



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Trabajo de Integración Curricular previa
la obtención del Grado Académico de
Ingeniera Agroindustrial.

Proyecto de Investigación:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y MECÁNICAS
DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE
CORTEZA DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CASCARILLA DE ARROZ
(*Oryza sativa*).

Autora:

Zamora Gutiérrez Lisseth Adriana

Director de Proyecto de Investigación:

Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc.

Quevedo – Los Ríos – Ecuador
2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Liseth Adriana Zamora Gutiérrez**, declaro que la investigación aquí descrita es mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este documento según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

ZAMORA GUTIÉRREZ LISSETH ADRIANA
C.I: 1207335322



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, Ing. José Vicente Villarroel Bastidas, MSc. Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que la estudiante Zamora Gutiérrez Lisseth Adriana, realizó el Proyecto de Investigación de Grado titulado **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CORTEZA DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*)**, previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

**Ing. José Villarroel Bastidas, MSc.
DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO

El suscrito, Ing. José Villarroel Bastidas, MSc., mediante el presente cumpla en presentar a usted, el informe del proyecto de investigación cuyo tema es **EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CORTEZA DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*)**, presentado por la estudiante **ZAMORA GUTIÉRREZ LISSETH ADRIANA** egresada de la carrera de Agroindustria, que fue realizado bajo dirección según resolución del Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, que se ha desarrollado de acuerdo al Reglamento de la Unidad de Titulación Especial de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo y cumple con el requerimiento de análisis de URKUND el cual avala los niveles de originalidad en un 94% y similitud 6%, de trabajo investigativo.

URKUND

Dokument [EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CORTEZA DE CACAO \(*Theobroma cacao*\) Y CASCARILLA DE ARROZ \(*Oryza sativa*\)...docx \(D161571331\)](#)

Inskickat 2023-03-20 09:39 (-05:00)

Inskickad av José Villarroel (jvillarroel@uteq.edu.ec)

Mottagare jvillarroel.uteq@analysis.orkund.com

Meddelande [Visa hela meddelandet](#)

69% av det här ca: 30 sidor stora dokumentet består av text som också förekommer i 18 st källor.

Ing. José Villarroel Bastidas, MSc.

DIRECTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INDUSTRIA Y PRODUCCIÓN
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

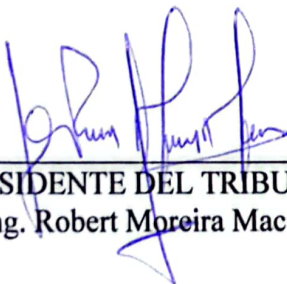
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

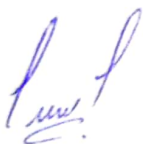
Título:

EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CORTEZA DE CACAO (*Theobroma cacao*) Y CASCARILLA DE ARROZ (*Oryza sativa*).

Presentado al Consejo Directivo de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniera Agroindustrial.

Aprobado por:


PRESIDENTE DEL TRIBUNAL
Ing. Robert Moreira Macías


MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Marcia Yomara Proaño Molina


MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Ing. Fernanda Tirira Chulde, MSc.

QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR

2023

AGRADECIMIENTO

A mis padres Luis Zamora y Aracely Gutiérrez por ser el motor principal en mi vida, gracias por el amor, apoyo y sacrificio a lo largo de esta travesía.

A Dios por darme las fuerzas necesarias para no desfallecer en el trayecto de este largo camino, pero sobre todo a mi abuelita “Elva Jiménez” por escuchar cada una de mis oraciones, cuidarme y ser mi ángel en el cielo.

A mis tíos que siempre me apoyaban con un granito de arena en los momentos que más lo necesitaba: Patricia, Javier, Carlos, Roberth y María, Además mis hermanos Pierina, Kevin y Thiago.

A mi novio Ing. Byron Troya, por el apoyo incondicional que siempre me ha brindado, de igual forma a su familia, Troya Jiménez.

A mi hermana y amiga Wendy Bolaños, por todos estos años de amistad y apoyo mutuo.

A mis amigas incondicionales Emily Reasco y Lady Ponce por las palabras de aliento y soporte.

A mi segunda familia, personas con las cuáles empecé este largo trayecto, pero por cosas del destino tomamos rumbos diferentes: Ing. Luis Espín, Ing. Rubén Jaya, Ing. Jasson Arguello, Ing. Rafael Guerrero, Ing. Ángel Valle, Mayton Mina y Leslie Sinchiguano. Además de mis amigos y ex compañeros de aula: Ing. Fabricio Olaya, Ing. Xavier Muñoz, Ing. Steven Hurtado, Ing. Steven Guadalupe, Ing. René Valencia, Ing. Jean Almeida y Steven Gualpa, con ustedes inicié compartiendo un aula de clases y al día de hoy su amistad y apoyo siempre han estado presentes.

A mis compañeros de clase “Las Víboras”, con los cuáles emprendí este viaje hace 5 años, hemos compartido en el aula experiencias grandiosas que me llevo en mi corazón: Arias Israel, Barros Jairo, Bazurto Josselyn, Cabello Gabriela, Chafla Estefany, Jácome Kerli, Maldonado Eduardo, Muentes Anderson, Pincay Angie, Rodríguez Roger y Tuárez Jandry.

Al Ingeniero José Villarroel, tutor de tesis, quien desde el inicio de este proceso estuvo presente brindándome apoyo para continuar, de igual forma sus conocimientos y guía fueron de gran ayuda para la realización del proyecto de investigación y culminar con éxito el mismo.

DEDICATORIA

Con todo el amor del mundo este trabajo está dedicado a mis padres: Luis Zamora y Aracely Gutiérrez; su amor, ánimo, apoyo y confianza puesta en mí me han permitido cumplir esta meta. A toda mi familia, que siempre han sido un pilar importante en cada uno de los pasos de mi vida.

A mi ángel “Elva Jiménez” que desde el cielo se sentirá orgullosa al ver a su nieta cumplir uno de los sueños más importantes de su vida.

A todos mis amigos y mi novio que han estado presentes de alguna u otra forma en este proceso, de forma especial a La “Familia” <3, El Gato.

De manera especial a ti *Liss*, ya que aquí se ve reflejado toda la perseverancia, lucha, trabajo y constancia durante 7 años de esfuerzo y dedicación. Te demostraste a ti misma que siempre se puede, sobre todo que el empezar de cero no está mal y que nunca hay que dejar de luchar por aquello que se quiere.

Hay que aplaudirse uno mismo, porque hay sacrificios que nadie más entiende.

RESUMEN Y PALABRAS CLAVES

El siguiente trabajo de investigación se centra en la evaluación de las propiedades mecánicas y morfológicas de un envase biodegradable elaborado a partir de residuos de corteza de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*). Se destaca la importancia del aprovechamiento de desechos agroindustriales en diferentes procesos para otorgar valor agregado y contribuir al cuidado del medio ambiente. Los objetivos de la investigación se centran en la evaluación de las propiedades morfológicas y mecánicas del envase biodegradable, la formulación y el establecimiento de parámetros de tiempo y temperatura que permitan obtener el mejor tratamiento. La metodología utilizada se basa en un Diseño experimental (A*B) dividida en 3 bloques con 6 tratamientos, aplicando análisis en base a propiedades morfológicas y mecánicas (resistencia, dureza, tamaño, textura y color) obteniendo resultados que fueron tabulados mediante el uso del software Statgraphics para evaluar los diferentes factores de estudio. Se determinó el mejor tratamiento el T1 (30% de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24H) el cuál presentó valores cercanos a la literatura y por lo tanto se pudo concluir que fue el tratamiento que presentó mejores características en cuanto a las propiedades mecánicas y morfológicas. Se espera que los resultados de esta investigación sean útiles para la industria ecuatoriana y fomenten la investigación en áreas más sostenibles.

Palabras claves: Envases, biodegradabilidad, propiedades mecánicas, propiedades morfológicas, formulación.

ABSTRACT AND KEYWORDS

The following research work focuses on the evaluation of the mechanical and morphological properties of a biodegradable container made from residues of cocoa bark (*Theobroma cacao*) and rice husks (*Oryza sativa*). The importance of the use of agro-industrial waste in different processes to provide added value and contribute to the care of the environment is highlighted. The objectives of the research are focused on the evaluation of the morphological and mechanical properties of the biodegradable container, the formulation and the establishment of time and temperature parameters that allow obtaining the best treatment. The methodology used is based on an experimental design (A*B) divided into 3 blocks with 6 treatments, applying analysis based on morphological and mechanical properties (resistance, hardness, size, texture and color) obtaining results that were tabulated using of the Statgraphics software to evaluate the different study factors. The best treatment was determined on T1 (30% cocoa + 70% rice husk + 60°C at 24H) which presented values close to those in the literature and therefore it could be concluded that it was the treatment that presented the best characteristics in terms of to the mechanical and morphological properties. The results of this research are expected to be useful for the Ecuadorian industry and encourage research in more sustainable areas.

Keywords: Packaging, biodegradability, mechanical properties, morphological properties, formulation.

TABLA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS	ii
CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	iii
CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO.....	iv
CERTIFICADO DE APROBACIÓN POR TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN Y PALABRAS CLAVES.....	viii
ABSTRACT AND KEYWORDS	ix
TABLA DE CONTENIDO	x
ÍNDICE DE TABLA	xvi
ÍNDICE DE CUADROS	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xviii
ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN.....	xviii
ÍNDICE DE ANEXOS	xix
CÓDIGO DE DUBLÍN	xx
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.....	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
<i>Diagnóstico</i>	5
<i>Pronóstico</i>	5
1.1.2. Formulación del problema	5

1.1.3. Sistematización del problema	6
1.2. Objetivos.....	6
1.2.1. Objetivo General	6
1.2.2. Objetivos Específicos.....	6
1.3. Justificación... ..	7
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1. Marco Conceptual	10
2.1.1. Contaminación por plásticos en Ecuador	10
2.1.2. Impacto ambiental	10
2.1.3. Biodegradabilidad	11
2.1.3.1. Importancia de biodegradabilidad.....	12
2.1.3.2. Productos biodegradables.....	12
2.1.3.3. Polímeros biodegradables: ventajas y desventajas sobre los polímeros convencionales.	12
2.1.3.4. Polímeros biodegradables utilizados.....	13
2.1.3.5. Aplicaciones de los plásticos biodegradables.....	13
2.1.4. Residuos Agroindustriales.....	14
2.1.4.1. Composición de residuos.....	15
2.1.4.2. Residuos Agroindustriales y su impacto ambiental.....	16
2.1.4.3. Criterios de selección de residuos con fines de aprovechamiento.....	17
2.1.4.4. Residuos Agroindustriales generados en Ecuador para elaboración de bioplásticos.....	18
2.1.5. Cacao.....	18
2.1.5.1. Variedades de cacao.....	19
2.1.5.2. Corteza de cacao.....	19

