

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

TEMA

Desarrollo de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja amarilla (*Citrus x paradisi Macfad*) y almidón de maíz (*Zea mays L.*)

AUTORA

Sheila Arlet Bastidas Mora

Componente Práctico de Examen Complexivo

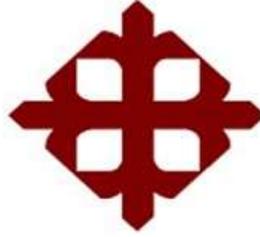
previo a la obtención del Título de INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TUTORA

Ing. Bella Crespo Moncada, M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

Mayo, 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Componente Práctico de Examen Complexivo fue realizado en su totalidad por **Bastidas Mora Sheila Arlet**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniera Agroindustrial**.

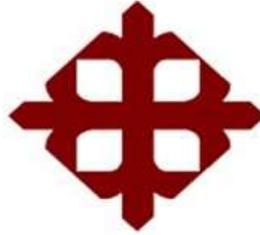
TUTORA

Ing. Bella Crespo Moncada, M.Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.

Guayaquil, a los 11 días del mes de mayo del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, Bastidas Mora Sheila Arlet

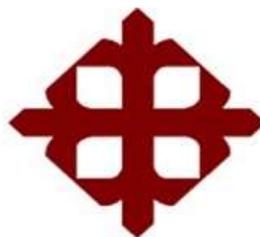
DECLARO QUE:

El presente Componente Práctico de Examen Complexivo, **Desarrollo de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja amarilla (*Citrus x paradisi Macfad*) y almidón de maíz (*Zea mays L.*)** previo a la obtención del Título de Ingeniera Agroindustrial, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría. En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Componente Práctico de Examen Complexivo.

Guayaquil, a los 11 días del mes de mayo del año 2022

AUTORA

Bastidas Mora Sheila Arlet



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

AUTORIZACIÓN

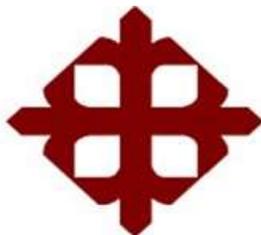
Yo, Bastidas Mora Sheila Arlet

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución de la propuesta del Componente Práctico de Examen Complexivo, Cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 11 días del mes de mayo del año 2022

AUTORA

Bastidas Mora Sheila Arlet



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Componente Práctico del Examen Complexivo, **Desarrollo de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja amarilla (*Citrus x paradisi Macfad*) y almidón de maíz (*Zea mays L.*)** presentado por el estudiante **Bastidas Mora Sheila Arlet**, de la carrera de **Ingeniería Agroindustrial**, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2022

Certifican,

Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.

Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.

Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTO

A mi querida familia, que son mis pilares fundamentales para afrontar cualquier dificultad que se presente.

A mi Novio, Luis Felipe, por su amor, paciencia y por su ayuda incondicional durante la realización de este proyecto.

A la Ing. Bella Cecilia Crespo Moncada, M. Sc. y a los profesores de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil por sus enseñanzas y orientación.

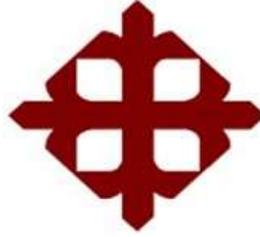
Sheila Arlet, Bastidas Mora

DEDICATORIA

A mi familia por todo lo que me han enseñado a lo largo de mi vida y seguiremos aprendiendo todo lo bueno y malo juntos.

Un apartado especial para mi hijo, a pesar de las adversidades me dio la fuerza necesaria para seguir logrando mis metas.

Sheila Arlet, Bastidas Mora



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Ing. Bella Cecilia Crespo Moncada, M.Sc.
TUTORA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph.D.
DIRECTOR DE CARRERA

Ing. Noelia Carolina Caicedo Coello, M.Sc.
COORDINADORA DE UTE



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

CALIFICACIÓN

Ing. Bella Cecilia Crespo Moncada, M.Sc.
TUTORA

INDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Hipótesis.....	4
2 MARCO TEÓRICO	5
2.1 Generalidades de la toronja (<i>Citrus x paradisi</i>).	5
2.1.1 Origen de la toronja	5
2.1.2 Taxonomía de la toronja	5
2.1.3 Producción de toronja en el Ecuador.	6
2.1.4 Composición física y química de la toronja.....	6
2.1.5 Cosecha de la toronja.	7
2.2 Generalidades del maíz (<i>Zean mays L.</i>).....	8
2.2.1 Origen del maíz	8
2.2.2 Taxonomía del maíz	8
2.2.3 Producción del maíz en el Ecuador.	9
2.2.4 Composición física y química del maíz.	10
2.3 Generalidades de la harina de cáscara de toronja	10
2.3.1 Harina de la cáscara de toronja.....	10
2.3.2 Caracterización de la cáscara de toronja.....	11
2.4 Generalidades del almidón de maíz	11
2.4.1 Almidón de maíz.	11
2.4.2 Caracterización del almidón de maíz.	12
2.4.3 Producción del almidón de maíz en el Ecuador.	12
2.4.5 Composición física y química del almidón de maíz.	12

2.4.5 Caracterización funcional del almidón.	13
2.5 Antecedentes de la contaminación provocada por plásticos	15
2.6 Producción de plástico a nivel mundial	16
2.7 El plástico en Ecuador.....	17
2.8 Situación del sector de los plásticos descartables en Ecuador	17
2.9 Biopolímeros	18
2.10 Mercado de bioplásticos.....	18
2.11 Biodegradación	19
2.11.1 Normativas para la biodegradación.	19
2.11. 2 Análisis de biodegradación.	20
2.11.3 Envases biodegradables.....	20
2.12 Característica mecánica	21
2.13 Costo – Beneficio.....	22
2.13.1 Costo de producción.....	22
3 MARCO METODOLÓGICO	23
3.1 Ubicación del ensayo	23
3.1.1 Condiciones climáticas.	23
3.1.2 Duración	23
3.2 Insumos, equipos y materiales	24
3.2.1 Insumos.	24
3.2.2 Equipos.....	24
3.2.3 Materiales.	24
3.3 Diseño de la investigación.....	24
3.4 Unidades de análisis	25
3.4.1 Población.	25
3.4.2 Muestreo.....	25
3.5 Técnicas para el procesamiento de la información	25

3.6 Factores de estudio	26
3.7 Unidades experimentales	27
3.8 Diseño experimental.....	28
3.8.1 Análisis de varianza.	28
3.8.2 Esquema de análisis de varianza con grados de libertad.	28
3.9 Variables para evaluar	29
3.9.1 Variable independiente.	29
3.9.2 Variable dependiente.	30
3.10 Variables para evaluarse.....	31
3.10.1 Variables cuantitativas: Físicas y químicas de la harina de cáscara de toronja y almidón de maíz.	31
3.11 Manejo del experimento	33
3.11.1 Proceso de elaboración de la harina de cáscara de toronja	33
3.11.2 Elaboración del plástico biodegradable.	35
4 DISCUSIÓN.....	37
5 RESULTADOS	39
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
6.1 Conclusiones.....	41
6.2 Recomendaciones.....	41
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la toronja.....	6
Tabla 2. Clasificación taxonómica del maíz.....	9
Tabla 3. Composición química del maíz.....	10
Tabla 4. Fórmula testigo para la elaboración del plástico biodegradable.....	26
Tabla 5. Formulación de diferentes combinaciones.....	27
Tabla 6. Esquema análisis de varianza con grados de libertad.....	28
Tabla 7. Variables para la elaboración de harina.....	29
Tabla 8. Plástico biodegradable.....	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de la toronja.....	7
Figura 2. Fórmula de amilosa	13
Figura 3. Capacidad de producción de bioplásticos	16
Figura 4. Locación del ensayo	23
Figura 5. Ingreso de datos al programa de Design Expert	26
Figura 6. Elaboración de la harina de cáscara de toronja.....	35
Figura 7. Elaboración del plástico biodegradable.....	36

RESUMEN

Los plásticos y sus derivados son productos de gran utilidad, como lo demuestra su uso en medicina, tecnología y la comodidad que aportan en muchas actividades cotidianas. El problema es para qué sirve y cómo se desecha después de su uso, que es el caso del plástico de los supermercados. Este trabajo busca desarrollar un plástico biodegradable eco amigable mediante el uso de materiales innovadores como lo es la cáscara de toronja con el propósito de reducir el impacto ambiental que las bolsas plásticas están causando en la actualidad. En la primera parte del proyecto se presenta el planteamiento del problema, el problema a investigar y las preguntas clave que permitan establecer los objetivos de investigación para dar solución a los problemas ambientales que se abordan, determinado se planteará la argumentación del proyecto en base a los análisis allí publicados. El objetivo de este trabajo será desarrollar un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja y almidón de maíz como una alternativa a la utilización del plástico, con la finalidad de evaluar la resistencia a la flexión y el tiempo de degradación. Los datos se evaluarán con el análisis de varianza; como variables independiente, factor A (cáscara de toronja) y factor B (almidón de maíz) (de 1.5 a 6.00 %) y un testigo (100 % de masa del plástico biodegradable) con una metodología basada en los autores Artega, Sierra y Cole. Se utilizará un diseño completamente aleatorio (DCA) con 8 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 24 muestras. Para la selección de la formulación se considerarán los mejores resultados de las propiedades mecánicas y de biodegradabilidad. El análisis costo/ beneficio demostrará la viabilidad del proyecto.

Palabras claves: Plásticos, utilidad, factibilidad, materiales biodegradables, degradación.

ABSTRACT

Plastics and their derivatives are highly useful products, as evidenced by their use in medicine, technology and the comfort they provide in many daily activities. The problem is what it is for and how it is disposed of after use, which is the case with plastic from supermarkets. This work seeks to develop an eco-friendly biodegradable plastic through the use of innovative materials such as grapefruit peel in order to reduce the environmental impact that plastic bags are currently causing. In the first part of the project, the problem statement is presented, the problem to be investigated and the key questions that allow establishing the research objectives to solve the environmental problems that are addressed, determined the argumentation of the project will be raised based on the analysis published there. The objective of this work will be to develop a biodegradable plastic based on grapefruit peel flour and corn starch as an alternative to the use of plastic, in order to evaluate the flexural strength and degradation time. The data will be evaluated with the analysis of variance; as independent variables, factor A (grapefruit peel) and factor B (corn starch) (from 1.5 to 6.00%) and a control (100% mass of biodegradable plastic) with a methodology based on the authors Artega, Sierra and Cole. A completely randomized design (DCA) with 8 treatments and 3 repetitions with a total of 24 samples will be used. For the selection of the formulation, the best results of the mechanical properties and biodegradability will be considered. The cost/benefit analysis will demonstrate the feasibility of the project.

Keywords: Plastics, utility, feasibility, biodegradable materials, degradation.

