental en todo este trayecto de vida estudiantil quienes supieron darme apoyo incondicional y siempre la paciencia necesaria en los días duros.*

*También quiero expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, a la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente y a sus docentes especialmente a mi tutor y mis lectores por impartir sus conocimientos y experiencias laborales e inculcar valores, sabiduría para mi formación como profesional.*

***Néstor Alejandro Patiño Sotamba***

## **DEDICATORIA**

*Este triunfo y logro lo dedico de todo corazón a mis padres y hermana quienes pusieron toda su confianza en mí para poder subir escalones día a día u y superación personal. Por haber sido un gran apoyo en toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida, por su confianza, ayuda y motivación en cada tarea difícil.*

*A mi hijo Israel por su verdadero amor, paciencia y acompañamiento que me brindo en todo el camino por cumplir la meta y por darle un ejemplo a seguir de superación y ser mejor que mi persona.*

***Néstor Alejandro Patiño Sotamba.***

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TITULO: “PROTOCOLO PARA OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMEROS POR PLASTIFICACIÓN DE POLISACÁRIDOS PROVENIENTES DEL MAÍZ (ZEA MAYS) EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN ACADÉMICA SALACHE (CEASA), EN EL PERIODO 2019-2020”.**

**Autor:** *Patiño Néstor Alejandro Patiño*

## RESUMEN

El plástico es un material que pese a su gran utilidad por sus múltiples aplicaciones, representa un problema ambiental por acumulación en el ecosistema. Ante esta situación se desarrollan materiales sustitutos como los polímeros naturales de distintas materia primas renovables, los cuales demandan nuevas alternativas de desarrollo sostenible, además con el propósito de sustituir tales polímeros convencionales para reducir la contaminación por residuos no biodegradables.

Esta investigación se enfoca en la obtención de polisacáridos plastificantes provenientes del maíz (*Zea Mays*), debido a su estructura química óptima con características similares a los polímeros sintéticos además de su fácil obtención y abundancia de la materia. Para ello se planteó el método de molienda húmeda para la extracción del almidón puro, también se seleccionó la materia prima a utilizarse iniciando con 150 ml de agua destilada, 48 g del almidón de maíz extraído, 16 ml de Propanotriol, 21 ml de ácido acético los cuales sirvieron como plastificantes debido a las propiedades adicionales que le proporcionan al momento de la plastificación de los polisacáridos.

**Palabras clave:** Protocolo, sustitutos, polímeros naturales, biodegradable, plastificante, estructura química.

# TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

**TITLE: "PROTOCOL FOR OBTAINING BIOPOLYMERS BY PLASTIFICATION OF POLYSACCHARIDES FROM CORN (ZEA MAYS) IN THE SALACHE ACADEMIC EXPERIMENTAL CENTER (CEASA), IN THE PERIOD 2019-2020".**

Author: Patiño Néstor Alejandro Patiño

## ABSTRACT

Plastic is a material that, despite its great usefulness due to its multiple applications, represents an environmental problem due to its accumulation in the ecosystem. Faced with this situation, substitute materials are developed such as natural polymers of different renewable raw materials, which demand new alternatives for sustainable development, also to replace such conventional polymers to reduce pollution by non-biodegradable waste.

This research is focused on obtaining polysaccharide plasticizers from corn (Zea Mays), due to its optimal chemical structure with similar characteristics to synthetic polymers in addition to its easy obtainability and abundance of material. For this purpose, the wet milling method was proposed for the extraction of pure starch, the raw material to be used was also selected starting with 150 ml of distilled water, 48 g of extracted corn starch, 16 ml of Propanetriol, 21 ml of acetic acid which served as plasticizers due to the additional properties they provide at the moment of polysaccharide plastification.

**Keywords:** Protocol, substitutes, natural polymers, biodegradable, plasticizer, chemical structure

## ÍNDICE GENERAL

### CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA .....	i
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	ii
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	v
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
DEDICATORIA.....	viii
RESUMEN .....	1
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	7
2. INTRODUCCIÓN.....	9
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	10
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO. ....	10
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. ....	11
5.1. Árbol de problemas.....	11
6. OBJETIVOS:.....	12
6.1. Objetivo General.....	12
6.2. Objetivos Específicos. ....	12
7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS .....	12

8.	FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	15
8.1.	Polímeros .....	15
8.2.	Polímeros naturales.....	15
8.3.	Degradación de polímeros .....	15
8.4.	Propiedades de los polímeros. ....	16
8.4.1.	Termoplásticos. ....	16
8.4.2.	Termoestables.....	16
8.4.3.	Elastómeros. ....	16
8.4.4.	Fibras.....	16
8.5.	Plásticos.....	17
8.6.	Aditivos básicos de un plástico.....	17
8.6.1.	Plastificantes.....	17
8.6.2.	Estabilizadores.....	17
8.6.3.	Pigmentos.....	17
8.7.	Plástico convencional .....	18
8.8.	Bio-plástico .....	18
8.9.	Maiz (Zea Mays).....	19
8.9.1.	El maíz y su almidón.....	20
8.9.2.	Taxonomía.....	21
8.9.3.	Tipos de maíz.....	22

8.9.4.	Maíz duro.....	23
8.9.5.	Maíces cerosos.....	23
8.9.6.	Almidón .....	24
8.9.7.	Propiedades estructurales del almidón natural del Maíz. ....	25
8.9.8.	Usos y aplicaciones más comunes del almidón de maíz. ....	26
8.9.9.	Bioplástico y su degradación.....	27
9.	PREGUNTAS CIENTÍFICAS .....	29
10.	METODOLOGÍAS .....	30
10.1.	Procesos de obtención de polisacáridos procedentes del maíz. ....	30
10.2.	Balance de masa para la producción de polisacáridos plastificables provenientes del maíz mediante proceso (entrada – salida).....	31
10.3.	Operacionalizar los procesos de plastificación de polisacáridos provenientes del maíz. ....	32
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	34
13.	IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS.....	43
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	45
15.	BIBLIOGRAFÍA .....	47
16.	ANEXOS .....	51
	Anexo No. 1. Aval del Traductor .....	51

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios directos e indirectos.....	10
Tabla 2 Actividades a los objetivos planteados.....	12
Tabla 3 Taxonomía del Zea Mays .....	21
Tabla 4 Tipos de maíz .....	22
Tabla 5 Polisacáridos plastificantes y no plastificantes del maíz.....	36
Tabla 6 Materiales e insumos .....	39
Tabla 7 Presupuesto de lo que se va a utilizar en el proyecto .....	42

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Estructura del grano de maíz.....	20
Ilustración 2 flujo grama de proceso de obtención de polisacárido del a maíz.....	38
Ilustración 4 proceso de plastificación.....	41

## PROYECTO DE TITULACIÓN II

### 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título del Proyecto:**

“Protocolo para obtención de biopolímeros por plastificación de polisacáridos provenientes del maíz (Zea Mays) en el Centro de Experimentación Académica Salache (CEASA), en el periodo 2019-2020”.

**Fecha de inicio:** Septiembre 2019.

**Fecha de finalización:** Agosto 2020.

**Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Facultad que auspicia.**

CAREN.

**Carrera que auspicia:**

Carrera de Ingeniería en Medio Ambiente.

**Proyecto de investigación vinculado:**

No aplica.

**Equipo de Trabajo:**

**Coordinador del proyecto:** Ing. José Agreda.

**Tutor de titulación:** PhD. Córdova Yanchapanta Vicente de la Dolorosa

**Autores:**

Néstor Alejandro Patiño Sotamba.

**Lectores:**

1. Ph.D Mercy Ilbay.

2. Ing. Joseline Ruiz.

3. Ing. José Luis Agreda.

**Área de Conocimiento:**

Servicios (Protección del Medio Ambiente).

**Línea de investigación:**

Análisis, Conservación y aprovechamiento de la biodiversidad local.

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

Sostenibilidad Ambiental

## 2. INTRODUCCIÓN.

En el presente proyecto de investigación sobre plastificación de polisacáridos tiene como objetivo obtener información concisa y clara para mejorar la sostenibilidad de los bioplástico considerando como materia prima principal el maíz.

Este documento de orientación propone objetivos definidos como enfoque en el reemplazo de plástico de base biológica para los plásticos basados en combustibles fósiles, en el que el 100% del carbono se deriva de recursos agrícolas y forestales renovables. La palabra "sostenibilidad" en este documento abarca cuestiones de medio ambiente, salud y justicia social y económica, así como la sostenibilidad de los recursos materiales en todo el ciclo de vida de los bioplásticos (desde la producción de sus materias primas hasta la gestión del producto bioplástico después de su uso previsto). Por lo tanto, es de suma importancia desarrollar investigaciones sobre un cambio en la producción industrial, incorporando materias primas renovables y procesos de producción amigables con el Ambiente, de esta manera disminuir el impacto de contaminación causada por desechos sólidos plásticos convencionales (Castellon, 2015).