2.1.5.3. <i>Composición de la corteza de cacao.</i>	20
2.1.6. <i>Arroz</i>	20
2.1.6.1. <i>Cascarilla de arroz.</i>	20
2.1.6.2. <i>Composición de la cascarilla de arroz.</i>	21
2.1.6.3. <i>Usos de la cascarilla de arroz.</i>	22
2.1.7. <i>Propiedades mecánicas</i>	22
2.1.7.1. <i>Pruebas mecánicas.</i>	22
2.1.7.2. <i>Normativa para ensayos.</i>	24
2.1.8. <i>Propiedades morfológicas</i>	24
2.2. <i>Marco Referencial</i>	26
CAPÍTULO III	29
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	29
3.1. <i>Localización</i>	30
3.2. <i>Tipo de investigación</i>	30
3.2.1. <i>Investigación exploratoria</i>	30
3.2.2. <i>Investigación experimental</i>	30
3.3. <i>Métodos de investigación</i>	31
3.3.1. <i>Método de observación</i>	31
3.3.2. <i>Método analítico</i>	31
3.3.3. <i>Método cuantitativo</i>	31
3.4. <i>Fuentes de recopilación de información</i>	31
3.4.1. <i>Fuentes primarias</i>	32
3.4.2. <i>Fuentes secundarias</i>	32
3.5. <i>Diseño de la investigación</i>	32
3.5.1. <i>Diseño experimental</i>	32

3.5.2. Factores de estudio.....	33
3.5.2.1. Características del experimento de evaluación de envases biodegradables.	33
3.6. Instrumentos de investigación.	34
3.6.1. Análisis morfológicos	35
3.6.1.1. Tamaño.	35
3.6.1.2. Color.	35
3.6.1.3. Textura.	36
3.6.2. Análisis mecánicos	36
3.6.2.1. Resistencia.	36
3.6.2.2. Dureza.	37
3.7. Tratamiento de los datos.....	37
3.8. Recursos humanos y materiales.....	37
3.8.1. Recursos humanos	37
3.8.2. Materiales.....	38
3.8.2.1. Materia Prima	38
3.8.2.2. Insumos.....	38
3.8.2.3. Equipos	38
3.8.2.4. Materiales de oficina.....	39
3.8.3. Diagramas de Flujo.....	40
3.8.3.1. Diagrama de flujo de proceso de obtención de materia prima.	40
3.8.3.2. Descripción del proceso de obtención de materia prima.....	41
3.8.3.3. Diagrama de flujo de Proceso de elaboración de envases biodegradables.....	42
3.8.3.4. Descripción del proceso de elaboración de envases biodegradables.	43
CAPÍTULO IV	45
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45

4.1. Resultados.....	46
4.1.1. Resultados del análisis de varianza de los análisis morfológicos	46
4.1.1.1. Análisis de tamaño de la pared del envase biodegradable.	46
4.1.1.2. Análisis de tamaño de la parte baja del envase biodegradable.	46
4.1.1.3. Análisis de la textura del envase biodegradable.	47
4.1.1.4. Análisis del color del envase biodegradable.	47
Espectro L.....	48
Espectro a*.....	48
Espectro b*.....	49
4.1.2. Resultados del análisis de varianza de los análisis mecánicos.....	49
4.1.2.1. Análisis de la resistencia del envase biodegradable.	49
4.1.2.2. Análisis de la dureza del envase biodegradable.	50
4.1.3. Resultados de las medias mediante la prueba de significación de Tukey	50
4.1.3.1. Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor A.....	51
4.1.3.2. Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor A.	52
4.1.3.3. Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor B.....	53
4.1.3.4. Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor B.	54
4.1.3.5. Resultados con respecto a la interacción AXB (Formulación + Tiempo y temperatura de secado) de los análisis morfológicos.	55
4.1.3.6. Resultados con respecto a la interacción AXB (Formulación + Tiempo y temperatura de secado) de los análisis mecánicos.	56
4.2. Discusión	57
4.2.1. Discusión de los resultados	57
4.2.1.1. Respecto a la interacción AXB (Formulación y Temperatura y tiempo de secado) de los parámetros morfológicos.....	57

<i>4.2.1.2. Respecto a la interacción AXB (Formulación y Temperatura y tiempo de secado) de los parámetros mecánicos.</i>	59
CAPÍTULO V	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	62
5.1. Conclusiones.....	63
5.2. Recomendaciones	65
CAPÍTULO VI	66
BIBLIOGRAFÍA.....	66
CAPÍTULO VII.....	72
ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1 Efectos ambientales del uso de productos biodegradable.....	14
Tabla 2 Tabla de productos y residuos en Ecuador	16
Tabla 3 Composición de la corteza de cacao.....	20
Tabla 4 Composición de la cascarilla de arroz.....	21
Tabla 5 Normativa de ensayos.....	24
Tabla 6 Factores de estudio.....	33
Tabla 7 Análisis realizados en la investigación.....	34
Tabla 8 Interacción de factores.....	34

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 Análisis de Varianza para Tamaño Pared - Suma de Cuadrados Tipo III.....	46
Cuadro 2 Análisis de Varianza para Tamaño Bajo - Suma de Cuadrados Tipo III.....	46
Cuadro 3 Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III.....	47
Cuadro 4 Análisis de Varianza para L - Suma de Cuadrados Tipo III.....	48
Cuadro 5 Análisis de Varianza para a* - Suma de Cuadrados Tipo III.....	48
Cuadro 6 Análisis de Varianza para b* - Suma de Cuadrados Tipo III.	49
Cuadro 7 Análisis de Varianza para Resistencia - Suma de Cuadrados Tipo III.	49
Cuadro 8 Análisis de Varianza para Dureza - Suma de Cuadrados Tipo III.....	50
Cuadro 9 Resultados interacción AXB.....	55
Cuadro 10 Resultados interacción AXB análisis mecánicos.....	56
Cuadro 11 Interacción AXB parámetros morfológicos.....	57
Cuadro 12 Detalle de interacción de parámetros.....	57
Cuadro 13 Interacción AXB parámetros mecánicos.	59
Cuadro 14 Detalle de interacción de parámetros.....	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor A.	51
Gráfico 2. Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor A	52
Gráfico 3. Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor B.	53
Gráfico 4. Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor B.....	54

ÍNDICE DE ILUSTRACIÓN

Ilustración 1. Ubicación.....	30
-------------------------------	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos de los análisis realizados.....	73
Anexo 2. Tratamientos realizados	74
Anexo 3. Proceso obtención de partículas	75
Anexo 4. Proceso de elaboración de envases biodegradables.....	76
Anexo 5. Análisis realizados	77

CÓDIGO DE DUBLÍN

Título:	EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MORFOLÓGICAS Y MECÁNICAS DE UN ENVASE BIODEGRADABLE A PARTIR DE RESIDUOS DE CORTEZA DE CACAO (<i>Theobroma cacao</i>) Y CASCARILLA DE ARROZ (<i>Oryza sativa</i>).
Autor:	Zamora Gutiérrez Lisseth Adriana
Palabras claves:	Envases, biodegradabilidad, propiedades mecánicas, propiedades morfológicas, formulación.
Fecha de publicación:	2023
Editorial:	Universidad Técnica Estatal de Quevedo Ext. La María
Resumen (Hasta 300 palabras)	<p>El siguiente trabajo de investigación se centra en la evaluación de las propiedades mecánicas y morfológicas de un envase biodegradable elaborado a partir de residuos de corteza de cacao (<i>Theobroma cacao</i>) y cascarilla de arroz (<i>Oryza sativa</i>). Se destaca la importancia del aprovechamiento de desechos agroindustriales en diferentes procesos para otorgar valor agregado y contribuir al cuidado del medio ambiente. Los objetivos de la investigación se centran en la evaluación de las propiedades morfológicas y mecánicas del envase biodegradable, la formulación y el establecimiento de parámetros de tiempo y temperatura que permitan obtener el mejor tratamiento. La metodología utilizada se basa en un Diseño experimental (A*B) dividida en 3 bloques con 6 tratamientos, aplicando análisis en base a propiedades morfológicas y mecánicas (resistencia, dureza, tamaño, textura y color) obteniendo resultados que fueron tabulados mediante el uso del software Statgraphics para evaluar los diferentes factores de estudio. Se determinó el mejor tratamiento el T1 (30% de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24H) el cuál presentó valores cercanos a la literatura y por lo tanto se pudo concluir que fue el tratamiento que presentó mejores características en cuanto a las propiedades mecánicas y morfológicas. Se espera que los resultados de esta investigación sean útiles para la industria ecuatoriana y fomenten la investigación en áreas más sostenibles.</p> <p>ABSTRACT</p> <p>The following research work focuses on the evaluation of the mechanical and morphological properties of a biodegradable container made from residues of cocoa bark (<i>Theobroma cacao</i>) and rice husks (<i>Oryza sativa</i>). The importance of the use of agro-industrial waste in different processes to provide added value and contribute to the care of the environment is highlighted. The objectives of the research are focused on the evaluation of the morphological and mechanical properties of the biodegradable container, the formulation and the establishment of time and temperature parameters that allow obtaining the best treatment. The methodology used is based on an experimental design (A*B) divided into 3 blocks with 6 treatments, applying analysis based on morphological and mechanical properties (resistance, hardness, size, texture and color) obtaining results that were tabulated using of the Statgraphics software to evaluate the different study factors. The best treatment was determined on T1 (30% cocoa + 70% rice husk + 60°C at 24H) which presented values close to those in the literature and therefore it could be concluded that it was the treatment that presented the best characteristics in terms of to the mechanical and morphological properties. The results of this research are expected to be useful for the Ecuadorian industry and encourage research in more sustainable areas.</p>
Descripción:	97 hojas, 29 x 21 cm + CD – ROM 6162
URL:	

INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento de residuos agroindustriales constituye un alto potencial dentro del campo agrícola, debido a que estos desechos pueden ser utilizados en diferentes procesos, como la elaboración de nuevos productos o dando valor agregado y esto permitirá reducir el impacto ambiental que la agroindustria genera.

Ecuador es un país agrícola donde su producto estrella es el cacao, seguido del banano y el arroz, siendo de las fuentes económicas principales de producción de este país, por lo que para la elaboración de este proyecto se ha enfocado en trabajar con residuos de cacao y arroz como materia prima para la elaboración de un envase biodegradable.

Según datos recopilados del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) se ha podido observar que en el caso del cacao un 90% constituye desechos y en el arroz el 20% forman parte de residuos, los cuales en la actualidad no son explotados en su totalidad.

La presente investigación se encuentra orientada a realizar una evaluación de las propiedades morfológicas y mecánicas de un envase biodegradable elaborado a partir de residuos de corteza de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*). Por lo cual los objetivos están orientados a la evaluación de las propiedades morfológicas y mecánicas, formulación del envase biodegradable y establecer parámetros de tiempo y temperatura que permitan obtener el mejor tratamiento (envase biodegradable).