1 INTRODUCCIÓN

El plástico es intrínsecamente no biodegradable, dañino y no desaparece de la vista después de su uso. Hoy en día, todas las partes del mundo están gravemente contaminadas a tal punto que en muchos países han tomado medidas gubernamentales para proteger el medio ambiente; por esta razón, la gente busca alternativas para obtener plásticos a partir de productos obtenidos de vegetales (Barragán, 2018).

El aumento de la producción de derivados del petróleo y la subida de los precios de esta materia prima no renovable han propiciado en los últimos siglos la demanda de un producto alternativo y menos contaminante. Se busca cambiar la composición del plástico convencional utilizando nuevas alternativas tecnológicas y de procesamiento, así surgió el bioplástico, cuyo desarrollo está orientado a reducir el impacto negativo de la producción sobre el medio ambiente y de las personas.

Debido a toda la contaminación generada, se ha impulsado la búsqueda de agentes formadores de plástico biodegradable como fuente de conservación y reciclaje, abriendo oportunidades innovadoras para el desarrollo de productos biodegradables y nuevos aprendizajes en el campo del packaging. Se ha investigado el uso de bioplástico elaboradas a partir de polímeros naturales como cáscaras de los frutos, almidón y residuos agroindustriales como la cáscara de naranja (Tester, 1991).

El almidón es un polisacárido complejo almacenado en forma de gránulos con varios tamaños, composiciones químicas y propiedades físicas. Es una estructura semicristalina compleja y muy ordenada que consiste en los polímeros de glucosa amilosa se sintetiza en la matriz de amilopectina. De su uso como material polimérico se pueden distinguir dos aplicaciones diferentes:

como sustrato polimérico en forma de almidón termoplástico y como nanofibra en forma de nano cristales (Salazar, 2017).

Se utiliza para producir almidón porque constituye alrededor del 70 %. Por lo tanto, tiene sentido utilizar plásticos como alternativa al petróleo y sus derivados cuando se utilizan plásticos como recursos no renovables (Abedinifar, 2009).

En un estudio detallado de bioplásticos elaborados a partir del almidón de maíz, los resultados muestran que estos plásticos pueden competir con los plásticos derivados del petróleo por su calidad y propiedades físicas, así como por su corto tiempo de descomposición, de unos 3 meses según la fuente de la que proviene.

La toronja es el fruto cítrico obtenida del árbol del pomelo dulce (*Citrus x paradisi*) es un árbol de cítricos de la familia Rutaceae, cultivado por su fruta o pomelo. Es un cruce entre pomelo y naranja dulce (*Citrus x sinensis*), posiblemente espontáneo. Se hará uso de la cáscara de la toronja debido a su alto contenido de limoneno, para formar un policarbonato, reemplazando al bisfenol es menos tóxico y más sostenible, según Madrigal y López (1996).

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Desarrollo de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja amarilla (*Citrus x paradisi Macfad*) y almidón de maíz (*Zea mays* L.)

1.1.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar física y químicamente la cáscara de toronja amarilla.
- Proponer la metodología para la obtención de la harina a partir de la cáscara de toronja.

- Identificar las características físicas y químicas de la harina de cáscara de toronja amarilla.
- Determinar el mejor tratamiento para la obtención del material del plástico biodegradable.
- Caracterizar físicamente la mejor combinación del plástico biodegradable.
- Estimar costo/ beneficio del producto obtenido.

1.2 Hipótesis.

H0: ¿No es viable el diseño de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja y almidón de maíz?

H1: ¿Es viable el diseño de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja y almidón de maíz?

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades de la toronja (*Citrus x paradisi*).

2.1.1 Origen de la toronja

El líder mundial de la producción de toronja es Estados Unidos, produciendo 1.5 millones de toneladas al año; es un híbrido entre naranja dulce y pomelo. La "x" en el nombre científico (*Citrus x paradisi*) indica su origen híbrido. Se estableció en Barbados en la década de 1850 y el árbol de pomelo suele medir entre 5 y 20 m (16-20 pies) de altura, aunque puede crecer hasta 15 m (50 pies) de altura (Alata, 2014).

2.1.2 Taxonomía de la toronja

La toronja o pomelo es una planta que crece en climas subtropicales, aunque también hay cultivos que crecen en temperaturas más frescas, en este caso el ciclo de maduración dura 13 meses más que el tradicional siete meses obligatorios en los meses subtropicales, según Zou, Xi, Nie y Zhou (2015).

La piel de la fruta se vuelve más gruesa y ácida. El árbol de pomelo es un neutrófilo, y aunque tolera bien cualquier tipo de condición del suelo, un exceso de nitrógeno o un exceso de nutrientes como el cobre y el zinc pueden afectar negativamente el desarrollo de la fruta, según Vélez, Álvarez y Alvarado (2012).

En la tabla 1 se muestra la clasificación de la toronja.

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la toronja

Toronja amarilla	
Familia	Rutáceas
Género	Citrus
Especie	Citrus x paradisi
Tribu	Citreae
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales

Fuente: Rojas (2007)

Elaborado por: La Autora

2.1.3 Producción de toronja en el Ecuador.

La toronja es un árbol de cítricos y se puede cultivar en muchos suelos diferentes, uno de los principales es ligeramente ácido y arenoso, agregando cal, esta combinación en última instancia es beneficiosa para el crecimiento y el desarrollo del árbol, según Chrivi y Palencia (2018).

En el mercado interno, la producción de toronja la maneja en parte Manabí con 8.900 toneladas, seguida de Guayas con 7.000 toneladas y Esmeraldas con 3.800 toneladas métrica, según el reporte del Ministerio de Agricultura (2011).

2.1.4 Composición física y química de la toronja.

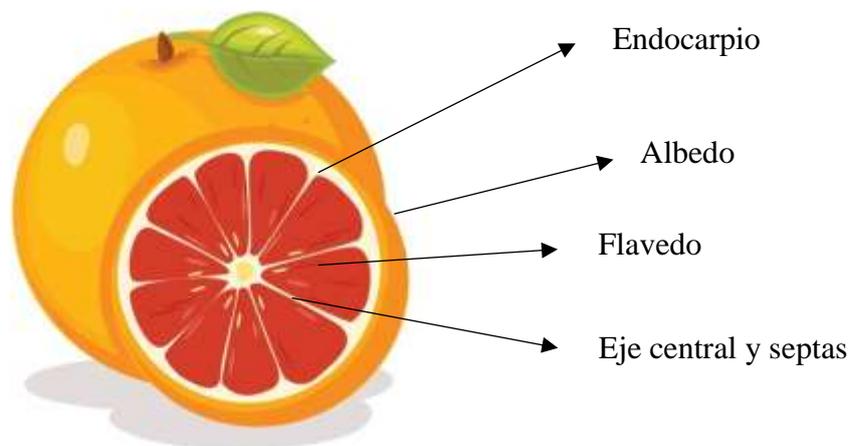
Los cítricos acumulan compuestos bioactivos en la mayoría de las frutas. Los más representativos son las cumarinas, los flavonoides, los flavonoides libres y/o glicosilados y algunos compuestos volátiles como los terpenos, responsables de las propiedades aromáticas de los cítricos. Este tipo de moléculas bioactivas son componentes no

nutricionales que se encuentran en diversas fuentes naturales, principalmente en vegetales y frutas, según Ortuño y Gómez (2006).

Los constituyentes químicos presentes en los cítricos son de gran interés para la investigación físico-médica, bioquímica y organoquímica, muy importantes desde el punto de vista farmacológico y alimentario, debido a su naturalidad. Se ha demostrado que tienen un impacto directo en el ser humano (Gómez, 2016).

En la figura 1 se muestra las partes de la toronja.

Figura 1: Partes de la toronja



Fuente: Blanco (2015)

Elaborado por: La Autora

2.1.5 Cosecha de la toronja.

El tiempo de cosecha se alcanza cuando más de 2/3 de las vainas son amarillas. La recolección es manual y se puede realizar recogiendo con cuidado para no estropear el fruto. La toronja no está madura después de cortarla del árbol, debe cosecharse cuando está madura, lista para que pueda ser consumida (Remirez, 2007).

2.2 Generalidades del maíz (*Zean mays* L.).

2.2.1 Origen del maíz

Anteriormente, la mayoría de los historiadores creían que la domesticación del maíz tuvo lugar en los valles de Tehuacán (Puebla) y Oaxaca, Los olmecas y los mayas cultivaron varios tipos de maíz en América Central y lo procesaron hirviéndolo y triturándolo (García, 2011).

Para los mayas el maíz era la base de su cultura. Simboliza su alimentación diaria e incluso forma parte de su mitología. (Cuadra, 1998). En el Popol Vuh, el maíz era un símbolo especial de los pueblos indígenas mesoamericanos y era considerado la principal materia prima de los dioses para construir al hombre (López, 2010).

El maíz se ha extendido a otras partes del mundo debido a su capacidad para crecer en diferentes climas; la variedad rica en azúcar conocida como maíz dulce se cultiva comúnmente como cereal para consumo humano, mientras que la variedad de maíz de campo se utiliza como forraje para la producción de derivados alimentarios para consumo humano (harina, masa, aceite y alcohol por fermentación) y productos como el almidón (Brown, 1986).

2.2.2 Taxonomía del maíz

Como todas las especies, el maíz viene en muchas variedades según varios criterios: composición del endospermo y la semilla, color, medio de crecimiento, madurez y uso. Desde una perspectiva económica, lo más importante es el maíz firme (Acosta, 2009). A nivel general, se pueden distinguir seis variedades de maíz del resto: Palomero Toqueño (del que se derivan todas las variedades de palomitas de maíz), Chapalote Nal-Tel Complex el precursor de

muchas variedades de maíz de México, Colombia y América latina Américas (Agronet, 2011).

En la tabla 2 se muestra la clasificación taxonómica del maíz.

Tabla 2. Clasificación taxonómica del maíz

Maíz	
Familia	Gramineae poaceae
Género	Zea
Especie	Zea mays L.
Clase	Liliopsida (Monocotiledoneae)
Tribu	Maydeae
Subfamilia	Panicoideae

Fuente: Guan (1993)

Elaborado por: La Autora

2.2.3 Producción del maíz en el Ecuador.

El maíz de oro amarillo en Ecuador es uno de los productos agrícolas más importantes de la economía nacional. Este es el principal material para el desarrollo de alimentos concentrados (sostenible), para animales, especialmente aves comerciales, esta es una de las actividades más dinámicas del sector agrícola, según Chrivi y Palencia (2018).

En Ecuador, el estado de Los Ríos Ventanas tiene una superficie de más de 200.000 hectáreas y produce cerca de 1.2 millones de toneladas de maíz. La producción se ha mantenido estable en los últimos tres años, con incrementos en Loja, Los Ríos y Santa Elena.

2.2.4 Composición física y química del maíz.

Méndez, Solarza, Velásquez y Gómez (2005) mencionan que las propiedades físicas del maíz dependen de la variedad, por lo que las densidades van de 74.03 a 80.52 kg hL⁻¹, el espesor de la piel es de 0.09 µm y para el índice de flotación la norma NMX-FF 0341 SCFI (2002) especifica un máximo de 40 % (Salazar, 2017).

