



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TEMA

**Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de
harinas de cascarilla de (*Oryza sativa*), cáscara de mango
(*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*)**

AUTOR

César Alejandro Ramírez Ortega

**Componente Práctico de Examen Complexivo previo a la
obtención del Título de
INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

TUTORA

Dra. Ema Moreno Veloz, M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

Marzo, 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente Componente Práctico de Examen Complexivo fue realizado en su totalidad por **Ramírez Ortega César Alejandro**, como requerimiento para la obtención del Título de **Ingeniero Agroindustrial**.

TUTORA

Dra. Ema Moreno Veloz, M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.

Guayaquil, a los 11 días del mes de marzo del año 2021



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, RAMÍREZ ORTEGA CÉSAR ALEJANDRO

DECLARO QUE:

El presente Componente Práctico de Examen Complexivo, **Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*)**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero 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 marzo del año 2021

AUTOR

Ramírez Ortega César Alejandro



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, Ramírez Ortega César Alejandro

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución la propuesta del Componente Práctico de Examen Complexivo, **Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*), cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.**

Guayaquil, a los 11 días del mes de marzo del año 2021

AUTOR

Ramírez Ortega César Alejandro



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE AGROINDUSTRIAL

CERTIFICACIÓN URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Componente Práctico del Examen Complexivo, **Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*)** presentado por el estudiante César Alejandro Ramírez Ortega, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

URKUND	
Documento	Ramírez Ortega C. Componente práctico EC B2020.docx (D96189956)
Presentado	2021-02-21 19:29 (-05:00)
Presentado por	cesa98rr@gmail.com
Recibido	noelia.caicedo.ucsg@analysis.orkund.com
	0% de estas 45 páginas, se componen de texto presente en 0 fuentes.

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2021

Certifican,

Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.
Director Carreras Agropecuarias UCSG-
FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.
Revisora – URKUND

AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Ema Moreno Veloz, por brindarme su apoyo y guiarme desde el primer ciclo; en la actualidad, para el desarrollo del documento previo a la obtención del título como Ingeniero Agroindustrial, además, destaco su aporte hacia mí y mis compañeros en lo académico y personal.

A la Ing. Diana Pincay, que a pesar de que no pude ser su estudiante, aprecio la ayuda que me brindó en este proceso con mucho entusiasmo y predisposición.

A todos los demás docentes que no solo impartían buenas clases, ¡sino que también son buenas personas, amigos y próximos colegas!, fueron un pilar fundamental en el transcurso de estos cinco años de carrera que nos centraron y enseñaron a ser unas excelentes personas en el ámbito profesional y lo más importante, a ser personas.

A mis amigos Alfredo, Gabriel y Fiorella, que fueron un soporte fuera y dentro de la universidad, los que siempre están cuando los necesito sin importar la circunstancia.

A mi familia, lo más importante que tengo, la razón principal y esencial para mejorarme y seguir creciendo.

César Alejandro Ramírez Ortega

DEDICATORIA

A mis padres, César Ramírez y Virginia Ortega, como también a mi hermano ya que ellos han sido un soporte fundamental dentro de mi vida personal y académica, guiándome y aconsejándome, al igual que toda mi familia.

Un apartado especial para mi abuelito que siempre estuvo presente en toda mi vida, así como también estuvieron los que ya no están.

César Alejandro Ramírez Ortega



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Dra. Ema Moreno Veloz, 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 AGROINDUSTRIAL**

CALIFICACIÓN

Dra. Ema Moreno Veloz, M. Sc.

TUTORA

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general.....	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Pregunta de Investigación	4
2 MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Generalidades del mango (<i>Mangifera indica</i>).....	5
2.1.1 Origen.....	5
2.1.2 Taxonomía.....	5
2.1.3 Producción mundial.	5
2.1.4 Producción de mango en Ecuador.	6
2.1.5 Composición física del mango.	7
2.1.6 Composición nutricional.....	7
2.1.7 Cosecha y maduración.	8
2.1.8 Propiedades de la cáscara de mango.....	9
2.2 Generalidades del Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	9
2.2.1 Origen.....	9
2.2.2 Taxonomía.....	10
2.2.3 Producción mundial.	10
2.2.4 Producción en el Ecuador.....	11
2.2.5 Morfología del grano.	12
2.2.6 Cascarilla o gluma de arroz.	13
2.3 Generalidades de la yuca (<i>Manihot esculenta</i>)	14
2.3.1 Origen.....	14
2.3.2 Taxonomía.....	15
2.3.3 Producción mundial.	15
2.3.4 Producción en Ecuador.....	16
2.3.5 Desarrollo y cosecha.	17

2.3.6 Características del almidón de yuca.	18
2.3.7 Componentes del almidón.	18
2.3.8 Caracterización funcional del almidón.....	20
2.4 Generalidades de las harinas	23
2.4.1 Harina de cascarilla de arroz.	24
2.4.2 Almidón de yuca.	25
2.4.3 Harina de cáscara de mango.	26
2.4.3.1 Caracterización física y química de la cáscara de mango.	27
2.5 Plástico.....	27
2.5.1 Origen.....	27
2.5.2 Desechos plásticos a nivel mundial.	29
2.5.3 Desechos plásticos en Ecuador.....	30
2.6 Bioplásticos	31
2.6.1 Origen.....	31
2.6.2 El mercado internacional de bioplásticos.	32
2.7 Biodegradación.....	33
2.7.1 Estándares de compostabilidad.	34
2.8 Residuos Agroindustriales	35
2.9 Recipientes biodegradables.....	36
2.9.1 Propiedades físicas	39
3 MARCO METODOLÓGICO	42
3.1 Ubicación del ensayo.....	42
3.1.1 Condiciones climáticas de la zona	42
3.1.2. Duración.	42
3.2 Insumos, equipos, materiales y reactivos	42
3.2.1 Insumos.	43
3.2.2 Equipos.	43
3.2.3 Materiales.	43
3.2.4 Reactivos.....	44
3.3 Diseño de la investigación	44

3.4 Unidad de análisis.	45
3.4.1 Población.....	45
3.4.2 Muestreo.....	45
3.5 Técnicas para el procesamiento de la información	45
3.6 Factores de estudio	45
3.7 Unidades experimentales	47
3.8 Diseño experimental	47
3.8.1 Análisis de varianza.....	48
3.8.2 Esquema de Análisis de varianza con grados de libertad.	48
3.9 Variables a evaluarse	49
3.9.1 Variables cuantitativas: físicas y químicas de las harinas de cascarilla de arroz, cáscara de mango y almidón de yuca.....	49
3.9.2 Variables cuantitativas: físicas del envase térmico biodegradable.	50
3.10. Manejo del experimento.....	57
3.10.1. Proceso de elaboración de la harina de cascarilla de arroz.	57
3.10.2 Proceso de obtención de la harina de cáscara de mango.....	59
3.10.3 Elaboración del envase térmico biodegradable.....	61
3.11 Análisis Costo/Beneficio	63
4 DISCUSIÓN.....	66
5 RESULTADOS ESPERADOS.....	69
5.1 Académico.....	69
5.2 Técnico	69
5.3 Económico.....	69
5.4 Participación Ciudadana	69
5.5 Científico	69
5.6 Tecnológico	70
5.7 Social.....	70
5.8 Ambiental	70

5.9 Cultural	70
5.10 Contemporáneo	70
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	71
6.1 Conclusiones	71
6.2 Recomendaciones	71
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del mango.....	5
Tabla 2. Principales países exportadores de mango en el 2016.....	6
Tabla 3. Composición física por cada 100 gramos de mango	7
Tabla 4. Composición nutricional en 100 gramos de mango	8
Tabla 5. Taxonomía del arroz.....	10
Tabla 6. Producción y rendimiento de arroz	11
Tabla 7. Reparto del peso del arroz	13
Tabla 8. Taxonomía de la yuca	15
Tabla 9. Producción, área y rendimiento de yuca.....	16
Tabla 10. Composición porcentual de yuca.....	18
Tabla 11. Caracterización física de la cascarilla de arroz	24
Tabla 12. Caracterización química de la cascarilla de arroz.....	24
Tabla 13. Composición física del almidón de yuca	26
Tabla 14. Composición química del almidón de yuca.....	26
Tabla 15. Composición física y química de la cáscara de mango.....	27
Tabla 16. Clasificación de plásticos y sus propiedades.....	28
Tabla 17. Fórmula testigo para la elaboración del bioplástico	46
Tabla 18. Formulación de diferentes combinaciones.....	47
Tabla 19. Esquema análisis de varianza con grados de libertad	48
Tabla 20. Variables para la elaboración de harinas.....	48
Tabla 21. Envase térmico biodegradable	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula de amilosa	19
Figura 2. Fórmula de amilopectina.....	20
Figura 3. Producción global de bioplásticos.....	32
Figura 4. Resistencia a punción	40
Figura 5. Módulo de conducción de calor lineal	41
Figura 6. Locación del ensayo	42
Figura 7. Ingreso de datos al programa de Design Expert	46
Figura 8. Izod (ASTM D256)	53
Figura 9. Charpy (ASTM D256)	53
Figura 10. Resistencia al impacto de péndulo (ASTM D3420).....	54
Figura 11. Elaboración de la harina de cascarilla de arroz.....	59
Figura 12. Elaboración de la harina de cáscara de mango.....	61
Figura 13. Elaboración del material térmico biodegradable.....	63

RESUMEN

El bioplástico se puede elaborar a partir de ácidos polilácticos (PLA) presentes en las plantas o de polihidroxicanoatos (PHA) producidos por microorganismos, es un material similar al plástico obtenido de derivados del petróleo; se emplea habitualmente en envases de alimentos, dispositivos médicos, como suturas y parches cardiovasculares. El objetivo de este trabajo será desarrollar un envase térmico biodegradable (ETB) a base de harinas de cáscara de mango (HCM), cascarilla de arroz (HCA) y almidón de yuca (AY) como una alternativa a la utilización del plástico, cambiando las concentraciones de las harinas, con la finalidad de evaluar su efecto en las propiedades físicas como el coeficiente de conductividad térmica y su tiempo de degradación. Será una investigación descriptiva y los datos se evaluarán con el análisis de varianza; como variables independientes la concentración de HCM, HCA y AY (de 15 a 30 %) y un testigo (100 % masa del bioplástico) con una metodología basada en los autores Avalos y Torres. Se utilizará un diseño completamente aleatorizado con 14 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 56 muestras. Para la selección de la mejor formulación se considerarán los mejores resultados de las propiedades mecánicas, térmicas y la biodegradabilidad para comprobar su cumplimiento a las normas. El análisis de Beneficio/Costo demostrará la viabilidad del proyecto.

Palabras clave: térmico, biodegradable, degradación, conductividad.

ABSTRACT

Bioplastic is a material similar to plastic made with plants or other biological materials instead of petroleum, it can be made from polylactic acids (PLA) present in plants or from Polyactic acid (PHA) produced from microorganisms. PLA is commonly used in food packaging and PHA in medical devices such as sutures and cardiovascular patches. The objective of this work is to develop a biodegradable thermal packaging (ETB) based on mango peel (CM), rice husk (HCA) and cassava starch (AY) as an alternative to the use of plastic, changing the concentrations of flours, evaluating their effect on physical properties, thermal conductivity coefficient and degradation time. It will be a descriptive investigation; the data will be evaluated with the analysis of variance, defining as independent variables the concentration of CM, HCA and AY with 3 levels of substitution (15 to 30 %) and a control (100 % mass of the bioplastic) methodology based on the authors Avalos and Torres. A completely randomized design with 14 treatments and four replications will be used, giving a total of 56 samples. For the selection of the best formulation, the best results of the mechanical and thermal properties and biodegradability will be considered to verify its compliance with the standards. The Benefit / Cost analysis will demonstrate the viability of the project.

Keywords: thermal, biodegradable, degradation, conductivity.

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los ecosistemas están siendo afectados por los altos niveles de contaminación que hay alrededor del mundo y uno de los desechos principales es el plástico. En 2018, la producción global de plásticos fue de 359 millones de toneladas, siendo China la responsable del 30 %, mientras que en América Latina se fabricó el 4 %.

El 42 % del plástico utilizado en el mundo se destina al empaquetado de alimentos y productos manufacturados, es decir, plásticos de un solo uso que apenas pasan unos minutos en las manos de los consumidores, como las bolsas de plástico, pero tardan unos 450 años aproximadamente en degradarse (Miranda, 2020).

En Ecuador se produjeron aproximadamente cuatro millones de toneladas de desechos en el 2019; únicamente entre un 15 a 25 % fue reciclado y el resto se depositó en vertederos a cielo abierto, botaderos controlados o en vías, quebradas y ríos (Plastiflan, 2020).

Debido a esta problemática, la Asamblea Nacional República del Ecuador (2020), estableció una ley en la cual se regularía el uso de los plásticos de manera progresiva a partir de junio del 2022, con la prohibición del uso de bolsas plásticas, envoltorios plásticos de un solo uso, vajillas y utensilios plásticos desechables.

En los últimos años se han realizado diversos estudios para la elaboración de un material que cumpla con las mismas características de los plásticos, que se obtienen del petróleo, para su sustitución progresiva en la sociedad, lo que ha dado lugar a los bioplásticos (plásticos biodegradables) obtenidos a partir de materias primas renovables como desechos orgánicos

generados en empresas agropecuarias y pequeños productores y así disminuir la contaminación ambiental.

Con estos antecedentes, se presentó una propuesta para la producción de un envase térmico biodegradable a partir de las harinas de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*); estas materias primas generan un gran interés debido a sus propiedades físicas y químicas; además, se les puede dar un valor agregado al elaborar un producto que sirva como sustituto de los polímeros convencionales.

Por lo tanto, se plantearon los siguientes objetivos:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Desarrollar un envase térmico biodegradable a base de harina de cascarilla de arroz, cáscara de mango y almidón de yuca como una alternativa a la utilización del plástico.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Caracterizar física y químicamente la cascarilla de arroz, almidón de yuca y cáscara de mango.
- Proponer la metodología para la obtención de las harinas a partir de la cáscara de mango, cascarilla de arroz y el almidón de yuca.
- Determinar el mejor tratamiento para la obtención del material del envase térmico biodegradable
- Estimar el costo/ beneficio del producto obtenido.

1.2 Pregunta de Investigación

¿Cómo influye el uso de las harinas de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*) en las propiedades físicas del envase térmico biodegradable?

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del mango (*Mangifera indica*)

2.1.1 Origen.

El mango es una fruta que ha sido sembrada y cosechada desde hace más de cuatro mil años; es originaria del noreste de la India, así como también del norte de Burma en las laderas del Himalaya y posiblemente de Ceilán, actualmente se encuentran cultivos en áreas importantes tales como: India, Indonesia, Florida, Hawái, México, Sudáfrica, Islandia, Egipto, Israel, Brasil, Cuba, las Filipinas y otros países (Jervis, 2011).

En el Ecuador, el mango es una fruta estacional que se cosecha una sola vez al año, y su cultivo está destinado a exportación; su producción se concentra principalmente en las Provincias de Guayas (90 %), Los Ríos, Manabí y el Oro (Rodríguez, 2018).

2.1.2 Taxonomía.

La clasificación taxonómica del mango se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Taxonomía del mango

Mango	
Clase	Magnoliopsida
Orden	Sapindales
Familia	Anacardiaceae
Subfamilia	Chrysophylloideae
Especie	<i>Mangifera indica</i>

Fuente: Michel, Montaña, Mora y Moneada (2000)

Elaborado por: El Autor

2.1.3 Producción mundial.

La producción mundial del mango es de aproximadamente 43 millones de toneladas, lo que la posiciona en una de las frutas más

producidas mundialmente; durante el año 2000 al 2013 la producción mundial tuvo un auge llegando a un 75 %, el continente asiático abarcó el 72 % de la producción mundial total, seguida de África, con un 17 % y América Latina con un 10 %; y a su vez son aquellos que abarcan alrededor del 80 % de los intercambios comerciales a nivel mundial (UNCTAD, 2016).

Los países latinoamericanos se han posicionado con un 48 % de los intercambios internacionales, a pesar de que su producción tan solo abarca el 10 % a nivel mundial (Herrera, 2017). En la Tabla 2 se muestra una lista de los 13 principales países exportadores de mango durante el 2016.

Tabla 2. Principales países exportadores de mango en el 2016

Nº	País	Toneladas
1	México	369 314
2	Países Bajos	133 445
3	India	193 383
4	Perú	157 070
5	Brasil	154 383
6	Tailandia	183 290
7	España	33 758
8	Filipinas	20 618
9	Pakistán	82 658
10	Costa de Marfil	45 075
11	China	29 298
12	Egipto	35 954
13	Ecuador	63 177

Fuente: Herrera (2017)

Elaborado por: El Autor

2.1.4 Producción de mango en Ecuador.

En Ecuador, la producción de mango comenzó hace décadas atrás, es una fruta estacional que se cosecha una sola vez al año y es muy cotizada en los mercados internacionales debido a su excelente sabor dulce y alto contenido

de jugo (Rodríguez, 2018). Hoy en día existen plantaciones con diferente alcance para la producción de variedades de mango (Kent, Tommy Atkins, Haden y Keitt) y resultan una ventana de comercialización en los meses de octubre a enero (Guerrero, 2018).

Según la Fundación Mango Ecuador, el cultivo de esta fruta cubre un área aproximada de 7 700 ha, las mismas que están en plena producción y dedicadas a la exportación en un 84 % y el resto a otros mercados, con un desperdicio del 10 %, lo que corresponde a las cáscaras y semillas, generalmente utilizadas como fertilizante en las plantaciones de mango (Hernández, 2018).

2.1.5 Composición física del mango.

Guzmán, Lemus, Bugarin, Bonilla y Ly (2013) indica que el mango se puede separar físicamente en tres partes: cáscara o exocarpio, pulpa o mesocarpio y semilla o endocarpio.

En la Tabla 3 se muestran los porcentajes de las diferentes partes del mango.

Tabla 3. Composición física por cada 100 gramos de mango

Característica	%
Semilla	10 – 33
Pulpa	60 – 75
Cáscara	10 – 14

Fuente: Guzmán et al. (2013)

Elaborado por: El Autor

2.1.6 Composición nutricional.

En el mango predomina el ácido cítrico, aunque también se encuentra, el málico, succínico, galacturónico, tartárico y oxálico dependiendo de su maduración (Atoche y García, 2017); a su vez, el contenido de carotenoides aumenta durante la madurez y es buena fuente de vitamina A (Ratthaphol, Peerasak y Ian, 2015).

En la Tabla 4 se detalla la composición nutricional en 100 gramos de mango.