El estudio sobre la obtención de un biopolímero a base de polisacáridos provenientes del maíz, nace de la explotación de materias primas no renovables, del consumo excesivo de plásticos convencionales y de su lenta degradación en el medio ambiente (Lopez, 2016), la cual se da aproximadamente entre 150 a 1000 años degradarse de acuerdo a las propiedades y características del plástico común, causando un incremento en la cantidad de desechos sólidos plásticos producidos y acumulados en medios acuáticos y/o terrestres. Además, el presente proyecto conlleva un gran impacto en la sociedad, ya que aportará a un aprendizaje de la importancia del plástico biodegradable y los beneficios que se pueden obtener al reemplazar materias primas no renovables por materias primas que se pueden regenerar en la misma naturaleza e incluso tener un desarrollo amigable con el ambiente a nivel Mundial,

**Palabras Clave:** plastificación, polisacáridos, plásticos convencionales, sostenibilidad, contaminación.

### 3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

La justificación del presente proyecto radica en la sobre explotación de materias primas no renovables, en el consumo desmesurado de productos plásticos, su excesiva producción, la falta de tratamiento y manejo adecuado de desechos sólidos generados, la emanación de gases por incineración, el Aumento de muertes de especies animales acuáticas y terrestres por consumo o atrapamiento, entre otros factores de gran incidencia en la contaminación y protección del ambiente.

Por lo tanto, para brindar una posible solución a esta problemática, se desarrollará un protocolo con el tema de plastificación de polisacáridos para la elaboración de un biopolímero con el fin de fabricar un bioplástico a partir de recursos renovables empleando flora local, además, se estima un bioplástico que se degrade en poco tiempo e incluso poder dar un posible tratamiento no muy sofisticado en la aceleración de su degradación.

Es así que el presente proyecto sobre plastificación de biopolímeros nos dará una enseñanza importante sobre alternativas verdes, con la cual se podrán beneficiar en un porcentaje aceptable en el cuidado a nuestros recursos naturales que día a día se agotan de una manera incontrolable.

### 4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO.

*Tabla 1 Beneficiarios directos e indirectos*

BENEFICIARIOS DIRECTOS			
ESTUDIANTES DEL CEASA	HOMBRE	MUJERES	TOTAL
	<b>822</b>	<b>995</b>	<b>1817</b>
BENEFICIARIOS INDIRECTOS			
PROVINCIA DE COTOPAXI	HOMBRES	MUJERES	TOTAL
	<b>169.303</b>	<b>180.237</b>	<b>349.54</b>

*Fuente Departamento de administración del CEYPSA, (INEC 2010).*

Elaborado por: Néstor Patiño.

## 5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

### 5.1. Árbol de problemas



Elaborado por: Néstor Patiño

En el mundo el bio plástico o plástico biodegradable es un tema que se puede evidenciar en la carencia de conocimientos sobre la importancia y sus beneficios de este producto en el ambiente, el cual es uno de los principales inconvenientes en el desarrollo de técnicas adecuada para la ejecución de las distintas propuestas que disminuyan la contaminación humana con respecto a desechos sólidos plásticos, los cuales afectan de una manera notoria al entorno social. Por otro lado, Las Materias primas utilizadas regularmente para las diferentes producciones de plástico causan un daño creciente al medio ambiente y a la

salud pública. La generación de un documento que contenga información sobre plastificación de polisacáridos es de vital importancia para evitar romper el delicado equilibrio que existe entre el ser humano y la naturaleza, por ende es necesario efectuar iniciativas alternas a las convencionales.

## 6. OBJETIVOS:

### 6.1. Objetivo General.

Generar un protocolo para los procesos de obtención de biopolímeros por plastificación de polisacáridos provenientes del maíz (*Zea Mays*).

### 6.2. Objetivos Específicos.

- Identificar los procesos de obtención de los polisacáridos procedentes del maíz.
- Determinar el balance de masa para la producción de polisacáridos plastificables provenientes del maíz.
- Operacionalizar los procesos de plastificación de polisacáridos provenientes del maíz.

## 7. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

*Tabla 2 Actividades a los objetivos planteados*

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADOS ESPERADOS	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Identificar los procesos de obtención de los polisacáridos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Indagar sistemas y medios para la obtención de monosacáridos originarios del maíz para la</li> </ul>	Documentar la información clara y concisa que nos ayude a comprender el sistema y procesos de	Documentos

<p>procedentes del maíz.</p>	<p>elaboración de un biopolímero.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las reacciones físico-químico en los procesos de plastificación de polisacáridos previos a la obtención del biopolímero</li> <li>• Caracterizar la calidad y capacidad de plastificación de los polisacáridos del maíz</li> </ul>	<p>plastificación para poder obtener un producto biodegradable.</p>	
<p>Determinar el balance de masa para la producción de polisacáridos plastificables provenientes del maíz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar las características y propiedades de los principales polisacáridos netamente plastificables provenientes del maíz para la elaboración de bioplástico.</li> <li>• Determinar cantidades de materia (polisacáridos) específicos para lograr una plastificación correcta.</li> <li>• Señalar la eficiencia,</li> </ul>	<p>Documentar la información clara y concisa sobre las propiedades, características, y cantidades de materia aprovechada y desechos emanados en la producción de monosacáridos para su proceso</p>	<p>Documentos</p>

	<p>aprovechamiento y la carencia de residuos peligrosos en la producción de polisacáridos para elaboración de bioplástico.</p>	<p>de plastificación.</p>	
<p>Operacionalizar los procesos de plastificación de polisacáridos provenientes del maíz.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sistematizar los procesos de obtención de plástico biodegradable</li> <li>• Describir cada proceso de obtención de polisacáridos plastificantes para elaboración de bioplástico.</li> <li>• Especificar las propiedades físicas-químicas que deben tener los plásticos Obtenidos.</li> </ul>	<p>Conseguir fabricar con eficacia el plástico biodegradable con propiedades y características aptas conforme a ser biodegradable al momento de ser desechados en el medio ambiente o dar un tratamiento adecuado.</p>	<p>documento</p>

Elaborado por: Néstor Alejandro Patiño S.

## **8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA**

### **8.1. Polímeros**

Desde hace muchos años, el hombre ha hecho uso de polímeros naturales tales como la madera, las resinas, el cáñamo, etc. Para un sin número aplicaciones. El hombre aprendió a utilizarlas, para producir, procesar, tejer, y teñir fibras naturales. Los antepasados utilizaban caucho que extraían del árbol específico para fabricar artículos elásticos o impermeabilizar tejidos. (Castejón, 2015)

### **8.2. Polímeros naturales**

Los polímeros naturales son tomados e industrializados a partir de recursos renovables, provenientes de origen animal, vegetal o de recursos fósiles. Para denotar la diferencia entre un bioplástico a un polímero convencional son sus estructuras químicas además, esto permite que pueda ser desintegrado o no por microorganismos, como hongos y bacterias en ambientes biológicamente activos (Rodríguez, 2015).

Entre los polímeros naturales están el almidón y el algodón, cuyo monómero es la glucosa. Las proteínas son otros polímeros importantes de polímeros naturales, las cuales están formadas por aminoácidos. Incluso el ácido desoxirribonucleico es otro polímero natural, cuya unidad repetitiva es el ácido nucleico. (Villada, 2017).

### **8.3. Degradación de polímeros**

Castejón (2015) afirma que, la biodegradabilidad de los plásticos depende de la estructura química, propiedades del material y de la composición final del producto obtenido, no sólo de la materia prima empleada para su fabricación, además es de gran influencia estar expuesta a condiciones climáticas que conduce a un cambio permanente en la estructura del material así como pérdida de propiedades o fragmentación.

## **8.4. Propiedades de los polímeros.**

Los polímeros no difieren mucho de otras moléculas orgánicas. La estructura química de los polímeros es similar a la de la unidad repetitiva, mientras que las propiedades físicas son la diferencia principal que se encuentran entre las moléculas orgánicas pequeñas y las moléculas orgánicas grandes.

En general, los polímeros se clasifican en cuatro categorías importantes según su comportamiento físico:

### **8.4.1. Termoplásticos.**

Son polímeros que permiten una deformación al momento de aplicarles una temperatura, varias veces, y cuando están a temperatura ambiente son rígidos. Estos materiales pueden ser reciclables. Por ejemplo, el poli estireno y el polietileno. (Cuello, 2016)

### **8.4.2. Termoestables.**

Son los polímeros que al ser moldeados ya no es posible o no permiten cambiar su forma, es decir, que al momento de aplicar temperatura ya no existe deformación. Estos materiales no se pueden reciclar. (Cuello, 2016)

### **8.4.3. Elastómeros.**

Estos polímeros son amorfos, es decir, que pueden sufrir deformaciones elásticas fácilmente sin que se modifique su estructura. El ejemplo más común es el hule natural. (Cuello, 2016)

### **8.4.4. Fibras.**

Son hilos delgados producidos por extrusión de un polímero fundido a través de una matriz con pequeños orificios, después se enfrían y se extraen. Tienen una alta resistencia a la tensión. Por ejemplo el nylon y el dacrón. (Cuello, 2016)

## **8.5. Plásticos.**

Son polímeros sintéticos que pueden ser moldeados en una etapa de su elaboración. Son los termoplásticos, pero la mayoría de personas les llaman plásticos.

## **8.6. Aditivos básicos de un plástico**

Los plásticos pueden adaptar múltiples formas para una variedad extensa de aplicaciones industriales. Para conseguir plásticos que se adecuen a aplicaciones específicas se le colocan aditivos, las cuales son sustancias agregadas a los plásticos antes, después o durante su elaboración para modificar o agregar propiedades. (Angel, 2016)

### **8.6.1. Plastificantes.**

Son componentes que mejoran la flexibilidad y procesabilidad. Un plastificante óptimo debe ser polar, hidrofílico y ser compatible con el almidón. Otro requerimiento importante es que su punto de ebullición sea inferior a la temperatura de los procedimientos utilizados.