La metodología aplicada está basada en la implementación de un Diseño experimental (A*B), mediante el uso del software Statgraphics, donde se evaluarán los diferentes factores de estudio: Factor A = Formulación (% corteza de cacao y % de cascarilla de arroz), Factor B = Tiempo y temperatura de secado (24 horas a 60 °C y 48 horas a 50 °C). Los mismos estarán divididos en

3 bloques con 6 tratamientos. Por medio del ANOVA y el nivel de significancia se determinará las variables de estudios aplicando análisis físicos mecánicos (resistencia y dureza), y morfológicos (tamaño, color y textura).

En resumen, a través de esta investigación se pretende llegar a la búsqueda de alternativas sostenibles, presentando la idea de los envases biodegradables como una solución viable para la reducción de plásticos y los efectos negativos que estos causan en el planeta, explorando las propiedades analizadas de resistencia, dureza, tamaño, color y textura, con la finalidad de comprobar si los residuos agroindustriales utilizados (corteza de cacao y cascarilla de arroz) son buenos componentes en el proceso de los mismos.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación

1.1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad el uso de plásticos derivados de petróleo se ha convertido en un serio problema ambiental, por lo que se pretende encontrar soluciones sostenibles y amigables con el medio ambiente. Hoy en día las tendencias del reemplazo de polímeros convencionales por polímeros renovables, sustentables y biodegradables se han convertido en una alternativa positiva para disminuir la contaminación ambiental.

Una de las alternativas eficientes que se han mostrado es la elaboración de envases biodegradables a partir de residuos naturales de frutas y hortalizas, las mismas que contienen biomoléculas como proteínas, lípidos, fibra y polisacáridos. A través de esta investigación se realizó una evaluación de las características morfológicas y mecánicas de un envase elaborado a partir de residuos de cáscara de cacao y cascarilla de arroz. La problemática constituye en analizar si el envase elaborado presenta las características y propiedades adecuadas.

Con respecto a las leyes en Ecuador existe la Normativa INEN NTE 2386:2005. Envases para el transporte de frutas y hortalizas frescas. Requisitos y la Normativa NTE INEN 2643: 2012. Especificación para plásticos compostables. Qué son las normativas en las cuales se puede encontrar información respecto al tema de envases biodegradables, sin embargo, carecen de información en cuanto al tema de análisis y parámetros físicos y químicos que debe cumplir un envase biodegradable siendo una restricción a la hora de realizar el tema de investigación.

Diagnóstico

En la presente investigación se puede diagnosticar que en Ecuador la fabricación y venta de envases biodegradables de marcas destacadas y reconocidas como: Biodegradables Ecuador, Empaque Verde y FullPacking no se elaboran en base a productos de origen natural, en su estructura contienen polímeros o materiales sintéticos. Las propiedades mecánicas y morfológicas del envase biodegradable pueden aportar de manera positiva al desarrollo de productos con residuos de corteza de cacao y cascarilla de arroz, además mejorar la creación de nuevos y mejorados productos que cumplan doble propósito y sean atractivos para el consumidor final.

Pronóstico

Mediante esta investigación se pretende evaluar las propiedades mecánicas y morfológicas de un envase biodegradable obtenido a partir de residuos de corteza de cacao y cascarilla de arroz

El pronóstico de esta investigación estuvo enfocado a evaluar las propiedades morfológicas y mecánicas de un envase biodegradable en base a residuos orgánicos de corteza de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*), la porción ideal de estas materias primas permitió mejorar el perfil de los envases desarrollados. Por esta razón se busca establecer dichas características, además de comprobar a través de esta investigación si las mismas se cumplen, permitiendo así tener un envase de tipo biodegradable que contribuya al cuidado del medio ambiente a través del aprovechamiento de residuos agroindustriales.

1.1.2. Formulación del problema

- ¿Qué propiedades morfológicas y mecánicas tienen los envases biodegradables a partir de residuos de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*)?

1.1.3. Sistematización del problema

- ¿Cuál será la formulación más adecuada de cascarilla de arroz y corteza de cacao en la elaboración de envases biodegradables?
- ¿Cuáles serán las condiciones óptimas de secado con respecto a tiempo y temperatura al cual deberá ser sometido el envase biodegradable?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Evaluar las propiedades morfológicas y mecánicas del envase biodegradable elaborado a partir de residuos de cáscara de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*).

1.2.2. Objetivos Específicos

- Analizar la formulación de cacao y cascarilla de arroz más adecuada para la elaboración de envases biodegradables.
- Determinar el tiempo y temperatura de secado del envase biodegradable a partir de corteza de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*).

1.3. Justificación

La contaminación es un tema de importancia a nivel mundial, en la actualidad se buscan nuevas tendencias a favor del medio ambiente, llegando a implementar la tecnología verde como alternativa al reemplazo del uso del plástico. En Ecuador según datos registrados INEC (2019), estableció que los ecuatorianos arrojaron 12.739.01 toneladas de basura diarias, de las cuales el 37.50% eran desechos de plásticos, lo cual constituye un problema social dentro del país, al cual mediante la elaboración de envases biodegradables se permite crear una alternativa al problema de la contaminación.

Durante la última década, el volumen del plástico y su eliminación, han incrementado estudios para desarrollar productos biodegradables elaborados a partir de polímeros naturales (Barrios Guzmán et al., 2015). Según Ruiz et al. (2013), se conoce como un producto biodegradable a todos aquellos que se encuentran enfocados en la disminución del impacto ambiental mediante una degradación más rápida.

Según un estudio de la Alianza Basura Cero Ecuador y la Universidad Andina Simón Bolívar (2022) Ecuador es el tercer país de la región que más basura plástica importa, ya que entre 2018 y 2021 importó 47.596 t de desechos plásticos, los mismos que son utilizados para fabricación de envases, empaques, fundas y otros productos de un solo uso. Mientras la tendencia mundial apunta hacia la eliminación de los plásticos de un solo uso, Ecuador camina en contrasentido.

La rama de la agroindustria permite dar una alternativa viable para aportar de forma positiva a este problema social, ya que actualmente en la mayoría de las empresas no se otorga un valor agregado a desechos o residuos. El aprovechamiento de estos ha generado gran interés en el campo investigativo debido a los innumerables beneficios ambientales y económicos que podrían promover un desarrollo sostenible en el país.

Un envase biodegradable debe cumplir ciertas características, entre las principales la biodegradabilidad; es decir, que su deterioro sea de forma rápida y que no cause efectos de contaminación. Además, de ciertas propiedades mecánicas como rigidez y resistencia y aspectos morfológicos como la forma, textura, color, entre otros.

Por lo expuesto en el presente proyecto se busca analizar dichas propiedades en un envase biodegradable elaborado a partir de residuos agroindustriales de cáscara de cacao y cascarilla de arroz.

CAPÍTULO II
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco Conceptual

2.1.1. Contaminación por plásticos en Ecuador

En la actualidad el uso del plástico en Ecuador se encuentra en diversos sectores de la economía, ya sea en industrias alimentarias, construcción, comercio, artículos de hogar, etc. Lo que ha causado tomar conciencia respecto al tema de contaminación ambiental, implementando el reciclaje y la utilización de plásticos biodegradables en ciertos sectores industriales, debido a que el plástico es considerado un material sintético duradero con alta resistencia a la degradación química y física provocando una acumulación en el ecosistema de todo el planeta (Castañeta et al., 2020).

Los plásticos tardan aproximadamente 180 años en degradarse y son los principales protagonistas en la vida cotidiana de las personas y a nivel industrial. Existe una diversidad de productos para distintas necesidades, pero resaltan en el ámbito de envases y empaques (Fernando López-Aguirre et al., 2020).

Según datos obtenidos del Ministerio del Ambiente se estima que Latinoamérica desecha diario 17.000 t de plástico, donde Ecuador es uno de los partícipes de estas cifras, ya que se producen 117.000 toneladas de plástico al año (Fernando López-Aguirre et al., 2020).

2.1.2. Impacto ambiental

Según Arevalo (1996), en las últimas décadas el incremento de la elaboración de productos a base de plásticos ha representado un notable crecimiento, utilizados principalmente para empaques y envases de distintos productos; lo que a su vez implica un incremento en la cantidad de residuos y desechos plásticos a nivel mundial.

Hoy en día existen normativas y leyes para el control, reducción y gestión del uso de plásticos, las mismas que consisten en prohibiciones y esfuerzos que contribuyan a la reducción del

impacto de la contaminación ambiental; haciendo hincapié en las 3 reglas del reciclaje: reducir, reutilizar y reciclar. Sin embargo, no se ha obtenido el impacto esperado, por lo cual es necesario incorporar mejoras en la legislación sobre plásticos teniendo como base principal el medio ambiente y la salud humana (Costa et al., 2020).

Entre las soluciones propuestas para la reducción del impacto ambiental de desperdicios plásticos se tienen en cuenta las siguientes alternativas viables:

- Reducción de uso de plásticos
- Reciclaje
- Incineración
- Compostaje
- Degradación ambiental (Arevalo, 1996).

2.1.3. Biodegradabilidad

Los productos o artículos desechables bajo la denominación de biodegradables tienen como objetivo la disminución del impacto ambiental, mediante la degradación más rápida en comparación con un producto de plástico convencional. Se define como biodegradación la descomposición aeróbica o anaeróbica de un material, ya sea debido a la acción enzimática de microorganismos como bacterias, hongos o inclusive para las propias condiciones normales del medio ambiente. (Ruiz et al., 2013).

Según López (2011), indica que la ventaja de un producto biodegradable al momento de ser desechados estos se descomponen bajo ciertas condiciones con un período relativamente breve; además, son fabricados con la utilización de materiales naturales renovables.

Además, López (2012) establece que esta biodegradación puede ser parcial cuando existe una alteración en la estructura química del material y pérdida de sus propiedades; referente a la

biodegradación total se da por la acción de microorganismo con la producción de dióxido de carbono, metano, agua, sales minerales y biomasa.

2.1.3.1. Importancia de biodegradabilidad.

La implementación de una alternativa amigable y sostenible con el medio ambiente se debe al incremento del uso de plásticos que en la actualidad ha generado problemas, además en los últimos años investigaciones basadas en la fabricación de envases biodegradables con materiales renovables como son los desechos.

2.1.3.2. Productos biodegradables.

Polímeros naturales. – Se consideran, los polisacáridos como la celulosa polímero lineal, insoluble en agua y en disolventes orgánicos debido a fuertes enlaces de hidrógeno y el almidón debido a la degradación por ataque enzimático a los enlaces glicosídicos. Además, se consideran las proteínas como el colágeno, albúmina y la gelatina están formados por α -aminoácidos unidos por enlaces amida, que son fácilmente degradados por enzimas (proteasas) (Castro, 2016).

También se encuentran los polímeros naturales modificados como el acetato de celulosa, polímeros compuestos que combinan partículas biodegradables, es decir combinación de un polímero natural con un sintético, los polímeros sintéticos se encuentran el poliéster, poliesteramidas (Vivanco Font, 2019).