En la tabla 3 se muestra la composición química del maíz.

Tabla 3. Composición química del maíz

Composición química	Porcentaje
Almidón	70 - 75 %
Proteína	8 – 10 %
Aceite	4 – 5 %
Humedad	14 %

Fuente: Anagnostopoulou (2006)

Elaborado por: La Autora

Las propiedades físicas y químicas del maíz integral saludable pueden variar ampliamente según la variedad o el maíz híbrido utilizado. Estas propiedades también están influenciadas por el manejo agronómico y ambiental, así como por las condiciones de secado y almacenamiento (Novillo, 2003).

2.3 Generalidades de la harina de cáscara de toronja

2.3.1 Harina de la cáscara de toronja.

La cáscara tiene muchos beneficios para la salud, las personas que cosumen toronja descartan la piel del fruto principalmente porque

tiene un sabor amargo, pero la mayoría de los nutrientes que contienen estos cítricos se encuentran principalmente en su exterior, la cual tiene un importante efecto curativo en el organismo (Noriega, 2012).

2.3.2 Caracterización de la cáscara de toronja.

La cáscara tiene aproximadamente el 90 % del peso de la fruta fresca; solo el 10 % representa el volumen del fabricante utilizado en la industria. Desde la concha, puede obtener un tipo de polvo con una constitución de bajo contenido en grasas, de hilo alto y compuestos fenólicos que pueden ser útiles para la salud. El reconocimiento de elementos fisiológicos, químicos y morfológicos en el aprovechamiento de los desechos vegetales, se ha convertido en un área de investigación en desarrollo (Bello, 2012).

Las cáscaras de las frutas son la principal fuente de antioxidantes naturales, por lo que el uso de estos subproductos se propone como una fuente de materias primas que pueden ser de pectina, antioxidantes, fibra, gravamen de alía (Saavedra, 2012).

2.4 Generalidades del almidón de maíz

2.4.1 Almidón de maíz.

Procedente de los países de la Unión Europea, el almidón es un producto vegetal natural y tiene muchos usos que van desde uso doméstico hasta uso industrial (Agama, 2006).

Se obtiene triturando el tejido interno del maíz seco, los beneficios son muchos, aunque comúnmente se usa como espesante. Se considera un carbohidrato complejo porque es una fuente lenta y prolongada de glucosa. Además, se puede utilizar para plásticos biodegradable(Paredes, 2005).

2.4.2 Caracterización del almidón de maíz.

Es un constituyente principal del maíz (*Zea mays* L), y las propiedades físicas, químicas y funcionales de este polisacárido están íntimamente relacionadas con su estructura. El almidón se compone de dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. Estas moléculas están dispuestas en anillos concéntricos, creando una estructura granular (Agama, 2006).

2.4.3 Producción del almidón de maíz en el Ecuador.

Como fuente principal de almidón y aceite para cocinar, el maíz se usa en muchos alimentos refinados y procesados. El maíz es la fuente del 90 % del almidón consumido en los Estados unidos (Pérez, 2022). Los productos de maíz individuales son copos de maíz, palomitas de maíz y similares. El maíz es un cultivo de verano que se cultiva en ambos hemisferios. Se siembra en agosto y septiembre y se cosecha en marzo, abril o mayo (Balbi, 2016).

En Ecuador, el cultivo del maíz tiene una gran importancia económica y social por su aporte a la alimentación humana y la creciente necesidad de producción de alimentos balanceados para el ganado (Bonilla, 2016).

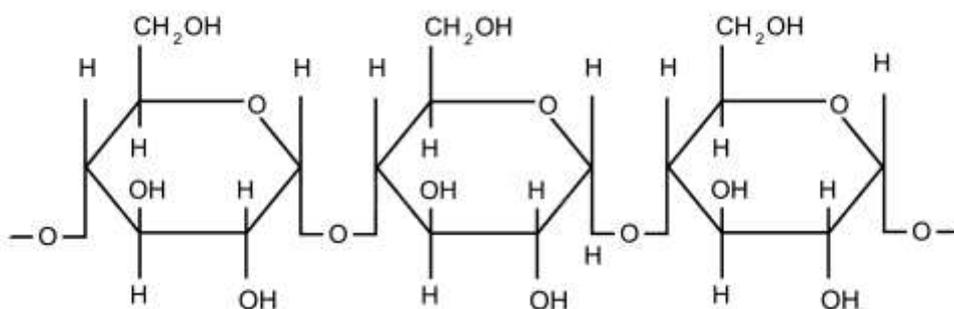
2.4.5 Composición física y química del almidón de maíz.

El principal componente químico de los granos de maíz es el almidón que constituye el 73 % de la masa de los granos de maíz. Otros tipos de carbohidratos incluyen azúcares simples en forma de glucosa, sacarosa y fructosa, que se encuentran en el 3 % de los granos (Ellis, 1998). El almidón se compone de dos polímeros de glucosa: amilosa y amilopectina. La amilosa es la molécula lineal básica de las unidades de glucosa y constituye el 28 % del almidón (Belitz, 1997). El polímero de amilopectina también está compuesto por unidades de glucosa, pero en forma ramificada constituye el 74 % de almidón. La composición del almidón depende de los genes (Salinas, 2021).

Estructuralmente, el almidón se compone de dos polisacáridos químicamente distinguibles: amilosa y amilopectina. La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa enlazadas que modifican su comportamiento frente a los procesos de degradación e intervienen en la determinación de las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón (Lindeboom, 2004).

En la figura 2 se muestra la fórmula de amilosa.

Figura 2. Fórmula de amilosa



Fuente: García (2018)

2.4.5 Caracterización funcional del almidón.

Las principales características funcionales del almidón son:

- Gelatinización

La temperatura de la gelatinización del almidón modificado es de 68 a 72 °C, que es más alta que la temperatura nativa, lo que significa que aumenta después del proceso catiónico. Esta variedad es menor, además es la variedad con mayor grado de desnaturalización y mayor DS (Moposita, 2020).

- Eficiencia de la reacción

Los factores examinados, temperatura de reacción, tiempo de reacción y tipo de almidón no tuvieron efecto significativo sobre el grado de biodegradación. La biodegradación es parte del ciclo de vida natural. Cuando los organismos vegetales y animales mueren, los microorganismos presentes en todo el ambiente se alimentan de materia orgánica a través de procesos de biodegradación y liberan agua y dióxido de carbono a la atmósfera, completando el ciclo de vida. La temperatura de gelatinización del almidón modificado se convierte en un factor limitante variable en rangos de 68 a 72 °C. La biodegradación es parte del ciclo de vida natural. Cuando los organismos vegetales y animales mueren, los microorganismos presentes en todo el ambiente se alimentan de materia orgánica a través de procesos de biodegradación y liberan agua y dióxido de carbono a la atmósfera, completando el ciclo de vida. La temperatura más alta, puede ilustrar mejor el efecto de este factor, ya que una forma eficaz de acelerar la reacción de los epóxidos (EPTAC) con el polisacárido es aumentar la temperatura de la reacción de epoxidación (Moposita, 2020).

- Solubilidad y poder de hinchamiento

El régimen de solubilidad y resistencia del almidón se basará en modificaciones del método original de Schoch y especificará que el almidón tendrá una capacidad de hinchamiento de 58 g de agua, 17 % de amilosa de almidón a 90° (Guaminga, 2020).

Las fórmulas para la obtención son las siguientes:

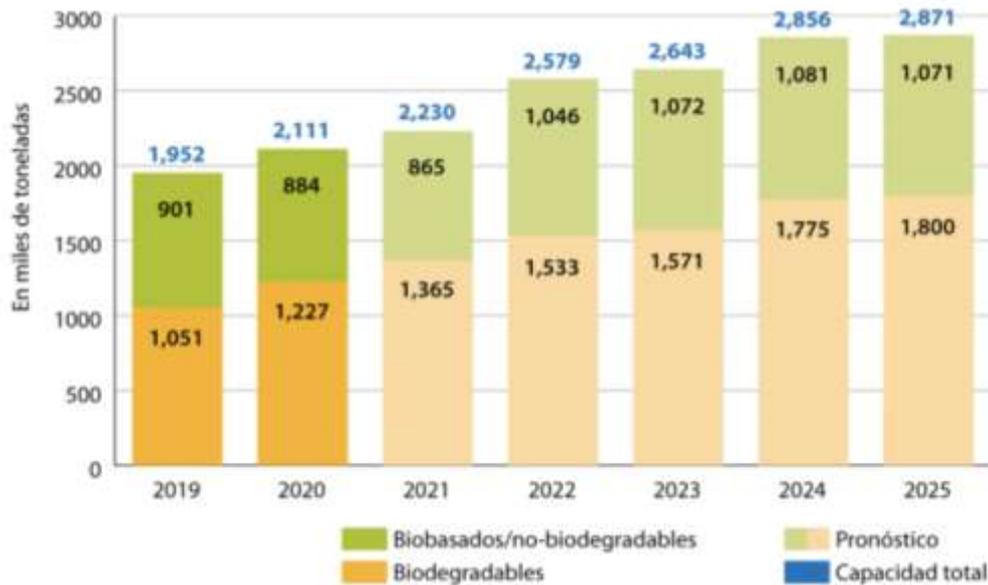
$$\text{IAA} = \frac{\text{Pg (g)}}{\text{Pm(g) bs}}$$

$$\text{Poder de hinchamiento} = \frac{\text{Pg (g)}}{\text{Pm (g)bs} - \text{Ps(g)}}$$

2.5 Antecedentes de la contaminación provocada por plásticos

La contaminación por plástico es un problema bien conocido, pero sorprende que cada día lleguen más noticias sobre la gravedad del problema del plástico. Ciertamente podemos decir que después del cambio climático, el problema en el medio ambiente es el problema más grave de nuestro tiempo. Tanto así que los científicos ya no dudan en llamar a esta era geológica la era plástica (Velasco, 2012).

El plástico puede contaminar el medio ambiente de muchas maneras y medios. Los residuos plásticos generados por la sociedad pueden ser reciclados, depositados en vertederos, quemados o vertidos directamente al medio ambiente. Los micro plástico que persisten en la naturaleza, se descomponen gradualmente y se convierten en micro plásticos que pueden persistir en el suelo, ser arrastrados por el viento o llegar a ríos, lagos y océanos. Además, algunos plásticos terminan directamente en el mar (perdida de redes de pesca) y aguas residuales de barcos y pesquerías (Ortiz, 2012).



2.6 Producción de plástico a nivel mundial

La mayor parte del plástico se utiliza para fabricar envases, es decir, productos de un solo uso. Especialmente en Europa, la demanda del plástico utilizado en los envases fue del 40 % en el 2016. Estos envases se convertirán entonces en los objetos de plástico que a menudo vemos en el medio ambiente, destruyendo el ecosistema marino tailandés (Montoto, 2017).