Tabla 4. Composición nutricional en 100 gramos de mango

Parámetro	Unidad	Contenidos
Proteínas	g	0.7
Grasa	g	0.4
Hierro	g	0.4
Calcio	mg	12
Fibra	g	1.7
Potasio	mg	1.7
Yodo	mg	1.6
Zinc	g	0.12
Carbohidratos	g	12.8
Ácido ascórbico	g	35

Fuente: Atoche y García (2017)

Elaborado por: El Autor

2.1.7 Cosecha y maduración.

La correcta maduración de los mangos es fundamental para la venta de fruta fresca (Abedinifar, Karami, Khanahmadi y Taherazadeh, 2009). Si el mango es cosechado verde la consecuencia sería una maduración anormal que produciría arrugas en la piel, mal sabor, color y aroma, incluso si utilizan agentes de maduración artificial como acetileno o etileno; por lo contrario, si se cosecha el fruto maduro no poseerá las características apropiadas, y no se podrá almacenar satisfactoriamente y desarrollaría una pulpa muy blanda alrededor de la semilla (Chiung-Fang, Ting-Hsiang, Gia-Luen y Wen-Song 2009)

Dado que el mango es una fruta climatérica, éste se debe empacar rápidamente después de la cosecha, ya que dura aproximadamente 16 semanas y el pico climatérico es alrededor de la cuarta semana (Atoche y García, 2017).

Una parte de los desperdicios, producto de los procesos de cosecha y postcosecha son utilizados para la obtención de etanol con un alto nivel de octanaje, especialmente el mango de la variedad Kent ya que contiene altos niveles de azúcares, lo que favorece la producción de alcohol (Mejía, Martínez, Betancourt y Castrillón, 2007)

2.1.8 Propiedades de la cáscara de mango.

En la actualidad se conoce que la cáscara de mango posee una alta cantidad de antioxidantes debido a la presencia de compuestos bioactivos como los polifenoles, pero esto dependerá de la variedad del mango, y de las condiciones en la que se maneja la plantación. Los polifenoles son antioxidantes y también tiene nutrientes que mejoran la inmunidad y proporcionan beneficios para el cuerpo. Los principales polifenoles encontrados en la cáscara de mango son los ácidos gálicos, protocatéquico, ferúlico, siríngico y 2-hidroxicinámico, los cuales poseen alta actividad antioxidante (López y Paniagua, 2018).

La cáscara de mango, también contiene antocianinas y carotenoides que son antioxidantes que retrasan el proceso de envejecimiento. Los carotenoides ayudan a aumentar la inmunidad y protección contra muchas enfermedades como la diabetes, Alzheimer, artritis y diferentes formas de cáncer (Borja y Vizúete, 2020).

2.2 Generalidades del Arroz (*Oryza sativa*)

2.2.1 Origen.

El arroz posee dos tipos de variedades, (*Oryza sativa*) y África (*Oryza glaberina*) los cereales más comerciables que han existido durante siglos en Asia; Particularmente importante en la dieta para gran parte de la población de China y muchos otros países (Pérez, 2015).

El cultivo del arroz comenzó hace casi 10 000 años en muchas partes húmedas de Asia tropical y subtropical, así como también en la India, país pionero donde se cultivaba el arroz, pero fue en China donde hubo varios puntos para ser comercializado a varios países (Franquet y Borrás, 2004).

Hay dos variedades de arroz, la africana y asiática, aunque se identifica como una sola planta, la variedad africana es la más importante económicamente ya que se distribuye ampliamente por todo el mundo; por otra parte, la variedad asiática, es conocida por sus granos de mayor tamaño, hasta que aparece la especie *Oryza sativa*, dando lugar a tres subespecies diferentes como son: Javanica, Índica y Japónica (Acevedo, Castrillo y Belmonte, 2006).

2.2.2 Taxonomía.

En la Tabla 5 se muestra la clasificación taxonómica del arroz.

Tabla 5. Taxonomía del arroz

Arroz	
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Ehrhartoideae
Especie	<i>Oryza sativa</i>
Fuente: Franquet y Borrás (2004)	
Elaborado por: El Autor	

2.2.3 Producción mundial.

En el 2008, la producción mundial de arroz fue de 592 873 253 toneladas métricas con un rendimiento promedio de 3 863 kilogramos por hectárea (kg/ha); en cambio, en Estados Unidos el

rendimiento fue de 6 963 kg/ha en comparación a los demás países (Infoagro, 2014).

En la Tabla 6 se muestra la producción y rendimiento de arroz a nivel mundial, en el 2008.

Tabla 6. Producción y rendimiento de arroz

País	ProducciónTM	Rendimiento (kg/ha)
China	190 389 160	6 241
India	135 000 000	3 027
Indonesia	51 000 000	4 426
Brasil	10 940 500	3 010
Estados Unidos	8 692 800	6 963
Colombia	2 100 000	4 773
Perú	1 664 700	5 549
Venezuela	737 000	4 913

Fuente: Infoagro (2014)

Elaborado por: El Autor

2.2.4 Producción en el Ecuador.

La producción de arroz comenzó en el siglo XVIII, pero en el siglo XIX creció el consumo y su comercialización; este cultivo se desarrolló originalmente en las provincias de Guayas, Manabí y Esmeraldas y ha ido creciendo con el tiempo (Ledasa, 2018). En Daule se estableció la fase de industrialización de en Daule, Naranjito y Milagro (Guayas) y el primer destino de exportación fue Colombia y Perú el de las importaciones (Aguirre, 2018).

A nivel nacional, la producción de arroz en el año 2009 fue de 1 172 962.10 toneladas métricas; siendo Guayas el mayor productor con 54.52 %, luego Los Ríos con 33.13 % y el 12.36 % restante es cultivado en otras provincias del litoral como Loja y la Amazonía; para el 2018, la cosecha de arroz fue de 1 350 093 toneladas métricas, mientras que la superficie

sembrada en todo el país fue de 301 853 ha, concentrándose el 72.7 % de la producción en la provincia del Guayas (INEC, 2019).

El arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, ya que ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país (El productor, 2017). La producción de arroz en el Ecuador ocupa el puesto 26 a nivel mundial (2010); además, es considerado uno de los países más consumidores de arroz dentro la Comunidad Andina (Organización de las Naciones Unidas para la agricultura) (FAO, 2019).

En el Ecuador, los ciclos de producción de arroz se dividen en:

- Ciclo de invierno: la producción constituye alrededor del 60 % total anual, dependiendo de las lluvias.
- Ciclo de verano: cultivo con riego, constituye alrededor del 40 % del total anual (Velásquez y Díaz, 2016).

2.2.5 Morfología del grano.

El grano de arroz con cáscara está formado por el fruto o cariopse y la cáscara, esta última compuesta por las glumelas (palea y lema); entre las principales variedades utilizadas, en el Ecuador, se encuentran: INIAP 11, INIAP 415, INIAP 15 e INIAP 16 aunque solo el 20 % del área sembrada en el país hace uso de esta última variedad de semilla certificada (INIAP, 2007).

Pinciroli (2010) afirma que el cariopse está formado por el embrión, el cual es extremadamente pequeño y se encuentra localizado en la zona ventral; las capas de aleurona, tejido rico en proteínas, compuestas por una a siete capas de células de parénquima cuadrangular o rectangular de uno a tres micrómetros (μm) de espesor, luego está el tegmen (cubierta seminal) y pericarpio (cubierta del fruto), es piloso y tiene un espesor de aproximadamente 10 μm .

2.2.6 Cascarilla o gluma de arroz.

La cascarilla de arroz puede ser considerada un subproducto que se genera en el proceso de molienda para la obtención del fruto de arroz; constituye el 20 % del peso del arroz, aunque sus valores suelen variar de 16 a 28 %.

En la Tabla 7 se detalla el reparto del arroz en porcentajes para un grano de 5 -10 mm de largo por 1.5 - 5 mm de ancho (Rodríguez, 2007).

Tabla 7. Reparto del peso del arroz

Partes del arroz	%
Pericarpio	1 – 2
Aleurona	2
Nucela y cubierta seminal	4 – 6
Germen	1
Escutelo	2
Endospermo	90 – 91

Fuente: Rodríguez (2007)

Elaborado por: El Autor

La cascarilla de arroz no tiene propiedades nutricionales así como la del trigo que es un ingrediente comestible resistente a la digestión y absorción en el sistema digestivo, no aporta mucha fibra y posee un alto nivel de dióxido de silicio (SiO_2), por lo que provocaría irritación del tracto digestivo debido a su alto contenido, de allí que no se puede convertir en un subproducto alimentario; cuando se añaden otros óxidos metálicos se obtiene biomasa o sustratos para hidroponía, compost y abonos, hasta fabricar vidrios, cerámicas y polímeros reforzados, donde se combinan su capacidad como aislante y su resistencia al fuego para proveer un material más resistente (Sierra, 2009).

La cascarilla de arroz se caracteriza por ser fuerte, leñosa y abrasiva, su dureza es debido al contenido de silicio, el mismo que ingresa a la planta a través de sus raíces en forma soluble como un ácido monosilícico o un silicato

y como producto de la evaporación y polimerización para formar una membrana de silicocelulosa (Sun y Gong, 2001).

Entre las características físicas de la cáscara de arroz se destacan las siguientes: conductividad térmica baja (0.0036 W / mk), por lo que se la considera un material aislante; baja densidad y alta dureza; además, contiene celulosa y lignina (Canto, Batista, Sánchez, Moreno y James, 2018).

2.3 Generalidades de la yuca (*Manihot esculenta*)

2.3.1 Origen.

Los inicios de la producción de la yuca comenzaron hace casi 5 000 años en una gran área de los trópicos americanos desde Venezuela y Colombia hasta el noroeste de Brasil. La yuca podría describirse como una cosecha "descentrada", es decir que no parecen tener un centro evidente de origen ni de pluralidad, pero se ha logrado identificar que se ha domesticado en una región bastante grande desde México hasta Brasil (Suárez y Mederos, 2011).

Existen dos tipos de yuca que dependerán de la concentración de glucósidos cianogénicos (linamarina, de donde se genera, por degradación enzimática, el ácido cianhídrico), que son los que determinarán si es amarga o dulce, pero no siempre se sabe con exactitud ya que el contenido de glucósidos cianogénicos no es constante y las condiciones del suelo también influyen en el conocimiento de esta determinación (Bautista, 2003).

Las variedades pueden dividirse en dos grupos:

- Dulces: menos tóxica, puede llegar a tener tan solo 40 partes por millón (ppm) de ácido prúsico, no requiere tanta cocción y producen mayores rendimientos.
- Amargas: pueden alcanzar hasta las 490 ppm de ácido prúsico.

El ácido prúsico es un compuesto químico cuya fórmula es HCN, la disolución de cianuro de hidrógeno en agua es llamada ácido cianhídrico; el cianuro de hidrógeno puro es un líquido incoloro, muy venenoso y altamente volátil, que hierve a 26 °C (Ecured, 2019).

2.3.2 Taxonomía.

En la Tabla 8 se muestra la clasificación taxonómica de la yuca.

Tabla 8. Taxonomía de la yuca

Yuca	
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malpighiales
Familia	Euphorbiaceae
Subfamilia	Crotonoideae
Género	Manihot
Especie	<i>Manihot esculenta</i>

Fuente: Suárez y Mederos (2011)

Elaborado por: El Autor

2.3.3 Producción mundial.

Según la proyección del 2005, la yuca fue utilizada para la alimentación en un 59 %, piensos (concentrados) 22 %, usos industriales 6 % y el resto corresponde a pérdidas postcosecha; los productos con alto valor agregado fueron el principal factor de crecimiento del sector en detrimento de las raíces frescas, dado el gran volumen de producción (FAO, 2006).

En la Tabla 9 se presentan las cifras de producción, área y rendimiento por país.

Tabla 9. Producción, área y rendimiento de yuca

País/ región	Producción (millonesTM)	Área (millones de ha)	Rendimiento (tm/ha)
África	110.5	12.3	9.0
Nigeria	38.2	4.1	9.3
Asia	5.9	3.4	16.4
Indonesia	10.5	1.2	15.9
India	6.7	0.2	27.9
América latina y el Caribe	37.3	2.9	12.8
Brasil	26.6	1.9	13.8
Colombia	2.1	0.2	11.5

Fuente: FAO (2006)

Elaborado por: El Autor

El más grande productor de yuca en el planeta fue Nigeria y el Congo durante el 2000; el 70 % de la producción de yuca, se concentra en cinco países: Nigeria, Brasil, Tailandia, Indonesia y República Democrática del Congo (Aristizábal y Sánchez, 2007). En el 2018, la Unión Europea (UE) realizó importaciones para su consumo, desde Tailandia, país que ha desarrollado grandes plantaciones con fines de exportación, con la dificultad de que, en la actualidad del costos, seguros y fletes (CIF), desde Asia a Europa, se ha encarecido fuertemente esta situación y privilegia las exportaciones de países como Brasil, Venezuela, Nigeria, Congo, Angola y Costa de Marfil, que poseen condiciones ideales geográficas para su producción (Silva, 2018).

2.3.4 Producción en Ecuador.

El cultivo de la yuca es tradicional en el país, que fue explotado durante siglos y utilizada para la elaboración de harinas, obtención de almidones y bebidas alcohólicas como el masato que es tradicional en la selva amazónica (Muñoz, Hinostroza y Mendoza, 2017). Un gran porcentaje de la producción por parte de la Asociación de Agricultores de yuca es destinado a la industria cartonera, que producen en el mes 200 toneladas (Arzube, 2015).

2.3.5 Desarrollo y cosecha.

La plantación se la puede realizar a mediados de año o cuando la temperatura oscile entre 28 a 30 °C, condición ideal para la buena y rápida brotación de las estacas (Caballero, Encisco, Tulló y González, 2019).

El desarrollo de la planta de yuca, comienza con la brotación de las estacas; las primeras raíces se forman a nivel de los nudos, después se forman los tallos aéreos considerándose constituida en los primeros 15 días, posterior se forma el sistema radicular a los 2.5 meses de plantado el cultivo; durante el periodo de cinco meses, se acumula el almidón en las raíces de reserva posterior al primer ciclo se forman nuevos tallos y se produce el engrosamiento de las raíces y la lignificación de las ramas; la yuca estará lista para ser cosechada cuando el terreno se empieza a agrietar (Silva, 2018).

Una señal de que la yuca llega a su madurez es el ablandamiento del terreno a la redonda de la planta, su recolección se ejecuta dentro de siete a diez meses, según la variedad, es importante no anticipar demasiado la cosecha ya que contiene altas cantidades de látex y no es apta para el consumo, a partir de los 12 a 24 meses del ciclo de cultivo es el período óptimo para la cosecha (Departamento de Ingeniería Agrónoma y Contenidos, 2017).

FAO (2017) establece que la calidad morfológica dependerá de cada variedad y los daños físicos serán debidos a:

- Raíces cilíndricas o cónicas: no se afectan físicamente en la cosecha y el almacenamiento.
- Pedúnculos más largos que cortos: son difíciles de separar del tallo y, cuando lo hacen, casi siempre se rompe la cáscara y se daña el parénquima.
- Raíces redondas: las raíces de otras formas sufren daños en la

cáscara durante el transporte y el almacenamiento.

- Raíces cortas: no se fraccionan rápidamente como las raíces largas durante la cosecha.

2.3.6 Características del almidón de yuca.

El alto contenido de almidón y la mayor cantidad de amilosa en la yuca, en comparación con otras fuentes de almidón hacen de la yuca un cultivo industrial básico, así como un cultivo alimenticio de alto contenido calórico; no obstante, también se utiliza modificado con diversos tratamientos para mejorar las propiedades de consistencia, viscosidad y seguridad frente a cambios de pH, temperatura, gelificación, dispersión y de esta forma poder utilizarlo en diversas aplicaciones industriales que requieren propiedades especiales (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Además, la yuca contiene tocón en 2 %, cascara en 20 % y 78 % de pulpa (Gallego y García, 2015).

En la Tabla 10 se presentan los componentes de la yuca.

Tabla 10. Composición porcentual de yuca

Partes	Porcentajes (%)
Agua	65 – 70
Almidón	22 - 27
Otros*	5 - 8

Otros* (azúcares, proteína, cenizas, fibra cruda y extracto etéreo)

Fuente: Gallego y García (2015)

Elaborado por: El Autor

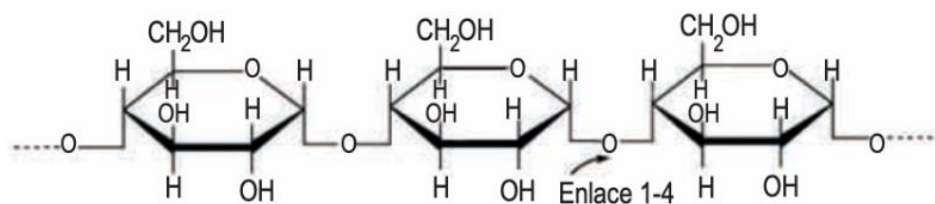
2.3.7 Componentes del almidón.

El almidón consta de dos polisacáridos químicamente distinguibles que son la amilosa y amilopectina, estas macromoléculas se caracterizan por su

grado de polimerización o ramificación, lo que modifica su comportamiento frente a los procesos de degradación y es relevante para la decisión sobre las propiedades físicas, químicas y funcionales del almidón (Gallego y García, 2015).

Cerca del 20 % de la mayoría de los almidones es amilosa, que es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces uno - cuatro, esta molécula no es soluble en agua, sin embargo, puede conformar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y producir una composición helicoidal y en presencia de yodo, genera un color azulado (Hernández, Torruco, Guerrero y Betancur, 2008). En la Figura 1 se muestra la fórmula de la amilosa.

Figura 1. Fórmula de amilosa

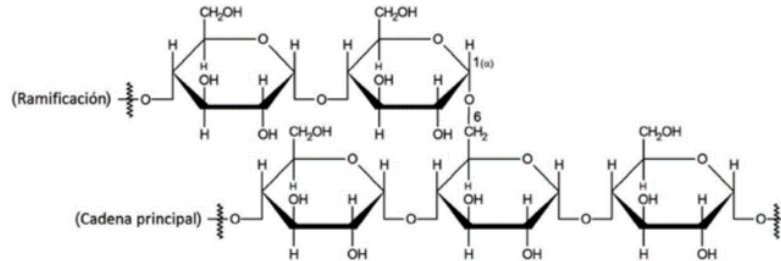


Fuente: Guan y Hanna (2004)

El 80 % de los almidones es amilopectina, polímero ramificado con 94 – 96 % de unidades de glucosa conectadas por enlaces uno – cuatro y conexiones en el uno - seis, cada 15 - 25 unidades de glucosa se hayan estas ramas, la amilopectina no es soluble en su totalidad en agua caliente y en presencia de yodo, produce un color púrpura (Guan y Hanna, 2004).