### **8.6.2. Estabilizadores.**

Son utilizados para aumentar la fuerza de los polímeros naturales y su resistencia a la degradación. Los estabilizadores proporcionan protección al calor, a los efectos de la luz y a los ambientes oxidantes. Se utilizan comúnmente resinas y antioxidantes. (Angel, 2016).

### **8.6.3. Pigmentos.**

Son sustancias insolubles que permiten colorear los plásticos, normalmente deben tener fácil dispersión, resistencia a la temperatura de proceso y elevada opacidad. Frecuentemente se utilizan óxido de titanio, negro de humo y los óxidos de hierro que se utilizan para plásticos que estarán en contacto con los alimentos o la piel. (Angel, 2016)

## **8.7. Plástico convencional**

“El consumo mundial anual de los plásticos sintéticos provenientes del petróleo es más de 8.3 mil millones de toneladas, con un incremento anual de aproximadamente el 30% de consumo. La alta resistencia de los plásticos convencionales a la corrosión en agua y a la descomposición bacteriana los convierte en uno de los residuos más difíciles de eliminar convirtiéndose en un problema ambiental latente. (Serrato, 2016).

La gran desventaja del plástico convencional es su lenta descomposición, lo cual le lleva al poli estireno y al plástico común desde 500 a 1.000 años desintegrarse y se convierte en un producto que afecta directamente al medio acuático y terrestre, además, distintos plásticos no son reciclables y tampoco son biodegradables.

El plástico convencional es un material que ni la tierra ni el mar pueden digerir. Cada objeto y material de plástico que existe, siempre existirá o existirá miles de años antes de desintegrarse. Al no desaparecer el plástico se va acumulando en el medio ambiente y por ende el efecto negativo sobre el planeta será cada vez más notorio. (García, 2017)

## **8.8. Bio-plástico**

“Los bioplásticos son definidos como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos” (Rodríguez, 2015). Son polímeros que mantienen totalmente las propiedades física durante su manufactura, almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, pero al final de su vida útil son desechados y se someten a descomposición química por influencia de agentes ambientales y microorganismos, que lo transforman en sustancias simples o en componentes menores que son afines al medio ambiente.

“Los materiales biodegradables en la actualidad utilizados en diferentes actividades y para fabricación de variados productos. El mercado más común para los bioplásticos es la producción de envases. La industria incluye bolsas de compras, bolsas de recolección de residuos compostable, bandejas y envases para alimentos a base de biomasa.” (Rodríguez, 2015).

Por ser éstos polímeros naturales tienden a tener una vida relativamente corta, es decir, se degradan fácilmente por microorganismos e incluso se les puede dar un tratamiento para que la efectividad de degradación sea más rápida.

### **8.9. Maiz (Zea Mays)**

El desarrollo del grano de maíz.

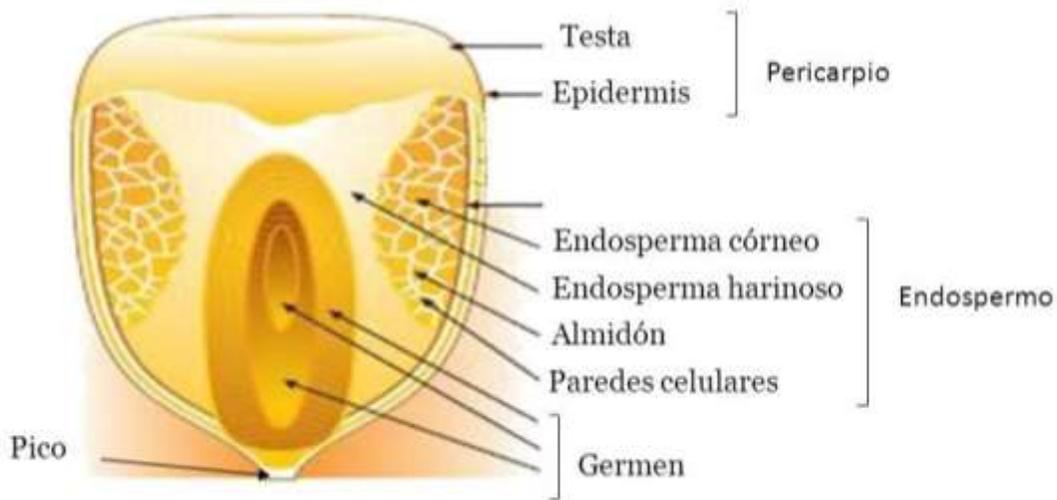
Los granos de maíz se desarrollan mediante la acumulación de los productos de la fotosíntesis, la absorción a través de las raíces y el metabolismo de la planta de maíz en la inflorescencia femenina denominada espiga. Esta estructura puede contener de 300 a 1000 granos según el número de hileras y el diámetro y longitud de la mazorca.

En algunos países o regiones, tanto a la mazorca como a los granos se les denomina elote. Tiene un color que varía del blanco al amarillo, o del violáceo al rojo según el tipo.

El maíz tiene tres aplicaciones posibles: alimento, forraje y materia prima para la industria. La alimentación es el principal uso que se le da al maíz. Su versatilidad en la cocina lo hace ingrediente esencial en platos de todo tipo. Muy variados son los usos de la harina de maíz, que puede emplearse sola, como ingrediente en recetas o como materia prima en la industria.

Si nos centramos en la industria, por culpa del aumento de los precios del petróleo se ha impulsado la intensificación en investigaciones sobre la fermentación del maíz para producir alcohol combustible, bioplástico hasta en la industria farmacéutica el cual tiene un uso muy difundido en algunas partes del mundo.

Ilustración 1 Estructura del grano de maíz.



Fuente 1 Tomado de GESEMEX.

Pericarpio: Capa exterior de cubierta protectora, dura y fibrosa, que encierra al grano. Está formada principalmente por fibra cruda y en el cereal ya maduro, tiene la función de impedir el ingreso de hongos y bacterias. (Mouton, 2015)

Endospermo: Es la parte más importante del grano, está constituida por almidón y proteínas y funciona como fuente de energía para la planta en su desarrollo. (Yusmary., 2017)

Germen: Se encuentra en el extremo más bajo del grano, ocupa del 9 al 12% del volumen total del grano y posee dos partes destacables, el eje embrionario (planta nueva) y el escutelo (constituye una gran reserva de alimentos). (Zeledón, Junniett, Suncino, & Martinez, 2017)

### 8.9.1. El maíz y su almidón.

El almidón o fécula de maíz es un polisacárido que se obtiene al moler las diferentes partes del maíz. Suele formar parte de los carbohidratos que se ingieren de manera habitual a través de los alimentos. En presencia de agua, forman suspensiones de poca viscosidad. Su composición es principalmente de glucosa, aunque puede haber otros

componentes presentes en menor Cantidad, como ya se ha explicado en apartados anteriores.

El almidón de maíz debe conservarse y almacenarse en lugares secos, frescos y no debe estar en contacto con olores fuertes. Es un ingrediente sumamente versátil, se presenta como un polvo blanco muy fino que tiene un sabor característico (Nuñez, 2018)

### 8.9.2. Taxonomía.

*Tabla 3 Taxonomía del Zea Mays*

<b>REINO</b>	Plantae
<b>DIVISIÓN</b>	Magnoliophyta
<b>CLASE</b>	Liliopsida
<b>SUBCLASE</b>	Commelinidae
<b>ORDEN</b>	Poales
<b>FAMILIA</b>	Poacea
<b>SUBFAMILIA</b>	Panicoideae
<b>TRIBU</b>	Andropogoneae
<b>GENERO</b>	Zea

<b>ESPECIE</b>	Zea Mays
<b>Es una planta monocotiledónea, anual de las familias de las gramíneas oriunda de América</b>	

Fuente 2 UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

### 8.9.3. Tipos de maíz.

Tabla 4 Tipos de maíz

<b>Tipos de maíz</b>	<b>Área sembrada (millones de ha) Ecuador.</b>
Amarillo duro	20,0
<b>Blanco duro</b>	12,5
Blanco dentado	19,0
Amarillo dentado	9,5
Harinoso y Morocho	0,6
<b>Reventón, ceroso</b>	Muy limitada

Fuente 3: UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

#### **8.9.4. Maíz duro.**

Los cultivares locales originales de maíz fueron en general tipos de maíz duro. Los granos de este tipo de maíz son redondos, duros y suaves al tacto. El endospermo está constituido sobre todo de almidón duro córneo con solo una pequeña parte de almidón blando en el centro del grano. El maíz duro germina mejor que otros tipos de maíz, particularmente en suelos húmedos y fríos. Es por lo general de madurez temprana y se seca más rápidamente una vez que alcanzó la madurez fisiológica. Está menos sujeto a daño de insectos y mohos en el campo y en el almacenamiento. Sin embargo, los maíces duros rinden por lo general menos que los maíces dentados. (Bonilla Bolaños & Tapia, 2019)

Los maíces duros son preferidos para alimento humano y para hacer fécula de maíz ("maicena"). Una parte importante del área sembrada con maíces duros es cosechada para ser consumida como mazorcas verdes o como alimento animal, si bien datos concretos al respecto no están aún disponibles. Muchos de los maíces duros cultivados comercialmente tienen granos anaranjado-amarillentos o blanco-cremosos, aunque existe una amplia gama de colores, por ejemplo, amarillo, anaranjado, blanco, crema, verde, púrpura, rojo, azul y negro. En los trópicos, los tipos de maíz duro color amarillo-anaranjado alcanzan un área de 20 millones de hectáreas, mientras que los de color blanco-cremoso llegan a 12,5 millones de hectáreas. (Zambrano, 2014).