La producción mundial de plástico aumento un 0.3 % en el 2020 debido a la pandemia del nuevo coronavirus un fenómeno registrado solo 3 veces desde la Segunda Guerra Mundial. En total el planeta produce 367 millones de toneladas de plástico, China produjo una cuarta parte del plástico del mundo y ahora produce una ter cera parte del mundo. Entre 2010 y 2021. En América latina, la participación de la producción mundial se ha mantenido prácticamente sin cambios: del 4 % en el 2010 (Suarez, 2019).

En la figura 3 se muestra la capacidad de producción de bioplásticos.

Figura 3. Capacidad de producción de bioplásticos

Fuente: European Bioplastic (2017)

Elaborado por: La Autora

2.7 El plástico en Ecuador

El plástico y sus productos son uno de los ingredientes principales en la vida diaria. Por la facilidad de trabajo de este material y sus diversas funciones, es un insumo indispensable en la producción y parte de los electrodomésticos. También se utiliza en diversas actividades de la economía general. Si bien existe una tendencia a limitar el consumo de estos productos, debido a su impacto en el medio ambiente, principalmente su disposición, ya que siguen siendo de importancia para el desarrollo de la actividad social (Anbari, 2019).

En Ecuador, la industria del plástico es importante, no solo por su importancia en la economía, sino también por su asociación con otras actividades. Las influencias y dinámicas de la industria nos impulsaron a analizarla, desde la producción, desarrollo y participación en la economía nacional (Rivas, 2015).

2.8 Situación del sector de los plásticos descartables en Ecuador

Actualmente, la industria del plástico abastece a la industria comercial, automotriz, agrícola, alimenticia. También exporta a Centroamérica y Estados Unidos. Enfrenta desafíos en innovación, generando empleo y exportaciones. Está compuesta por unas 600 empresas, las cuales el 5 % son empresas manufactureras ubicadas en Guayaquil (Orellana, 2015).

El reciclaje, la incineración y el vertido son algunas de las formas de gestionar todo tipo de residuos, sin embargo, algunos residuos, como los envases que se utilizan para proteger los productos a los que llamamos envases, es uno de los residuos plásticos más problemáticos ya que muchas

veces se utilizan una sola vez y es común en los residuos, además es complicado de reciclar por la presencia de aditivos (Armijos, 2018).

2.9 Biopolímeros

Los envases son una herramienta muy útil para guardar cosas, especialmente alimentos, protegiéndolas de golpes y calor, también actúan como barrera al oxígeno y al vapor de agua, alargando su vida útil y preservando su sabor, la mayoría de ellos provienen de hidrocarburos no biodegradables. Los biopolímeros son macromoléculas que se sintetizan químicamente mediante procesos biológicos a partir de monómeros naturales. De esta forma, los llamados plásticos biodegradables, una vía de innovación muy prometedora en materiales de embalaje. Mientras que los plásticos son polímeros derivados del petróleo, los biopolímeros son de origen natural ya sea químico o microbiano (Campuzano, 2018).

Es importante destacar que son biodegradables, la industria relacionada con la producción de envases, embalajes y envases para alimentos está experimentando un gran crecimiento gracias al uso de polímeros naturales y sintéticos biodegradables (Adnan, 2019).

Los polímeros biodegradables se dividen en categorías, la primera que proviene de animales y plantas. Estos incluyen fibra, gluten, caseína y almidón. Algunos son tradicionales y se han usado todo el tiempo en las coberturas de las salchichas siguen siendo recipientes (Cuevas, 2017).

2.10 Mercado de bioplásticos

La importancia de los bioplásticos radica en los materiales derivados de las materias primas de origen vegetal tales como la papa, cascara de frutos, soja, coco y maíz. Los Bioplásticos se dividen en plásticos biodegradables y no biodegradables para aplicaciones en embalaje, transporte y productos de consumo (Mali, 2007).

Debido a sus propiedades, los agentes formadores de biopelículas dominarán el mercado en términos de valor. Los polímeros biodegradables son compuestos de alto valor molecular que otros microorganismos pueden descomponerse de forma natural en el medio ambiente con su periodo de tiempo. Este proceso se obtendrán subproductos naturales como agua, gases, sales inorgánicas y biomasa (Aimplas, 2014).

2.11 Biodegradación

La biodegradación es parte del ciclo de vida natural. Cuando los organismos vegetales y animales mueren, los microorganismos presentes en todo el ambiente se alimentan de materia orgánica a través de procesos de biodegradabilidad, liberan agua y dióxido de carbono a la atmósfera, completando el ciclo de vida. (Ballesteros, 2012).

Los plásticos biodegradables tienen nuevas estructuras químicas que deben tratarse como nuevos materiales algunos de los cuales tienen biodegradabilidad adicional, permitirá proponer nuevos métodos de aprovechamiento (Aimoto, 2007).

2.11.1 Normativas para la biodegradación.

La norma ASTM D6400 (2012) y ASTM D5338-98 (2003) de los Estados Unidos define que un polímero biodegradable como un material que se pueden descomponer los microorganismos en dióxido de carbono, componentes inorgánicos, agua y biomasa. Los polímeros son materiales que también pueden biodegradarse en el medio del compostaje (Eiras, 2007).

Es importante entender que se requieren ciertas condiciones ambientales que se produzca la biodegradación como determinación de rendimiento, pH y humedad, sin estas condiciones no se producirá.

2.11. 2 Análisis de biodegradación.

Estados Unidos: La norma ASTM D4102-82 (2015), modificada por Sirakushaa y Pietro (2008), establece un análisis de biodegradación que evalúa la degradación de los materiales al ser expuestos a la intemperie; Pérdida de peso basada en porcentaje biodegradable en seis semanas. La norma ASTM D5338-98 (2003) establece la determinación aeróbica de los materiales convencionales, una norma para medir la degradación (Pacheco, 2014).

El propósito de esta norma es definir los plásticos y los productos, elaborados con ellos, están marcados como degradables. Además, se comprueba según la norma (NTE INEN 2643, 2012). Calculando la biodegradación a una tasa compatible con el material que se está compostando, son necesarios para establecer que la degradación de estos materiales no reducirá la calidad y el valor del compost resultante.

2.11.3 Envases biodegradables

El material del empaque más común utilizado es el plástico, que es fácil de fabricar, pero igual tienen algunas consecuencias ambientales, como la degradación a largo plazo y corto plazo, la destrucción de los ecosistemas naturales. Estos envases eliminan muchos de los problemas causados por los envases de plástico. Cuando las latas de metal se utilizan para alimentos y otros artículos a menudo requieren películas o insertos de plástico para proteger el interior del aire (Griffin, 1969).

En los últimos años, los envases no biodegradables han comenzado a integrarse para reemplazar los envases convencionales. Estos envases

biodegradables se fabrican utilizando agentes formadores de biopelículas, que se encuentran en organismos vivos como celulosa y las proteínas (Perry, 2014).

Existen evidencia del uso de la cascara de cítrico en el desarrollo de biopolímeros como es el caso de la utilización de la cascara de naranja en la producción de una lámina biodegradable, con la finalidad de utilizar los residuos del sector naranjero y disminuir la contaminación del ambiente al desarrollar un plástico biodegradable, es decir un envase amigable con el ambiente (Melendrez, Sofía y Maldonado, 2021).

En la fabricación de biopolímeros a partir de pectina alginato y polímeros de agave, utilizaron los ingredientes de las materias primas molidos, para obtener una mezcla uniforme y compacta debido a la homogeneidad de las partículas en la masa, dando como resultado un bioplástico capas de soportar mas de siete N de fuerza y una solubilidad media al agua, esto se debe a que en su formulación contiene glicerina (Arteaga y Zavala, 2018)

2.12 Característica mecánica

Concentración pérdida (degradación física): los materiales deben distribuirse en un 60 a 90 % en partes pequeñas (generalmente 2 x 2 mm) El estándar se ordenará hasta 12 semanas (Guilbert, 1998).

Descomposición (degradación química): correspondiente al nivel de conversión de carbono orgánico en CO₂ en la etapa especificada en la norma. La mayoría de los estándares determinan el compost industrial debido al 90 % de degradación en 180 días a 58 °C (NTE INEN 2640, 2012).

Dureza: Según la norma (UNE-EN ISO 868) Una de las propiedades mecánicas de los materiales es la dureza basada en la resistencia

proporcionada a la distorsión o tira o penetración; esta prueba ayuda a determinar las especificaciones del producto, hechas con esta norma.

2.13 Costo – Beneficio

2.13.1 Costo de producción.

Los costos de producción están vinculados a estos costes necesarios y no incluyen otros costes como los costes de financiación. Por lo general, incluye materias primas y suministros, mano de obra directa e indirecta y otros costos generales, como depreciación, alquiler o honorarios de consultoría (Zapata, 2016).

El precio unitario se calcula dividiendo el costo total por las unidades producidas. Cuando los tenemos todos, los sumamos y calculamos el costo unitario total de producción. La diferencia entre el precio de venta y este costo es la utilidad bruta unitaria o ganancia bruta. Multiplique por la producción para obtener el beneficio bruto de la empresa. Después de calcular los resultados financieros, obtenemos la ganancia neta (García, 2015).

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo

El presente Trabajo se llevará a cabo en el laboratorio de lácteos de la Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, coordenadas 2°10'59.81" S y 79°54'11.84" O.

Figura 4. Locación del ensayo



Fuente: Google Earth Pro (2022)

3.1.1 Condiciones climáticas.

En la ciudad de Guayaquil, la estación lluviosa es muy calurosa, nublada y nublada, mientras que la estación seca es calurosa, cansada y parcialmente nublada. Las temperaturas suelen oscilar entre 20 y 32 °C durante todo el año, y rara vez bajan de los 19 °C o superan los 34 °C (Weather Spark, 2021).

3.1.2 Duración

La investigación se realizará después de su aprobación y tendrá una duración de cuatro meses.

3.2 Insumos, equipos y materiales

3.2.1 Insumos.

- Almidón de maíz
- Cáscara de toronja
- Agua destilada
- Glicerina
- Vinagre

3.2.2 Equipos.

- Cuchillo
- Licuadora
- Horno
- Balanza analítica
- Olla
- Cuchara de palo

3.2.3 Materiales.

- Termómetro
- Tamizador
- Papel aluminio
- Moldes de acero
- Moldes de silicón

3.3 Diseño de la investigación

El diseño es experimental mediante la introducción de cambios o alteraciones intencionales a ciertos factores para comprender los efectos de estos factores en los sujetos de estudio, por lo que este método se utiliza en experimentos en el laboratorio o en el campo (Cabarcas, 2012). Con base en la suposición anterior, el estudio utilizará la variable dependiente e independiente (producción de bioplásticos) en este estudio de la harina de

cáscara de toronja (*Citrus x paradisi*), enriquecida con almidón de maíz (*Zean mays* L.) para observar si afecta a las propiedades físico y químicas de los bioplásticos.