2.1.3.3. Polímeros biodegradables: ventajas y desventajas sobre los polímeros convencionales.

Se define como polímero biodegradable a aquel que puede ser degradado completamente por el medio ambiente, es decir, cuando un envase biodegradable es desechado este comienza a transformar su estructura molecular y sus propiedades físicas y químicas debido a los agentes ambientales a los cuales ha sido sometido. Logrando así la transformación en sustancias simples y se adapten al medio ambiente (Labeaga Viteri & Casquero Ruiz, 2018).

Ventajas:

- Se evita la dependencia del petróleo como materia prima para su producción
- Son susceptibles a la degradación en un lapso corto de tiempo
- Han abierto puertas a la investigación

Desventajas:

- Costo de producción elevado
- Las propiedades mecánicas son inferiores a los plásticos típicos
- Presentan menor resistencia física.

2.1.3.4. Polímeros biodegradables utilizados.

Entre los polímeros biodegradables no comestibles se encuentran materiales derivados de la celulosa (por ejemplo, el celofán); polímeros derivados de microorganismos (por ejemplo, polihidroxibutirato); polímeros sintéticos biodegradables (por ejemplo, el polímero de ácido láctico producido por fermentación de este) y combinación de almidones con polímeros sintéticos biodegradables (por ejemplo, alcohol polivinílico) (Pardo et al., 2011).

Los polímeros naturales o polímeros derivados de monómeros naturales ofrecen grandes oportunidades por su biodegradabilidad y su compatibilidad medioambiental. Existe la posibilidad de utilizar materiales de envase comestibles, que también son biodegradables, como los basados en gelatinas, almidones, gomas, etc. (Pardo et al., 2011).

2.1.3.5. Aplicaciones de los plásticos biodegradables.

Desde los años 80, los plásticos biodegradables han sido utilizados en diversos productos: botellas de shampoo, envases de alimentos, utensilios para comer, bolsas de basura, etc. Muchos países han establecido objetivos claros de reducción del plástico promoviendo el reciclaje (Angrisano, 2020).

Según información obtenida de Rivera (2019), el área que mayor interés ha generado y en la cual se han invertido grandes cantidades de dinero y recursos ha sido el envase para alimentos, actualmente los envases biodegradables son conocidos bajo el denominativo “biopackaging”. A través de estos estudios y la aplicación de biopolímeros se consigue una reducción de materiales poliméricos procedentes de fuentes no renovables como el petróleo, además de alcanzar beneficios medioambientales y económicos positivos para la humanidad.

Tabla 1.

Efectos ambientales del uso de productos biodegradables

Efectos ambientales del uso de productos biodegradables	
Positivos	Negativos
❖ Disminución del impacto ambiental negativo sobre el suelo y el agua	❖ Liberación de metano que contribuye al calentamiento global.
❖ Reducción de la contaminación del agua	❖ Descomposición en tiempo razonable.
❖ Conservación de la energía	
❖ No aporta efectos químicos que afecten al medio ambiente	
❖ Sostenibilidad del ecosistema	
❖ Disminución de la dependencia del petróleo	

FUENTE: (AÑANCA ET AL., 2020)

ELABORADO: AUTORA (2023)

2.1.4. Residuos Agroindustriales

Actualmente el alto desarrollo industrial implica alta generación de residuos, por lo que el objetivo principal es la implementación de técnicas o métodos para el aprovechamiento de estos, ya que no sólo constituyen un problema ambiental, sino también económico (Yepes et al., 2008).

La industrialización trae consigo grandes ventajas para mejorar la calidad de vida de las personas; lo que implica que las mismas deben someterse a producciones en grandes escalas, generando mayores cantidades de residuos. En algunos casos dichos residuos son tratados para la elaboración de subproductos o para un fin común, tratando de reducir el impacto negativo hacia el medio ambiente (Cury R et al., 2017).

Además, Cury (2017), menciona que un análisis empleado a los residuos de diversos sectores agroindustriales demuestran que la industria de la textilería tan solo aprovechan el 2% de la biomasa producida, la industria cervecera el 8% de los nutrientes del grano, mientras que en la industria del aceite de palma y celulosa se utiliza menos del 9% y 30% de la biomasa producida y con respecto a la industria papelera tan sólo el 30% de la materia prima es aprovechada.

2.1.4.1. Composición de residuos.

Los residuos generados en la agroindustria se caracterizan en su mayoría por poseer material lignocelulosa susceptible a ser pretratado por vía química o biológica para su posterior uso en la elaboración de bioplásticos (M. Riera et al., 2019).

La estructura del material lignocelulósico y sus características morfológicas, químicas y estructurales influyen de manera importante en la elección de los procesos en los cuales pueden ser aprovechados en la agroindustria. Los residuos en su mayoría están compuestos químicamente por: celulosa, hemicelulosa, lignina y extractivos; además de materia seca y cenizas (Flórez & Rojas, 2018).

Tabla 2.

Tabla de productos y residuos en Ecuador

TABLA DE PRODUCTOS Y RESIDUOS EN ECUADOR	
Producto	Residuo
Caña de azúcar	Bagazo
Banano	Cáscara, pinzote, médula
Palma aceitera	Fibras, cáscara, racimos
Maíz duro seco	Mazorca, cascarilla
Arroz	Cascarilla
Plátano	Cáscara, pinzote, médula
Papa	Piel
Cacao	Mucílago, corteza, vaina

FUENTE: (M. RIERA ET AL., 2019)

ELABORADO: AUTORA (2023)

2.1.4.2. Residuos Agroindustriales y su impacto ambiental.

Según Vargas Corredor & Pérez Pérez (2018), la agroindustria tiene la capacidad de fomentar el desarrollo económico, social y ambiental global, pero es necesario que estas se enfoquen en mantener el equilibrio entre las actividades desarrolladas y la protección del medio ambiente en cada uno de sus procesos; desde la manipulación de la materia prima hasta la distribución y la disposición de los subproductos y residuos generados.

El manejo incorrecto de los residuos de producción agroindustrial es de los principales problemas constantes en estos sectores, debido a que ocasionan alteraciones en los diferentes

medios abióticos, bióticos y socioeconómicos e inclusive llegar a generar pérdidas económicas en las empresas (Vargas Corredor & Pérez Pérez, 2018).

La mayoría de los sectores agroindustriales y su generación de residuos están enfocadas en las siguientes áreas:

- Agrícola: la cosecha de cultivos genera grandes cantidades de residuos primarios como hojas y tallos; además, de la postcosecha se obtienen residuos secundarios obtenidos de diversos procesamientos como: bagazo de caña, agave, pulpa de café, etc.
- Agroindustria azucarera: durante las producciones de azúcar se generan varios residuos tales como: bagazo, melazas, sacarosa y aguas residuales; las mismas que se utilizan para elaboración de néctares, zumos y mermeladas.
- Con respecto al cacao y café solo es aprovechado económicamente el grano que corresponde alrededor del 10% del peso del fruto fresco.
- Vegetales: genera gran cantidad de residuos como tallos, hojas, frutos durante la cosecha y postcosecha
- Animal: También genera residuos como los estiércoles, pelos, plumas y huesos.
- Industria del aceite de palma: Apenas se aprovecha el 9% de la extracción
- Industria cervecera: Utiliza el 8% de los componentes del grano
- Industria de papel: Utiliza menos del 30% para la producción (Mejías Brizuela et al., 2016).

2.1.4.3. Criterios de selección de residuos con fines de aprovechamiento.

A medida que avanza el tiempo y la tecnología se han ido estableciendo criterios de selección de los residuos para poder ser aprovechados con fines específicos, algunos de ellos son:

- Que el principal componente del residuo sea utilizado como sustrato
- Disponibilidad del residuo en grandes cantidades
- Que no tenga otras aplicaciones o usos
- Que requiera un pretratamiento sencillo y económico
- Que tenga estabilidad (Saval, 2012).

2.1.4.4. Residuos Agroindustriales generados en Ecuador para elaboración de bioplásticos.

La principal actividad económica del Ecuador es la agrícola, la misma que es la base de la oferta exportable del país por más de dos siglos, logrando un sustento económico y productivo dentro del país. Durante los últimos años la agroindustria ha representado un importante lugar para el país, ya que se evidencia notoriamente en las industrias de alimentos y bebidas las cuáles han representado un alto porcentaje de PIB. Pero es necesario acotar que toda esta contribución de productos manufacturados, no pueden esconder la realidad relacionada a la generación de residuos.

Según investigaciones realizadas se estima que los mayores porcentajes de residuos son generados por las procesadoras de maíz (55%) y de arroz (44%). Donde la gestión de dichos residuos no es la adecuada, ya que muchos son quemados de manera descontrolada, botados de forma inadecuada en terrenos vacíos o botaderos, contribuyendo a la contaminación ambiental. Entre los usos que se les están dando se encuentran: producir biodiesel, bioetanol, biogás, pellets sólidos como recurso energético, elaboración de alimentos para animales, abono orgánico, materiales de construcción, bioaceites, etc. (M. Riera et al., 2019).

2.1.5. Cacao

La actividad agrícola y agroindustrial en el Ecuador genera una gran cantidad de residuos, solo se aprovecha económicamente el 10 % de su peso del grano fresco del cacao, constituyendo un 90 % de desechos orgánicos de finca y de industrias de procesamiento. Esta circunstancia se ha traducido en serios problemas ambientales que no han sido resueltos en la proporción de su generación (Balladares, 2016).

Los estudios basados en el aprovechamiento de la cáscara de cacao residual son amplios, donde pocos han sido explorados en el campo de la elaboración de biocompositos para su aplicación en la construcción. De manera internacional se encontraron estudios basados en el

aprovechamiento de estos residuos como en construcción, sector energético y hortícola y metodologías aplicadas para la elaboración de biocompositos (Rojas, 2019).

2.1.5.1. Variedades de cacao.

En Ecuador el cacao es de los productos más significativos a nivel económico y social; siendo uno de los productos más destacado dentro de las exportaciones. Existen dos tipos de cacao producidos dentro del país: Fino de aroma, nacional y el cacao “al granel” o también conocido como CCN51 (A. López, 2014).

2.1.5.2. Corteza de cacao.

La corteza de cacao aporta nutricionalmente como todo alimento con macronutrientes (proteína, carbohidratos, lípidos) y micronutrientes (vitaminas y minerales). Es un desecho agroindustrial que se considera con una baja fuente de energía debido a que presenta niveles de energía digestibles menor a 2500 kcal/kg. (Tapia, 2015).

2.1.5.3. Composición de la corteza de cacao.

Tabla 3.