En la Figura 2 se muestra la fórmula de la amilopectina.

Figura 2. Fórmula de amilopectina



Fuente: Guan y Hanna (2004)

2.3.8 Caracterización funcional del almidón.

Hernández (2008) afirman que las características funcionales principales del almidón son:

- Gelatinización

La gelatinización es un proceso de transición de orden y desorden que sufren los polímeros de almidón cuando son sometidos a calentamiento.

La temperatura de gelatinización se haya con la Calorimetría Diferencial de Barrido (CDB), se emplea un equipo DSC 7 Perkin Elmer, a una velocidad de calentamiento de 10 °C/min desde 30 a 120 °C.

La temperatura inicial fue de 50.68 °C, temperatura pico de 54 a 78 °C, temperatura final de 60 a 100 °C y la entalpía gelatinización (ΔH) 10.0 J. g⁻¹.

- Absorción de agua

Para determinar la capacidad de absorción de agua, prepararon 40 mL de una suspensión de almidón al 1 % (b.s.), en agua destilada a 30 °C, luego calentaron a una velocidad de 1.5 °C/min hasta alcanzar 60, 70, 80 ó 90 °C y se mantuvieron a esas temperaturas durante 30 minutos con agitación constante. Se lo enfría a temperatura ambiente, para luego centrifugarlo a 2500 rpm (2 120 x g), durante 15 minutos, en una centrífuga GS-15R (Beckman Instruments, Inc. CA, EUA). El gel resultante se pesó. La capacidad de absorción de agua para cada temperatura se calculó como el peso (g) del gel por g de muestra seca, el almidón de yuca presentó mayor capacidad de absorción de agua (27.18 g agua⁻¹ almidón) a 90 °C.

- Solubilidad y poder de hinchamiento

Los patrones de solubilidad y poder de hinchamiento de los almidone lo realizaron según una modificación del método original de Schoch y determinaron que el almidón de yuca tuvo un poder de hinchamiento de 58.83 g agua⁻¹ almidón a 90 °C, con 17 % de amilosa (Aristizábal y Sánchez, 2007).

Las fórmulas para la obtención de solubilidad y poder de hinchamiento son:

$$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso soluble en agua (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)bs}}$$

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)bs} - \text{Peso solubles (g)}}$$

Donde:

V = volumen

bs = base sólida

g = gramos

- Propiedades de plastificación

Las propiedades de plastificación de los almidones fueron evaluadas por el método de Wiesenborn. En un vaso de precipitado de 500 mL prepararon 400 mL de la mezcla del almidón al 6 % (b.s.). La mezcla del almidón se colocó en un viscoamilógrafo marca Brabender PT-100. El equipo operó a una velocidad de 1.5 °C/min, elevando la temperatura inicial de 30 °C hasta alcanzar 95 °C, y se mantuvo esta temperatura durante 15 minutos. Por último, se descendió la temperatura hasta 50 °C a una velocidad de 1.5 °C/min y se mantuvo esta temperatura durante 15 minutos. La viscosidad máxima, consistencia, fragilidad (breakdown) y asentamiento (setback), en Unidades Brabender (UB), se calcularon a partir de los amilogramas resultantes; así, la temperatura inicial de gelatinización fue de 65 °C, viscosidad máxima 490 UB, fragilidad 320 (UB), consistencia -250 UB y asentamiento 70 UB.

- Firmeza de gel

La firmeza de los geles de almidón fue evaluada mediante el método de Hoover y Senanayake. Para ello, prepararon una suspensión de almidón al 8 % (b.s.) y fue calentada en un viscoamilógrafo Brabender a una velocidad de 1.5 °C/min hasta 95 °C durante 10 min, luego midieron la penetración del gel en una máquina universal de pruebas Instron modelo 4411. Cada gel fue colocado perpendicularmente en el plato de metal y se comprimió a una velocidad de 1 mm/seg, con una probeta de 5 mm, y usando una celda de 5 kg. En esta prueba la yuca mostró firmeza de 0.01 kilogramo fuerza (kgf).

De igual forma, observaron que los geles de almidón de yuca presentaron una deformación de 36.18 %. Este comportamiento podría relacionarse con el contenido de amilopectina, ya que a mayor contenido de amilopectina se incrementa el poder de hinchamiento de los almidones y se producen geles más elásticos

- Estabilidad a la refrigeración y congelación

Se evaluó por el método de Eliasson y Ryang con una modificación, se realizó por gelificación y almacenamiento 4 - 10 °C, centrifugando y midiendo el agua separada de un gel de almidón en ciclos de un día, durante cinco días. El almidón de yuca presentó mejor estabilidad a los procesos de refrigeración y congelación (0 y 3.2 % de sinéresis, respectivamente).

2.4 Generalidades de las harinas

La obtención de las harinas se da por un proceso industrial, que consta principalmente de la molienda obteniéndose un polvo fino, proveniente de cereales u otros alimentos ricos en almidón (Gimferrer, 2009). Para que sea considerada harina, el 98 % o más de la misma deberá pasar a través de un tamiz (No. 70) de 212 µm.

La clasificación de las harinas de acuerdo al grado de pureza está basada en una numeración por “ceros”.

- Las harinas 0: son las que poseen más impurezas y posibles residuos del cereal o del alimento triturado, es decir, menos refinadas y se las utiliza para elaboraciones más consistentes.
- Las harinas 00 y 000: comúnmente destinadas para la elaboración de panes por su alto contenido de gluten, que es lo que le da la consistencia sin perder su forma sin necesidad de levadura.
- La harina 0000: es la harina más refinada y con un alto grado de pureza, aunque no carece de gluten, no es un buen contenedor de gas y los panes no mantienen su forma, se utiliza más en la pastelería y repostería.

Las harinas panificables son las de trigo (todas sus variedades), centeno y maíz; las menos panificables son las de soja, avena y teff y las harinas no panificables son la de arroz, quínoa y garbanzos (Carreira, 2016).

2.4.1 Harina de cascarilla de arroz.

La harina se obtiene al realizar la molienda de la materia prima previamente lavada y secada en un horno. La cascarilla de arroz tiene una alta temperatura de incineración debido al carácter ignífugo, esto evita que se queme rápidamente; sin embargo, la densidad y su capacidad calorífica son relativamente bajas comparadas a otros materiales sólidos que son fuente de energía como el carbón (Vargas, Alvarado, Vega y Porras, 2013).

La Tabla 11 muestra las propiedades físicas de la cascarilla de arroz.

Tabla 11. Caracterización física de la cascarilla de arroz

Propiedad	Unidad	Valor
Densidad aparente	g/cm ³	0.1 – 0.16
Densidad real	g/cm ³	0.67 – 0.74
Conductividad térmica	W/m°C	0.0359
Dureza	Mohs	6
Capacidad calorífica	Cal/kg	3300 - 3600
Temperatura de incineración	°C	800 - 1000

Fuente: Vargas et al. (2013).

Elaborado por: El autor

La Tabla 12 muestra las principales propiedades químicas de la cascarilla de arroz.

Tabla 12. Caracterización química de la cascarilla de arroz

Constituyentes	Contenido (%)
Proteína cruda	1.9 – 3.0
Fibra cruda	16.5 – 45.9
Cenizas crudas	13.20 – 21
Silicio	18.8 – 22.3
Calcio	0.6 – 1.3
Lignina	9 - 20
Celulosa	28 - 36
Hemicelulosa	12

Fuente: Vargas et al. (2013).

Elaborado por: El Autor

2.4.2 Almidón de yuca.

La obtención de la harina comienza con el lavado y pelado del tubérculo uniformemente para luego tritarlo. El almidón se lo obtiene extrayendo todo el jugo de la pulpa y dejando que sedimente la parte sólida para proceder a extraer el líquido, se deja secar para luego pasarlo por un tamiz con una granulometría ya ajustada y posteriormente obtener un polvo fino (Aristizábal y Sánchez, 2007).

El almidón es un hidrato de carbono, clasificado como polisacárido, que tiene la capacidad de aportar energía y absorber cerca del 40 % de su peso en agua; dado que el almidón es un polímero natural, cuando se mezcla con otros plastificantes naturales, puede formar láminas de plástico fuertes que son resistentes al congelamiento y al calor (Cuevas, 2017).

El uso de la harina y almidón de yuca como fuente de amilácea para realizar bioenvases es una opción fundamental; sin embargo, hay que solucionar algunos problemas inherentes a esta materia prima como la fragilidad e inestabilidad a la humedad, por lo tanto, es necesario integrar otros tipos de aditivos, como plastificantes, estabilizantes, materiales de refuerzo para las fibras naturales, y así incrementar las alternativas de aplicación en la obtención de productos funcionales (Vargas et al., 2013).

2.4.2.1 Caracterización física y química del almidón de yuca.

Las propiedades más importantes para la caracterización física y química son: gelatinización y retrogradación; y las funcionales: solubilidad, hinchamiento, absorción de agua, sinéresis y comportamiento reológico de sus pastas y geles (Wang y White, 1994).

En la Tabla 13 se muestra la composición física del almidón de yuca

Tabla 13. Composición física del almidón de yuca

Indicador	Componentes
Calor específico	62.5 °C
Gelatinización	10 J.g ⁻¹
Absorción de agua	27.18 g agua.g ⁻¹
Hinchamiento	42-71 g agua.g ⁻¹
Viscosidad	250 (UB) a 50°C
Transmitancia	51.76 % T

Fuente: Hernández et al. (2008)

Elaborado por: El Autor

En la Tabla 14 se muestra la composición química del almidón de yuca.

Tabla 14. Composición química del almidón de yuca

Parámetro	Contenido (%)
Humedad	9.48
Proteína Cruda	0.06
Grasa cruda	0.20
Cenizas	1.01
Amilosa	17.0
Amilopectina	72.25

Fuente: Hernández et al. (2008).

Elaborado por: El Autor

2.4.3 Harina de cáscara de mango.

Su procesamiento consiste en aplicar el 10 % de albúmina de huevo sobre la cáscara de mango para la eliminación de agua, posterior a eso se seca la fibra a una temperatura de 10 °C por 3 horas, una vez obtenida la fibra seca se continúa con la molienda hasta obtener un polvo fino de 212 micras (Cerón, Ramírez, Martínez y Sosa, 2016).

Cañas, Restrepo y Cortés (2012) afirman que la cáscara de mango constituye alrededor del 15 al 20 % de la fruta, con contenidos de compuestos valiosos como polifenoles (70 g polifenoles/kg), carotenoides, enzimas, fibra dietética soluble (281 g/kg) y capacidad de retención de agua (11.4 g agua/g) lo que disminuye el crecimiento de hongos.

Con base en estos resultados se puede deducir que las cáscaras de mango pulverizadas, es una buena fuente de compuestos antioxidantes o compuestos fenólicos totales. El color rojizo es un indicativo indirecto de la presencia de antioxidantes en el mango. En un estudio realizado en el Tecnológico de Monterrey campus Sinaloa, mezclaron el mango procesado con almidón lo que dio como resultado un material similar al plástico pero que tarda en degradarse máximo seis meses, comparado con los 100 años que tarda el plástico (Navia, 2019).

2.4.3.1 Caracterización física y química de la cáscara de mango.

En la Tabla 15 se muestra la composición física y química de la cáscara de mango.

Tabla 15. Composición física y química de la cáscara de mango

Indicador	Contenido (%)
Proteína	0.4
Cenizas	0.5
Grasa	0.2
Carbohidratos	15.5
Fibra	1.8
Hemicelulosa	22.6
Celulosa	46.05
Humedad residual	12.95

Fuente: López, Cuarán, Arenas y Flórez (2014)

Elaborado por: El Autor

2.5 Plástico

2.5.1 Origen.

El término plástico proviene del griego “plastikos” que significa que es moldeable. Se refiere a la maleabilidad, o plasticidad, del material durante la fabricación, es el término habitual para describir una amplia gama de materiales sintéticos o semisintéticos que tienen propiedades como: flexibilidad, durabilidad, versatilidad, alto rendimiento, bajo costo y baja densidad (PlasticEurope, 2021).

A continuación, la Tabla 16 muestra una clasificación de los plásticos con sus propiedades.

Tabla 16. Clasificación de plásticos y sus propiedades

Grupo	Estructura	Aspecto físico	Densidad (Mg/m ³)	Comportamiento al calor	Comportamiento a los disolventes
Termoplásticos	Macromoléculas lineales o ramificadas	Parcialmente cristalino; tipo varilla a flexible; translucido, lechoso u opaco, sólo los filmes delgados son transparentes.	0.9 – 1.4	Materiales blandos; se hacen transparentes al fundirse; con frecuencia las fibras pueden fundirse a partir del fundido; sellado por calor.	Se pueden disolver en disolventes calientes fácilmente, no como en disolventes fríos.
		Amorfos: incoloros, claros y transparentes sin aditivos; duros a elásticos.	0.9 – 1.9	Plástico deformable, se convierte en un líquido cuando se calienta y se endurece en un estado vítreo cuando se enfría suficiente. Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces	Solubles (con algunas excepciones) en ciertos disolventes orgánicos, normalmente después de un hinchamiento inicial.
Termoestables	Macromoléculas muy entre cruzadas	Duros, normalmente contienen cargas y son opacos.	1.2 – 1.4	Permanecen duros; dimensionalmente estables hasta casi la descomposición química.	Insolubles, no se hinchan.
Elastómeros	Macromoléculas ligeramente entre cruzadas	Elasticidad tipo caucho y capacidad para ser estirados.	0.8 – 1.3	No fluyen hasta temperaturas próximas a la descomposición química.	Insolubles, pero suelen hincharse.

Fuente: Frías (2015)

Elaborado por: El Autor

Los plásticos son materiales orgánicos llamados polímeros, tienen en

Su composición carbono, de alto peso molecular, es decir, moléculas gigantes compuestas por muchas unidades repetidas de monómeros unidas por polimerización (Gallego, 2016).

2.5.2 Desechos plásticos a nivel mundial.

La producción mundial total alcanzó los 380 millones de toneladas en 2015. Hasta el 2018 se fabricaron alrededor de 8 300 millones de toneladas, con un aumento anual alrededor del cinco por ciento, alcanzando Europa una producción de 61.8 millones de toneladas en ese año (Greenpeace, 2018).

La alta resistencia a la corrosión, el agua y la descomposición bacteriana dificultan la eliminación de los desechos, lo que constituye un problema medioambiental. El polietileno (PE) en forma de bolsas de plástico, láminas de plástico, envases (incluidas botellas), microesferas para cosméticos, abrasivos, y polipropileno (PP) como electrodomésticos, muebles de jardín, componentes de vehículos, entre otros, son dos de los plásticos más utilizados en la industria y tardan hasta 500 años en descomponerse (Pacheco, Flores y Rodríguez, 2014).

En los últimos años, se ha comprobado que el plástico es uno de los mayores contaminantes y se encuentra presente en el mar; posee diferentes composiciones químicas, formas, tamaños, que, con la acción del tiempo y la degradación, ya sea por el efecto de las olas, rayos UV o agentes físicos, éstos comienzan a degradarse en fracciones de menor tamaño, llegando a escalas micro y nano (Arriaza, Sandoval, Cortes y Pozo, 2019).

Recientes estudios han demostrado la presencia de micro plásticos en lugares poco comunes como, por ejemplo, en el agua de grifo, agua embotellada y en organismos bentónicos; uno de los estudios más recientes corresponde a un análisis de lluvia realizado en el Parque Nacional de las

montañas rocosas de Colorado donde encontraron micro plásticos en el 90 % de las muestras de lluvia (Wetherbee, Baldwin y Ranville, 2019)

En cuanto a los efectos del micro plásticos podrían ser los mismos causados por partículas de origen natural, como la arena, arcilla, el polvo; sin embargo, los micro plásticos se siguen degradando a partículas más pequeñas, llegando a ser nanoscópicas lo que se consideraría una característica de preocupación debido a que los nano plásticos podrían penetrar los órganos, incluyendo la placenta y el cerebro (Bouwmeester, Hollman y Peters, 2015). Si estos micro plásticos o nano plásticos son inhalados o ingeridos, la respuesta inmunológica debiera ser muy similar a la del material particulado de fracción menor a 2.5, causando estrés oxidativo y una consiguiente inflamación (Rist, Almroth, Hartmann y Karlsson, 2018).

2.5.3 Desechos plásticos en Ecuador

Ecuador genera aproximadamente cuatro millones de toneladas de desechos al año y únicamente entre un 15 a 25 % es reciclado, aunque la mayoría de los habitantes no practican estas medidas y por ende se generan más desechos, de los cuales, algunos van directo a los vertederos. En Guayaquil, a diario se recogen 4 200 toneladas de desechos aproximadamente, de esta cantidad tan solo el 14 % del material puede ser reciclado. Asimismo, es importante destacar que Cuenca constituye la ciudad que tiene el porcentaje más alto a nivel de hogares que clasifica sus residuos, con el 53.37 % (Morán, 2020).

La Asamblea Nacional del Ecuador aprobó la Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reciclaje de Plásticos, y la Prohibición de Plásticos de un solo uso que tiene la intención de reducir el uso y comercio del plástico de un solo uso en Ecuador; el objetivo de la Ley es proteger la salud humana, el ambiente y la naturaleza; sensibilizar a las personas y

reducir progresivamente los plásticos de un solo uso que se disponen en el mercado nacional (Asamblea Nacional República del Ecuador, 2020).

2.6 Bioplásticos

2.6.1 Origen.

Los materiales bioplásticos se están convirtiendo en el material de elección para un número cada vez mayor de compañías en todo el mundo, son polímeros de alto peso molecular de origen natural proveniente de fuentes renovables como los hidrocoloides con carácter biodegradable, considerados una solución para disminuir la contaminación al medio ambiente por plásticos derivados de petróleo (Reyes, 2020).

El prefijo bio puede significar que el polímero es derivado de la biomasa que se obtiene de la materia orgánica susceptible de ser utilizada como fuente de energía y se puede clasificar como:

- Biomasa natural: se produce en la naturaleza sin la intervención humana como el almidón, celulosa, entre otras.
- Biomasa residual: residuos orgánicos producidos a partir de las personas
- Biomasa producida: son los cultivos energéticos, es decir, campos de cultivo donde se producen un tipo de especie específica con la única finalidad de su aprovechamiento energético.

Biobasados no provienen de fuentes fósiles, reduciendo la huella de carbono, como a su vez mejorando el medio ambiente. Algunos ejemplos de estos materiales son: ácido poliláctico (PLA), bio-polietileno (bio-PE), bio poliamida (bio-PA), entre otras (Fundación Endesa, 2020).