Esta innovación en plásticos renovables y/o biodegradables es de gran interés para la industria del plástico, el público y el sector agrícola, ya que permite exportar sus productos a campos distintos al agrícola. El campo de los productos agrícolas y alimentos, ampliando las oportunidades de negocio (Tester, 1991).

3.4 Unidades de análisis

3.4.1 Población.

En esta investigación se seleccionará como población la cáscara de toronja la cual será obtenida de los desechos agroindustriales de las industrias de producción de alimentos ubicada en la ciudad de Guayaquil y el almidón de maíz será comprada en el supermercado de la ciudad.

3.4.2 Muestreo.

El muestreo será no probabilístico ya que los tratamientos se eligen al azar, es decir, las muestras se seleccionarán de acuerdo con las restricciones establecidas de cada ingrediente, la cáscara de toronja y el almidón de maíz se procesarán en resina y se someterán a las propiedades físicas y químicas. La investigación se realizará dentro del presupuesto establecido por los investigadores, lo que sería una opción viable para realizar la investigación y lograr los resultados deseados.

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

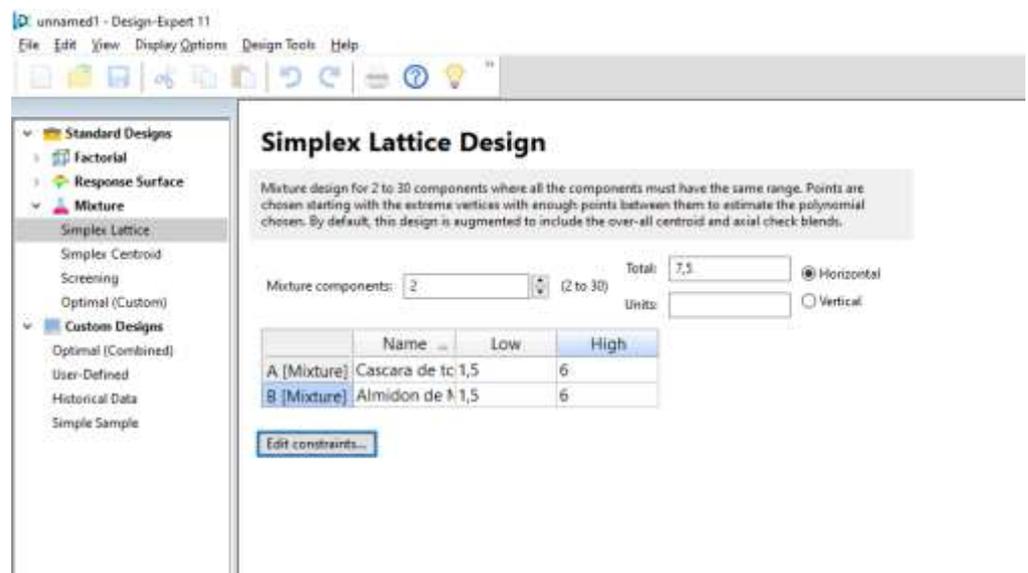
La información obtenida del análisis se procesará utilizando los programas Excel, Design Expert e Infostat para facilitar la información.

3.6 Factores de estudio

Los factores ensayados se tomarán en cuenta a partir de la fórmula de control que se muestra en la Tabla 4, la cual sufrirá diferentes cambios en las proporciones de cáscara de toronja y almidón de maíz para evaluar la calidad y biodegradabilidad de los productos plásticos.

En la figura 5 muestra la captura de pantalla del ingreso de los rangos al programa de Design Expert con un total de 7.5 %.

Figura 5. Ingreso de datos al programa de Design Expert



Fuente: Design Expert

La tabla 4 muestra la fórmula testigo del plástico biodegradable.

Tabla 4. Fórmula testigo para la elaboración del plástico biodegradable.

Ingrediente	%
-------------	---

Cáscara de toronja	1.52
Almidón de maíz	5.36
Vinagre blanco	0.09
Agua destilada	87.76
Glicerina	5.36

Fuente: Melendrez, Sofía y Maldonado (2021)
Elaborado por: La Autora

Los factores de estudios quedarán de la siguiente manera a partir de la fórmula testigo y un previo ensayo, se establecerá un rango para el diseño de mezcla como máximo de seis por ciento y uno mínimo de 1.50 % en los ingredientes de cáscara de toronja y almidón de maíz

Factor A: 1.5 a 6.00 % de cáscara de toronja

Factor B: 1.5 a 6.00 % almidón de maíz

3.7 Unidades experimentales

Ya definidas las restricciones se ingresará al programa de mezcla Desing-Expert 11 para determinar las formulaciones las cuales se presentan en la tabla 5.

En la tabla 5 se presentan las formulaciones.

Tabla 5. Formulación de diferentes combinaciones

Tratamientos	A %	B %	Vinagre %	Agua %	Glicerina %
T1	1.5	6	0.50	87.00	5.00
T2	6	1.5	0.50	87.00	5.00
T3	2.625	4.875	0.50	87.00	5.00
T4	3.75	3.75	0.50	87.00	5.00

T5	4.875	2.625	0.50	87.00	5.00
T6	3.75	3.5	0.50	87.00	5.00
T7	6	1.,	0.50	87.00	5.00
T8	1.5	6	0.50	87.00	5.00

Elaborado por: La Autora

3.8 Diseño experimental

El tipo de investigación será mediante un diseño completamente aleatorizado (DCA) el cual para obtener los tratamientos y realizar los análisis por triplicado se utilizará una fórmula de un trabajo de biopolímero que contenga cáscara de naranja y así identificar los factores de estudio para la establecer los límites de mezcla, factor A (Cáscara de toronja) y factor B (almidón de maíz).

3.8.1 Análisis de varianza.

Con los resultados que se obtengan de las pruebas que será sometido el plástico biodegradable, se ejecutará en el programa INFOSTAT, primero un análisis de los supuestos del ANOVA, el de normalidad de Shapiro-Wilk ($n \leq 50$) el cual se realizará con los residuos de los resultados de las variables que arroje el programa y después el análisis de varianza paramétrico (ANOVA) el cual servirá para verificará si se cumple la hipótesis nula (H_0) o alternativa (H_1) de acuerdo al estadístico de prueba y P-valor < 0.05 y para determinar la mejor formulación se realizará la comparación de los promedios de los tratamientos mediante la prueba tukey al 95 % de confianza.

3.8.2 Esquema de análisis de varianza con grados de libertad.

En la tabla 6 se presenta el esquema del ANOVA

Tabla 6. Esquema análisis de varianza con grados de libertad

Fuente: Balzarini, et al. (2008)

Elaborado por: La Autora

Dónde:

k = muestras de los tratamientos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media de los cuadrados	Estadístico de prueba (F)
Tratamiento	$SST = \sum \left(\frac{T_c^2}{n_c} \right) - \frac{(\sum x)^2}{n}$	k-1	SST/(k-1) =MST	MST/MSE
Error	SSE=SStotal-SST	n-k	SSE/(n-k)=MSE	
TOTAL	$SS\ total = \sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}$	n-1		

n = número total de muestras

X = cada una de las observaciones

T_c = total de columna de cada tratamiento

n_c= número de observaciones de cada muestra

SSE: Suma total de error

3.9 Variables para evaluar

3.9.1 Variable independiente.

Se considera que las harinas son una parte importante de la producción de plástico biodegradable, por lo que debe cumplir con las métricas para ser apto para su propósito.

En la tabla 7 se muestran las variables independientes con los indicadores (humedad y cenizas) para la elaboración de harina.

Tabla 7. Variables para la elaboración de harina

Variables independientes	Indicadores
Cáscara de toronja.	Cenizas
	Humedad

Elaborado por: La Autora

3.9.2 Variable dependiente.

La Tabla 8 hace referencia a las características mecánicas y la degradación del plástico biodegradable.

Tabla 8. Plástico biodegradable

Variable dependiente	Indicadores
	Resistencia a la flexión
Plástico biodegradable	Prueba de biodegradabilidad

Elaborado por: La Autora

3.10 Variables para evaluarse

3.10.1 Variables cuantitativas: Físicas y químicas de la harina de cáscara de toronja y almidón de maíz.

3.10.1.1 Humedad

Se determinará utilizando el método colombiano AOAC 934.01; en el que se indica que se evaluará hasta masa constante de la muestra después de 24 h a 105 °C. Se calculará con la siguiente fórmula.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Dónde:

m_1 = Peso del recipiente (g).

m_2 = Peso del recipiente más la muestra húmeda (g).

m_3 = Peso del recipiente más la muestra seca (g).

3.10.1.2 Ceniza

Para determinar el contenido de cenizas en las harinas, en base seca, se realizará mediante la norma INEN 520 (2013) y se calculará con la siguiente fórmula.

$$C = \frac{100 (m_3 - m_1)}{(100 - H) (m_2 - m_1)}$$

Dónde:

C= Contenido de cenizas en harinas de origen vegetal, por ciento en masa

m_1 = Peso del vaso vacío, g.

m_2 = Masa del crisol de muestra, g.

m_3 = Masa de migas y cenizas, g.

H= Porcentaje de humedad en la muestra.

3.10.2 Variables cuantitativas: físicas del plástico biodegradable

3.10.2.1 Resistencia a la flexión

Se determinará la flexión utilizando la norma ASTM D790 (2017), el tamaño de la probeta normalmente debe ser de 12.7 mm y su grosor puede variar de 1.54 a 6.35 mm. La carga o fuerza se aplicará gradualmente, dependiendo del tamaño de la muestra, hasta que aparezcan grietas o tensiones en las fibras exteriores de hasta un 5 %.

La mayoría de los plásticos no se fracturan en esta prueba, por lo que la resistencia a la flexión es el esfuerzo de flexión al 5 % de tensión. Para los plásticos, el valor de flexión suele ser mayor que el valor de tracción directa.

Se calculará mediante la siguiente ecuación:

$$E_B = L^3 m / 4b d^3$$

Dónde:

EB = Módulo

b= Ancho de la muestra

d= Profundidad

m= Pendiente de la tangente

L= Lapso en pulgadas

3.10.2.2 Dureza

La determinación se realizará de acuerdo con la NTE INEN-ISO 868 (2014), que consiste en colocar un penetrante en el material ensayado en unas condiciones específicas y medir profundidad de penetración, se puede utilizar con dureza Shore A como un D.

3.10.2.3 Prueba de biodegradabilidad

El polímero biodegradable se puede definir como un tipo de polímero que puede descomponerse químicamente por la acción de microorganismos para producir diferentes productos dependiendo de la presencia o ausencia de oxígeno en el ambiente. La biodegradación de polímeros puede ocurrir en una variedad de ambientes, dependiendo de dónde termine la vida útil del producto. Los cambios observados después de tres a cuatro semanas son pérdida de resina biodegradable, pérdida de color, pérdida de textura y mayor fragilidad (Castillo, 2018). Esto se hará sobre las muestras de plástico biodegradable utilizadas en los análisis anteriores. Corta rectángulos de plástico de 1 cm de ancho y de 1.5 a 2 cm de largo. Las muestras se colocarán en el suelo durante 3 a 4 semanas. Luego, se observarán cambios en el plástico biodegradable.