Composición de la corteza de cacao

Composición	Valores (%)
Humedad	5,4 – 15,3
Proteína cruda	6,3 – 10,4
Fibra cruda	23,4 – 36,2
Componente del extracto etéreo	0,5 – 2,4
Extracto libre de nitrógeno	31,8 – 61,4
Cenizas	6,0 – 10,8

FUENTE: (TAPIA, 2015)

ELABORADO: AUTORA (2023)

2.1.6. Arroz

El arroz es uno de los alimentos más antiguos alrededor del mundo, ya que es considerado un cereal importante como fuente de energía y un componente clave de la sostenibilidad y seguridad alimentaria. En Ecuador es de los alimentos más consumidos y representa el 15% de la ingesta calórica promedio, con respecto a los cultivos en la época de verano las provincias de mayor producción son Guayas y Los Ríos debido a las condiciones agroclimáticas de dichas regiones (Marin et al., 2019).

2.1.6.1. Cascarilla de arroz.

La producción de la cascarilla rodea los 70 millones de toneladas, siendo en Ecuador uno de los residuos que más se dispone, la cual corresponde a un 22 % del total de producción, Además, este residuo es utilizado para abonos, aislamientos térmicos y para procesos de combustión usados en ladrilleras y secadoras de grano debido a que está constituido por celulosa y sílice,

además para producir fibras, fabricación de paneles debido a su baja conductividad térmica (Tipanluisa et al., 2015).

La planta de arroz está constituida por cuatro componentes principales: el germen (parte más rica en nutrientes), ácidos grasos, aminoácidos y enzimas; normalmente la cascarilla se incinera para reducir su volumen, generando humos contaminantes (Sierra Aguilar, 2009).

2.1.6.2. Composición de la cascarilla de arroz.

La cascarilla de arroz es de los residuos más relevantes de la producción de arroz; es de consistencia quebradiza, abrasiva y su color varía del color pardo rojizo al color púrpura oscuro, la composición química se presenta de la siguiente forma:

Tabla 4.

Composición de la cascarilla de arroz.

COMPOSICIÓN	VALORES
Carbono	39,1%
Hidrógeno	5,2%
Nitrógeno	0,6%
Oxígeno	37,2%
Azufre	0,1%
Cenizas	17,8%

FUENTE: (PRADA & CORTÉS, 2010)

ELABORADO: AUTORA (2023)

2.1.6.3. Usos de la cascarilla de arroz.

El aprovechamiento de los residuos de la cascarilla de arroz son aplicados en algunas áreas como la obtención de etanol por vía fermentativa, aprovechamiento en el compostaje, camas de avicultura y transporte de ganado; y otras no tan conocidas como la generación de energía, cenizas en los cultivos y sustrato en el cultivo de flores. (Prada & Cortés, 2010).

2.1.7. Propiedades mecánicas

Los ensayos de las propiedades mecánicas son aquellos que se realizan para valorar los materiales y asegurarse que cumplen con la finalidad con la que fueron creados. Afectan directamente a la resistencia mecánica y a la capacidad de los materiales, es decir son las propiedades que posee un material relacionadas con la capacidad de transmitir y resistir fuerzas o deformaciones (López Bautista et al., 2011).

2.1.7.1. Pruebas mecánicas.

Para asegurar el correcto funcionamiento de un determinado producto es necesario aplicar obligatoriamente las pruebas mecánicas que aseguren que el material se encuentra en buen funcionamiento, a través de dichas pruebas se pretende controlar las variables más importantes mediante ensayos, diseños y controles de calidad; a continuación se detallan los ensayos más conocidos aplicados a empaques flexibles:

- ❖ **Ensayos de tracción:** Consiste en la aplicación de esfuerzo en dirección del eje longitudinal de la probeta, proporciona información acerca de la deformación que sufre el material, conocer el punto de rotura y los esfuerzos producidos. Permite conocer la resistencia del material al ser sometido a un esfuerzo de estirado.

- ❖ **Coefficientes de Fricción (COF):** Es la propiedad que indica la fricción que sufre el laminado al estar en contacto con otra superficie, es necesario para verificar la operación del material en el proceso de empaque.

- ❖ **Ensayo de Elmendorf:** Es utilizado para la medición de la resistencia al rasgado y determinar la fuerza necesaria para propagar el rasgado/desgarro de un corte iniciado en una probeta.
- ❖ **Ensayo de laminación:** Ayuda a determinar la fuerza de union entre las diferentes capas de un material; la separacion de las láminas se debe iniciar manualmente con calor o solventes.
- ❖ **Prueba de impacto:** Determina la resistencia de un laminado contra los choques o impactos que podrían romperlo, se mide la energia que absorbe un laminado mediante la caída de un dardo desde una altura especifica y fija.
- ❖ **Espesor:** Es realizada por medio de un micrómetro con el que se miden diferentes puntos de la película para encontrar valores máximos y mínimos.
- ❖ **Gramaje:** Determina el rendimiento del laminado, identifica cuantas unidades pueden salir en un rollo de material.
- ❖ **Hot tack:** Es la resistencia al sellado en temperaturas elevadas (Velásquez Zapata, 2019).
- ❖ **Resistencia:** Es una de las propiedades mecánicas más importantes ya que es la resistencia a la rotura y el impacto al que puede ser sometido dicho material. Cuan mayor es la tasa de carga resulta más facil que el polímero falle como material quebradizo (Ramírez Ortega, 2021).

2.1.7.2. Normativa para ensayos.

Tabla 5.

Normativa de ensayos

ENSAYOS	NORMA
Gramaje	ISO 536:2012
Espesor	ASTM F2251 - 13 /ASTM D6988 - 13
COF estático	ASTM D1894 - 14
COF dinámico	ASTM D1894 - 14
Fuerza de sellado	ASTM F88 - 15
Tracción	ASTM D882 - 18
Resistencia rasgado	ASTM 1922
Fuerza de laminación	ASTM F904 -16
Resistencia impacto	ASTM D1709 - 16a
Hot tack	ASTM F1921

FUENTE: (VELÁSQUEZ ZAPATA, 2019)

ELABORADO: AUTORA (2023)

2.1.8. Propiedades morfológicas

Las propiedades morfológicas de un envase en su mayoría se asemejan al producto que contiene, la tipología de cada producto tiene morfologías propias adecuadas en forma específica al tipo de producto que contiene.

- **Color:** Varía de acuerdo con el producto y es considerado patrimonio de la imagen ya que juega un papel importante ante la vista del consumidor, ya que el color por sí solo debe informar que producto está conteniendo (Mendez, s.f.).

El factor color es un elemento que tiene mucho significado dependiendo del tipo: hay colores fríos y cálidos, alegres y tristes, los que se asocian con aspectos característicos. El color es un arma mercadológica de mucha fuerza que tiene el diseñador para motivar al consumidor, influye sobremanera para llamar la atención, para agradar, para gustar, para asociar, para provocar al ser humano (Araoz & Ferreyros, 2009).

- **Tamaño:** Las dimensiones de un envase es un aspecto importante a tener en cuenta ya que delimita y define la capacidad del mismo; teniendo en cuenta que la dimensión debe ser directamente proporcional al volumen, además permite estandarizar las medidas y aprovechar el máximo espacio (Araoz & Ferreyros, 2009).

2.2. Marco Referencial

Según **Colina López** (2019), en su trabajo de titulación propuesta de diseño de un proceso de producción de envases desechables biodegradables a base de cascarilla de arroz. Tiene como finalidad la reducción de la contaminación por el excesivo consumo de plásticos que afectan al medio ambiente, usando como materia prima desperdicios o residuos.

El objetivo principal de esta investigación consistió en diseñar un proceso de producción de envases desechables biodegradables a base de cascarilla de arroz, demostrando a la sociedad que se puede aplicar el uso de materiales de la naturaleza de forma sostenible y amigable con el medio ambiente.

La metodología del proceso aplicada es la siguiente: recepción de la materia prima, lavado, secado, molienda, mezclado, laminado, termoformado y empaquetado; además, también se muestran las etapas del proceso de elaboración del engrudo que se obtiene del arrocillo: molienda del arrocillo, mezclado y cocción.

La autora **Carrillo López** (2022), en su trabajo investigativo desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao l.*) para el sector productivo artesanal plantea como proyecto el diseño de un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao dirigido al sector productivo artesanal, cuyos objetivos están enfocados en establecer la metodología para el pretratamiento de la harina de cascarilla de cacao, caracterizar el empaque biodegradable y diseñar el proceso de producción.

En el proceso de elaboración de empaques biodegradables se consideran los siguientes factores a estudiar: harina de cascarilla de cacao, carboximetilcelulosa y agua; los mismos que al ser mezclados y acompañados de otros ingredientes darán paso al producto final.

La metodología para el proceso de desarrollo de la obtención de harina es la siguiente: Recepción de la materia prima (grano de cacao), descascarillado (95 °C - 140 °C; 20 - 40 min), lavado (HCl 5%, 40 ml, 30 min), secado (200 °C, 20 min), molienda (granulometría de 2 mm), almacenado. Con respecto al proceso del desarrollo del empaque se detalla: recepción de materia prima, mezclado (harina, carboximetilcelulosa, glicerina, agua, vinagre), reposo (15 min), prensado, moldeado, cocción (200 °C, 20 min), enfriado (30 min), acabado (contornos y bordes) y empaque.

Entre los análisis realizados se destacan análisis sensoriales (olor, color y textura), biodegradabilidad y dureza. Para el diseño experimental se aplicó el uso del software Design Expert, versión 11 con 16 tratamientos en estudio.

A través de los resultados obtenidos se pudo observar que, con respecto al olor, se mantuvo característico en los primeros 14 días y el color de tono café mantuvo similitud y la textura se presentó semi-lisa. El grado de descomposición obtenido fue de un 10,96%. En la presente investigación se estableció que el mejor tratamiento para la línea de producción fue: harina de cascarilla de arroz (34,31%), carboximetilcelulosa (17%) y agua (44,69%).

Según **Riera & Palma** (2018), en su informe obtención de bioplástico a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador, respecto a la obtención de bioplásticos de desechos agrícolas, una revisión en Ecuador analiza las posibles alternativas que los polímeros biodegradables aportarían al problema ambiental.

Un dato importante que destaca de este artículo es que a nivel industrial la producción anual de bioplástico apenas representa aproximadamente el 1% en comparación con los casi 320 millones de toneladas de plástico que se producen anualmente.

Debido a que Ecuador es un país con gran actividad agrícola es de interés el aprovechamiento de los residuos o desechos producidos en grandes empresas, para la obtención de bioplástico que generen sostenibilidad en el país.

Entre las características óptimas para la producción de un bioplástico a partir de desechos, se debe tener en cuenta: disponibilidad de recursos, rendimiento del proceso, tecnología para procesamiento, acceso al mercado, rentabilidad, impacto social, impacto ambiental, entre otros.

Este trabajo investigativo analiza las distintas herramientas que se pueden utilizar para llevar a cabo un proyecto de esta categoría; destacando herramientas analíticas que apoyan la toma de decisiones ante escenarios complejos, a continuación, una breve descripción: MCDA o análisis multicriterio es una metodología para el análisis de alternativas evaluadas a través del cumplimiento de objetivos, método PROMETHEE su experiencia se encuentra basada en el diseño y desarrollo de productos, método AHP es una teoría de evaluación por comparaciones basadas en escalas o prioridades, método MACBETH tiene un enfoque multicriterio basado en comparación por pares cualitativos, técnica DEMATEL se utilizó para identificar los sitios más favorables en sostenibilidad a largo plazo y finalmente el método ELECTRE para analizar los diferentes tipos de bioplásticos y seleccionar la alternativa óptima para la producción de envases.