#### **8.9.5. Maíces cerosos.**

Actualmente estos maíces son cultivados en áreas muy limitadas de las zonas tropicales donde las poblaciones locales los prefieren para su alimentación; su nombre se debe a que su endospermo tiene un aspecto opaco y ceroso. El almidón en los maíces duros y dentados está comúnmente constituido por cerca 70% de amilopectina y 30% de amilosa; en cambio en los maíces cerosos está compuesto exclusivamente por amilopectina. El mutante del maíz ceroso fue descubierto en China; es un maíz cultivado solo para algunos fines específicos y en algunas partes de Asia oriental es usado para hacer comidas típicas y para asar las mazorcas con los granos en estado de masa. El maíz

ceroso obtiene buenos precios en algunos mercados industriales, en especial para obtener un almidón similar a la tapioca. En los últimos años la química de la amilopectina del maíz ceroso ha sido estudiada en detalle para sus fines industriales ya que su composición es muy distinta de la composición de la amilopectina de los maíces duros o dentados. (Espinoza Ibarra, 2019)

#### **8.9.6. Almidón**

El almidón es el principal constituyente del maíz (*Zea Mays L.*) y las propiedades fisicoquímicas y funcionales de este polisacárido están estrechamente entrelazadas con su estructura. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa (amilosa y amilopectina). Estas moléculas se agrupan en anillos repetitivos para originar la estructura granular. (Quiñones, 2015)

Las propiedades más importantes a considerar para determinar la utilización del almidón en la elaboración de polímeros biodegradables, alimentos y otras aplicaciones industriales incluyen las fisicoquímicas: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles.

“La plastificación del almidón se obtiene por la separación estructural que resulta de una disminución de los cristales durante el proceso de extrusión y la acción de plastificantes (glicerina, sorbitol, xilitol, entre otros) resaltando un nuevo tipo de material conocido como almidón termoplástico (TPS). Sin embargo, el bioplástico a base de almidón tiene algunos inconvenientes como: la baja estabilidad a largo plazo causado por la sensibilidad a la humedad y propiedades mecánicas pobres. Estos problemas se han reducido realizando mezclas de este bioplástico con plásticos de origen petroquímico. (Villada, Paz, Bolaños, & Samuel, 2016)

El almidón es uno de los materiales más comunes para la generación de envases y utensilios en la industria de alimentos así como para: bolsas de supermercados, material

de empaque para rellenar espacio vacío y proteger la mercancía, bolsas de basura, productos de higiene y cosméticos” (Guerrero Játiva, 2015)

En base a lo anteriormente expuesto, se sabe de antemano que es posible la utilización de recursos renovables para la elaboración de biopolímeros por fuentes tales como maíz, yuca, trigo, arroz y patatas. (Dávila, 2014) Pero estas fuentes pueden generar una presión indeseable sobre los precios de estos cultivos alimenticios. Es por ello que se incursiona en nuevas materias primas con alto contenido de almidón que a su vez no sea fuente primordial de alimentación, en ese caso el maíz es un producto que se produce a gran escala el cual sería factible utilizarlo por motivos que se generaría más fuentes de trabajo y mayor producción para un desarrollo socioeconómico.

#### **8.9.7. Propiedades estructurales del almidón natural del Maíz.**

Los granos de almidón están formados por macromoléculas organizadas en capas. Dos estructuras poliméricas diferentes componen los almidones: la amilosa y la amilopectina. Cerca del 20% de la mayoría de almidones es amilosa y el 80% amilopectina. Las moléculas de amilosa, se encuentran en las capas interiores, están compuestas de aproximadamente 200 a 20,000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glucosídicos. (Chariguamán & Jimmy, 2015)

Muchas moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones y estas generalmente, no son ni muy largas ni muy cortas y están separadas por grandes distancias permitiendo a las moléculas actuar, esencialmente con un polímero lineal, formando películas y fibras fuertes, y retrogradado fácilmente. Como consecuencia de la formación de cadenas en forma de hélice las fibras y películas de amilosa son más elásticas que las de celulosa. La amilosa es soluble en agua caliente lo cual se debe a la formación de una suspensión coloidal. Dos almidones de maíz de alta amilosa comerciales tienen cerca de 50 y 70% cada uno. (Miranda Villa, 2018).

Una de las propiedades más importantes del almidón natural es su semicristalinidad donde la amilopectina es el componente dominante para la cristalización en la mayoría

de los almidones. La parte amorfa está formada por regiones ramificadas de amilopectina y amilosa.

Las propiedades más significativas del almidón, tales como su resistencia mecánica y flexibilidad, depende de la resistencia de la región cristalina, la cual depende de la relación de amilosa y amilopectina y por lo tanto del tipo de planta o de producto, de la distribución del peso molecular, del grado de ramificación y del proceso de conformación de cada componente del polímero. (Chaparro & Jacqueline Agudelo, 2015)

#### **8.9.8. Usos y aplicaciones más comunes del almidón de maíz.**

Por lo regular, el almidón de maíz suele utilizarse como agente espesante en diferentes procedimientos, sin embargo sus usos son más variados. A continuación se enlistan algunos de ellos: Alimentos: Se utiliza para espesar y engrosar preparaciones. En productos horneados, pan, dulces, aderezos para ensaladas, entre otros. (Bastidas, 2015).

- Alcohol: Se utiliza en la preparación de bebidas no alcohólicas, perfumes, aerosoles fijadores de cabello y para la pureza del alcohol etílico.
- Farmacéutica.
- Alimentación de mascotas.
- Fabricación de papel.
- Adhesivos.
- Cremas de afeitar.
- Productos textiles.
- Diversos productos de la industria del cuidado personal.
- Solventes.
- Elaboración de bioplástico.

#### **8.9.8.1. Ventajas del almidón como materia prima, para elaboración de bioplástico.**

- Es el segundo biopolímero más abundante.
- Buenas propiedades mecánicas.
- Sellable e imprimible sin tratamiento superficial.
- Barrera a gases como el CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>; así como aromas (semejante al PET y al nylon).
- Intrínsecamente antiestático.
- Hidrosoluble.
- Versátil, ya que se puede modificar químicamente.

#### **8.9.8.2. Desventajas del almidón como materia prima, para elaboración de bioplástico.**

- Material muy sensible a la humedad.
- El almidón es utilizado en la industria alimenticia mas no para introducción en la industria como materia prima para elaboración de bioplastico. (Gil-Castell, Oscar, Valiente, & Greus, 2015)

#### **8.9.9. Bioplástico y su degradación.**

Los bioplástico son fabricados a partir de recursos renovables de origen natural, como el almidón o la celulosa (caña de azúcar, maíz, yuca, remolacha, papa). Para crear un bioplastico, se buscan estructuras químicas que permitan la degradación del material por microorganismos, como hongos y bacterias, a diferencia del polipropileno y poli estireno expandido, cuya producción se basa de los derivados del petróleo (recurso que es no renovable). No obstante, hay que precisar que los plásticos biodegradables pueden proceder del petróleo y no deben confundirse con los bioplástico. (Arroyo, Herbert, & Ruiz., 2019)

Los plásticos biodegradables procedentes del petróleo tienen aditivos que mejoran su capacidad de degradación, pero no satisfacen las normas internacionales y nacionales de

biodegradabilidad, NTE INEN-ISO 17556 por citar algunas, mientras que los bioplástico si lo hacen. Los productos desechables bioplástico se degradan en un periodo menor a un año, donde el residuo final del proceso es la generación de CO<sub>2</sub>, agua y biomasa. Al contrario de los productos desechables plásticos y de poliestireno expandido que pueden tomar hasta 1,200 años en degradarse, generando una contaminación acumulativa al ecosistema.

Algunos estudios auguran para los bioplástico un futuro prometedor, gracias a los cada vez más elevados precios del crudo y su futuro agotamiento, además de la apuesta que hacen las instituciones y los ciudadanos por los productos ecológicos. (García Barrera, 2015)

Cabe mencionar, que algunos desechables bioplástico son aptos para uso en microondas, resisten temperaturas entre -20 y 120°C, son livianos, resistentes y de apariencia agradable, por lo que se puede considerar como un producto que no pone en riesgo la vida de los consumidores. Además ayudan a preservar la frescura de los alimentos, en algunos casos son resistentes al agua y al aceite y no transfieren sabores y olores. Sin embargo, algunas desventajas de ellos son, la dificultad para disolverse en agua (pero gran absorción), propiedades mecánicas y de procesado poco satisfactorias (con respecto a los plásticos convencionales), fragilidad y baja temperatura de deformación al calor. (Flores & Francisco, 2017)

#### **8.9.9.1. Biodegradación.**

Se define la biodegradación como la capacidad metabólica de los microorganismos para transformar o mineralizar contaminantes orgánicos en compuestos menos peligrosos, que puedan integrar en los ciclos biogeoquímicos naturales. Sin embargo, en la biodegradación natural de los contaminantes se debe dar una serie de factores y condiciones vitales para el crecimiento de la bacteria, como son la humedad, los nutrientes, el oxígeno, el pH o la temperatura. Así mismo en este proceso influye la composición, concentración y disponibilidad de los contaminantes, o las características físicas y químicas del lugar contaminado. (Peraza & Alejandra., 2017)

Los bioplástico se pueden degradar por acción biológica, química, foto degradación, o una combinación de algunas de ellas. La degradación final de todos los materiales plásticos degradables, sea que inicialmente se degraden química por luz, será la acción de microorganismos. (Cajo, Angélica, & Méndez, 2019)