3.11 Manejo del experimento

3.11.1 Proceso de elaboración de la harina de cáscara de toronja

3.11.1.1 *Recepción y selección.*

Mediante una inspección visual de la cáscara de toronja, se verificará que la piel no se encuentre magullada.

3.11.1.2 *Limpieza.*

El lavado eliminará la contaminación y se utilizará agua potable.

3.11.1.3 *Pelado y cortado.*

Se pelará en tiras largas evitando sacar pulpa de la toronja, proceder a raspar si queda mucho albedo y cortar en tamaños de 2 -3 cm.

3.11.1.4 Secado.

Su procesamiento consistirá en secar a una temperatura de 40 °C por 2 horas, para que la humedad de la cáscara sea menor al 10 %.

3.11.1.5 Molido.

Después del secado, la cáscara de toronja se molerá con una batidora ordinaria (manivela) o un molinillo de disco, la molienda debe ser sólida para que el polvo sea uniforme.

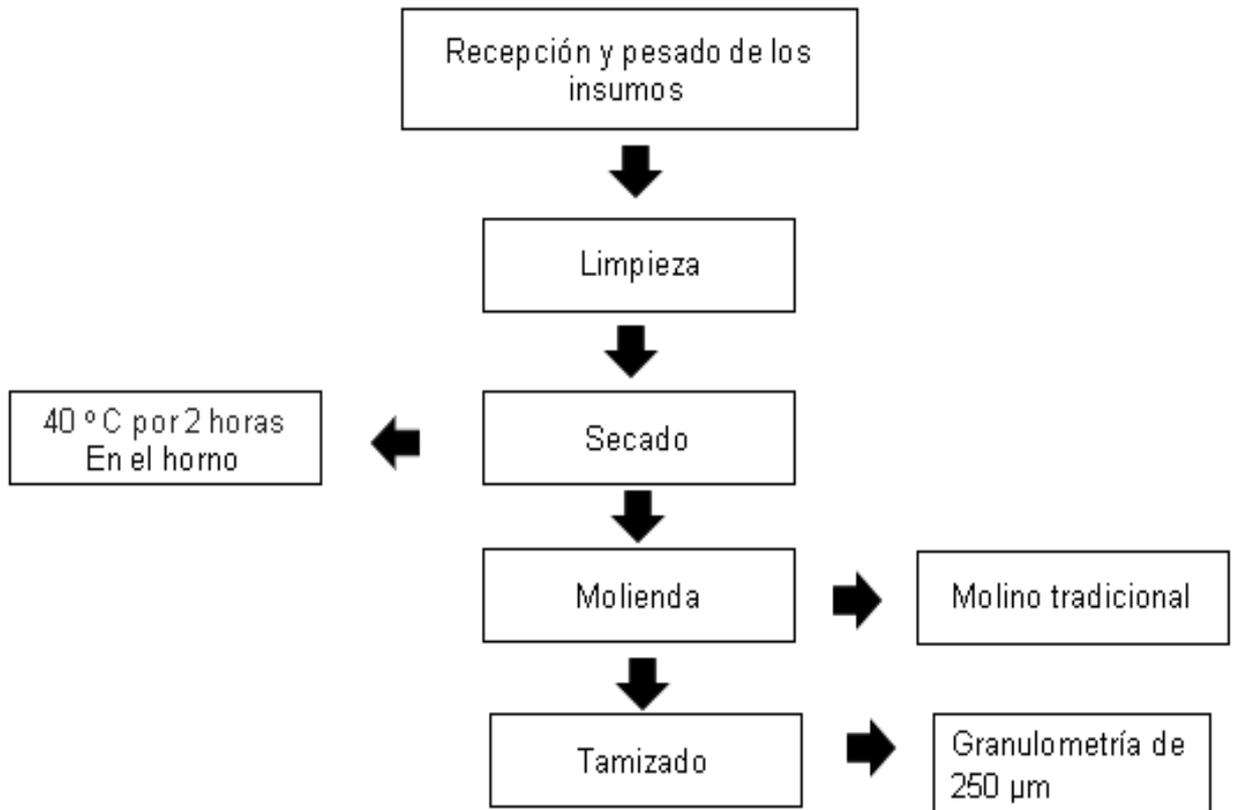
3.11.1.6 Tamizado.

El producto triturado se pasa a través de un tamiz, que debe tener un tamaño de partícula de aproximadamente 250 µm, y el polvo retenido en el tamiz se almacenará en el tambor de molienda.

3.11.1.7 Diagrama de flujo de la elaboración de la harina de cáscara de toronja.

En la Figura 6 se detalla el proceso de elaboración de la harina de cáscara de toronja.

Figura 6. Elaboración de la harina de cáscara de toronja



Fuente: Castillo (2018)

Elaborado por: La Autora

3.11.2 Elaboración del plástico biodegradable.

3.11.2.1 Selección y pesado de los insumos.

Se pesarán todos los insumos requeridos en diferentes recipientes para la elaboración del plástico biodegradable.

3.11.2.2 Mezclado 1.

Se mezclará la harina de cáscara de toronja con el agua destilada y se reservará.

3.11.2.3 Mezclado 2.

En una olla se colocará la mezcla que se reservó con el almidón de maíz y se agitará hasta tener una mezcla homogénea.

3.11.2.4 Cocción.

A temperatura baja se procederá a agregar el vinagre blanco y la glicerina sin dejar de agitar, hasta tener una mezcla homogénea, se retira del fuego y se deja enfriar.

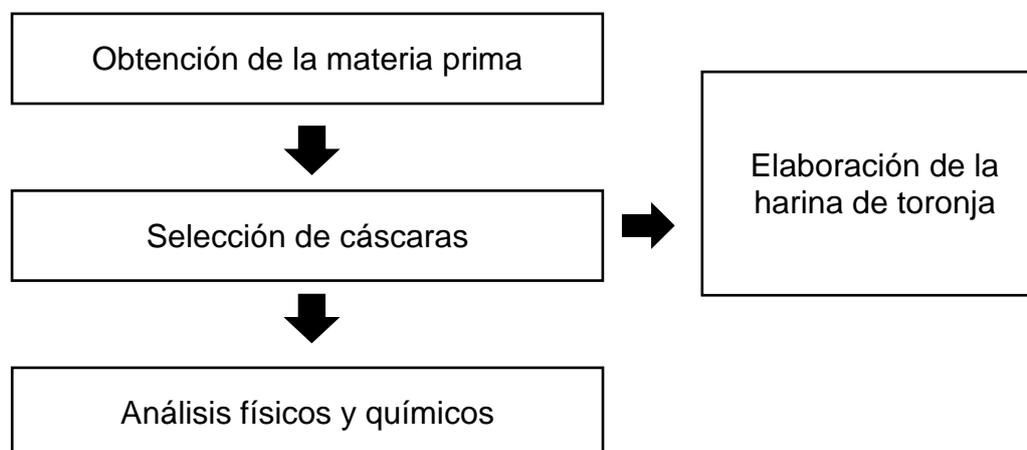
3.11.2.5 Moldeado.

En un molde de silicón bajo colocar la mezcla o en una hoja de papel aluminio, dejarlo secar por 36 – 48 horas a temperatura ambiente, sin recibir la luz del sol.

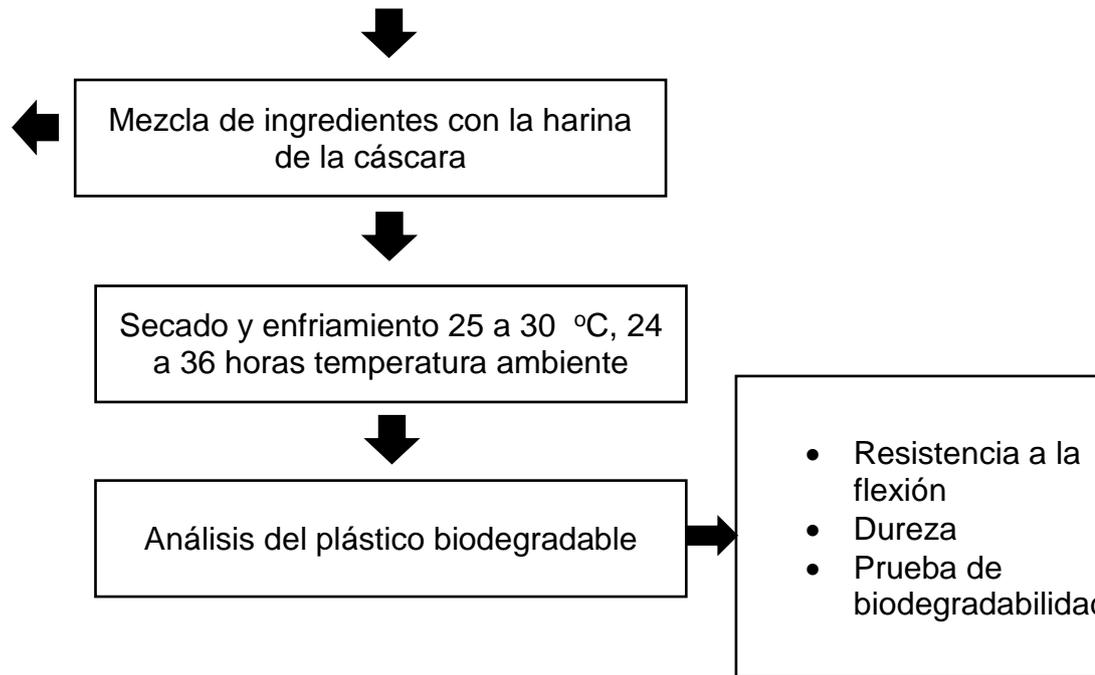
3.11.2.6 Diagrama de flujo de la elaboración del plástico biodegradable

En la Figura 7 se detalla el proceso de elaboración del plástico biodegradable.

Figura 7. Elaboración del plástico biodegradable



- Almidón de maíz 5.36 g
 - Cáscara de toronja 1.52g
 - Vinagre blanco 0.09 g
 - Agua destilada 87.79g
 - Glicerina 5.36g
- Para 100 gramos de



Fuente: Melendrez, Sofía y Maldonado (2021)

Elaborado por: El Autor

4 DISCUSIÓN

En el desarrollo de nuevos productos, las propiedades de la cáscara de toronja son fundamentales ya que mejora la comprensión del excelente desempeño del producto.

Salazar (2017) menciona que los productos derivados del plástico biodegradable se han adaptado al nuevo concepto de utilizar productos alternativos o biodegradables frente a los tradicionales envases de plástico que se derivan de polímeros derivados del petróleo. La producción de plásticos biodegradables a partir de residuos orgánicos es una alternativa a los plásticos tóxicos que se utilizan a diario.