Finalmente, este trabajo muestra que es posible aprovechar los desechos agrícolas generados en el país para la obtención de plásticos biodegradables, pero la decisión de optar por cuál de ellos generará mayor rendimiento dependerá de distintas variables. Es necesario a futuro aplicar los criterios de selección basándose en la metodología de cada uno de los métodos expuestos.

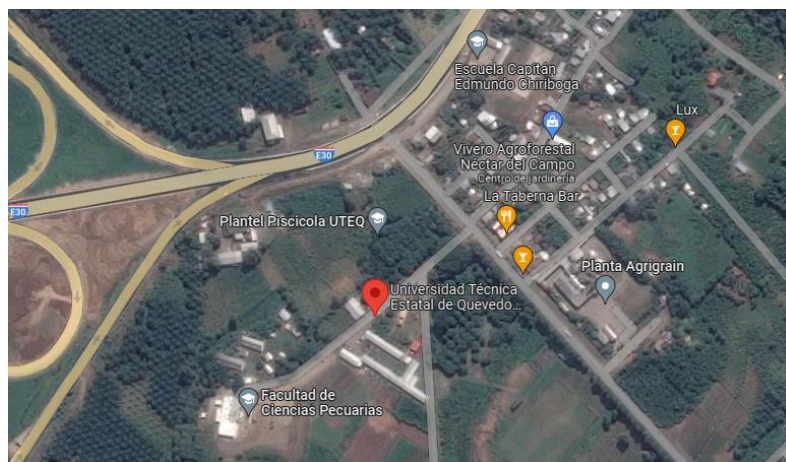
CAPÍTULO III
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Bromatología y Operaciones, de la Facultad de Ciencias de la Industria y Producción, ubicados en Universidad Técnica Estatal de Quevedo, finca experimental “La María”, km 7 ½ de la vía Quevedo - El Empalme.

Ilustración 1.

Ubicación



FUENTE: GOOGLE MAPS

3.2. Tipo de investigación

3.2.1. Investigación exploratoria

La elaboración de envases biodegradables es un tema de interés investigativo que actualmente se está profundizando mediante investigaciones, estudios, análisis, etc. Por tal motivo, esta investigación se realiza de tipo exploratoria, debido la necesidad de recopilar información de diversos autores que respalden lo investigado en el presente proyecto.

3.2.2. Investigación experimental

Se aplicó este tipo de investigación en el proceso de elaboración de envases biodegradables, controlando factores de estudio que permitan obtener resultados; una vez obtenidos dichos

resultados a través de diseño experimental fueron tratados por medio de métodos estadísticos (ANOVA) y pruebas de significancia a través del software STATGRAPHICS.

3.3. Métodos de investigación

3.3.1. Método de observación

A través del método de observación se describe y explica los comportamientos de los datos correspondientes a los análisis estudiados, en el caso de esta investigación se observan cada una de las propiedades mecánicas y morfológicas del envase biodegradable elaborado a partir de residuos de corteza de cacao y cascarilla de arroz.

3.3.2. Método analítico

El método analítico es aquel que permite descomponer cada uno de los fenómenos y los efectos de estos; en la presente investigación se aplica este tipo de métodos para realizar un análisis a los datos obtenidos, de tal forma que dicho análisis permita llegar a las conclusiones requeridas.

3.3.3. Método cuantitativo

Este método es aplicado para poder determinar los porcentajes utilizados en la formulación del envase biodegradable, determinando las cantidades necesarias de corteza de cacao y cascarilla de arroz, realizando varias pruebas con respecto a la variación de los valores, logrando obtener la formulación adecuada para obtener un envase biodegradable.

3.4. Fuentes de recopilación de información

En la presente investigación se aplicó el uso de fuentes primarias y secundarias para obtener información que respalden el mismo, a continuación, se detallan las más utilizadas:

3.4.1. Fuentes primarias

- Tesis

3.4.2. Fuentes secundarias

- Artículos científicos
- Revisión bibliográfica

3.5. Diseño de la investigación

3.5.1. Diseño experimental

El diseño de la investigación será tipo factorial AxB, donde A= Formulación (% corteza de cacao y % cascarilla de arroz), factor B= tiempo y temperatura de secado. Se realizaron 6 tratamientos con 3 réplicas obteniendo un total de 18 unidades experimentales, plasmando los resultados en el programa estadístico STATGRAPHICS.

3.5.2. Factores de estudio.

Tabla 6.

Factores de estudio

Factores	Simbología	Descripción
A = Formulación	a0	30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz
	a1	50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz
	a2	70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz
B = Tiempo y temperatura de secado	b0	24 horas x 60°C
	b1	48 horas x 50°C

ELABORADO: AUTORA (2023)

3.5.2.1. Características del experimento de evaluación de envases biodegradables.

- Número de tratamientos: 6
- Número de repeticiones: 3
- Unidades experimentales: 18

Tabla 7.

Interacción de factores

Tratamiento		Descripción
T1	a ₀ b ₀	30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 24 horas x 60°C
T2	a ₀ b ₁	30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 48 horas x 50°C
T3	a ₁ b ₀	50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 24 horas x 60°C
T4	a ₁ b ₁	50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 48 horas x 50°C
T5	a ₂ b ₀	70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 24 horas x 60°C
T6	a ₂ b ₁	70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 48 horas x 50°C

ELABORADO: AUTORA (2023)

3.6. Instrumentos de investigación.

En el proceso de evaluación de las propiedades morfológicas y mecánicas de un envase biodegradable a partir de residuos de corteza de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) se detallan los siguientes análisis aplicados:

Tabla 8.

Análisis realizados en la investigación

Análisis morfológicos	Análisis mecánicos
<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño • Color • Textura 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia • Dureza

ELABORADO: AUTORA (2023)

3.6.1. Análisis morfológicos

3.6.1.1. Tamaño.

La determinación del tamaño se realizó mediante Normativa NTE INEN 1815:2013 la misma que como objeto establece el método de ensayo para determinar las dimensiones nominales de la sección transversal de los envases metálicos de sellado hermético para alimentos y bebidas.

Medición de secciones transversales

Procedimiento:

- Medir la sección transversal interna del cuerpo usando las clavijas internas del calibrador vernier o pie de Rey.
- Medir la ampliación o estrechamiento de las bocas de los envases usando las clavijas internas del calibrador vernier o pie de rey
- Medir la abertura de la sección transversal del envase cilíndrico o cónico usando las clavijas internas aplicadas a la sección interna del extremo del envase.

Se utilizó un calibrador Century 6” con un rango de 0-150 mm obteniendo valores de las secciones transversales y adversas.

3.6.1.2. Color.

La medición del color se realizó mediante la aplicación Color Lab, la misma que permite obtener datos del color para poder trabajar con el espacio CIELAB. Se tomaron fotografías a cada una de las muestras y estas mediante la aplicación se obtuvieron los datos correspondientes.

Donde:

L* define la luminosidad

a* componente de color rojo-verde

b* componente de color amarillo-azul

3.6.1.3. Textura.

Para la medición de textura en la presente investigación se aplicó el uso de un texturómetro. CT3. Instrumento confiable y fácil de usar, ideal y complementario a consistómetros, viscosímetros y reómetros para la caracterización de materiales alimentarios, cosméticos, farmacéuticos o diversos.

El texturómetro CT3 puede reproducir la mayoría de las limitaciones utilizando una amplia gama de accesorios y programas preestablecidos. El principio consiste en la aplicación de fuerzas de tracción o compresión sobre la muestra, luego la observación de su comportamiento. La resistencia del material, expresada en Newtons o gramos, se mide utilizando una celda de carga calibrada. Puede usarse tanto en control de calidad como en I + D para calificar nuevos materiales.

3.6.2. Análisis mecánicos

3.6.2.1. Resistencia.

Para la determinación de la resistencia de los envases biodegradables se llevó a cabo siguiendo las recomendaciones especificadas en la Normativa NTE INEN 2047: 2013, dicha norma establece un método de ensayo para determinar la resistencia a la flexión de los materiales plásticos rígidos. Además, se aplica únicamente a las muestras apoyadas en sus extremos; la muestra es cargada con diferentes tipos de peso:

- Peso 1: 280 g
- Peso 2: 510 g
- Peso 3: 905 g
- Peso 4: 1242 g

Se realiza hasta que ocurra una ruptura o hasta que se alcance una deformación en flexión máxima al 5%. Se registran los datos de cada una de las muestras para posteriormente ser analizados.

3.6.2.2. Dureza.

Para la determinación de la dureza se siguieron las recomendaciones especificadas en la normativa INEN 123. Normativa Técnica Ecuatoriana. El equipo utilizado fue el durómetro digital SHORE A 0-100 HA, el mismo que cumple con características de precisión, confiabilidad y versatilidad. Además, está diseñado para medir dureza de caucho, elastómeros y otros materiales similares.

Características.

- Shore A Cumple o supera las actuales especificaciones ASTM D2240. Rango: (Shore A) 0 a 100 puntos.
- Precisión: ± 1 punto.

Dimensiones.

- Altura 95 mm
- Anchura 60mm
- Profundidad 25 mm
- Peso 0.5 g
- Resolución 0.5 grados

3.7. Tratamiento de los datos

Los datos obtenidos serán registrados a través de programas estadísticos que permitan el tratamiento de estos, en primer lugar, cada uno de los datos serán registrados en el programa Excel, serán ubicados en forma de matriz para luego ser llevados a un software estadístico. Statgraphics es el software que se utilizó para la comparación de variables, gráficos y obtención de resultados aplicando pruebas de significancia con Tukey al 5%.

3.8. Recursos humanos y materiales

3.8.1. Recursos humanos

Ing. Ángel Cedeño

Ing. José Villarroel

3.8.2. Materiales

3.8.2.1. Materia Prima

- Corteza de cacao
- Cascarilla de arroz.