Los bioplástico son biodegradables y carecen por completo de eco toxicidad, también pueden ser incinerados, porque el CO<sub>2</sub> producido por la incineración es equivalente al que anteriormente fue absorbido por las plantas utilizadas para su fabricación durante su crecimiento. Los nuevos materiales deben cumplir con la norma NTE INEN-ISO 17556 (Embalaje – Requerimientos para embalaje y envases recuperables a través del compostaje y biodegradación) por citar algunos. . (Medina & Jhonny, 2018)

La biodegradación de los bioplásticos empieza con un proceso llamado hidrolisis donde hay una ruptura de las cadenas poliméricas. Siendo esta la etapa que mayor tiempo conlleva para los desechables plásticos y de poliestireno expandido, en los que llega a ser de cientos de años. Seguidamente se establece una destrucción de los enlaces como efecto de la luz, el estrés mecánico, la presencia de oxígeno, temperaturas mayores a 60°C, y la acción de bacterias aerobias. Si los bioplástico desechables son enterrados (manejo en relleno sanitario) su degradación se lleva a cabo por medio de la acción enzimática de bacterias anaerobias. (Maldonado, Omar, & Roche, 2017)

## **9. PREGUNTAS CIENTÍFICAS**

- 1) ¿Cuáles son los problemas específicos y las características entre los diferentes tipos de plásticos (plástico biodegradable y plástico convencional)?
- 2) ¿Cómo se puede mejorar el asesoramiento sobre un biopolímero que se utiliza para fabricación de plástico biodegradable que proporciona un desarrollo sostenible en un futuro cercano?
- 3) ¿Qué efecto tiene el hecho de introducir un plástico biodegradable sobre la población actual que está siendo afectada por cantidades desorbitantes de desechos plásticos que afecta el sistema socioeconómico?

## **10. METODOLOGÍAS**

### **10.1. Procesos de obtención de polisacáridos procedentes del maíz.**

- Indagar sistemas y medios para la obtención de monosacáridos originarios del maíz para la elaboración de un biopolímero.

La presente investigación radica en la búsqueda de información sobre la obtención de un biopolímero con propiedades aptas para plastificación y características similares al plástico convencional. Para ello se eligió un producto natural abundante en el mercado y como fuente básica de almidón, que es el maíz común (*Zea Mays*).

El almidón de maíz, es uno de los biopolímeros naturales más baratos y ricos en amilosa y amilopectina existentes en cantidades abundantes en el grano de maíz, los cuales son esenciales para lograr la plastificación.

Para conseguir el almidón de maíz se lo realiza mediante sistemas de extracción y separación de componentes químicos naturales aptos y no aptos, con los sistemas de trituración, maceración, tamizado, centrifugado y secado, de esta manera se logra obtener un almidón limpio y con un alto potencial en monosacáridos plastificables, por ende es un material idóneo para elaboración de bioplástico.

- Reacciones físico-químico en los procesos de plastificación de polisacáridos previos a la obtención del biopolímero.

En los procesos de plastificación se determinaron las reacciones físico químicas presentes, iniciando con la obtención del almidón de maíz en contenido de glucosa (amilopectina, amilosa) esenciales para la cristalización y resistencia mecánica.

El almidón es incorporado con plastificantes naturales básicos. El proceso de plastificación se produce cuando los materiales son calentados. En esta etapa pasa del estado sólido al estado de fluidez sin emanar gases tóxicos simplemente vapor de agua, al elevar a temperatura mayor de 80 °C formándose una especie de pasta se debe neutralizar el PH lo más cercano a 7 para ser secado y obtener un biopolímero natural.

- Caracterizar la calidad y capacidad de plastificación de los polisacáridos del maíz

La caracterización de plastificación se determinó según las condiciones de capacidad de endurecimiento mediante presión mecánica, capacidad de soporte a temperatura por medio de aplicación de un fluido a temperatura mayor de la temperatura ambiente, Además, la calidad del bioplástico se lo califico según las especificaciones para su uso y destino.

## **10.2. Balance de masa para la producción de polisacáridos plastificables provenientes del maíz mediante proceso (entrada – salida).**

Características y propiedades de los principales polisacáridos netamente plastificables provenientes del maíz para la elaboración de bioplástico.

La base sobre el cual se enfoca la investigación es el estudio de un plástico biodegradable con polímero plastificantes naturales que tengan un nivel de degradación sumamente rápido con respecto a los plásticos convencionales.

Los polisacáridos son cadenas o moléculas largas de monosacáridos, por lo tanto, los polímeros plastificantes del maíz se determinan mediante su estructura química, en este caso la materia principal es el grano de maíz que contiene: proteínas que son cadenas formadas de aminoácidos, almidón contiene moléculas de glucosa, fibra cruda, extracto etéreo, los cuales son polímeros que hacen posible la plastificación.

- Determinar cantidades de materia (polisacáridos) específicos para lograr una plastificación correcta.

Para la determinación de cantidad de materia necesaria para una plastificación correcta, es imprescindible conocer que estos materiales serían los correspondientes a alcanzar el procesamiento de materia prima de alta calidad. Además se observa que es posible mejorar el rendimiento en productos en biodegradación

Para definir la cantidad de materia es necesario conocer el rendimiento de cada operación y el rendimiento final de producción, pero, a su vez, es importante evaluar sus variaciones y con la calidad de la materia prima, es decir, realizar distintas aleaciones con diferentes factores, y modificación en la secuencia de procesos. Los resultados indican que el rendimiento de materia prima disminuye cuando existe ausencia de dureza ya completada la plastificación.

- Eficiencia, aprovechamiento y carencia de residuos peligrosos en la producción de polisacáridos para elaboración de bioplástico.

Una de las eficiencias más importantes de un polímero natural es la degradación, la cual se determina mediante la rapidez de su descomposición en los medios acuáticos y terrestres e incluso con tratamientos adecuados para acelerar la degradación. Además, son polisacáridos naturales renovables y contribuyen a no consumir excesivamente combustible fósil para producción de polímeros sintéticos.

Se determinó que el aprovechamiento del maíz como materia prima para bioplástico es un desarrollo eficaz y sustentable por ser un producto renovable, y fácil de producirlo, además, en la elaboración y producción de bioplástico a base de almidón de maíz se demuestra que los residuos son libres de toxicidad e incluso los residuos pueden ser reutilizados para un subproducto del maíz.

En la producción de polímeros naturales existe positivismo en cuanto a la ayuda de disminuir la contaminación ambiental por medio de desechos tóxicos y por la explotación de recursos no renovables para la fabricación de plásticos. .

### **10.3. Operacionalizar los procesos de plastificación de polisacáridos provenientes del maíz.**

- Sistematización de procesos de obtención de plástico biodegradable

Los productos biodegradables en la actualidad son un desarrollo sostenible e importante y es un camino para indagar sistemas de remediación ante la contaminación ambiental

por desechos plásticos que se agravan día a día, es por esto que el emprendimiento de producción de polímeros naturales se ha vuelto muy nombrado pero no existen los suficientes documentos que validen este proceso

Recopilar información sobre obtener biopolímeros para un producto biodegradable es una meta que tiene un gran valor ambiental, cuyo propósito es dejar de ocupar gran mayoría de productos no renovables para elaboración específicamente de productos plásticos, para esto se realizaron investigaciones se indago en artículos científicos la factibilidad de plastificación de componentes naturales provenientes del maíz común. Dándonos como resultado una estructura química apropiada para producción de biopolímeros además de otros componentes naturales esenciales.

Para esto el desarrollo de un manual con los procesos de obtención de polisacáridos descritos paso a paso, es una gran guía para alimentar el conocimiento sobre elaborar un producto plástico biodegradable que no afecte o que no se sume a la contaminación ambiental que se está enfrentando en el presente.

- Describir cada proceso de obtención de polisacáridos plastificantes para elaboración de bioplástico.

Para poder obtener polisacáridos plastificantes a base del Maíz común se investigó técnicas, Métodos y procesos de recolección de maíz, separación de elementos extraños como: partículas pequeñas de basura, polvos etc., procesos mecánicos para extracción de componentes químicos naturales del maíz y separación de componentes innecesarios que no hacen posible obtener propiedades de planificación correcta. Además algunas especificaciones son de acuerdo a lo descrito en las normativas ecuatorianas.

- Especificar las propiedades físicos-químicas que deben tener los plásticos obtenidos.

Las propiedades fisicoquímicas que deben mantener los plásticos biodegradables están estipuladas y especificadas en las normativas nacionales, las cuales nos indican cuales

deben ser los parámetros necesarios, aptos y útiles según el tipo de plástico y el destino de uso del mismo.

## **11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **Procesos de obtención de polisacáridos procedentes del maíz.**

Para poder obtener polisacáridos plastificantes a base del Maíz común se investigó técnicas, Métodos y procesos de recolección de maíz, separación de elementos extraños como: partículas pequeñas de basura, polvos etc. procesos mecánicos para extracción de componentes químicos naturales del maíz y separación de componentes innecesarios o que no hacen posible obtener propiedades de planificación correcta. Para esto se inició de la siguiente manera.

### **Implementación del Método de molienda húmeda**

Es una técnica que permite separar algunas de las partes del grano en sus constituyentes químicos

### **Recepción de materia prima, maquina limpiadora y secado de humedad del grano de maíz.**

Se recolecta el grano de maíz definido (maíz ceroso) que contiene mayor porcentaje de agentes plastificantes.