Un material bioplástico se obtiene a partir de residuos de origen vegetal fermentados, dan lugar a polímeros que se transforman y adquieren las mismas características físicas y mecánicas del plástico procedente del petróleo. El interés de este material radica en que, además de biodegradable

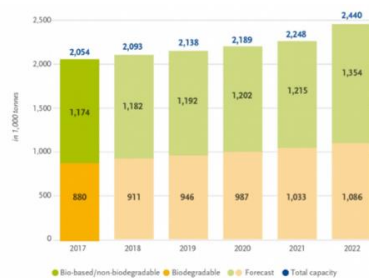
(se descompone por acción bacteriana), es biocompostable, es decir, estos elementos vuelven a la naturaleza en forma de biomasa, la cual es procesada por microorganismos, hongos y algas, con lo que el material desaparece por completo (Peter, 2020).

2.6.2 El mercado internacional de bioplásticos.

En el 2018, la Conferencia Europea de Bioplásticos en Berlín presentó los análisis realizados hacia la producción de bioplásticos y confirmaron un aumento débil y estable en las emisiones de carbono; se debe seguir trabajando por un apoyo político más profundo para la bioeconomía y una mayor conciencia de los clientes por la sostenibilidad del medio ambiente, lo que generaría un impulso en la expansión de los bioplásticos (Interempresas, 2018).

La Figura 3 representa la proyección de la producción global de los bioplásticos.

Figura 3. Producción global de bioplásticos



Fuente: European Bioplastics (2017)

Se está generando una demanda de estos productos por ser ecológicos, pero deberán ser biodegradables al 100 %, obtener resultados positivos de los consumidores por el precio y que el bioplástico sea de origen vegetal como a su vez que no genere una crisis alimentaria.

Aunque la capacidad productiva mundial de biopolímeros estimada en 2007 fue de unas 300 000 t, lo que no supone ni el 1 % del consumo total mundial de plásticos (Catedra Ecoembes de medio ambiente, 2009).

2.7 Biodegradación

Se define como un polímero biodegradable a un material que puede descomponerse aeróbica o anaeróbica, es decir con producción de CO₂, metano y agua; los minerales o biomasa cuando se exponen a bacterias, hongos y algas, son degradados por acción enzimática de los microorganismos bajo condiciones normales del medio ambiente (NTE INEN 2643, 2012).

El ácido poliláctico (PLA) es uno de los biopolímeros más conocidos y está basado 100 % en el almidón obtenido principalmente del maíz, trigo o papas, el almidón es transformado biológicamente (fermentación) mediante microorganismos en ácido láctico que es el monómero básico, que mediante un proceso químico se polimeriza transformándolo en largas cadenas moleculares denominadas ácido poliláctico; que fácilmente puede ser inyectado, soplado, termoformado, impreso y sellado por calor para producir bandejas o películas (Labeaga, 2018).

Las normas internacionales que se encargan de regular todo el proceso de degradación y de biodegradación son:

- Estados Unidos: Estándar de ASTM D6400 - 19 (2012) “Especificación Standard para los plásticos compostables”, que establece los requisitos y estándar de ASTM D5338 - 98 (2003) “Método de ensayo standard para la determinación de la degradación aeróbica de los materiales plásticos en condiciones controladas de compostaje”, es una norma de procedimiento para medir la degradación aeróbica.

- Europa: BS EN 13432: 2002 (2007) “Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación” y la norma CSN EN ISO 14855-1 (2020) “Determinación de la biodegradabilidad aeróbica final y desintegración de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas”, describe el procedimiento del análisis.

El objetivo de estas normas es especificar los plásticos y los productos fabricados a partir de ellos que son designados como compostables. Además, se analiza si se compostan adecuadamente incluyendo la biodegradación a una velocidad compatible con materiales que se someten al proceso de compostaje (por ejemplo, restos de comestibles). Las normas son las necesarias para determinar que el proceso de degradación de estos materiales no disminuya la calidad y el valor del compost resultante (NTE INEN 2643, 2012).

2.7.1 Estándares de compostabilidad.

Los polímeros compostables pueden ser biodegradables en un medio de compostaje y descomponerse a una velocidad promedio a la de los materiales compostables conocidos.

Los estándares internacionales para validar la compostabilidad industrial de un material plástico son BS EN 13432 (europea), ISO 17088 (Internacional) y ASTM D6400 - 19. Es esencial considerar que estas normas validan al producto, mas no a los materiales que se utilizaron para su elaboración, debido a que el o los materiales pueden presentarse de forma diferente que al envase; un polímero biodegradable solo puede clasificarse como compostables si este proceso se lleva a cabo bajo ciertas condiciones y dentro de un rango de tiempo (Campuzano, López, y Álvarez, 2018).

En general deben cumplir con estas características:

- Desintegración (degradación física): el material debe descomponerse

en un 90 % en partes pequeñas (por lo general 2 x 2 mm) e el tiempo que la norma lo dictamina (hasta 12 semanas).

- Biodegradación inherente (degradación química): debe corresponder al grado de conversión de carbono orgánico en CO₂ dentro del período especificado en la norma. La mayoría de las normas definen el compostaje industrial como una degradación del 90 % en 180 días a 58 °C (NTE INEN 2640, 2012).
- Eco-toxicidad (efecto en las plantas): el crecimiento de las plantas en un compost de control se compara con una muestra de compost del mismo desecho orgánico que contiene un 10 % de material de prueba y se agrega al comienzo del compostaje. No deberá haber diferencias significativas en el crecimiento y desarrollo de las plantas entre los dos medios (Plastivida, 2007).
- Características químicas: el plástico o producto debe tener concentraciones de metales pesados (Cu, Zn, Ni, Cd, Pb, Hg, Cr, Mo, Se, As) inferiores al 50 % de las concentraciones requeridas para el compost en el país donde se comercializa el producto (BS EN 13432: 2002, 2007).

Los materiales biodegradables serán muy útiles en diferentes industrias o instituciones como en la agricultura, dispositivos médicos y principalmente en el sector de empaque; estos materiales podrán cerrar el ciclo de los productos plásticos mediante la biodegradación y el compostaje.

2.8 Residuos Agroindustriales

Actualmente se sabe que la humanidad ha logrado avanzar en todos los ámbitos tanto en lo social, científico, económico, industrial y otros, lo que ha generado beneficios y a su vez grandes problemas como los ambientales derivados de la explotación de los recursos naturales y los residuos del procesamiento industrial (Fernández y Gutiérrez, 2013).

En Ecuador, la agroindustria produce una gran cantidad de residuos no comerciales como tallos, hojas o frutos que provienen del sector florícola, hortícola, frutícola, maderero y avícola, debido a la poda, corte, clasificación y renovación de cultivos después de la cosecha; estos residuos no tienen un tratamiento adecuado, por lo tanto, es necesario el desarrollo de tecnologías para disminuir esta contaminación ambiental (Gavilanes, 2016).

2.9 Recipientes biodegradables

Los envases biodegradables son una alternativa a los materiales derivados del petróleo, ya que se descomponen de forma natural o por la acción de microorganismos naturales rompiendo estructuras inocuas para el medioambiente; este tipo de envases está normalmente compuesto de ácido poliláctico (PLA) que es un termoplástico cuyos materiales de base se obtienen a partir de almidón de maíz o de yuca o mandioca, o de caña de azúcar (Hiperbaric, 2018).

En la actualidad, la producción de estos polímeros no se asemeja a la de los polímeros de petróleo, pero eso no significará que no se pueda efectuar, ya que no es necesario cambiar el tipo de tecnologías utilizadas para fabricar envases tradicionales de polímeros derivados del petróleo, puesto que se utilizan las mismas líneas de producción (Labeaga, 2018).

El almidón termoplástico (TPS) es esencialmente almidón modificado por la adición de plastificantes y procesado bajo condiciones de presión y calor hasta destruir completamente su estructura cristalina y formar un almidón termoplástico amorfo que tiene desventajas tales como: solubilidad en agua, alta higroscopicidad, envejecimiento rápido debido a la retrogradación y bajas propiedades mecánicas, lo cual limita algunas aplicaciones tales como empaque. Estos problemas se han reducido cuando se incorporan en la matriz termoplástica rellenos naturales como fibras celulósicas que sirven

como material de refuerzo para mejorar las propiedades mecánicas (Ortegón y Uscategui, 2013).

Avalos y Torres (2018), en su investigación sobre el Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz, tuvieron como objetivo realizar un diseño de una fábrica de envases descartables biodegradables a partir de la cascarilla de arroz, elaboraron un envase biodegradable con cascarilla de arroz molida como materia prima óptima, debido a que las partículas de la molienda fueron finas, obtuvieron un material uniforme, compacto, con la dureza necesaria, de un espesor menor a 0.5 mm y una degradación mucho menor debido a la ruptura de enlaces covalentes.

Canto et al. (2018) demostraron que la mezcla de 66 % de cascarilla de arroz y 34 % de almidón es un buen aislante térmico; así, las propiedades de conductividad térmica disminuyeron a una conductividad térmica (k) de 0.0262 W/m K, la cual es incluso más pequeña que la de la cascarilla de arroz individual, 0.036 W/m K. Este comportamiento indica que el almidón no solo selló los poros de la cascarilla para evitar la volatilidad, sino que a su vez mejoró el rendimiento de la mezcla como aislante térmico.

Navia y Villada (2013) elaboraron un material bioplástico semirrígido a partir de harina nativa de yuca de cuatro variedades (MBRA 383, MPER 183, CM 4574-7 y CM 7951-5) añadiendo polvillo de fique, mediante la técnica de termo-compresión a 200 °C; para la determinación mecánica evaluaron las pruebas de resistencia a la tensión 1.75 MPa y 366.7 Mpa, flexión obtuvo 1.95 y 3.50 MPa y EF y e impacto mediante un texturómetro (Shimadzu, EZ Test L, Japón) y un equipo Izod (Impact TesterTNI No. 43-1, Testing Machines Inc), se determinó la energía (J/m) de la rotura de la muestra impactada la cual fue resistencia al impacto estuvo entre 10 y 12.8 J/m.

Chariguamán (2015) elaboró un bioplástico con fibra de maracuyá, realizando el método de casting (Proceso mediante el cual un líquido es vertido en un molde y dejado para su reacción, curado o endurecimiento para formar un objeto rígido que se produce en la cavidad de un molde) para evaluar el efecto de las propiedades físicas y el tiempo de degradación del bioplástico. Las variables dependientes fueron: concentraciones de albedo de maracuyá, glicerol y proporción de almidones de maíz con respecto al de yuca y las independientes: espesor, propiedades de barrera, propiedades ópticas y propiedades mecánicas. Los resultados serán expuestos en la discusión.

Silva, Brinques y Gurak (2020), realizaron una investigación para desarrollar y evaluar la caracterización de los bioplásticos de almidón de maíz y harina de subproductos de varios tipos de brotes (amaranto, frijol brócoli, alfalfa, rábano y, predominantemente, trébol), las que fueron caracterizadas física y químicamente. Posteriormente, elaboraron soluciones filmógenas con maicena (4 %), glicerol (30 % sobre almidón de maíz) y agua destilada (cantidad suficiente al 100 %). La harina del subproducto de brotes secos se añadió en proporciones de 0 (control); 2.5 %; 5 %; 7.5 % y 10 % sobre base de almidón de maíz. Los resultados de los análisis de películas mostraron que la adición de harina de subproducto de brotes mejoró favorablemente los parámetros de color, índice de solubilidad en agua y temperatura de fusión al compararlas con la película de control.

López et al. (2014) realizaron un estudio de caracterización morfológica, química y térmica a la cáscara de mango, un desecho que en el 2006 se acercó a las 399 844 toneladas; los valores obtenidos fueron: 11.91 % de humedad residual, 23.03 % de hemicelulosa, 23.02 % de celulosa, contenido de hemicelulosa y celulosa de 46.05 % aproximadamente, lo que la hace apta para la elaboración de papel y al tener una humedad menor al 20 % la

hace útil para aplicaciones térmicas, no obstante, contiene almidón en un 12 %, idóneo para la elaboración de bioplásticos.

2.9.1 Propiedades físicas.

La mayoría de las pruebas se realizan en una probeta (corte del material a elaborar) que deberá medir generalmente 12.7 mm x 12.7 mm y su espesor puede variar entre 1.54 y 6.35 mm, implemento utilizado para probar la calidad del material elaborado.

2.9.1.1 Compresión.

Muestra el comportamiento de un material o de un envase cuando se somete a una carga de compresión a una velocidad constante y baja. En algunos casos, para analizar el comportamiento en compresión de algunos productos, los ensayos se realizan sobre el mismo producto completo, sin necesidad de mecanizar una probeta de dimensiones más pequeñas, a partir de esta prueba, la fuerza soportada en kN por la muestra se obtiene antes de que se deforme a un cierto valor. Las normas aplicables son: UNE EN ISO 604 (2003) (Plásticos) y UNE EN ISO 12048:2001 (2006) (envases) (Aimplas, 2019).

2.9.1.2 Determinación de resistencia de flexión.

Las propiedades de flexión de un material son propiedades que definen la flexibilidad o la resistencia que un material puede soportar al ser doblado, a esto se lo denomina la flexión forzada. Se mide como la resistencia del material que se está probando a su rotura bajo una tensión de flexión aplicada en Mpa al centro de una muestra rectangular sostenida por los extremos aplicando una carga hacia abajo en el centro entre ellas (NTE INEN 2047, 2013).

2.9.1.3 Determinación de resistencia al impacto.

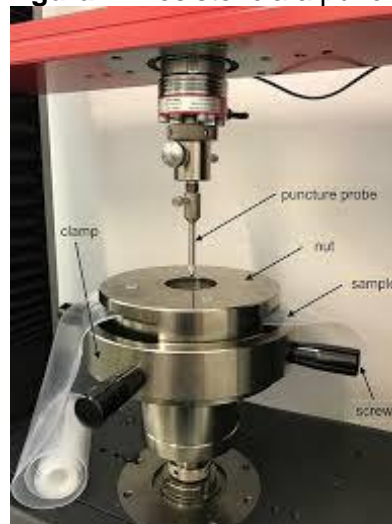
La resistencia al impacto es una de las propiedades mecánicas más importantes de un polímero y se entiende como la resistencia a la rotura de un plástico cuando una carga lo golpea, está relacionada con la temperatura y la velocidad. La temperatura de tensión del polímero y la temperatura de prueba, tiene una influencia significativa en la tenacidad del polímero y cuanto mayor es la tasa de carga, más fácil es que el polímero falle como material quebradizo. Los plásticos frágiles probados a bajas temperaturas y altas velocidades de carga tienen la menor resistencia al impacto (Ayala y Barbosa, 2014).

2.9.1.4 Resistencia a punción.

Se refiere a la resistencia de una muestra en forma de lámina o recipiente a ser perforada por un punzón. Cuanto mayor sea la energía (Joules) requerida para la perforación, más fuerte será la película a perforar y mejor se protegerá un recipiente flexible de roturas accidentales durante la manipulación, transporte, uso final, entre otros; la norma aplicable es: UNE EN 14477 (2004) (Aimplas, 2019).

La Figura 4 muestra un módulo de punción.

Figura 4. Resistencia a punción



Fuente: Aimplas (2019)

2.9.1.5 Determinación de conductividad térmica.

La conductividad térmica es la capacidad de la transferencia de calor a través de una unidad de área debido a un gradiente de temperatura; si un material tiene un valor de conductividad térmico alto, éste es considerado como conductor, mientras que si es bajo será un aislante. Las unidades en el sistema internacional son W/mK , la norma aplicable es: ASTM C518 (2017) (Domingo, 2011).

Se deberá colocar la muestra dentro de probetas para someterla a pruebas de transferencia de calor, para lo cual se utilizará el módulo de conducción de calor lineal marca Edibon, modelo TXC/CLB; la resistencia eléctrica máxima de este equipo es de 100 W de potencia, su función es proporcionar calor en los extremos de la probeta y unos sensores térmicos a lo largo del módulo miden la variación de temperatura (Canto et al., 2018).

La Figura 5 muestra un módulo de conducción de calor lineal.

Figura 5. Módulo de conducción de calor lineal



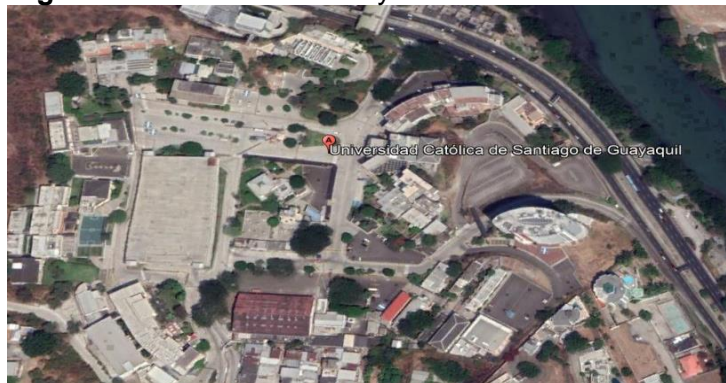
Fuente: Canto et al. (2018)

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo

El presente Trabajo de Titulación se llevará a cabo en el laboratorio de Química 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 6. Locación del ensayo



Fuente: Google Earth Pro (2021)

3.1.1 Condiciones climáticas de la zona.

En Guayaquil, la temporada de lluvias es muy calurosa, opresiva y nublada y la época seca es calurosa, fatigosa y parcialmente nublada. Durante el año la temperatura suele estar entre 20 y 32 °C y rara vez cae por debajo de 19 °C o sube por encima de 34 °C. La precipitación varía a partir de enero con pequeñas cantidades y aumenta a 199 mm en febrero y en agosto disminuye a 1 mm (Weather Spark, 2021).

3.1.2. Duración.

La investigación iniciará después de su aprobación para realizarla en seis meses.

3.2 Insumos, equipos, materiales y reactivos

3.2.1 Insumos.

- Cascarilla de arroz
- Almidón de yuca
- Cáscara de mango
- Agua destilada
- Glicerina

3.2.2 Equipos.

- Mufla
- Desecador
- Mortero
- Horno
- Cuchillo
- Estufa
- Balanza analítica
- Molino de grano
- Plancha de calentamiento
- Cronómetro de precisión

3.2.3 Materiales.

- Malla N° 12, 16, 30
- Bandejas de aluminio
- Matraz Erlenmeyer 250, 500 mL
- Pipeta volumétrica 10, 25, 50 mL
- Bureta volumétrica 10, 25, 50 mL
- Pinzas para crisol
- Cápsulas de aluminio y porcelana
- Espátula de níquel
- Termómetro
- Bandeja de análisis de dureza
- Moldes de silicona

3.2.4 Reactivos.

- Glicerina

3.3 Diseño de la investigación

Acorde con el alcance del trabajo planteado, la investigación será tipo: exploratorio, descriptivo, cuantitativo y correlacional.