3.8.2.2. Insumos

- Aglutinantes
- Bandejas
- Moldes
- Cuchillos
- Papel aluminio
- Colorantes
- Agua
- Cloro
- Vasos de plástico
- Cucharas

3.8.2.3. Equipos

- Molino eléctrico
- Secador
- Prensa
- Texturómetro
- Durómetro
- Balanza
- Calibrador o pie de rey
- Celular

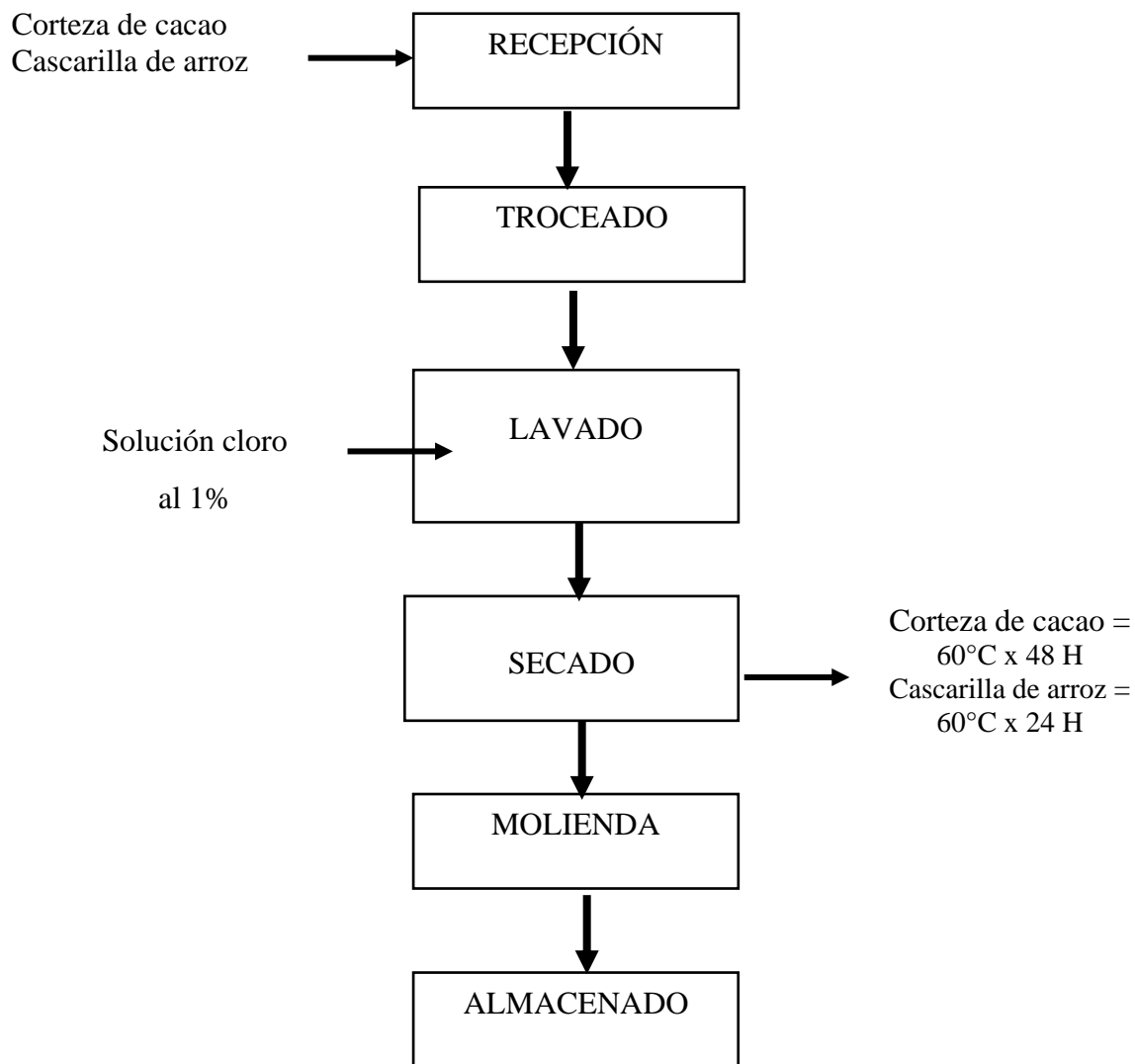
- Estufa

3.8.2.4. *Materiales de oficina*

- Hojas A4
- Lapiceros
- Marcadores
- Cuaderno de apuntes
- Tijeras
- Cinta
- Etiquetas
- Computador portátil

3.8.3. Diagramas de Flujo

3.8.3.1. Diagrama de flujo de proceso de obtención de materia prima.



ELABORADO: AUTORA. (2023)

3.8.3.2. Descripción del proceso de obtención de materia prima.

Recepción: Se receipta la materia prima en este caso la corteza de cacao (CCN51) las mismas que fueron traídas de fincas cacaoteras del Recinto Puerto Romero, parroquia San Carlos hacia los laboratorios de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo Campus La María. En el caso de la cascarilla de arroz se obtuvo de una piladora ubicada en el Cantón El Empalme.

Troceado: Una vez se receiptó la materia prima, fue necesario pasar por un proceso de troceado, la corteza de cacao se pica en pequeñas partículas para poder ser llevada al siguiente proceso.

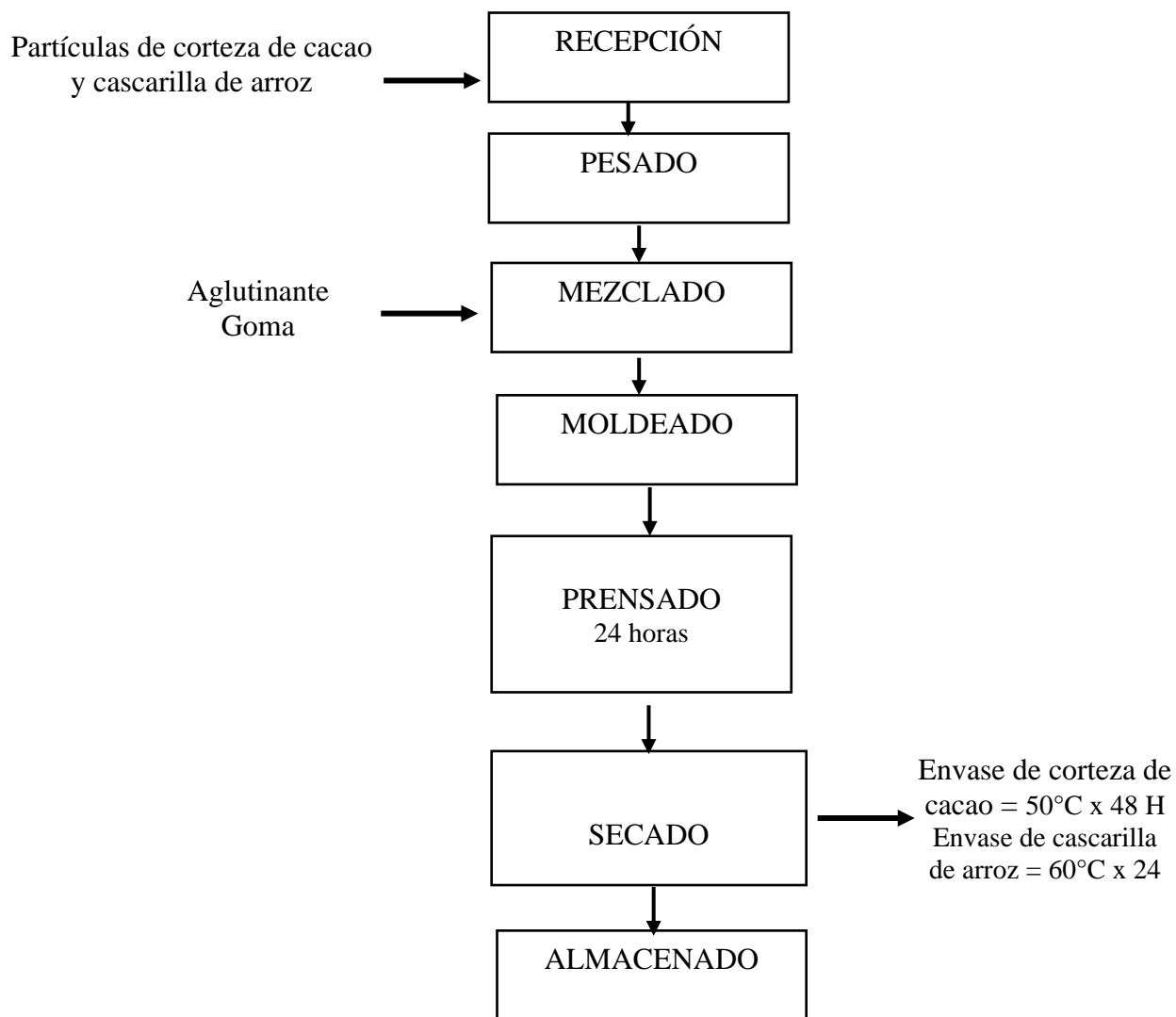
Lavado: La materia prima troceada se llevó a un proceso de lavado donde se aplica una inmersión de cloro al 1% por cada litro de agua por un tiempo de 3 horas.

Secado: Se utilizó el secador ubicado en el laboratorio de bromatología de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Campus La María. En el caso de la corteza de cacao se rige bajo los parámetros de 60°C por 48 horas y en el caso de la cascarilla de arroz se aplicó 60°C por 24 horas.

Molienda: Una vez ha transcurrido el tiempo respectivo de secado de ambas materias primas, se procede al proceso de molienda, para lo que se utilizaron 2 molinos industriales para la obtención de las partículas de la corteza de cacao y la cascarilla de arroz.

Almacenado: De esta manera se obtuvo la materia prima para trabajar en el proceso de elaboración de envases biodegradables, se almacenan las partículas (polvo o harinas) a temperatura ambiente, para su posterior utilización en el proceso de elaboración del envase biodegradable.

3.8.3.3. Diagrama de flujo de Proceso de elaboración de envases biodegradables.



ELABORADO: AUTORA (2023)

3.8.3.4. Descripción del proceso de elaboración de envases biodegradables.

Recepción: Se recibió todos los materiales a utilizar: partículas de corteza de cacao y cascarilla de arroz previamente obtenidas en un proceso anterior, aglutinantes, goma, colorantes y todos los insumos necesarios para la elaboración de envases biodegradables.

Pesado: Para la elaboración fue necesario tener pesos exactos de cada uno de los componentes, ya que se trabajó mediante una formulación específica de cada uno. En este caso con ayuda de una balanza se pesó cada componente que de un total de lo especificado en la formulación.

Mezclado: Una vez obtenida la formulación adecuada se procedió al mezclado e incorporación de cada uno de los componentes, logrando una mezcla homogénea de los mismos. Todos los procesos se realizaron de forma manual, por lo que es recomendable usar el equipo necesario como guantes y cofia.

Moldeado: En este proceso fue necesario adecuar los moldes, los mismos que son la forma que tuvo el envase biodegradable, se agregó la mezcla y se empezó a dar forma, moldeando completamente toda la mezcla.

Prensado: Una vez que fueron elaborados los envases fue necesario que sean sometidos a el proceso de prensado, con ayuda de las prensas hidráulicas ubicadas en laboratorios de la UTEQ, los envases moldeados fueron sometidos a la prensa en un lapso de 24 horas.

Secado: Según el tipo de tratamiento se sometió a secado en el secador ubicado en laboratorios de bromatología, especificando temperaturas en 50°C por 48 horas en el caso donde el mayor porcentaje de composición hayan sido las partículas de cacao y 60°C por 24 horas donde el mayor porcentaje hayan sido las partículas de cascarilla de arroz.