Suele tener niveles de humedad elevados, por lo que para su adecuado almacenamiento debe sufrir un proceso de desecación no mayor a 54 grados centígrados. Además en este el proceso de secado, solamente tenemos vapor de agua y como residuos basura orgánica como el raquis de maíz.

### **Reducción de tamaño, Trituración de granos.**

Se Tritura el maíz limpio y sin humedad separando el germen del maíz, el cual tampoco es un desecho toxico ni perjudicial al medio ambiente.

## **Maceración**

Es sometido a un proceso de maceración con agua purificada de 30 a 50 horas. Este proceso facilita la separación de los componentes básicos: Almidón, Aceite de Maíz (GERMEN), Gluten para Consumo y Gluten Ingrediente.

## **Trituración 2**

Se receipta los granos de maíz macerados, se ingresa los granos húmedos a la máquina trituradora logrando reducir el tamaño de partículas.

## **Tamizado, centrifugación y purificación.**

Se tamiza el maíz molido separando las fibras gruesas de las delgadas que impiden la formación de almidón de maíz. Dándonos como desechos: fibra, trozos de cascara y endospermo los cuales no son desechos negativos al ambiente.

Ingresa los granos a la centrifugadora con agua para logar separar la proteína del almidón con el fin de eliminar impurezas, el almidón se suspenderá repetidamente en agua destilada y se centrifugará hasta que alcance un pH de 7. Este proceso separa las proteínas y parte de humedad del almidón los cuales son aprovechados para un subproducto.

## **Secado, mezclado/cocción**

Se ingresan a la máquina secadora a temperatura ambiente eliminada la humedad restante del proceso de centrifugación anterior para obtener almidón puro.

Mezclar y cocinar los gránulos de almidón seco a una temperatura de 80 °C para obtener un flujo másico con toda la materia prima e insumos disueltos con la menor cantidad de grumos que impidan la textura deseada.

## **Caracterización de polisacáridos (almidón).**

El contenido de humedad, cenizas, lípidos, proteínas y almidón total siguiendo los métodos descritos en las Normas INEN 1737 harina de maíz pre cocida.

La capacidad e solubilidad se lo tomara de acuerdo a la normativa INEN 1456 Almidón soluble.

La capacidad de degradación se ensayará como se describe en NTE INEN-ISO 2640: 2012.

**Balance de masa para la producción de polisacáridos plastificables provenientes del maíz Mediante proceso (entrada –salida).**

Características y propiedades de los principales polisacáridos netamente plastificables provenientes del maíz para la elaboración de bioplástico.

Los polisacáridos del maíz mantienen características y propiedades principales (tabla 5) para lograr producir un bioplastico biodegradable con características apropiadas.

*Tabla 5 Polisacáridos plastificantes y no plastificantes del maíz.*

<b>Polisacáridos plastificantes de un grano de Maíz.</b>	<b>Propiedades</b>
<b>Almidón</b>	Corresponde hasta el 87.6 por ciento del peso del grano de maíz.  El almidón mantiene contenido de Glucosa (70% de amilopectina y 30% de amilosa) que son encargadas de formar películas, fibras fuertes y retrogradado fácilmente además es el responsable de la semi-cristalización y

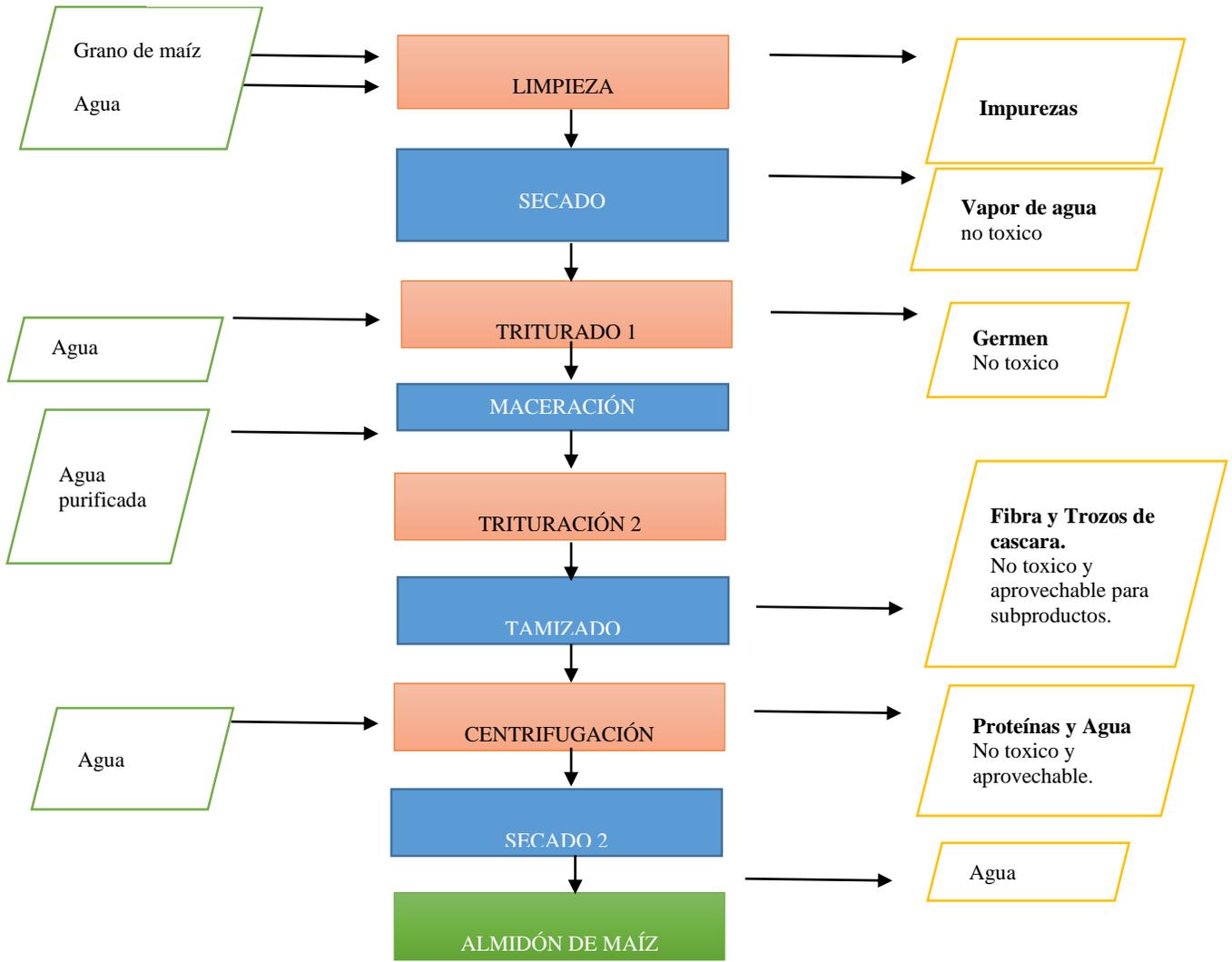
	resistencia mecánica del polímero natural.
<b>Azúcares</b>	0.62 por ciento de azúcares.
<b>Polisacáridos no plastificantes de un grano maíz.</b>	
<b>Proteínas</b>	8.1 por ciento de peso en el grano de maíz.
<b>Extracto etéreo</b>	0.8 por ciento de peso en el grano de maíz.
<b>Fibra</b>	2.7 por ciento de peso en el grano de maíz.

*Elaborado por: INestorA. Patño S.*

### **Aprovechamiento y carencia de residuos peligrosos en la producción de polisacáridos para elaboración de bioplástico.**

La generación de subproductos o residuos en las diferentes etapas de los procesos productivos es actualmente una problemática a nivel mundial, debido a que en la mayoría de los casos no son procesados o dispuestos adecuadamente, situación que contribuye al proceso de contaminación ambiental. En los procesos de obtención de polisacáridos provenientes del maíz los residuos no son peligrosos ni tóxicos al ambiente, además cuentan con un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos tales como se observa en la (ilustración 2)

Ilustración 2 flujo grama de proceso de obtención de polisacárido del a maíz



### Aprovechamiento de los residuos del maíz en la extracción de polisacáridos.

**Raquis del maíz.-** es el corazón de la mazorca de maíz, también se usan en la elaboración de artesanías, juguetes y artículos decorativos.

**Germen del maíz.-** Germen de maíz, importante alternativa de suplementación bovina. El germen de maíz se puede suministrar al ganado y constituye una fuente rica de proteína y fibra.

**Fibra del maíz.-** la fibra del maíz es un suplemento alimenticio muy importante al ser humano, además, en estudios reciente es se ha logrado obtener tejidos para elaboración de ropa.

**Proteína del maíz.-** las proteínas son suplementos nutricionales esenciales para el tejido muscular.

**Operacionalizar los procesos de plastificación de polisacáridos provenientes del maíz.**

La operacionalización de los procesos de plastificación consistió en definir variables en factores medibles cada sistema o proceso.