Ortiz (2021), declara la investigación exploratoria como un primer acercamiento al tema o al problema, para distinguir con exactitud los aspectos más relevantes antes de acometer el trabajo investigativo a profundidad.

Mejía (2021), considera la investigación descriptiva como la encargada de describir y analizar las características del tema a investigar, para definirlo, formular hipótesis y seleccionar la mejor formulación para determinar experimentalmente los tratamientos sin alterar o manipular ninguna de las variables.

Rodríguez (2021), asegura que la investigación cuantitativa consiste en recolectar y analizar datos numéricos, para identificar tendencias, promedios, realizar predicciones, comprobar relaciones y obtener resultados generales de poblaciones para formular hipótesis generales a partir de casos particulares

Mejía (2021), manifiesta la investigación correlacional como no experimental en la cual se compararán variables y se establecerá una relación estadística entre las mismas con la finalidad de indicar si una variable puede afectar a la otra, siendo positiva (directamente proporcional) o negativa (inversamente proporcional).

Logrando así llevar el trabajo investigativo hacia los resultados esperados.

3.4 Unidad de análisis.

3.4.1 Población.

Para la siguiente investigación se seleccionará como población la cascarilla de arroz, cáscaras de mango y almidón de yuca después de ser obtenidas de los desechos agroindustriales del cantón Ventanas.

3.4.2 Muestreo.

El muestreo será no probabilístico ya que los tratamientos se seleccionarán aleatoriamente, es decir que las muestras serán seleccionadas en función a la diferente concentración de harinas en cada componente. Se procesará la cáscara de mango y la cascarilla de arroz para la obtención de las harinas cumpliendo con la caracterización física y química. Se trabajará el 60 % de las harinas para elaborar producto. El estudio se realizará con un presupuesto que definirá el investigador, siendo esta una opción viable para realizar la investigación y lograr obtener resultados esperados.

3.5 Técnicas para el procesamiento de la información

La obtención de los análisis en función a los datos se dará por los programas tales como Design Expert y Excel para facilitar el procesamiento de la información.

3.6 Factores de estudio

Los factores de estudio fueron considerados a partir de la fórmula testigo, siendo ésta, la fórmula sujeta a cambios en el porcentaje de harinas para evaluar su efectividad como un material térmico biodegradable.

La Figura 7 muestra la captura de pantalla del ingreso de los rangos al programa de Design Expert con un total del 60 %.

Figura 7. Ingreso de datos al programa de Design Expert
Simplex Lattice Design

Mixture design for 2 to 30 components where all the components must have the same range. Points are chosen starting with the extreme vertices with enough points between them to estimate the polynomial chosen. By default, this design is augmented to include the over-all centroid and axial check blends.

Mixture components: (2 to 30) Total: Horizontal
 Units: Vertical

	Name	Low	High
A [Mixture]	Cascara de n	15	30
B [Mixture]	Almidón de y	15	30
C [Mixture]	Harina de ca:	15	30

Fuente: Design Expert.

La Tabla 17 muestra la fórmula testigo del envase biodegradable.

Tabla 17. Fórmula testigo para la elaboración del bioplástico

Ingrediente	Porcentajes (%)
Cascarilla de arroz en polvo	33.33
Arroz en polvo	16.7
Agua destilada	49.97

Fuente: Avalos y Torres (2018)

Elaborado por: El Autor

En base a la fórmula testigo, se establecieron las siguientes restricciones:

Factor A: 15 a 30 % harina de cáscara de mango

Factor B: 15 a 30 % almidón de yuca

Factor C: 15 a 30 % harina de cascarilla de arroz

3.7 Unidades experimentales

Una vez ingresadas las restricciones establecidas en el programa Desing Expert versión 11, se generaron 14 tratamientos, cada tratamiento pesará 430 g.

En la Tabla 18 se presentan las formulaciones.

Tabla 18. Formulación de diferentes combinaciones

Tratamiento	A	B	C	Agua destilada (%)	Glicerina (%)
1	15.00	30.00	15.00	38	2
2	20.00	20.00	20.00	38	2
3	22.50	22.50	15.00	38	2
4	30.00	15.00	15.00	38	2
5	17.50	25.00	17.50	38	2
6	22.50	22.50	15.00	38	2
7	22.50	15.00	22.50	38	2
8	15.00	22.50	22.50	38	2
9	15.00	15.00	30.00	38	2
10	30.00	15.00	15.00	38	2
11	25.00	17.50	17.50	38	2
12	17.50	17.50	25.00	38	2
13	15.00	30.00	15.00	38	2
14	15.00	15.00	30.00	38	2

Factor A: % harina de cáscara de mango

Factor B: % almidón de yuca

Factor C: % harina de cascarilla de arroz

Elaborado por: El Autor

3.8 Diseño experimental

La investigación se desarrollará bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) en un arreglo factorial 3^k ; siendo k los factores de estudio, Factor A (harina de cáscara mango), Factor B (almidón de yuca), Factor C (cascarilla de arroz) con cuatro réplicas; se consideró la metodología usada por Avalos y Torres (2018), en la cual se sustituirá el porcentaje total de la cascarilla de arroz por la combinación de las harinas de cascarilla de arroz, cáscara de mango y almidón de yuca en diferentes porcentajes.

3.8.1 Análisis de varianza.

Los datos que se obtendrán serán sometidos previamente a los supuestos del ANOVA, la prueba de normalidad Shapiro-Wilk ($n \leq 50$) y homogeneidad por el estadístico de Levene; cumpliéndose estos se realizará un análisis de varianza paramétrico (ANOVA) con un P_valor < 0.05 y la comparación de medias por Tukey al 95 % de confianza; caso contrario se realizará un ANOVA no paramétrico de Kruskal Wallis.

3.8.2 Esquema de Análisis de varianza con grados de libertad.

En la Tabla 19 se presenta el esquema del ANOVA.

Tabla 19. Esquema análisis de varianza con grados de libertad

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	Total
Tratamientos	$(A \times B \times C) - 1$	14
Factor A	A-1	2
Factor B	B-1	2
Factor C	C-1	2
Interacción A x B x C	$(A-1) (B-1) (C-1)$	1
Error	$(A*B*C) (r-1)$	18
Total	$(A*B*C*r-1)$	23

Elaborado por: El Autor

3.8.2 Variables a evaluar.

3.8.2.1 Variable independiente.

Las harinas se considerarán como una parte esencial para la elaboración del envase térmico biodegradable, por lo que deberán cumplir con los indicadores para lograr su finalidad.

En la Tabla 20 se muestran las variables independientes con los indicadores (humedad y cenizas) para la evaluación de la harina.

Tabla 20. Variables para la elaboración de harinas

Variables Independientes	Indicadores
Cascarilla de arroz	Humedad
Almidón de yuca	Cenizas (base seca)
Cáscara de mango	

Elaborado por: El Autor

3.8.2.2 Variable dependiente.

La Tabla 21 hace referencia a las características mecánicas, térmicas y biodegradables.

Tabla 21. Envase térmico biodegradable

Variable dependiente	indicadores
Envase térmico biodegradable	Resistencia a la compresión Resistencia a la flexión Energía de impacto Prueba de punción Conductividad térmica Prueba de biodegradabilidad

Elaborado por: El Autor

3.9 Variables a evaluarse

3.9.1 Variables cuantitativas: físicas y químicas de las harinas de cascarilla de arroz, cáscara de mango y almidón de yuca.

3.9.1.1 Humedad.

El contenido de humedad se determinará mediante la norma NTE INEN 518 (1980) se pesará, con aproximación de 0.1 mg, 2 g de muestra preparada para transferirla al pesafiltro y distribuirla uniformemente en su fondo. Se deberá calentar el pesafiltro con el contenido durante una hora, en una estufa a 130 ± 3 °C sin tapa, luego se procederá colocar la tapa con el pesafiltro antes de sacarlo para luego trasladarlo al desecador, cuando haya alcanzado una temperatura ambiente, se pesará y luego se repetirán las operaciones de calentamiento, enfriamiento y pesaje hasta que la diferencia de masa entre los resultados de dos operaciones sucesivas no exceda de 0.1 mg, se calculará con la siguiente ecuación:

$$P_C = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

Dónde:

P_c = Pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa

m_1 = Masa del pesafiltro vacío con tapa, en g

m_2 = Masa del pesafiltro y tapa, con la muestra sin secar, en g

m_3 = Masa del pesafiltro y tapa, con la muestra seca, en g

3.9.1.2 Ceniza.

El contenido de las cenizas se determinará mediante la norma NTE INEN 520 (2013) en la que se detalla el siguiente proceso: se pesarán de 2 a 5 g de muestra en un crisol para luego introducirlo en una mufla a 550 ± 15 °C hasta obtener cenizas de un color gris claro (no deben fundirse las cenizas) posterior a esto se colocará el crisol en el desecador hasta que haya alcanzado una temperatura ambiente, se pesará y se repetirán las incineraciones por periodos de 30 min , enfriando y pesando hasta que no haya disminución en la masa, se calculará con la siguiente ecuación:

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

Donde:

C = Contenido de cenizas en harinas, en porcentaje masa

m_1 = Masa del crisol vacío con tapa, en g

m_2 = Masa del crisol con la muestra, en g

m_3 = Masa del crisol con las cenizas, en g

H = Porcentaje de humedad en la muestra

3.9.2 Variables cuantitativas: físicas del envase térmico biodegradable.

3.9.2.1 Resistencia a la compresión.

La determinación de la compresión se realizará de acuerdo a la norma UNE EN ISO 604 (2003).

La medición de la compresión se efectuará por medio del equipo de carga vertical TL2000 que simula la máxima compresión de uso en función del peso y la altura de una muestra, el resultado es la medida de la deflexión de la caja cuando está siendo expuesta a la carga determinada.

La resistencia a la compresión se calculará dividiendo la carga máxima por el área transversal original de una probeta en un ensayo de compresión y el resultado de la prueba se expresará con una aproximación de 100 kPa (1 kgf/cm) (Aimplas, 2019).

La resistencia a la compresión: $\frac{\text{carga máxima}}{\text{área transversal}}$

3.9.2.2 Resistencia a la flexión.

La determinación de la flexión se determinará de acuerdo a la norma ASTM D790 (2017).

La probeta debe medir generalmente 12.7 mm x 12.7 cm y su espesor puede variar entre 1.54 y 6.35 mm. La carga o fuerza se aplica progresivamente en porciones definidas por el tamaño de la muestra hasta que se produce la rotura o hasta que la tensión en las fibras externas alcanza el 5 %. La mayoría de los termoplásticos no se rompen en esta prueba, por lo que la resistencia a la flexión es una tensión de flexión al 5 % de tensión. Para los plásticos, el valor de resistencia a la flexión suele ser más alto que el valor de resistencia a la tracción directa (Frías, 2015)

El módulo de flexión se calculará trazando una tangente a la porción en línea inicial más inclinada de la curva carga-deformación y mediante la siguiente ecuación:

$$E_B = L^3 m / 4bd^3$$

Donde:

EB = Módulo

b = Ancho de la muestra
d = Profundidad
m = Pendiente de la tangente
L = Lapso en pulgadas

3.9.2.3 Energía de impacto.

La determinación de impacto se determinará mediante la norma ASTM D256 – 10 (2018).

Se determinará la resistencia de un material a causa de un golpe severo, y se puede medir a través del ensayo a impacto tipo Charpy que se asegura un péndulo con un martillo a cierta altura (h_0) y se suelta, dejando que rompa de un solo impacto la probeta, la energía potencia del martillo, se transforma en energía cinética durante el recorrido descendente. El martillo rompe la probeta y continúa su trayectoria (ahora ascendente) hasta lograr una altura máxima (h_f) que depende de la energía absorbida de la probeta. Asumiendo que no hay fricción o que esté muy baja impacto (Ayala y Barbosa, 2014).

La energía de impacto se calculará con la siguiente ecuación; en donde, la masa (m) y la gravedad (g) son constantes.

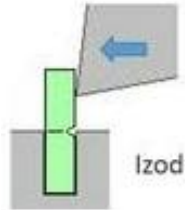
$$e_i = m \times g (h_0 - h_f)$$

Las pruebas de impacto comúnmente utilizadas para materiales rígidos son:

- Izod: La prueba de impacto Izod es la más común, utiliza un péndulo que se hace caer de una posición horizontal a una vertical haciendo un recorrido de 45° para golpear una muestra sostenida en una abrazadera (ASTM D256 – 10, 2018).

En la Figura 8 se distingue el impacto de péndulo por método Izod.

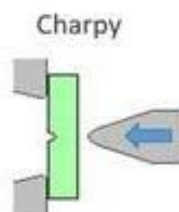
Figura 8. Izod (ASTM D256)



- Charpy: para estructuras flexibles, se utiliza el impacto con caída libre de dardo (ASTM D256 – 10, 2018).

En la Figura 9 se distingue el impacto de péndulo por método Charpy.

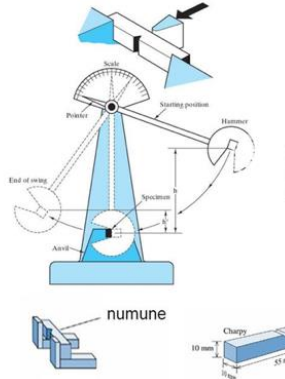
Figura 9. Charpy (ASTM D256)



- Resistencia al impacto de péndulo: el péndulo rompe la muestra, y la distancia que recorre más allá de la muestra es una medida de la energía absorbida al romper la muestra. El valor calculado se expresa en Jouls cm de ancho de muestra. Hay cinco maneras diferentes de realizar esta prueba (ASTM D3420, 2014).

En la Figura 10 se muestra la máquina de impacto de péndulo.

Figura 10. Resistencia al impacto de péndulo (ASTM D3420)



3.9.2.4 Prueba de punción.

La determinación de punción se determinará de acuerdo a cualquiera de las tres normas ASTM D732 (2017), UNE EN 14477 (2017) y ASTM F1306 (2016).

Generalmente una prueba de punción se efectúa con una probeta que es comprimida por una sonda u otro tipo de dispositivo con punta hasta que el material se rompe, se tensa o alcanza un límite de alargamiento, éste se mide ante un punzón de 0.8 mm de diámetro, los resultados se determinarán por la fuerza máxima de penetración (unidades kilo Newton) (Aimplas, 2019).

3.9.2.5 Conductividad térmica

La determinación de conductividad térmica se determinará de acuerdo a la norma ASTM C518 (2017).

Las probetas deberán someterse a pruebas de calor mediante el módulo de conducción de calor lineal marca Edibon, modelo TXC/CLB equipo que cuenta con una resistencia eléctrica máxima de 100 W de potencia, la cual suministra calor en un extremo del material de prueba y diversos sensores térmicos ubicados a lo largo del módulo, miden la variación de temperatura (Canto et al. 2018).

Estos equipos cuentan con un aislamiento apropiado para garantizar un flujo de calor normal o mayor al de la muestra. Se calcula la conductividad en base al principio de Fourier mediante el paso de un flujo térmico a través de una probeta.

Exponiendo las probetas a una temperatura en incremento, el cual será suministrado por el módulo de conducción de calor en sus extremos para que la transferencia sea homogénea en todo el producto. Posterior a eso se deberá realizar cálculos, para determinar la constante de conductividad, que medirá la capacidad de conducción de calor que se produce al transferir la energía cinética presente en las moléculas que conforman el material del envase biodegradable a otras adyacentes (Quimitube, 2013).

Mediante la ley de Fourier que nos da la ecuación de conducción lineal, se puede obtener la constante de conductividad térmica del material aislante (k).

Ecuación para la obtención de la constante de conductividad térmica

$$Q = K A \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Donde:

Q = Calor transferido por el material

K = Constante de conductividad térmica

A = Área normal a la dirección de transferencia de calor

$\Delta T = T_f - T_i$ (temperatura final menos temperatura inicial del sistema)

Δx = Espesor del material

Sin embargo, se necesitará obtener la cantidad de potencia calorífica que se transfiere a través de este material y esta cantidad de potencia transferida del extremo frío del material del envase biodegradable a un cilindro de latón del módulo experimental, por lo que, mediante la variación de temperatura en este metal, en un tiempo determinado se obtendrá la potencia real transferida

a éste y con ella calcular la conductividad térmica del aislante (Canto et al., 2018).

Segunda ecuación para la obtención de la constante de conductividad térmica.

$$Q = m C_p \Delta T$$

Donde:

Q = es el calor transferido por el material

m = masa de la sustancia

c = capacidad calorífica específica (J/K·kg)

$\Delta T = T_f - T_i$ (temperatura final menos temperatura inicial del sistema)

3.9.2.6 Prueba de biodegradabilidad.

Los métodos de ensayo determinan la biodegradabilidad total, el grado de desintegración y la eventual eco-toxicidad del material degradado bajo una simulación de un proceso de compostaje aeróbico intensivo. La determinación de la biodegradabilidad se determinará de acuerdo a las normas BN EN 13432 (2002), ASTM D6400 - 19 (2012) y D5338 - 98 (2003).

Los métodos de ensayo determinan la biodegradabilidad total, el grado de desintegración y la eventual eco-toxicidad del material degradado bajo una simulación de un proceso de compostaje aeróbico intensivo.

La probeta deberá ser puesta en contacto con un inóculo del compost de basura sólida orgánica entre 5 – 10 %, donde se introduce en un espacio controlado bajo condiciones de oxígeno, temperatura y humedad óptimas durante un período de ensayo de no más de seis meses, este método es diseñado para simular las condiciones de compostaje aeróbico para abono como parte del compost; durante la biodegradación aeróbica del material de ensayo, el agua, las sales minerales, el dióxido de carbono y los nuevos constituyentes celulares microbianos (biomasa) son el resultado final de la

biodegradación; el dióxido de carbono generado y el oxígeno consumido se lo examina en tubos de ensayo y de blanco para determinar la producción acumulada de dióxido de carbono (NTE INEN 2640, 2012).

El porcentaje de biodegradación se medirá mediante la relación entre el dióxido de carbono que genera a partir del material de ensayo y la cantidad teórica máxima de dióxido de carbono que se produce a partir del material de ensayo. Un ejemplo un 75 % de biodegradación significa que un 75 % de los átomos de carbono (C) presentes en el envase se convirtieron a dióxido de carbono (CO₂). Este método también determina el tiempo de biodegradación, se deberá realizar en una incubadora a una temperatura constante a 58 °C (Plastivida, 2007).