Artega (2018), en los ensayos de flexión, se podrá demostrar las propiedades de alta flexibilidad, lo que hace que se comporte como un material dúctil, lo que le permite alcanzar una alta deformabilidad sin fisurarse, dando tiempo a sentir la deformación que se produce en él.

Castillo (2018) menciona que, la biodegradación es la pérdida de la estructura molecular como resultado de reacciones químicas. Conducir a una gran ruptura en sus enlaces en el polímero. Además, se cree que las sustancias biodegradables pueden descomponerse con el tiempo. A través de la acción enzimática de microorganismos, degradando sustancias químicas, cuando se procesan, funcionan como alimentos y se derivan de otros ingredientes como los aminoácidos.

Escobar (2018) expresó que se debe promover el uso actual de envases biodegradables. El grave aumento de la incidencia de enfermedades, la disminución de factores bióticos y abióticos debido a desarrollo de materiales no renovables para la producción de plástico tradicionalmente, además, se espera que aumente el consumo de plástico creado de desechos de origen vegetal.

Cole (2011) afirma que es necesario estudiar los parámetros del bioplástico para la exposición del medio ambiente y comparar con el plástico convencional, demostrando que cualquier modificación química favorece su degradación.

5 RESULTADOS

5.1 Académico

Los temas que beneficiarán a la próxima generación de estudiantes incluyen el estudio de polímeros que reemplazarán a los polímeros plásticos.

5.2 Técnico

En el desarrollo de este plástico biodegradable, se evaluará la conservación de un plástico específico con sus propiedades mecánicas; por lo tanto, de esta manera, cada falla tipo se analizará en el proceso de resolverlo y mejorar la calidad del producto.

5.3 Económico

Los resultados que se obtendrán mostrarán que los plásticos biodegradables son económicamente beneficiosos debido a la disponibilidad de materias primas.

5.4 Participación ciudadana

La ciudadanía es esencial para facilitar el uso de plástico biodegradable porque reducirá el impacto en el medio ambiente; estos son los beneficios de utilizar la industria alimentaria que se distribuirá a la sociedad para obtener su valor agregado.

5.5 Científico

Los análisis se realizarán con permutaciones factoriales en un diseño completamente al azar (DCA) y los tratamientos serán ANOVA para las pruebas estandarizadas; se espera que una nueva generación de estudiantes de ingeniería agroindustrial se beneficie de esta investigación.

5.6 Tecnológico

Los plásticos biodegradables encontrarán aplicación en la industria alimentaria debido a sus propiedades similares a los plásticos convencionales.

5.7 Social

Esto no solo es bueno para la industria, sino también para el país y el mundo, ya que el uso de estos plásticos ayudará a reducir el consumo de plástico y provocar cero emisiones de carbono.

5.8 Ambiental

El impacto de los desechos plásticos y agrícolas en el medio ambiente crea miles de problemas, como una fuerte contaminación del suelo y del aire. El uso de estos plásticos biodegradables beneficiará al medio ambiente.

5.9 Cultural

A nivel cultural, la comunidad comenzará a pensar de manera más ecológica y mejorará la forma en que vivimos.

5.10 Contemporáneo

Este tema es nuevo porque incluso los bioplásticos se investigan constantemente para mejorar el uso y la utilización de los desechos, creando nuevas oportunidades.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Además de los componentes de la materia prima, que están principalmente orientados a los resultados, se pueden desarrollar plásticos biodegradables a base de harina de la cáscara de toronja y almidón de maíz.

Con base en la investigación realizada, se reconoce que el plástico biodegradable se convertirá cada vez más en una alternativa a los plásticos convencionales.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda utilizar vainas de mayor albedo, no solo la corteza exterior o lámina de oro (corteza exterior), ya que se obtienen mejores resultados en este proceso.

Realizar un análisis y evaluación de la durabilidad de alimentos utilizando plásticos biodegradables como envase.

Evaluar de la biodegradabilidad del plástico en diferentes situaciones como suelo, agua y un ambiente controlado.

Análisis microbiológico de plásticos y suelos biodegradables para conocer los microorganismos que los degradan.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abedinifar, S. (2009). Ethanol production by *Mucor indicus* Oryza from orange and rice by separate hydrolysis fermentation. *Biomasa y Bioenergía*, 33 (6) 342- 348. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544221027183>
- Acosta, R. (2009). El cultivo del maíz, su origen y clasificación. El maíz en Cuba. Cultivos tropicales. Pág. 30. Recuperado de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>
- Agama, E. (2006). Caracterización morfológica, físicoquímica y molecular de almidones de maíces. Página 124. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n3/v2n3a2.pdf>
- Agius, F., González, R., Caballero, J., Muñoz, J., Botella, M. y Valpuesta, V. (2003). Técnica para aumentar los niveles de vitamina C en plantas mediante la sobreexpresión de D-galacturonato reductasa. *Biotecnología natural*, Pág. 21, 177-181. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19476330902940416>
- AGRONET (2011). Rendimiento de la producción del maíz tradicional en Colombia. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Recuperado de <https://doi.org/10.21500/22563202.604>
- Aimoto, A., Mali, S. y Eiras, M. (2007). Plasticizing and antiplasticizing effects of glycerol and sorbitol on biodegradable cassava starch films. *Ciencias Agrarias*, Vol. 28 (1), 79-88. Recuperado de http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/28/1/TM_%20Lisi.pdf

Alata, T. (2004). Información de producción sobre frutas y vegetales. Página 9-13. Recuperado de <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-toronja,-G.pdf>

Álvarez, J., Tulipani, S., Díaz, D., Estévez, Y., Morandini, S., Gimiera, F., y Batano, M. (2010). Propiedades antioxidantes y antibacterianas de la miel cubana de algunas flores unisexuales y su correlación con el color, contenido de polifenoles y otros compuestos. (Toxicología alimentaria y química), Pág. 48 (3), 2490-2499. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1176/PROCESO%20DE%20PRODUCCIÓN%20Y%20MANEJO%20DEL%20CULTIVO%20DEL%20NARANJO%20%28C.%20.%29%20EN%20MÉXICO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

AOC. 2007. (2016). Colegio Oficial de Químicos Agrícolas. Métodos analíticos formales. Edición 16. Sociedad de Química Analítica. Washington 1141 peniques. Recuperado de <https://www.ADMICOS.com/search?q=AOC.+2007.+Colegio+Oficial>

Ándrade, M., Chávez, N. y Otero, Juan. (2013). *Análisis e identificación de la estrategia de valor compartido para el aprovechamiento de los residuos de fruta que se generan en la línea de producción de jugos cítricos de la empresa Pan Pa'Yá LTDA.* (Tesis de grado). Universidad de los Andes, Bogotá. ISBN 978-958-8280-08-0. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/19496/u67070>

Anderson, R., Conway H. and Peplinski, A. (1970). Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci.*; Page 14:4-12. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/star.19700220408>

Arteaga, L. y Zavala, S. (2018). Fabricación de plásticos biodegradables a base de pectina- alginato y polímeros de Agave para su utilización en la industria alimentaria. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*; Pág. 3:678–691. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume3/4/10/112.pdf>.

Balbi, C., Bonilla, J. 2006. Calidad de diferentes híbridos de maíz para industria en la provincia de Corrientes. Universidad Nacional del Norte, Comunicaciones Científicas y Tecnológicas. Resumen A-034. Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n3/v2n3a2.pdf>

Balzarini, M., Gonzalez, L., Tablada, M., Casanoves, F., Di Rienzo, J. y Robledo, C. (2008). Infostat: Manual del usuario. En *Córdoba: Editorial Brujas*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/283491340_Infostat_manual_de_usuario

Banco Central del Ecuador. (2021). *Evolución de la Balanza Comercial del Ecuador por país*. Recuperado de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/bitstream/handle/231104/597/Elaboracion%20de%20galletas%20con%20harina%20naranja.pdf?sequence=1&isAllowed>

Blanco, I. (2004). Calidad Agrícola. Riesgos químicos, frutas y hortalizas. Página 44. Recuperado de <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-toronja,-G.pdf>

Belitz, H. (1997). Cereales y Derivados en: *Química de los alimentos*, Página 275 -282. Recuperado de http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/28/1/TM_%20Lisi.pdf

- Brown, W. (1986). "Origin, Adaptation, and Types of Corn". In: Agricultural Extension Service (compiler). National Corn Handbook. Ames: Iowa State University. Recuperado de <https://doi.org/10.21500/22563202.604>
- Cabarcas, E, et al. (2012). Extracción y caracterización de pectina a partir de cáscaras de plátano para desarrollar un diseño general del proceso de producción. (Tesis de grado). Universidad de Cartagena, Colombia. Recuperado de www.8080/jspui/bitstream/11227/109/1/Trabajo
- Castillo, F. (2018). La importancia de utilizar empaques y embalajes amigables con el medio ambiente para exportaciones desde Ecuador. *Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana*, Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/oel/2018/10/embalajes-medio-biente>
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., y Peñaloza, S. (2018). Bioplástico a base de cáscaras del plátano. *Revista de Iniciación Científica*, 1(1), 34-37. Recuperado de <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/346>
- Chiriví, N. y Palencia, G. (2019). *Evaluación del proceso de obtención de biopelículas utilizando la cáscara de los cítricos*. (Tesis de grado). Fundación Universidad de América, Colombia. Recuperado de https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7625/1/61412_95-2019-2-IQ.pdf
- Cuadra, M. (1998). Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamiento y poblaciones, sobre el crecimiento del maíz (*Zea May L*). Var: NB-6. Tesis de Ing. Agr. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias Managua- Nicaragua. Página 191. Recuperado de <https://repositorio.una.edu.ni/2492/>

- Ellis, R. (1998). Starch production and industrial use *Journal Sa Food and Agric.* Página 289 – 311. Recuperado de http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/28/1/TM_%20Lisi.pdf
- Escandón, K. (2021). *Caracterización del perfil fisicoquímico y funcional de harina de papa fermentada por estrés hídrico en la provincia del Azuay.* (Tesis de grado). Universidad del Azuay, Ecuador. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/10896/1/16437.pdf>
- García, W. Importancia, distribución de envases desechables bioplásticos. Universidad de la Sabana. Colombia, 2011. Recuperado de <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2436/4/05%20Obtención%20de%20un%20pol%C3%ADmero%20biodegradable-convertido.pdf>
- García, V. (2015). *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.* (Tesis de grado). Universidad Tecnológica Equinoccial, Ecuador. Recuperado de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/19163/1/7727_1.pdf
- González, M. y Barranzuela, M. (2017). Estudio experimental obtención de bioetanol a partir de cáscara de plátano en Piura-Perú. (Tesis de grado). Universidad de Piura, Perú. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3305/ING_592.pdf?sequence=1
- González, R., Ramirez, D. (2007). Antecedentes y situación regulado de la medicina herbaria en Cuba. *Boletín Latinoamericano de plantas medicinales.* Página 6(4), 118-124. Recuperado de https://sqm.org.mx/wp-content/uploads/2021/04/15Memorias_QPNT.pdf#page=91