Los procesos de plastificación de polisacáridos es un proceso sencillo para seguir, sin embargo, para poder conseguir los estándares de calidad y biodegradación exigente dentro de la normativa ecuatoriana de un bioplastico y para ser aceptado ante el público, fue indispensable indagar un sistema apropiado para extracción correcta de polisacáridos netamente plastificantes, a partir de ello para la plastificación de los polisacáridos obtenidos anteriormente, se implementa materiales adicionales y se continua con las instrucciones siguientes instrucciones:

**Materiales e insumos para la plastificación de los polisacáridos obtenidos.**

*Tabla 6 Materiales e insumos*

Insumo	cantidad	unidades
Almidón de maíz	48	g
Agua destilada	150	ml
Ácido acético	21	ml
Propanotriol	16	ml
Colapiz	20	g
Goma de arroz	16	g

### **Equipos utilizados**

Cocina eléctrica

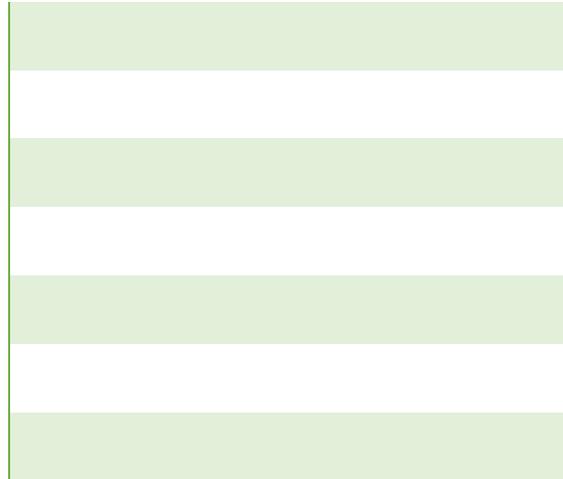
Horno tostador

Balanza digital

Vaso precipitado

Agitador

Molde

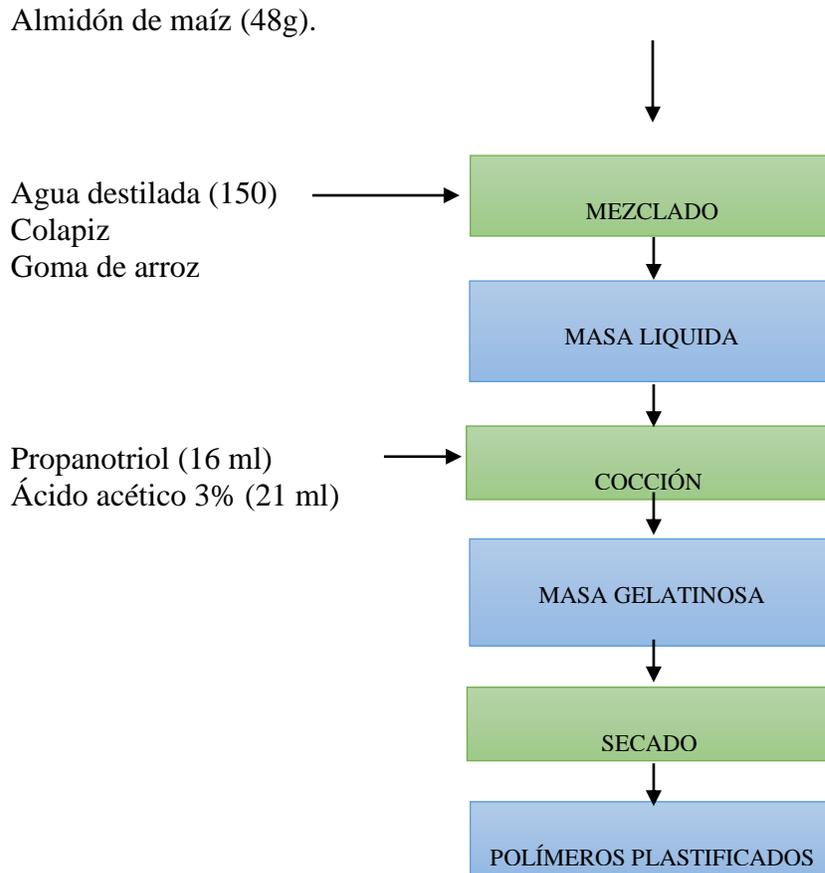


*Elaborado por: 2 Nestor A. Patiño S.*

### **Procesos de planificación de polisacáridos para un bioplástico.**

La plastificación de polisacáridos se llevó a cabo de la siguiente manera (Ilustración 4): se colocaron en un recipiente 150 mL de agua destilada junto con 48 g del almidón de maíz extraído, mezclando constantemente hasta homogeneizar y cuidando en todo momento que la temperatura no excediera los 70°C. Posteriormente se agregó gota a gota 16 mL de propanotriol (glicerina) con agitación constante, notando un cambio en la consistencia de la mezcla. Luego se añadieron 21 mL de ácido acético al 3% v/v homogenizando hasta que se deje de percibir vapor en la mezcla. Finalizado este proceso, es opcional el modelo o prototipo que se desea obtener (laminas bandejas etc.) luego se deja secar en una estufa alrededor de 60 °C por una hora, una vez transcurrido el tiempo de secado dejar reposar a temperatura ambiente dándonos los polisacáridos ya plastificados.

*Ilustración 3 proceso de plastificación.*



**Especificación de propiedades físicos-químicas que deben tener los plásticos obtenidos.**

En práctica de polímeros biodegradables a base de fécula de maíz, ofreció muestras poliméricas con características adecuadas para poder ofrecer un servicio de plástico desechable para alimentos de acuerdo al REGISTRO OFICIAL DEL GOBIERNO DEL ECUADOR N° 1439 RTE INEN 100 “Materiales y Artículos Plásticos Destinados a estar en Contacto con los Alimentos”

Es conveniente llevarlas a la medición de propiedades físicas mecánicas como: maleabilidad, resistencia térmica y acústica baja o alta impermeabilidad. Propiedades químicas como oxidación y corrosión e incluso propiedades ecológicas: es reciclable por

procesos químicos y mecánicos, son tóxicos, etc. Como se decretan en las normativas: NTE INEN 2883 Envases flexibles retornables. Requisitos: NTE INEN 2636 Terminología relativa a plásticos degradables: NTE INEN 2643 Especificación para plásticos compostables: Acuerdo Ministerial 19 políticas para gestión integral de plásticos en el Ecuador.

## 12. PRESUPUESTO

*Tabla 7 Presupuesto de lo que se va a utilizar en el proyecto*

<b>RECURSOS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>V. UNITARIO</b>	<b>V. TOTAL</b>
Humanos.	Investigador	0	\$ -	\$ -
	Tutor	0	\$ -	\$ -
Tecnológicos.	Computadora.	330 h.	\$ 0,75	\$ 247,50
	Flash.	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Oficina.	Resma de papel.	2	\$ 3,50	\$ 7,00
	Tinta de impresión	4	\$ 6,00	\$ 24,00
	Carpeta.	5	\$ 0,40	\$ 2,00
	Perforadora.	1	\$ 2,50	\$ 2,50
	Anillados.	2	\$ 5,00	\$ 10,00

Grapadora.	1	\$ 1,50	\$ 1,50
Cuaderno.	1	\$ 1,20	\$ 1,20
Esfero.	3	\$ 0,45	\$ 1,35
CD	3	\$ 0,50	\$ 1,50
Copias.	300	\$ 0,05	\$ 15,00
		Subtotal.	\$ 323,55
		Imprevisto 10%	\$ 32,36
		Total.	\$ 355,91

*Elaborado por: 3 Néstor A. Patiño S. (2020)*

### **13. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES Y ECONÓMICOS**

#### Impactos ambientales de las Bolsas Plásticas en el Medio Ambiente

En la actualidad, la producción y el consumo de plástico se ha convertido en un problema ambiental producto de la irresponsabilidad de la humanidad o de la cultura de usar y tirar, no solamente los desechos plásticos sino también cualquier desecho que se tenga la necesidad de deshacerse de la mano.

A la demanda incontrolada del uso de bolsas, botellas y derivados de plástico que van a parar a los vertederos, calles, ríos, lagos, mares, océanos, paisajes naturales e

impactando al medio ambiente que rodea y sobre todo a la biodiversidad acuática y terrestre causándoles graves atrapamientos e incluso la muerte en algunos casos.

Por tal motivo se siguen desarrollando investigaciones que cumpla con las expectativas de un desarrollo sostenible e intercambiar a la industria del plástico convencional a una industria moderna con materia prima renovales y minimizar una parte de la explotación de combustible fósil para la elaboración de distintos productos de venta en el mercado.

Es evidente en todo el mundo cada vez somos más, las personas que nos preocupamos por el medio ambiente. Cambiar nuestros hábitos es una buena forma de ayudar a nuestro planeta de manera positiva. Aunque aún no es suficiente, esperamos que algún día todos los humanos estemos encaminados hacia esta favorecedora labor.

La contaminación por desechos plásticos, los cuales han dejado grandes huellas de desastres naturales en los ecosistemas por todo el mundo, ha tenido gran impacto ambiental, económico y social en la población, ya que los desechos plásticos son comúnmente desechados en los medios acuáticos y terrestres poniendo en peligro la vida de la vida silvestre, los desechos plásticos llegan a los terrenos de sembríos dando un aspecto de mala higiene y por ende el comercio con ese producto decae, por lo tanto existe un impacto económico y social negativo.

Tras la búsqueda de nuevas alternativas al uso del plástico, en beneficio de la ecología, surge la aplicación del plástico biodegradable. Este material es versátil como el mismo plástico usual, se diferencia en que es amigable con el ambiente. Este plástico a diferencia de los plásticos convencionales a base de combustible fósil que se degrada alrededor de 500 a 1000 años según sus propiedades, el bioplastico se degrada alrededor de 90 a 180 días expuesto a condiciones ambientales como lluvia, sol etc. Este avance de bioplastico, en un futuro cercano será un producto del cual dependeremos día a día por salvar al mundo de una contaminación grave e irreparable.