Se mide el tiempo de desintegración del material en partes pequeñas para que el envase pueda ser recuperado orgánicamente, sin presencia de efectos negativos al igual que los efectos eco tóxicos, es decir, que los materiales biodegradables no deberán afectar negativamente la capacidad del compost de germinación y crecimiento de las plantas cuando se comparan con compost de control, como también el material no debe tener niveles superiores al 50 % de metales pesado de las concentraciones requeridas para el compost (Plastivida, 2007).

3.10. Manejo del experimento

3.10.1. Proceso de elaboración de la harina de cascarilla de arroz.

Solís (2015) declara el siguiente proceso para la elaboración de harina de cascarilla de arroz.

3.10.1.1 Recepción y selección.

Mediante una inspección visual de la cascarilla de arroz, se verificará que se encuentre libre de objetos metálicos, plagas o insectos y residuos orgánicos como tierra.

3.10.1.2 Limpieza.

El lavado eliminará impurezas, se utilizará agua potable con la ayuda de un agente desinfectante que será solución de hipoclorito de sodio a 200 ppm por rocío hasta haber cubierto toda la cascarilla.

3.10.1.3 Secado.

La cascarilla de arroz será llevada a un horno para un proceso de secado a 100 °C por una hora o hasta que se haya secado uniformemente

3.10.1.4 Molido.

Después del secado la cascarilla de arroz será llevada a molienda, en donde se utilizará un molino tradicional (manivela) o molino de disco, la molienda deberá ser constante para que la harina sea uniforme.

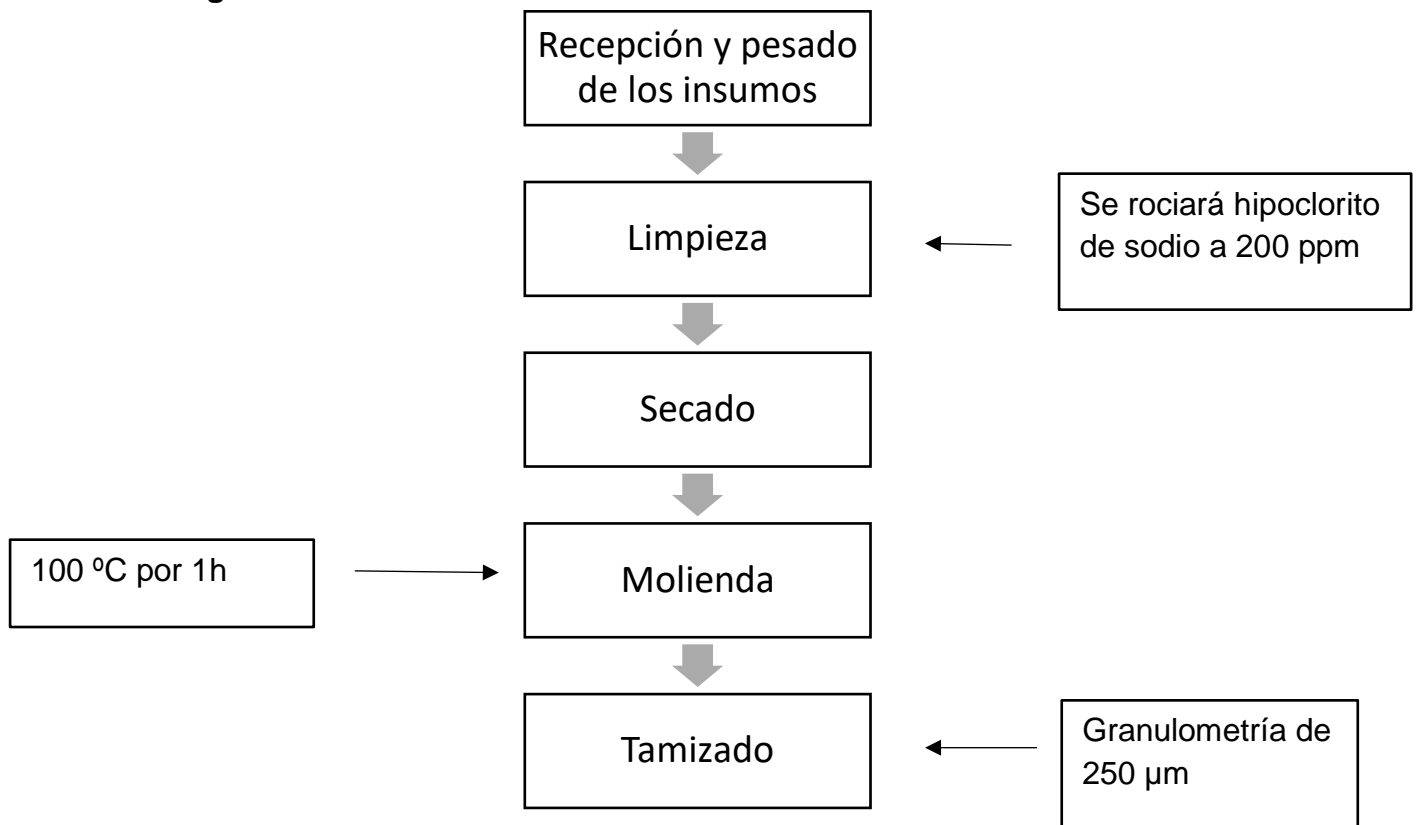
3.10.1.5 Tamizado.

La cascarilla de arroz ya molido se la pasará por un tamiz con la finalidad de obtener una granulometría de 250 µm, el polvo que se retiene por el tamiz se guarda en un recipiente para ser molido nuevamente.

3.10.1.6 Diagrama de flujo de la elaboración de la harina de la cascarilla de arroz.

En la Figura 11 se detalla el proceso de elaboración de la cascarilla de arroz.

Figura 11. Elaboración de la harina de cascarilla de arroz



Fuente: Solís (2015)

Elaborado por: El Autor

3.10.2 Proceso de obtención de la harina de cáscara de mango.

Cedeño y Zambrano (2014) señalan el siguiente proceso para la elaboración de la harina de cáscara de mango:

3.10.2.1 Recepción.

Se deberá hacer una inspección visual para identificar y evitar daños superficiales (putrefacción) de la cascará de mango.

3.10.2.2 Lavado.

Se realizará una inmersión con agua potable y lavado para eliminar impurezas.

3.10.2.3 Secado.

Su procesamiento consistirá en aplicar el 10 % de albúmina de huevo sobre la cáscara de mango para la eliminación de agua en la fibra de mango, posteriormente, se secará a una temperatura de 40 °C por tres horas, para que la humedad de la cáscara sea menor al 10 %.

3.10.2.4 Molido.

Después del secado, las cáscaras de mango serán llevadas a molienda, en donde se utilizará un molino tradicional (manivela) o un molino de disco, la molienda deberá ser constante para que la harina sea uniforme.

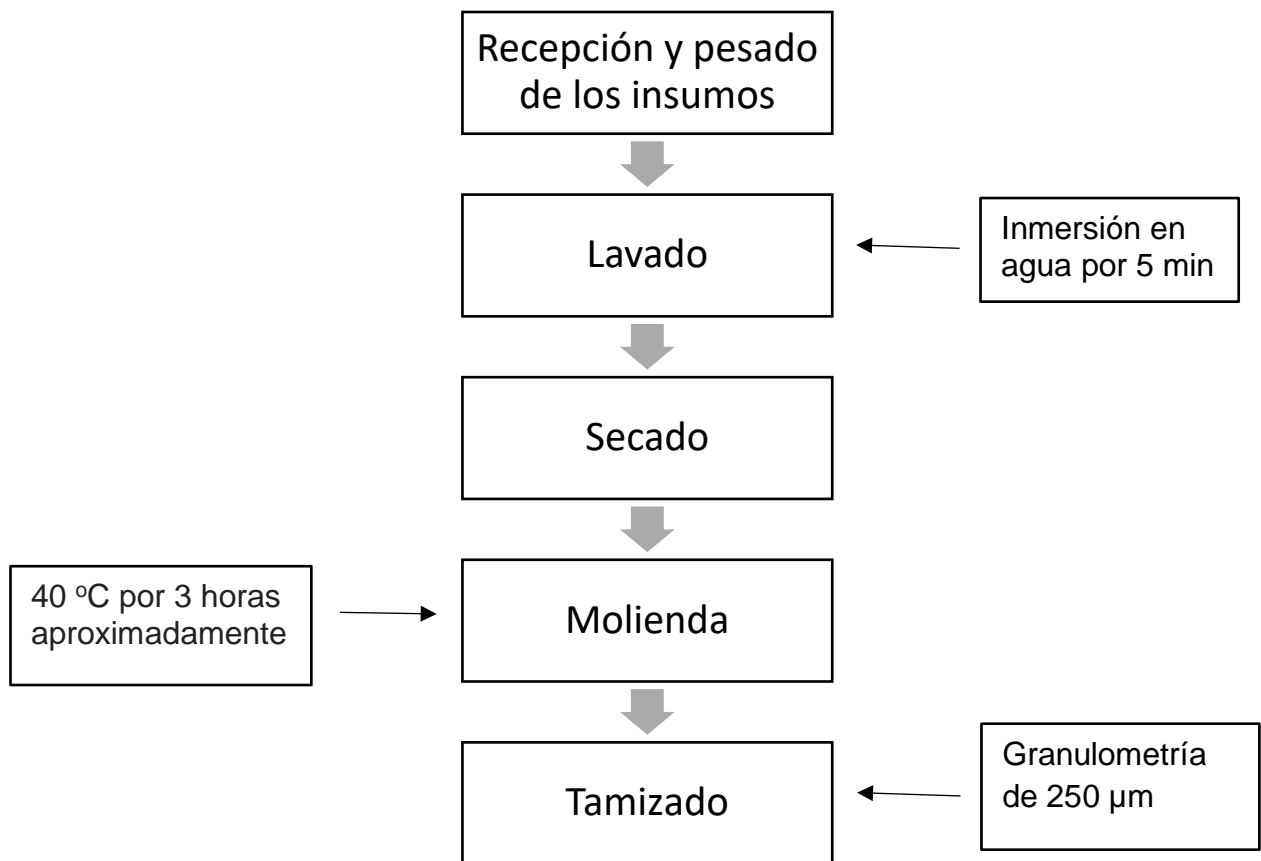
3.10.2.5 Tamizado.

El producto obtenido de la molienda pasará por un tamiz y deberá tener una granulometría de 250 µm aproximadamente, al igual que con la cascarilla de arroz, el polvo que se retiene por el tamiz se guarda en un recipiente para ser molido nuevamente.

3.10.2.6 Diagrama de flujo de la elaboración de la harina de la cáscara de mango.

En la Figura 12 se detalla el proceso de la elaboración de la harina de la cáscara de mango.

Figura 12. Elaboración de la harina de cáscara de mango



Fuente: Cedeño y Zambrano (2014)

Elaborado por: El Autor

3.10.3 Elaboración del envase térmico biodegradable.

Avalos y Torres (2018) mencionan el siguiente proceso para la elaboración de envase térmico biodegradable.

3.10.3.1 Pesado de los insumos.

Se procederá a pesar los insumos, ingredientes y aditivos, en una balanza digital, para la elaboración del producto final según el diseño experimental.

3.10.3.2 Mezclado 1.

En una olla se mezclará el agua destilada junto al almidón de yuca hasta homogenizar y posterior a eso se empezará a calentar a una temperatura de 40 °C por 5 min.

3.10.3.3 Mezclado 2.

Se procederá a mezclar el polvo homogenizado de la cascarilla de arroz, harina de cáscara de mango y almidón de yuca para luego añadirlo a la primera olla.

3.10.3.4 Mezclado 3.

Una vez alcanzada la temperatura deseada a 40 °C en la primera olla, se la utilizará para mezclar el contenido de las ollas añadiendo glicerina por 5 min.

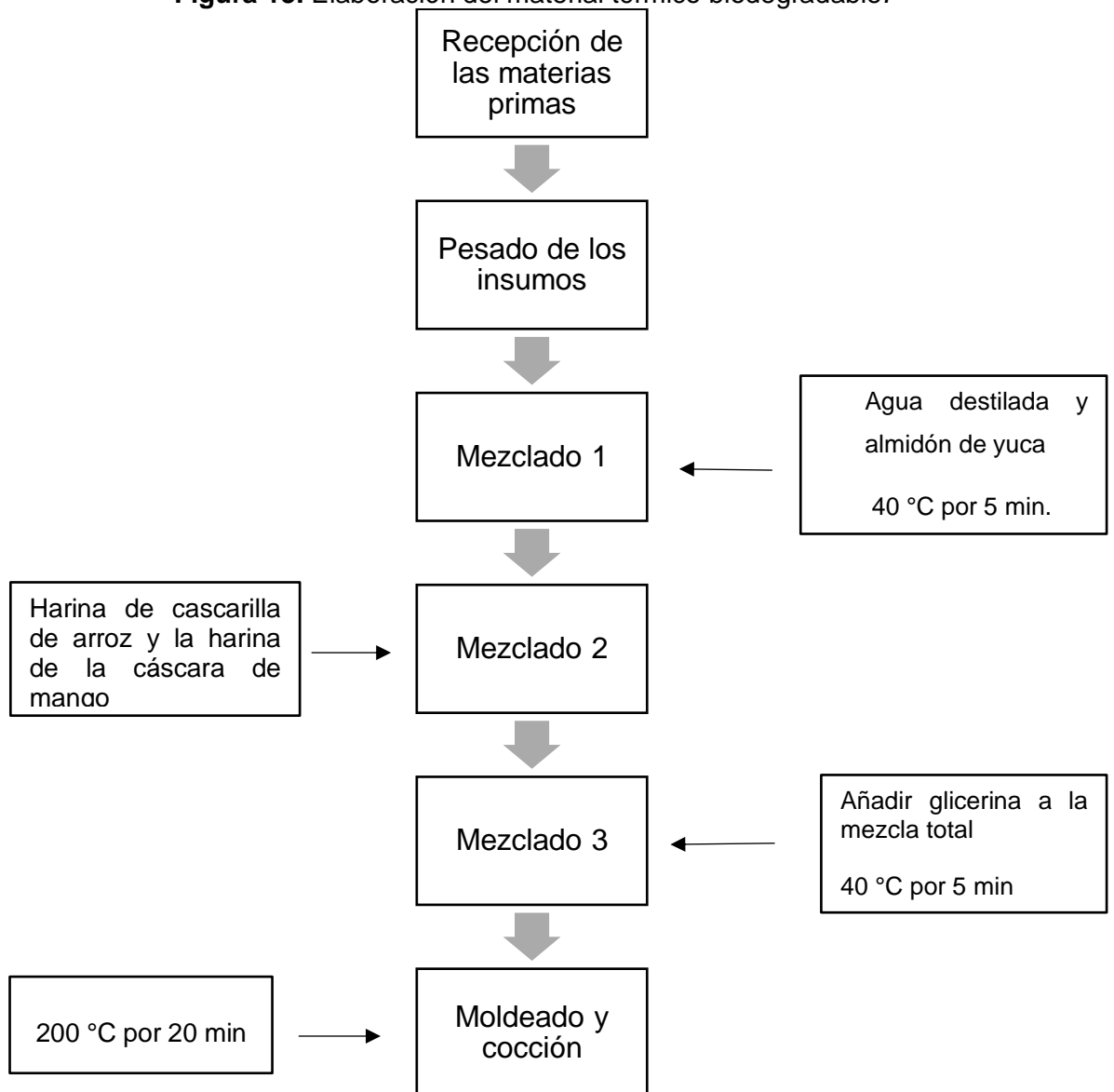
3.10.3.5 Moldeado y cocción.

Se verterá la mezcla en unos moldes de silicona para luego llevarlos al horno a una temperatura de 200 °C por 20 min. La temperatura dependerá del tamaño y del material del molde, luego se dejará secar por aproximadamente 12 horas y el producto final esperado será el bio-plástico.

3.10.3.6 Diagrama de flujo del procedimiento experimental

En la Figura 13 se muestra el diagrama de flujo del proceso de elaboración del envase térmico biodegradable.

Figura 13. Elaboración del material térmico biodegradable.



Fuente: Avalos y Torres (2018)

Elaborado por: El Autor

3.11 Análisis Costo/Beneficio

Una vez que se haya identificado el tratamiento más efectivo, se procederá a determinar el costo de producción para establecer el valor total de proyecto; cabe recalcar que la materia prima se obtendrá de las industrias alimenticias que las consideran como “desechos” por lo cual no se considerarán.

Navarro (2017) utilizó la siguiente fórmula para la determinación del beneficio/costo:

$$\text{BeneficioCosto} = \frac{B}{C}$$

Donde:

- B = Total de beneficios
- C = Total de costos

El valor que se obtendrá con la fórmula beneficio/costo se analizará de la siguiente forma:

- Si B/C es mayor a 1, el proyecto sería rentable
- Si B/C es igual a 1, no existirían ganancias
- Si B/C es menor a 1, el proyecto no sería rentable

Redacción Económica (2020) señala que en el Ecuador el último salario básico unificado (SBU) actualizado es de: USD 400. Mingo (2019) especifica que existen dos fórmulas para calcular el valor de la hora de trabajo (VHT):

- $SBU \div 30 \div 8 = VHT$
- $SBU \div 240 = VHT$

Aunque las dos fórmulas arrojan el mismo resultado, pero el autor recomienda la segunda fórmula por ser más técnica; por lo tanto, el valor de la hora de trabajo por jornada diaria es de USD 1.67.

Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero (2020) el gobierno nacional informó que el cilindro de gas de uso doméstico se mantendrá en 1.60, este valor, que corresponde al envase de 15 kilogramos, ya incluye el 12 % del impuesto al valor agregado (IVA).

Bravo y Garzón (2017), mencionan la necesidad de tomar en cuenta los gastos que están implícitos en la elaboración del recipiente térmico biodegradable para determinar los costos de producción, es fundamental tener en cuenta los factores como:

- Materia prima
- Mano de obra directa
- Gasto de producción

La siguiente fórmula determinará el costo de producción:

$$CP=(M_p+M_{od}+G_p)$$

Donde:

CP= Costo de producción

Mp= Materia prima

Mod= Mano de obra directa

Gp= Gasto de producción

4 DISCUSIÓN

Vargas et al. (2013) al analizar las características físicas de la cascarilla de arroz determinaron un valor de densidad aparente de 0.1 a 0.16 g/cm³; densidad real entre 0.67 a 0.74 g/cm³; conductividad térmica de 0.0359 W/m °C; dureza de 6 Mohs; capacidad calorífica entre 3 300 a 3 600; temperatura de incineración entre 800 a 1 000 °C. Para las características químicas de la cascarilla de arroz obtuvieron un valor de fibra cruda entre 34.5 a 45.9 %; carbohidratos disponibles entre 26.5 a 29.8 %; cenizas crudas entre 13.20 a 2 %; silicio entre 0.6 a 1.3 %; lignina 9 a 20 %; celulosa de 28 a 36 %; pentosas 21 a 22 % y hemicelulosa de 12 %; por lo que se espera que los resultados de los análisis físicos y químicos de la materia prima de esta investigación se encuentren entre estos valores.