- Gómez, A. (1994). Guía sobre producción de cítricos; importancia de los injertos en cítricos. Página 125-144. Recuperado de <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-toronja,-G.pdf>
- Guan, H. (1993). Differentiation of the properties of the branching isozymes from maize (Zean mays). Plant Physiol. Pág. 02: 1269-1273. Recuperado de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12231902/>
- Guerra, E., Baños, M., Luna, A., Gonzáles, N. y Jiménez, R. (2020). Gestión de residuos agroindustriales. Revista de Sistemas Ambientales, 2 (1): 44-50. Recuperado de https://www.academia.edu/42200615/Caracterizaci%C3%B3n_de_Harina_Naranja_Citrus_x_sinensis_para_Uso_Alimentario
- Guilbert, A., (1998). Protein as agricultural polymers for packaging production. Cereal Chemistry, v.75, n.1.1-9 p. Recuperado de <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1094/CCHEM.1998.75.1.1>
- Hernández, Aracelia., Rodríguez, Maribel. y Cordero, Dolores. (2014). Ensayos de permeabilidad al vapor para envases. Icidca, Pág. 4. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223132853004.pdf>
- Lindeboom, N., Chang, PR, y Robert, T. (2004). Analytical, biochemical and physicochemical aspects of starch granule size, with emphasis on small granule starches: a review. Starch/Staerke. 56(3-4):89-99. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000115&pid=S0120-100X201300020000400019&lng
- López, J. 2010. Bioplásticos: Efectos e impactos sobre la gestión de envases. Universidad de Madrid. Recuperado de <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2436/4/05%20Obtención%20de%20un%20pol%C3%ADmero%20biodegradable-convertido.pdf>

MAGAP. (2008). MAGAP actualizó sus datos de producción de maíz amarillo y las regiones de mayor rendimiento. También podemos encontrar datos de producción porcina y avícola ubicados en nuestra cadena productiva. Recuperado de <https://repositorio.uisek.edu.ec/bitstream/123456789/407/1/Utilizaci%C3>

Madrigal D., López R. López S. 1996. Aprovechamiento del beneficio de la toronja dulce. AIDIS. Consolidación para el desarrollo. México, Página 1-5. Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/toronja-acida-y-dulce-fruta-de-temporada>

Mamma, D., Kourtoglou, E. (2008). Fungal multienzyme production on industrial by-products of the citrus-processing industry. *Bioresource Technology*, 99: 2373- 2383. Recuperado de [https://www.scirp.org/\(S\(oyulxb452alnt1aej1nfow45\)\)/reference/referencepapers.aspx?referenceid=1708058](https://www.scirp.org/(S(oyulxb452alnt1aej1nfow45))/reference/referencepapers.aspx?referenceid=1708058)

Mata, C., Melara, E. y Rodríguez, R. (2003). Cuantificación del contenido de proteína total en el bagazo de la naranja Valencia (*Citrus Sinensis*) al ser enriquecida con el *Aspergillus niger*. (Tesis de grado). Universidad del Salvador, El Salvador. Recuperado de <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/5685/1/10125021.pdf>

Méndez, G., Solorza, J., Velázquez del Valle, M., Bello, L., Paredes, O y Gómez, N. (2005). La composición química y la característica calorimétrica de híbridos y variedades de maíz cultivadas en México. *Agro ciencia*, 39 (3): 267- 274. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/302/30239303.pdf>

Merchan, J., Ballesteros, D., Jiménez, I., Medina, J. y Álvarez, O. (2009). Estudio de la Biodegradación aerobia de almidón termoplástico.

Revista Latinoamericana de Metalurgia y materiales. Recuperado de www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.htm

Montoto, T. (2017). Basuras , plásticos y microplásticos: impactos y consecuencias de una amenaza global. Recuperado de <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/56275>

Moposita, D., (2020). Obtención y caracterización funcional del almidón de maíz (Zean mays L). Universidad Nacional del Chimborazo. Recuperado de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/6552>

Navia, D. y Bejarano, N. (2014). Evaluación De Propiedades Físicas De Bioplásticos Termo-Comprimidos Elaborados Con Harina De Yuca. Retroceded from Colombia. Universidad de San Buenaventura sede Cali, 12 (2). Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200005

Noriega, R., Bello, M., Saavedra, A. (2012). Plantas utilizadas en la medicina tradicional con propiedades antihipertensivas. Revista de la DES Ciencias Biológico-Agropecuarias. Página 14(1), 45-52. Recuperado de https://sqm.org.mx/wp-content/uploads/2021/04/15Memorias_QPNT.pdf#page=91

Novillo, C. (2003). Resultados en España con variedades de maíz derivadas de la línea MON 810. Boletín de sanidad vegetal. Página 423 – 439. Recuperada de <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27974/1/MAIZ%20I.pdf>

Sierra, K., Osorio, L. y Maldonado, L. (2021). Elaboración y caracterización de una película biodegradable utilizando cáscara de naranja (Citrus X sinensis). (Tesis de grado). Universidad Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/handle/11036/7011>.

- Ortuño A, Gómez M. (2006). Citrus paradisi and citrus sinensis flavonoids: Their influence in the defense mechanism against penicillium digitatum food chem. Food Chemistry. 98(2). Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881460500519>
- Pérez, B (2002). Propiedades químicas y funcionales del almidón modificado del maíz (Zea Mays L). Agro ciencia. Página 169 – 180. Recuperado de http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/28/1/TM_%20Lisi.pdf
- Pacheco, G., Flores, N. y Romina, R. (2014). Bioplásticos. Biotecnología, 18 (2) p. 1. Recuperado de https://pirhua.udep.edu.pe/3224/PYT_Informe_Proyecto_Bioplastico.pdf
- Remirez, L. (1999). Inocuidad de frutas, guías técnicas para una mejor producción. Páginas 23-28. Recuperado de <https://dicta.gob.hn/files/2005,-El-cultivo-de-la-toronja,-G.pdf>
- Rojas, P. Determinación por HPLC de flavanonas en jugos cítricos de variedades cultivadas en Santander. (2007). Scientia Et Technica, 12 (33). Recuperado de <file:///C:/Users/env/Downloads/Dialnet-DeterminacionPorHplcDeFlavanonasEnJugosCitricosDeV-4819086.pdf>
- Salinas, Y., et al. Evaluación de dos procedimientos de medición de color en granos de maíces pigmentados. Rev. Mex. Cienc. Agríc, Nov 2021, vol.12, no.7, p.1297-1303. ISSN 2007-0934 Recuperado de <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v2n3/v2n3a2.pdf>
- Sánchez, T. y Aristizábal, J. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de Yuca. Organización de las naciones unidas para la

agricultura y la alimentación. Roma: Boletín de servicios agrícolas de la FAO-163. Recuperado de www.fao.org/3/a1028s.pdf

Oliva, G. (2012). Plásticos Biodegradables. (Tesis de grado). Universidad Zaragoza, España. Recuperado de <https://zaguan.unizar.es/record/6983/files/TAZ-PFC-2012>

Orellana, I., Rivas, L., (2015). Beneficios tributarios de impuesto a la renta para empresas de plásticos descartables. Universidad del Azuay. Recuperado de <https://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/4358>

Tester, R. 1991. The effects of ambient temperature during the grain-filling period on the composition and properties of starch from barley genotypes. *J. Cereal Science*. Page 13:113-127. Recuperado de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0733521009800295>

Vélez, J., Álvarez, J. y Alvarado, O. (2012). El estrés Hídrico en Cítricos (*Citrus spp*): Una revisión Orinoquia. Universidad de los Llanos. 16 (2) pág. 39. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/896/89626049005.pdf>

Weather Spark. (2021). El clima promedio en Guayaquil. Recuperado de <https://es.weatherspark.com/y/19346/clima-promedio-en-guayaquil-ecuador-durante-todo-el-a%c3%b1osections-precipitation>

Wikifarmer. (2006). Cosecha de Naranjos y rendimiento. Recuperado de <https://wikifarmer.com/es/cosecha-de-naranjos-y-rendimiento>

Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C. y Zhou, Z. (2015) Actividad antioxidante de los cítricos. *Química de los Alimentos*, 196, 885-896. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.09.072>



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Bastidas Mora, Sheila Arlet** con C.C: # 1206312645 autor del **componente práctico del examen complejo: Desarrollo de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja amarilla (*Citrus x paradisi Macfad*) y almidón de maíz (*Zea mays L.*)** Previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, **11 de mayo del 2022**

f. _____
Nombre: **Bastidas Mora, Sheila Arlet**
C.C: **1206312645**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Desarrollo de un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja amarilla (<i>Citrus x paradisi Macfad</i>) y almidón de maíz (<i>Zea mays L.</i>)		
AUTOR(ES)	Sheila Arlet Bastidas Mora		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Bella Cecilia Crespo Moncada, M.Sc.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Ingeniería Agroindustrial		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	11 de mayo del 2020	No. DE PÁGINAS:	56
ÁREAS TEMÁTICAS:	Agroindustria Sostenible, Innovación Ecológica.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Plásticos, Utilidad, Factibilidad, Materiales Biodegradables, Degradación.		
<p>Los plásticos y sus derivados son productos de gran utilidad, como lo demuestra su uso en medicina, tecnología y la comodidad que aportan en muchas actividades cotidianas. El problema es para qué sirve y cómo se desecha después de su uso, que es el caso del plástico de los supermercados. Este trabajo busca desarrollar un plástico biodegradable eco amigable mediante el uso de materiales innovadores como lo es la cáscara de toronja con el propósito de reducir el impacto ambiental que las bolsas plásticas están causando en la actualidad. En la primera parte del proyecto se presenta el planteamiento del problema, el problema a investigar y las preguntas clave que permitan establecer los objetivos de investigación para dar solución a los problemas ambientales que se abordan, determinado se planteará la argumentación del proyecto en base a los análisis allí publicados. El objetivo de este trabajo será desarrollar un plástico biodegradable a base de harina de cáscara de toronja y almidón de maíz como una alternativa a la utilización del plástico, con la finalidad de evaluar la resistencia a la flexión y el tiempo de degradación. Los datos se evaluarán con el análisis de varianza; como variables independiente, factor A (cáscara de toronja) y factor B (almidón de maíz) (de 1.5 a 6.00 %) y un testigo (100 % de masa del plástico biodegradable) con una metodología basada en los autores Artega, Sierra y Cole. Se utilizará un diseño completamente aleatorio (DCA) con 8 tratamientos y 3 repeticiones con un total de 24 muestras. Para la selección de la formulación se considerarán los mejores resultados de las propiedades mecánicas y de biodegradabilidad. El análisis costo/ beneficio demostrará la viabilidad del proyecto.</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0980322697	E-mail: shabasmora@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.		
	Teléfono: +593-9-87361675		
	E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		



**Presidencia
de la República
del Ecuador**



**Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes**



SENESCYT
Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA

Nº. DE REGISTRO (en base a datos):	
Nº. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):	