El tema económico con la introducción del bioplástico no es rentable gracias a la tecnología que está presente que aborda el tema de bioplástico, por estudios en inicios el plástico biodegradable es más costoso que el plástico común por no ser una materia prima que este se produzca en cantidades enorme para su comercio ya que tiene otro tipo de procesos de producción que para otras actividades.

Por otra parte la aceptación de cierta población es positiva pero para la aceptación a nivel industrial es de amplio tema de contradicciones por motivos de una reducción de ingresos económicos por intercambio de productos químicos con productos naturales, las grandes industrias se verán afectadas en su comercio de plásticos convencionales dando paso a un desarrollo de plásticos biodegradables. En cambio la producción agrícola sumaría más trabajo, más ingresos económicos por necesitar productos como maíz, yuca, papa para producir biopolímeros.

## **14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **14.1 Conclusiones**

La materia prima que existe para la fabricación de los plásticos biodegradables, se clasifican según el origen que tienen, ellos pueden ser tanto de origen vegetal, microbiano, de compuestos azucarados; en este caso el más indicado es el de origen vegetal (el maíz), por su abundancia de almidón y tener amilopectina y amilasa esenciales para lograr biopolímeros naturales además excelente disponibilidad en diferentes partes de la tierra.

Se verificó que el almidón es un componente de gran importancia para la elaboración del Bioplástico, pues es responsable junto con otros componentes de afectar la consistencia, elasticidad y estabilidad de un biopolímero.

Las expectativas señalan que la investigación es relevante, viable más no rentable debido al tipo de tecnología utilizada. La tecnología del plástico biodegradable aún está en inicios y el producto biodegradable resulta más caro que los plásticos comunes ya

existentes pero indiscutiblemente es sostenible por la cantidad y calidad de materia prima utilizada.

## **14.2 Recomendaciones**

Se recomienda innovar en los procesos de producción para elaborar bandejas y plásticos degradables al 100 por ciento, de manera que sean óptimos usando menos recursos y que sean amigables con el ambiente. Asimismo, se recomienda la investigación y búsqueda continua de productos sustitutos de los plásticos convencionales, que se pueden obtener de distintos recursos.

Es recomendable difundir el uso de envases biodegradables ya que en la actualidad es notorio el incremento de enfermedades, el deterioro del factor biótico y abiótico gracias a la explotación de materias primas no renovables para elaboración de plástico convencional, además el incremento de consumo de plásticos hace que la población produzca grandes cantidades de basura plástica que llegan al mar y a las tierras productivas produciendo contaminación irreparable.

Se recomienda realizar un estudio de factibilidad comparando costos y beneficios para la construcción de una planta de envases biodegradables dando así un impulso al desarrollo sostenible con energías amigables con el ambiente.

## 15. BIBLIOGRAFÍA

Sprajcar, M., Horvat, P., & Krzan, A. (2012). BIOPOLYMERS AND BIOPLASTICS. *CENTRAL EUROPE*.

Arroyo, E., Herbert, F., & Ruiz., D. C. (2019). *Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo manihot esculenta crantz.*

Bastidas, C. G. (2015). *Identificación de áreas prioritarias para la conservación de razas de maíz en la sierra de Ecuador*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Bonilla Bolaños, A. G., & Tapia, D. A. (2019). La productividad agrícola más allá del rendimiento por hectárea: análisis de los cultivos de arroz y maíz duro en Ecuador. *Revista de Ciencias de la Vida* , 1-29.

Cajo, M., Angélica, K., & Méndez, M. B. (2019). *Impacto de prohibición de la utilización de plásticos no biodegradables en los estados financieros del sector comercial de productos plásticos en la ciudad de Guayaquil*. Guayaquil.

Castejón, L. E. (2015). *DETERMINACIÓN DE LA BIODEGRADABILIDAD DE TOXICIDAD DE LOS MATERIALES PLÁSTICOS*. Cartagena: etsil UPCT.

Castellon, H. (2015). *Plásticos oxo-biodegradables vs. Plásticos biodegradables:¿ cuál es el camino*. Corporación Americana de Resinas, CORAMER, CA.

Chaparro, & Jacqueline Agudelo, J. U. (2015). "Efecto de la Adición de dos Tipos de Almidones en las Propiedades Texturales de Queso Análogo.". *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 68.

Chariguamán, & Jimmy, A. (2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá.*

Cuello, Á. F. (2016). *Mejora de las propiedades de termoplásticos biobasados mediante el uso de refuerzos y aditivos y de su procesado mediante inyección y extrusión soplado*. España: Universidad De Zaragoza.

Dávila, J. L. (2014). *"Nuevos materiales: aplicaciones estructurales e industriales*.

Espinoza Ibarra, G. E. (2019). *Caracterización agromorfológica de dos líneas elites y un híbrido simple maíz amarillo duro adaptadas al trópico húmedo del Litoral ecuatoriano*. Babahoyo: BS thesis. .

Flores, S., & Francisco, D. (2017). *Degradación de materiales plásticos "PET"(polyethylene terephthalate), como alternativa para su gestión*. PUCE.

García Barrera, A. V. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz*.

García, S. (2017). *Contaminación por el plástico*. ELFINANCIERO.

Gil-Castell, Oscar, Valiente, J. D., & Greus, A. R. (2015). Recuperación de bioplásticos: presente y futuro." *Revista de plásticos modernos. Ciencia y tecnología de polímeros* , 15-20.

Guerra, & Espinoza, I. F. (2015). Efecto de inoculantes microbianos sobre las características químicas y fermentativas de ensilajes de maíz. *Revista ESPAMCIENCIA ISSN 1390-8103 6.1*, 15-21.

Guerrero Játiva, J. F. (2015). *Recetario De Platos Típicos A Base De Maíz A Través Del Uso De Utensilios*. Tabacundo.

Lopez, C. (2016). *Evaluación de la degradación ambiental de bolsas plásticas biodegradables*. informador tecnico .

Maldonado, Omar, & Roche, Y. (2017). *Evaluación de la degradación hidrolítica y la biodegradación de mezclas binarias con ácido poliláctico (pla) y diferentes tipos de*

*residuos plásticos." Trabajo Especial de Grado, Escuela de Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería, Universidad de Carabobo, Venezuela.*

Medina, & Jhonny. (2018). *Degradación hidrolítica y biodegradación de mezclas binarias de ácido poliláctico (PLA) con residuos plásticos.*

Miranda Villa, P. P. (2018). *Calidad nutricional y propiedades físicas de panes libres de gluten.*

Mouton, P. G. (2015). *Los nombres españoles del maíz." Anuario de Letras. Lingüística y Filología 24 .*

Núñez, M. L. (2018). *Desarrollo, evaluación nutrimental y nutracéutica de una botana horneada a partir de harina de maíz (Zea mays L.) nixtamalizado.*

Peraza, M., & Alejandra. (2017). *Estudio preliminar de la biodegradación de plásticos por bacterias marinas.*

Quiñones, A. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.* El Salvador: Escuela Especializada en Ingenier.

Quiñonez, A. V. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.* Santa Tecla, El Salvador: Escuela Especializada en Ingenier.

Rodríguez, A. (2015). *BIODEGRADABILIDAD DE MATERIALES BIOPLÁSTICOS. Ciencia y Tecnología de Alimentos, 69-72.*

Serrato, J. G. (2016). *DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO DEL PLÁSTICO - BOTELLAS SOBRE EL MEDIO.* CUNDINAMARCA: UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS.

Villada, C. P., Paz, S. P., Bolaños, P. A., & Samuel, H. (2016). "Efecto de aditivo masterbatch en película biodegradable de almidón termoplástico de yuca y ácido poliláctico." *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 110-118.

Villada, H. (2017). *biopoliMeros*.

Yusmary., E. (2017). Efecto del sistema labranza sobre la estructura y fracciones de carbono y nitrógeno del suelo y su impacto en el desarrollo del cultivo de maíz. *Revista de la Facultad de Agronomía de la Universidad del Zulia*, 34.

Zambrano, E. E. (2014). Interacción genotipo ambiente de híbridos de maíz bajo temporal en Manabí y Los Ríos, Ecuador. *Revista ESPAMCIENCIA*, 7-14.

Zeledón, G., Junniett, A., Suncino, V. d., & Martinez, O. A. (2017). *Estructura Productiva: Estructura, evolución y transformación productiva del maíz en Nicaragua para el periodo 2009-2013*. Diss. Managua: Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua,.

## 16. ANEXOS

### Anexo No. 1. Aval del Traductor



## CENTRO DE IDIOMAS

### *AVAL DE TRADUCCIÓN*

En calidad de Docente del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el Sr. Egresado de la Carrera de **INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE** de la **FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES: PATIÑO SOTAMBA NÉSTOR ALEJANDRO** cuyo título versa **“PROTOCOLO PARA OBTENCIÓN DE BIOPOLÍMEROS POR PLASTIFICACIÓN DE POLISACÁRIDOS PROVENIENTES DEL MAÍZ (ZEA MAYS) EN EL CENTRO DE EXPERIMENTACIÓN ACADÉMICA SALACHE (CEASA), EN EL PERIODO 2019-2020”**. Lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, octubre del 2020.

Atentamente,

Lic. Marcelo Pacheco Pruna Mg.

**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**

**C.C.050261735-0**



**CENTRO  
DE IDIOMAS**