Hernández et al. (2008), con respecto a la caracterización física y química de almidones de tubérculos, obtuvieron un valor de calor específico de 62.5 °C; gelatinización de 10 J.g⁻¹; absorción de agua 27.18 g agua. g⁻¹; hinchamiento de 42 a 71 g agua. g⁻¹; viscosidad de 250(UB); transmitancia de 51.76 %, humedad de 9.48 %; ceniza de 1.01 %; amilosa de 17 % y amilopectina de 83 %.

En la caracterización física y química del mango, López et al. (2014) encontraron valores de proteína de 0.4 %; cenizas 0.5 %; grasa 0.2 %; carbohidratos 15.5 %; fibra 1.8 %; hemicelulosa 22.6 %; celulosa 46.05 % y humedad residual de 11.91%; valores que deberán tener los insumos principales para formar parte de la elaboración del envase térmico biodegradable.

Según el estudio realizado por Canto et al. (2018), la probeta (muestra) de 66 % cascarilla /34 % almidón proporcionó una conductividad calórica (k) de 0.0262 W/m K, la cual es incluso más pequeña que la de la cascarilla de arroz individual, 0.036 W/m K. Este comportamiento indica que el almidón no

solo selló los poros de la cascarilla para evitar la volatilidad, sino que a su vez mejoró el rendimiento de la mezcla como aislante térmico; por lo tanto, se tendrán presente los valores utilizados y los tipos de materias primas como referencia para el estudio.

Navia y Villada (2013) con la harina de variedad MPER 183 demostró tener resultados favorables en las propiedades de tensión con la variedad de yuca MPER 183 con un valor de 1.75 MPa y 366.7 Mpa respectivamente, flexión de 1.95 y 3.50 MPa y EF y la resistencia al impacto estuvo entre 10 y 12.8 J/m, en comparación a las otras variedades de harina de yuca; además, demostraron que la fibra de fique incrementó las propiedades mecánicas de tensión, flexión y resistencia al impacto, favoreciendo las propiedades técnicas y funcionales hacia sus posibles aplicaciones agroindustriales, como lo que son empaques tipo bandeja, vasos, recipientes similares a los plásticos entre otros; esperando tener resultados similares ya que se utilizarán materias primas similares en esta investigación.

Chariguamán (2015) evaluó mediante el método casting, propiedades mecánicas y propiedades ópticas. La aplicación de harina de maracuyá dio resultados favorables para las propiedades mecánicas, pero afectó las propiedades de barrera, con la mezcla de 2.83 % de la harina de maracuyá, 49.55 % de glicerol y con la correlación de 50:50 de yuca y maíz se llegaron a mejorar las características físicas del bioplástico; por lo tanto, los resultados serán comparados para evaluar sus propiedades mecánicas.

En la investigación de Avalos y Torres (2018), mediante la prueba y error lograron efectuar tres tratamientos con diferentes concentraciones de cascarilla de arroz; demostró que para que el envase tuviera una mayor compactación y mejor biodegradabilidad debieron moler la cascarilla de arroz mas no integrarla como fibra, ya que con las características de una harina uniforme obtuvieron una buena dureza; como aglutinante utilizaron arroz molido para una buena compactación de la masa; por lo tanto, para este

trabajo se procedió a tomar dichos valores como referencia, esperando obtener resultados similares.

En la investigación de López et al. (2014), elaboraron un bioplástico utilizando 70.04 g de cáscara de banano y lo mezclaron con 400 mL de agua destilada y 2.08 g de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$ (metabisulfito de sodio) durante 30 minutos en ebullición para evitar el pardeamiento enzimático, para que el plástico resultante tenga 30 días de duración y obtuvieron los siguientes resultados: humedad residual un 11.91 %, hemicelulosa un 23.03 %, celulosa un 23.02 %, lignina un 29.87 %, cenizas un 0.78 %. Los resultados fueron favorables ya que obtuvieron dos productos: biopapel y bioplástico, aunque solo el bioplástico logró cumplir con los aspectos de durabilidad; por lo que se estima obtener resultados similares en la investigación.

5 RESULTADOS ESPERADOS

5.1 Académico

Se procurará que las próximas generaciones de estudiantes lleven a cabo este trabajo investigativo para comprobar y demostrar que los biopolímeros remplazaron los polímeros plásticos.

5.2 Técnico

En el desarrollo de este envase biodegradable se procederá a evaluar el comportamiento de dicho envase con sus propiedades mecánicas; por lo que con esto se analizará cualquier tipo de fallas en el proceso para solucionarla y mejorar la calidad del producto.

5.3 Económico

Con respecto a los resultados obtenidos por el costo beneficio, se puede demostrar que el envase térmico biodegradable podrá ser beneficioso económicamente debido a la obtención de las materias primas primordiales y de a poco lograr introducir el producto al mercado nacional.

5.4 Participación Ciudadana

La participación ciudadana es fundamental para promover el uso de los envases biodegradables debido a que están reduciendo el impacto ambiental; es así que, se difundirá a la sociedad los beneficios del uso de los desechos de las industrias alimentarias para darles un valor agregado funcional.

5.5 Científico

El análisis se desarrollaría bajo un diseño completamente aleatorizado (DCA) en un arreglo factorial 3^k con cuatro réplicas, estos tratamientos serán sometidos a un supuesto de ANOVA para realizar la prueba de normalidad; se estima que la nueva generación de estudiantes de la carrera de Ingeniería Agroindustrial se favorezca del problema planteado, para que ellos lo logren realizar.

5.6 Tecnológico

El envase térmico biodegradable estará destinado para las industrias alimenticias debido a sus propiedades similares a la de los envases plásticos y como su propiedad destacada como termo resistentes.

5.7 Social

Será beneficioso no solo para las industrias sino a nivel nacional y mundial debido a que el uso de estos envases ayudaría disminuir el uso de plásticos y no generará un impacto ambiental

5.8 Ambiental

El impacto ambiental que están teniendo los desechos plásticos y agroindustriales generan miles de problemas como una alta contaminación de suelos, ríos, aire, es decir hacia los ecosistemas. La utilización de estos envases biodegradables no generará un impacto negativo hacia el medio ambiente, sino que aportará reduciendo la utilización de plásticos derivados del petróleo.

5.9 Cultural

A nivel cultural se busca que la comunidad empiece a pensar más verde, es decir que practique las tres R (Reciclar, Reducir y Reutilizar) y mejorar su propio estilo de vida

5.10 Contemporáneo

Este tema prácticamente es una novedad, pues aún el bioplástico sigue en una continua investigación para mejorar y potencializar su uso ya que se pueden aprovechar para diferentes campos, como la medicina, agricultura, industrias, entre otras.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

A partir de las investigaciones realizadas se concluye que los envases biodegradables serán un sustituto en auge del plástico proveniente del petróleo.

Se estableció el costo/beneficio del envase biodegradable y demostró ser rentable y con un precio óptimo para el mercado.

6.2 Recomendaciones

Se sugiere realizar otros tipos de empaques, fundas o biopelículas, considerando otros desechos de las industrias alimentarias que hay en el Ecuador, para promover el uso de polímeros que sean biodegradables, compostables o reciclables; ya que Ecuador promoverá su uso y progresivamente prohibirá su fabricación, expendio y venta de artículos plásticos.

REFERENCIAS

- Abedinifar, S., Karami, K., Khanahmadi, M. y Taherazadeh, M. (2009) Ethanol production by *Mucor indicus* and *Rhizopus oryzae* from rice straw by separate hydrolysis and fermentation. *Biomass and Bioenergy*, 33(5), 828–833. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2009.01.003>
- Acevedo, M., Castrillo, W. y Belmonte, U. (2006). Origen, evolución y diversidad del arroz. *Agronomía Tropical*, 56(2), 151-170. Recuperado en 03 de noviembre de 2020, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2006000200001&lng=es&tlng=es
- Agencia de Regulación y Control Hidrocarburífero. (2020). Precio oficial del cilindro con gas para consumo doméstico, se mantiene en el país. Recuperado de <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/precio-oficial-de-cilindro-de-gas-para-consumo-domestico-se-mantiene-en-el-pais/>
- Aguirre, F. (2018). *Soluciones aplicables a problemáticas que enfrentan los industriales arroceros del guayas* (Tesis de grado). Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2433/1/aguirre%20falc%c3%93n%20flavio%20patricio%20%20soluciones%20aplicables%20a%20problem%c3%81ticas%20que%20enfrentan%20los%20industriales%20arroceros%20del%20guayas.pdf>
- Aimplas. (2019). Ensayo de propiedades mecánicas. *Biodegradability & Compostability Laboratory*. Recuperado de <https://www.aimplas.es/tipos-ensayos/propiedades-mecanicas-de-los-materiales-plasticos/>
- Aristizábal, J. y Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Organización de las naciones unidas para la

- agricultura y la alimentación (FAO). Disponible en <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- Arriaza, J., Sandoval, G., Cortes, E. y Pozo, K. (2019). *Un Mar de Micro Plásticos en Chile: Propuestas para minimizar sus efectos en Salud y el Medioambiente* (Tesis de grado). Universidad San Sebastián, Chile. Recuperado de <https://fit.uss.cl/content/uploads/2019/05/Un-Mar-de-Micro-Plasticos.pdf>
- Arzube, B. (2015). *Estudio de los costos de producción y rentabilidad del valor agregado a base de yuca (Manihot esculenta) y su aporte en la economía familiar de la asociación de discapacitados del cantón Mocache, provincia de los Ríos año 2013*. (Tesis de grado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/223>
- Asamblea Nacional República del Ecuador. (2020). Informe para Segundo Debate del "Proyecto de Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un Solo Uso en el Comercio". Recuperado de https://www.fielweb.com/App_Themes/InformacionInteres/Informe_de_Segundo_Debate_plasticos_un_solo_uso.pdf
- ASTM C518. (2017). Standard Test Method for Steady-State Thermal Transmission Properties by Means of the Heat Flow Meter Apparatus, de ASTM International. Recuperado de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?C518>
- ASTM D3420. (2014). Standard Test Method for Pendulum Impact Resistance of Plastic Film, de ASTM International. Recuperado de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D3420>
- ASTM D5338 - 98. (2003). Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions, de ASTM International. Recuperado de <https://www.astm.org/DATABASE.CART/WITHDRAWN/D650.htm>

- ASTM D6400 - 19. (2012). Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities. American Society of Testing Materials, de ASTM International. Recuperado de <http://www.astm.org/Standards/D6400.htm>.
- ASTM D650 - 42. (2017). Standard Test Methods for Determining the Izod Pendulum Impact Resistance of Plastics de ASTM International. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/D256>
- ASTM D732. (2017). Standard Test Method for Shear Strength of Plastics by Punch Tool, de ASTM International. Recuperado de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D732>
- ASTM D790. (2017). Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials. Recuperado de <https://www.astm.org/Standards/D790>
- ASTM F1306. (2016). Standard Test Method for Slow Rate Penetration Resistance of Flexible Barrier Films and Laminates, de ASTM International. Recuperado de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?F1306Estandar>
- ASTM International D256 - 10. (2018). Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating material. American Society of Testing Materials. Recuperado de <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D256>
- Atoche, L. y García, M. (2017). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales (cáscara de mango) para la formulación de cupcakes*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Santa, Perú recuperado de <https://core.ac.uk/download/pdf/225485872.pdf>
- Avalos, A. y Torres, I. (2018). *Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz* (Tesis de grado). Universidad Nacional Del Santa, Perú. Recuperado de

https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3459/ING_595.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Ayala, J. y Barbosa, C. (2014). *Determinación de la resistencia a la tracción y tenacidad de un material compuesto a partir de bagazo de caña de azúcar y almidón de yuca, a través de los ensayos de tensión y de impacto charpy* (Tesis de grado). Universidad Santo Tomas, Colombia. Recuperado de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2669/ayalajorge2014.pdf?se>
- Bautista, R. (2003). *Técnicas de manejo e importancia del cultivo de la yuca (Manihot esculenta Crantz) en México* (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, México. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1274/tecnicas%20de%20manejo%20e%20importancia%20de%20la%20yuca%20%28%20manihot%20esculenta%20crantz%20%29%20en%20mexico.pdf?sequence=1>
- Borja, D. y Vizuite, V. (2020). *Evaluación de la actividad antioxidante de los carotenoides presentes en tres variedades de cáscara de mango (Mangifera indica L.)* (Tesis de grado). Universidad Central del Ecuador, Ecuador. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/22049>
- Bouwmeester, H., Hollman, P. y Peters, R. (2015). Potential health impact of environmentally released micro-and nanoplastics in the human food production chain: experiences from nanotoxicology. *Environmental Science & Technology*, 49(15), 8932–8947. Doi: 10.1021/acs.est.5b01090
- Bravo, K. y Garzón, A. (2017). *Eficiencia del carbón activado procedente del residuo agroindustrial de coco (Cocos nucifera) para la remoción de contaminantes en agua* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/606>

- BS EN 13432 :2000. (2007). Packaging. Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation. Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging. Recuperado de <https://www.en-standard.eu/bs-en-13432-2000-packaging.-requirements-for-packaging-recoverable-through-composting-and-biodegradation.-test-scheme-and-evaluation-criteria-for-the-final-acceptance-of-packaging/>
- Caballero, C., Encisco, C., Tulló, C. y González, J. (2019). *Guía técnica: Cultivo de Mandioca*. (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, México. Recuperado de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1274/TECNICAS%20DE%20MANEJO%20E%20IMPORTANCIA%20DE%20LA%20YUCA%20%28%20Manihot%20esculenta%20Crantz%20%29%20EN%20MEXICO.pdf?sequence=1>
- Campuzano, J., López, I. y Álvarez, C. (2018). Normativas y regulaciones para polímeros biodegradables y compostables. *Tecnología del plástico*. Recuperado de <https://www.plastico.com/temas/Normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables+126663?pagina=2>
- Cañas, Z., Restrepo, D. y Cortés, M. (2012). Mango (*Mangifera indica*). Productos Vegetales como Fuente de Fibra Dietaria en la Industria de Alimentos. Facultad Nacional de agronomía Medellín, Colombia. Recuperado de Disponible en <http://www.agro.unalmed.edu>.
- Canto, A., Batista, M., Sánchez, J., Moreno, M. y James, A. (2018). Aislante térmico a base de materiales orgánicos. *Universidad Tecnológica de Panamá*. Recuperado de DOI: 10.33412/rev-ric. v4.0.1819
- Carreira, I. (2016). Todo lo que debes saber sobre las harinas. *Simbiosis, S. Coop. Galega*. Recuperado de <https://www.cooperativasimbiosis.com/harinas/>
- Catedra ecoembes de medio ambiente (2009). Proyecto de Análisis de Bioplásticos. Universidad Politécnica de Madrid, España. Disponible

en

https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplasticos_-_resumen_ejecutivo.pdf

- Cedeño, J. y Zambrano, J. (2014). *Cáscaras de piña y mango deshidratadas como fuente de fibra dietética en producción de galletas* (Tesis de grado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/439/1/TESIS%20GALLETAS.pdf>
- Cerón, A., Ramírez, J., Martínez, G. y Sosa, M. (2016). *Obtención de fibra de mango proveniente de una empresa congeladora*. (Tesis de grado) Universidad de Guanajuato, México. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/8/107.pdf>
- Chariguamán, J. (2015). *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)*. (Tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>
- Chiung-Fang, H., Ting-Hsiang, L., Gia-Luen, G. y Wen-Song H. (2009) Enhanced ethanol production by fermentation of rice straw hydrolysate. *Bioresource Technology*, 100, 3914–3920. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.02.064>
- CSN EN ISO 14855-1. (2012). Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide - Part 1: General method. Recuperado de <https://www.en-standard.eu/csn-en-iso-14855-1-determination-of-the-ultimate-aerobic-biodegradability-of-plastic-materials-under-controlled-composting-conditions-method-by-analysis-of-evolved-carbon-dioxide-part-1-general-method/>

- Cuevas, Z. (2017). *Obtención y caracterización de almidones termoplásticos obtenidos partir de almidones injertados con poliésteres biodegradables* (Tesis de grado). Centro de Investigación Científica de Yucatán, México. Recuperado de https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/466/1/PCM_D_Tesis_2017_Cuevas_Zujey.pdf
- Departamento de Ingeniería Agrónoma y Contenidos. (2017). El cultivo de la yuca. Infoagro. Recuperado de <https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>
- Domingo, A. (2011). *Apuntes de transmisión de calor* (Tesis de grado). Universidad politécnica de Madrid, España. Recuperada de <http://oa.upm.es/6935/1/amd-apuntes-transmision-calor.pdf>
- Ecured. (2019). Ácido cianhídrico. Recuperado de https://www.ecured.cu/%C3%81cido_cianh%C3%ADdrico
- El productor. (2017). El cultivo de arroz en la etapa invernal. *El productor*. Recuperado de <https://elproductor.com/ecuador-el-cultivo-de-arroz-en-la-etapa-invierna/#:~:text=El%20arroz%20es%20el%20cultivo,producci%C3%B3n%20m%C3%A1s%20importante%20del%20pa%C3%ADs.>
- European Bioplastics. (2017). Bioplastics market data. Recuperado de <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- FAO. (2006). Producción. Cultivos primarios. En Base de datos estadísticas de la FAO (FAOSTAT). Disponible en <http://faostat.fao.org/faostat/form?collection=Production.Crops.Primar y&Domain=Production&servlet=1&hasbulk=0&version=ext&language=ES>
- FAO. (2017). Seguimiento del mercado del arroz. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. *FAO XX (4)*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/I8317ES/i8317es.pdf>
- FAO. (2019). Norma para la harina de trigo. Codex Standard 152-1985. Recuperado de <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh->

proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252FStandards%252FCXS%2B152-1985%252FCXS_152s.pdf

- Fernández, L. y Gutiérrez, M. (2013). Bienestar Social, Económico y Ambiental para las Presentes y Futuras Generaciones. *Información tecnológica*. 24(2), 121-130. Recuperado de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n2/art13.pdf>
- Franquet, J. y Borrás, C. (2004). *Variedades y mejora del arroz (Oryza sativa, L.)*. UIC - Campus de l'Ebr. España. Recuperado de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:UNEDCentroAsociadoTortosa-Libros-5025/Franquet_Bernis_JoseMaria_Variedades.pdf
- Frías. (2015). Prácticas de laboratorio tecnología de polímeros. Recuperado de [https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-66329/TAB42351/praclabo.htm#:~:text=Comportamiento%20a%20los%20disolventes&text=Pueden%20hincharse%2C%20normalmente%20dif%C3%ADciles%20de,ej.%3A%20polietileno%20en%20xylene.&text=Solubles%20\(con%20algunas%20excepciones\)%20en,despu%C3%A9s%20de%20un%20hinchamiento%20inicial](https://portal.uah.es/portal/page/portal/GP_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-66329/TAB42351/praclabo.htm#:~:text=Comportamiento%20a%20los%20disolventes&text=Pueden%20hincharse%2C%20normalmente%20dif%C3%ADciles%20de,ej.%3A%20polietileno%20en%20xylene.&text=Solubles%20(con%20algunas%20excepciones)%20en,despu%C3%A9s%20de%20un%20hinchamiento%20inicial).
- Fundación Endesa. (2020). Centrales de biomasa y sus tipos. [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.fundacionendesa.org/es/centrales-renovables/a201908-central-de-biomasa>
- Gallego, M. (2016). *Estudio de la actividad antioxidante de diversas plantas aromáticas y/o comestibles (Tesis doctoral)*. Universitat Politècnica de Catalunya, España. Recuperado de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/105811/TMGG1de1.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gallego, S. y García, J. (2015). *Producción y usos de harina refinada de yuca*. Corporación Clayuca. Recuperada de <http://www.fundacionpromotoradelcanaldeldique.org/Portals/0/Docum>

entos/Producci%C3%B3n%20y%20usos%20de%20harina%20refina da%20de%20yuca.pdf

- Gavilanes, I. (2016). *Sostenibilidad del sector agroindustrial de Ecuador mediante el compostaje de sus residuos y el uso agrícola de los materiales obtenidos* (Tesis Doctoral). Universidad Miguel Hernández (UMH) de Elche, Ecuador. Recuperado de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5322/1/TD%20Gavilanes%20Ter%C3%A1n%2C%20Irene%20del%20Carmen.pdf>
- Gimferrer, N. (2009). Del grano a la harina. Consumer, Fundación eroski. España. Recuperado de [https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/del-grano-a-la-harina.html#:~:text=El%20proceso%20de%20elaboraci%C3%B3n&text=La%20harina%20se%20obtiene%20del,molinos\)%20para%20realizar%20la%20molienda.](https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/del-grano-a-la-harina.html#:~:text=El%20proceso%20de%20elaboraci%C3%B3n&text=La%20harina%20se%20obtiene%20del,molinos)%20para%20realizar%20la%20molienda.)
- Google Earth Pro. (2021). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Greenpeace. (2018). Datos sobre la producción del plástico. Recuperado de <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/datos-sobre-la-produccion-de-plasticos/>
- Guan, J. y Hanna, M. (2004). Extruding foams from corn starch acetate and native corn starch. *Biomacromolecules*, (5), 2329-39. Doi: 10.1021/bm049512m
- Guerrero, G. (2018). La producción del mango ecuatoriano. *Estrategias de agronegocios*. Recuperado de <https://perspectiva.ide.edu.ec/investiga/2018/06/26/la-produccion-del-mango-ecuatoriano/#:~:text=Los%20datos%20reportados%20por%20la,cual es%20priman%20las%20variedades%20exportables.>
- Guzmán, O., Lemus, C., Bugarin, J., Bonilla, J. y Ly, J. (2013). Composición y características químicas de mangos (*Mangifera indica* L.) destinados a la alimentación animal en Nayarit, México, 47(3), 273-

277. Recuperado de
<https://www.redalyc.org/pdf/1930/193029230009.pdf>
- Hassen, H. (2000). Producción Limpia, Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible. *Escuela de administración de negocios*. Recuperado de <https://journal.universidadean.edu.co/index.php/Revista/article/view/147/133>
- Hernández, G. (2018). La producción del mango ecuatoriano. *Revista Perspectiva*. Recuperado de <https://perspectiva.ide.edu.ec/investiga/2018/06/26/la-produccion-del-mango-ecuatoriano/>
- Hernández, M., Torruco, J., Guerrero, L. y Betancur, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Food Science and Technology*, 28(3), 718-726. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000300031>
- Herrera, D. (2017). *Análisis de los mercados potenciales para la exportación del mango ecuatoriano* (Tesis de grado). Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2192/1/ANAL%20DE%20LOS%20MERCADOS%20POTENCIALES%20PARA%20LA%20EXPORTACION%20DEL%20MANGO%20ECUATORIANO%20080118.pdf>
- Hiperbaric. (2018). Envases biodegradables, una alternativa real en la industria alimentaria. Recuperado de <http://blog.hiperbaric.com/envases-biodegradables-una-alternativa-real-en-la-industria-alimentaria>
- INEC. (2019). Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. Disponible en <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produccion-en-ecuador/>
- Infoagro. (2014). El cultivo del arroz [mensaje en un foro]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/arroz.htm>

- INIAP. (2007). Programas y servicios del arroz. Disponible en <http://www.iniap.gob.ec/pruebav3/programa-1/>
- Interempresas. (2018). El mercado internacional de bioplásticos crecerá un 20% en 5 años. Interempresas- Canales Sectoriales. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/210110-El-mercado-internacional-de-bioplasticos-crecera-un-20-por-ciento-en-5-anos.html>
- ISO 14855. (2020). Biodegradabilidad aeróbica en condiciones de compostaje controladas. Recuperado de <https://www.aimplas.es/blog/iso-14855-biodegradabilidad-aerobica-en-condiciones-de-compostaje-controladas/>
- Jervis, X. (2011). *La producción y exportación del mango y sus incidencias en la economía nacional periodo 2005-2010*. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/2150/1/Jervis%20Panchana%20Xavier%20Gast%C3%B3n.pdf>
- Labeaga, A. (2018). *Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones* (Trabajo de masterado). Universidad Nacional de Educación a Distancia, España. Recuperado de http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf
- Ledasa. (2018). Producción de arroz. Esmeraldas, Ecuador. Recuperado de <http://www.lesdasa.com/produccion-de-arroz/>
- León, M. (2002). *Manual de aplicación de los diseños experimentales básicos en el paquete NCSS* (Tesis de grado). Universidad Veracruzana, México. Recuperado de <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/47703/LeonSalazarMercedes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, A. y Paniagua, I. (2018). *Popotes hechos a base de un bioplástico de cáscara de mango (Feria de las Ciencias, la Tecnología y la Innovación)*. *Diseño innovador, México* Recuperado de

- https://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria27/feria0500_1_popotes_hechos_a_base_de_un_bioplastico_de_cascara.pdf
- López, J., Cuarán, J., Arenas, L. y Flórez, L. (2014). Usos potenciales de la cáscara de banano: elaboración de un bioplástico. *Revista Colombiana De Investigaciones Agroindustriales*, 1(1), 7-21. Recuperado de <https://doi.org/10.23850/24220582.109>
- Mejía, L., Martínez, H., Betancourt, J. y Castrillón, C. (2007). *Aprovechamiento del residuo agroindustrial del mango común (Mangifera indica L.) en la obtención de azúcares fermentables. Ingeniería y Ciencia*, 3(6), 41 - 62. ISSN 1794–9165
- Mejía, T. (2021). Investigación correlacional: características, tipos y ejemplos. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-correlacional/>.
- Mejía, T. (2021). Investigación descriptiva: características, técnicas, ejemplos. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-descriptiva/>.
- Michel, R., Montaña, G., Mora, J. y Moneada, E. (2000). *Cultivo de Mango (Mangifera indica)*. (Tesis de grado). Escuela Agrícola Panamericana el Zamorano, Honduras. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/2470/1/cultivo%20de%20mango.pdf>
- Mingo, M. (2019). Jornada máxima de trabajo. Recuperado de <https://www.derechoecuador.com/jornada-maxima-de-trabajo>
- Miranda, D. (2020, 21 de marzo). 20 datos sobre el problema del plástico en el mundo. National geographic. https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo_15282
- Morán, S. (2020). Nada frena los plásticos de un solo uso: más de 260.000 toneladas al año en Ecuador. *Revista Plan V*. Recuperado de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano->

ecuador#:~:text=Seg%C3%BAn%20los%20%C3%BAltimos%20datos%20del,m%C3%A1s%20de%20350.000%20veh%C3%ADculos%20medianos.

- Muñoz, X., Hinostroza, F. y Mendoza, M. (2017). La yuca en Ecuador: su origen y diversidad genética. *Revista El misionero del agro. Universidad agraria del Ecuador*. Disponible en http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/16/058-2017.pdf
- Navia, A. (2019). Residuos orgánicos como alternativa al plástico: mango, naranja y café. *Revista Animal gourmet*. Recuperado de <https://www.animalgourmet.com/2019/08/16/alternativas-al-plastico-residuos-mango-cafe-naranja>
- Navia, D. y Villada, H. (2013). Impacto de la investigación en empaques biodegradables en ciencia, tecnología e innovación. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 173-180. Recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000200020&lng=en&tlng=es.
- NTE INEN 2047. (2013). Determinación de la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos (Primera edición). Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2047-1.pdf>
- NTE INEN 2640. (2012). Método de ensayo para determinar la biodegradación aeróbica de materiales plásticos bajo condiciones controladas de compostaje. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2640.pdf>
- NTE INEN 2643. (2012). Especificación para plásticos compostables. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2643.pdf>
- NTE INEN 518. (1980). Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/518.pdf>

- NTE INEN 520. (2013). Harinas de origen vegetal. Determinación de ceniza. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/520-1R.pdf>
- Ortegón, Y. y Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. *Revista Dyna*, 80(181), 171-180. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>
- Ortiz, J. (2021). Investigación exploratoria: tipos, metodología y ejemplos. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-exploratoria/>.
- Pacheco, G., Flores, N. y Rodríguez, R. (2014). Bioplásticos. Departamento de Biología Molecular y Biotecnología. Instituto de Investigaciones Biomédicas. *Revista de la sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería*, 18(2) 27-37. Recuperado de https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2014_V18_N2.pdf
- Pérez, J. (2015). *Análisis genético de la resistencia parcial a magnaporthe oryzae en arroz (oryza sativa) en varias poblaciones y ambientes (Tesis doctoral)*. Universidad Politécnica de Valencia, España. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/a766/ff4b8d5b5097d9815196ff0b46699173bb04.pdf>
- Peter. (2020). ¿Sabes qué son los bioplásticos y qué cualidades tienen? *Revista Biodegradable Ammunition*. Recuperado de <https://bioammo.es/es/los-cartuchos-de-bioammo-estan-elaborados-con-bioplasticos/>
- Pincirolí M. (2010). *Proteínas de arroz propiedades estructurales y funcionales* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de la Plata, Argentina. Recuperado de http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo__.pdf?sequence=3
- PlasticEurope. (2021). ¿Qué son los plásticos? Recuperado de <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics>

- Plastiflan. (2020). La gestión de residuos plásticos en Ecuador [Mensaje de blog]. Recuperado de <https://plastiflan.com.ec/la-gestion-de-residuos-plasticos-en-ecuador/#:~:text=Del%20mill%C3%B3n%20de%20toneladas%20de,y%20un%2025%25%20es%20reciclado.&text=En%20Guayaquil%2C%20por%20ejemplo%2C%20a,del%20material%20puede%20ser%20reciclado.>
- Plastivida. (2007). Degradación de los materiales plásticos. Recuperado de <http://ecoplas.org.ar/pdf/21.pdf>
- Quimitube. (9 de abril del 2013). Transferencia de energía en forma de calor. Capacidad calorífica específica y molar [Video en un blog]. Recuperado de <https://www.quimitube.com/videos/termodinamica-teori-4-transferencia-energia-en-forma-de-calor-capacidad-calorifica-especifica-y-molar/>
- Quintero, V., Lucas, J. y Álzate, E. (2012). Determinación de las propiedades térmicas y composicionales de la harina y almidón de chachafruto. *Revista de la Facultad de Ingeniería*, 14(26), 1-17 Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5038458.pdf>
- Ratthaphol, M., Peerasak, Ch. y Ian, W. (2015). Changing of physiochemical properties and color development of mango fruit sprayed methyl Jasmonate. *Scientia Horticulturae*, 198, 70-77. Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.033>
- Redacción Económica (05 de enero del 2020). *El Telégrafo*. Recuperado de <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/economia/4/sueldo-basico-ecuador-america-latina>
- Reyes, A. (2020). ¿Qué se entiende por bioplásticos? Recuperado de <https://www.aimplas.es/blog/que-se-entiende-por-bioplasticos/>
- Rist, S., Almroth, B., Hartmann, N. y Karlsson, T. (2018). A critical perspective on early communications concerning human health aspects of microplastics. *Science of the Total Environment*, 626,

- 720–726. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.092>
- Rodríguez, A. (2018). *Análisis de mercado para la producción de concentrado de mango en la ciudad de Guayaquil* (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/29722/1/CONCENTRADO%20DE%20MANGO.pdf>
- Rodríguez, A. (2021). Investigación cuantitativa: características, técnicas, ejemplos. *Lifeder*. Recuperado de <https://www.lifeder.com/investigacion-cuantitativa/>.
- Rodríguez, M. (2007). *Determinación de la Composición Química y Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de Arroz (Oryza sativa L.)* (Tesis de grado). Universidad Austral de Chile, Chile. Recuperado de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2007/far696d/sources/far696d.pdf>
- Rodríguez, R. 2010. Situación arrocería ecuatoriana. [Presentación de Diapositivas elaborada por Corporación de Industriales arroceros del Ecuador]. <http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/Jornadas-2010/11.pdf>
- Sierra, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia* (Tesis de grado). Universidad de Sucre, Colombia. Recuperado de <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/001/211/2/333.794S571.pdf>
- Silva, J. (2018). Cultivo de la yuca. *Revista Agrotendencia*. Recuperado de <https://agrotendencia.tv/agropedia/el-cultivo-de-la-yuca/>
- Silva, M., Brinques, G. y Gurak, P. (2020). Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. *Brazilian Journal of Food Technology*, 23, e2018326. Epub. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32618>
- Solís, J. (2015). *Elaboración de carbohidratos nutricional infantil con base de harina de arroz y trigo, sustitución de otras harinas* (Tesis de grado).

- UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16689/1/TESIS%20COMPLETA%20JULIO%20PDF.pdf>
- Suárez, L. y Mederos, V. (2011). Notes on the cultivation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Current trends. Cultivos Tropicales*, 32(3), 27-35. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362011000300004&lng=es&tlng=en
- Sun, L., y Gong, K. (2001). Silicon-based materials from rice husks and their applications. *Industrial & engineering chemistry research*, 40(25), 5861-5877. Recuperado de <https://doi.org/10.1021/ie010284b>
- UNE EN 14477. (2004). Envases y embalajes. Envases y embalajes de materiales flexibles. Determinación de la resistencia a la punción. Métodos de ensayo. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0032051#:~:text=EN%2014477%3A2004-,Envases%20y%20embalajes.,la%20resistencia%20a%20la%20punci%C3%B3n>.
- UNE EN ISO 12048:2001 (2006). Envases y embalajes. Embalajes de expedición completos y llenos. Ensayos de compresión y apilamiento utilizando una máquina de ensayo de compresión. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0025759>
- UNE EN ISO 604. (2003). Plásticos. Determinación de las propiedades en compresión. Recuperado de <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0030105>
- Vargas, J., Alvarado, P., Vega, J. y Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Universidad de Costa Rica*, 23(1), 86-101. https://www.researchgate.net/publication/307631222_Caracterizacio

n_del_subproducto_cascarillas_de_arroz_en_busqueda_de_posibles
_aplicaciones_como_materia_prima_en_procesos

- Velásquez, V. y Díaz, C. (2016). *Análisis económico, social y político de la cadena agroalimentaria del arroz en el Ecuador, periodo 2005-2014* (Tesis de grado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12428/disertaci%C3%A9n%20arroz%20inicio%20Vel%C3%ADsquez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Wang, L. y White, P. (1994). Structure and physicochemical properties of starches from oats with different lipid content. *Cereal Chemistry*, 71(5), 443-450.
- 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%B1o#sections-precipitation>
- Wetherbee, G., Baldwin, A. y Ranville, J. (2019). It is raining plastic.: U.S. Geological Survey Open-File Report 2019–1048. Recuperado de <https://doi.org/10.3133/ofr20191048>



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **César Alejandro Ramírez Ortega**, con C.C: # 0925676389 autor del Componente Práctico del examen complejo: **Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*) en la ciudad de Guayaquil, Provincia del Guayas**, 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 marzo de 2021

Nombre: **Ramírez Ortega, César Alejandro**
C.C: 0925676389



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (<i>Oryza sativa</i>), cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i>) y almidón de yuca (<i>Manihot esculenta</i>).		
AUTOR(ES)	Ramírez Ortega, César Alejandro		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Dra. Ema Moreno Veloz M. Sc		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica Para El Desarrollo.		
CARRERA:	Agroindustrial		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	11 de Marzo de 2021	No. DE PÁGINAS:	89
ÁREAS TEMÁTICAS:	Agroindustria, reciclaje, calidad.		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Térmico, biodegradable, degradación, conductividad.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>El bioplástico se puede elaborar a partir de ácidos polilácticos (PLA) presentes en las plantas o de polihidroxialcanoatos (PHA) producidos por microorganismos, es un material similar al plástico obtenido de derivados del petróleo; se emplea habitualmente en envases de alimentos, dispositivos médicos, como suturas y parches cardiovasculares. El objetivo de este trabajo será desarrollar un envase térmico biodegradable (ETB) a base de harinas de cáscara de mango (HCM), cascarilla de arroz (HCA) y almidón de yuca (AY) como una alternativa a la utilización del plástico, cambiando las concentraciones de las harinas, con la finalidad de evaluar su efecto en las propiedades físicas como el coeficiente de conductividad térmica y su tiempo de degradación. Será una investigación descriptiva y los datos se evaluarán con el análisis de varianza; como variables independientes la concentración de HCM, HCA y AY (de 15 a 30 %) y un testigo (100 % masa del bioplástico) con una metodología basada en los autores Avalos y Torres. Se utilizará un diseño completamente aleatorizado con 14 tratamientos y 4 repeticiones con un total de 56 muestras. Para la selección de la mejor formulación se considerarán los mejores resultados de las propiedades mecánicas, térmicas y la biodegradabilidad para comprobar su cumplimiento a las normas. El análisis de Beneficio/Costo demostrará la viabilidad del proyecto.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593 992255139	E-mail: Cesa98rr@gmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE):	Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.		
	Teléfono: +593 987361675		
	noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			