Almacenado: Una vez transcurrido el tiempo de secado se extrajeron los envases biodegradables, se enfriaron y se almacenaron para realizar las pruebas mecánicas y morfológicas del mismo.

CAPÍTULO IV
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

4.1. Resultados

4.1.1. Resultados del análisis de varianza de los análisis morfológicos

4.1.1.1. Análisis de tamaño de la pared del envase biodegradable.

Cuadro 1.

Análisis de Varianza para Tamaño Pared - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Formulación	0,0608333	2	0,0304167	2,43	0,1297
B: Temperatura y tiempo de secado	0,00888889	1	0,00888889	0,71	0,4156
INTERACCIONES					
AB	0,00527778	2	0,00263889	0,21	0,8126
RESIDUOS	0,15	12	0,0125		
TOTAL (CORREGIDO)	0,225	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: $P < 0.05$; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA. (2023)

En el siguiente cuadro N°1 se muestran los resultados del tamaño de la pared del envase biodegradable, donde se detalla que no existe diferencia significativa entre los factores de estudio: factor A (Formulación), factor B (temperatura y tiempo de secado) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado).

4.1.1.2. Análisis de tamaño de la parte baja del envase biodegradable.

Cuadro 2.

Análisis de Varianza para Tamaño Bajo - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Formulación	0,0552111	2	0,0276056	0,42	0,6654
B: Temperatura y tiempo de secado	0,0018	1	0,0018	0,03	0,8711
INTERACCIONES					
AB	0,0134333	2	0,00671667	0,10	0,9033
RESIDUOS	0,785933	12	0,0654944		
TOTAL (CORREGIDO)	0,856378	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: $P < 0.05$; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA. (2023)

El cuadro N°2 muestra la interacción y los resultados del factor tamaño de la parte baja del envase, donde se indica que ninguno de los factores: factor A (Formulación), factor B (temperatura y tiempo de secado) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado) muestran diferencia significativa.

4.1.1.3. Análisis de la textura del envase biodegradable.

Cuadro 3.

Análisis de Varianza para Textura - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Formulación	1,1571E7	2	5,78551E6	24,85	0,0001*
B:Temperatura y tiempo de secado	4,48783E7	1	4,48783E7	192,73	0,0000*
INTERACCIONES					
AB	5,77107E7	2	2,88554E7	123,92	0,0000*
RESIDUOS	2,79421E6	12	232851,		
TOTAL (CORREGIDO)	1,16954E8	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: P<0.05; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA (2023)

El cuadro N°3 representa los resultados del análisis de textura aplicados al envase biodegradable y se evidencia claramente diferencia significativa en: factor A (Formulación), factor B (temperatura y tiempo de secado) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado), por lo cual es necesario una prueba de significación de Tukey ($p < 0,05$) para detectar diferencia entre las medias.

4.1.1.4. Análisis del color del envase biodegradable.

Espectro L

Cuadro 4.

Análisis de Varianza para L - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Formulación	245,987	2	122,993	0,57	0,5779
B:Temperatura y tiempo de secado	5,56778	1	5,56778	0,03	0,8746
INTERACCIONES					
AB	448,399	2	224,2	1,05	0,3811
RESIDUOS	2570,57	12	214,214		
TOTAL (CORREGIDO)	3270,53	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: $P < 0.05$; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA. (2023)

Para determinar la colorimetría en el cuadro N°4 se muestran resultados del espectro L del color, no se encontró ninguna diferencia significativa en ninguno de los factores: factor A (Formulación), factor B (temperatura y tiempo de secado) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado).

Espectro a*

Cuadro 5.

Análisis de Varianza para a - Suma de Cuadrados Tipo III*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Formulación	65,051	2	32,5255	0,27	0,7716
B:Temperatura y tiempo de secado	164,512	1	164,512	1,34	0,2695
INTERACCIONES					
AB	166,406	2	83,2028	0,68	0,5261
RESIDUOS	1472,69	12	122,724		
TOTAL (CORREGIDO)	1868,66	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: $P < 0.05$; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA (2023)

Para determinar la colorimetría en el cuadro N°5 se muestran resultados del espectro a* del color, no se encontró ninguna diferencia significativa en ninguno de los factores: factor A (Formulación), factor B (temperatura y tiempo de secado) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado).

Espectro b*

Cuadro 6.

Análisis de Varianza para b - Suma de Cuadrados Tipo III*

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: Formulación	225,802	2	112,901	0,42	0,6637
B: Temperatura y tiempo de secado	178,259	1	178,259	0,67	0,4291
INTERACCIONES					
AB	965,54	2	482,77	1,81	0,2050
RESIDUOS	3193,98	12	266,165		
TOTAL (CORREGIDO)	4563,58	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: P<0.05; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA (2023)

Para determinar la colorimetría en el cuadro N°6 se muestran resultados del espectro b* del color, no se encontró ninguna diferencia significativa en ninguno de los factores: factor A (Formulación), factor B (temperatura y tiempo de secado) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado).

4.1.2. Resultados del análisis de varianza de los análisis mecánicos.

4.1.2.1. Análisis de la resistencia del envase biodegradable.

Cuadro 7.

Análisis de Varianza para Resistencia - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:Formulación	317697,	2	158849,	4,63	0,0324*
B:Temperatura y tiempo de secado	21701,4	1	21701,4	0,63	0,4419
INTERACCIONES					
AB	1,92837E6	2	964185,	28,09	0,0000*
RESIDUOS	411842,	12	34320,2		
TOTAL (CORREGIDO)	2,67961E6	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: P<0.05; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA (2023)

En el siguiente cuadro N°7 se indican los resultados del análisis de resistencia, donde se puede observar que no existe diferencia significativa en el factor B (temperatura y tiempo de secado); caso contrario del factor A (formulación) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado) donde se evidencia diferencia significativa, por lo cual es necesario realizar una prueba de significación Tukey ($p < 0,05$) para identificar la diferencia entre las medias con respecto a los factores indicados.

4.1.2.2. Análisis de la dureza del envase biodegradable.

Cuadro 8.

Análisis de Varianza para Dureza - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A:Formulación	155,414	2	77,7072	1,13	0,3539
B:Temperatura y tiempo de secado	91,5756	1	91,5756	1,34	0,2702
INTERACCIONES					
AB	308,588	2	154,294	2,25	0,1478
RESIDUOS	822,278	12	68,5232		
TOTAL (CORREGIDO)	1377,86	17			

NOTA: NIVEL DE CONFIANZA: $P < 0,05$; N: 18

SIMBOLOGÍA: CV = COEFICIENTE DE VARIANZA; GL = GRADOS DE LIBERTAD; N = NÚMERO DE UNIDADES EXPERIMENTALES.

ELABORADO: AUTORA (2023)

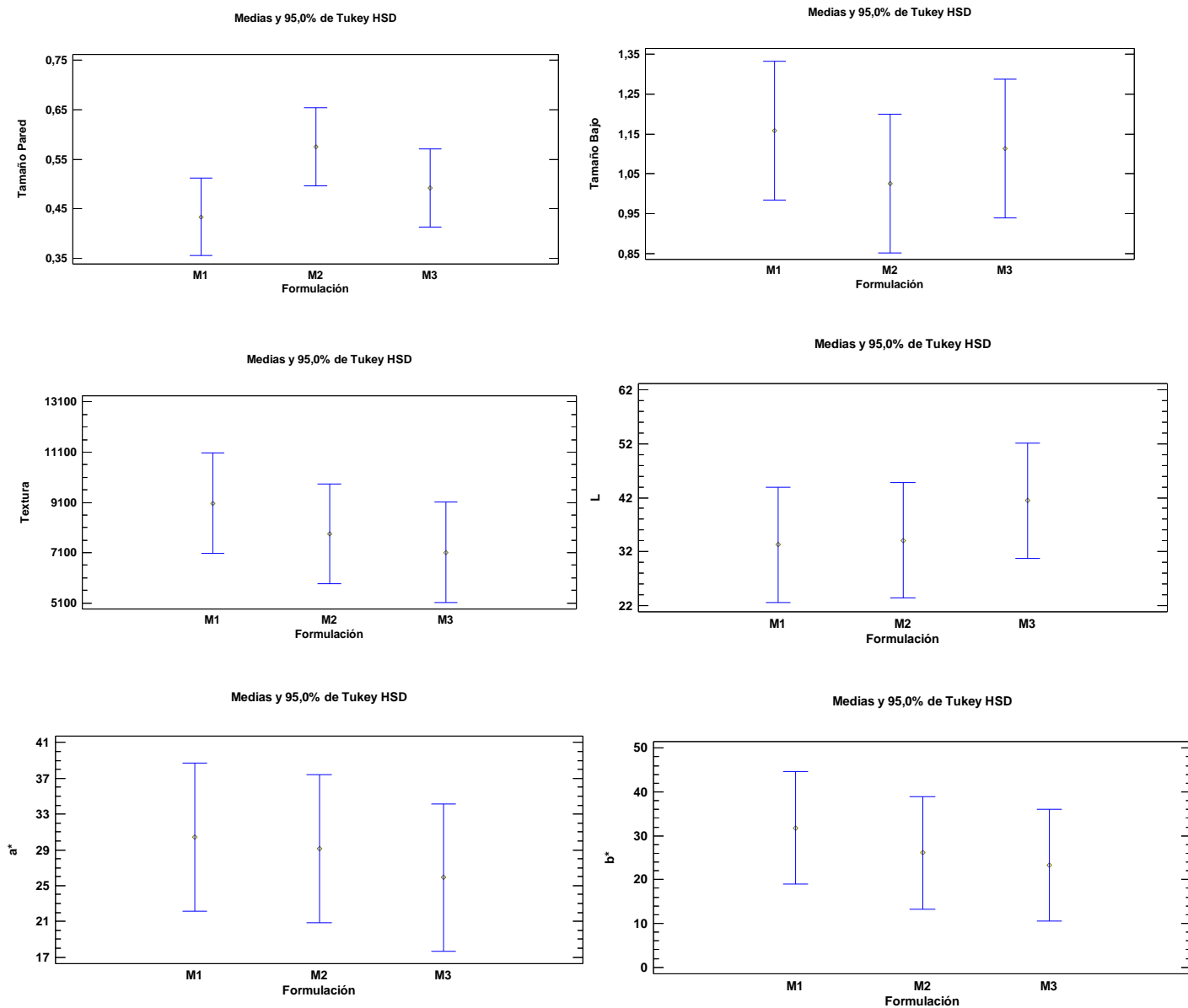
Según el cuadro N°8 se muestran resultados del análisis de dureza, donde no se observa diferencia significativa en ninguno de los factores: factor A (Formulación), factor B (temperatura y tiempo de secado) y la interacción AXB (formulación y temperatura y tiempo de secado).

4.1.3. Resultados de las medias mediante la prueba de significación de Tukey

4.1.3.1. Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor A.

Gráfico 1.

Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor A.



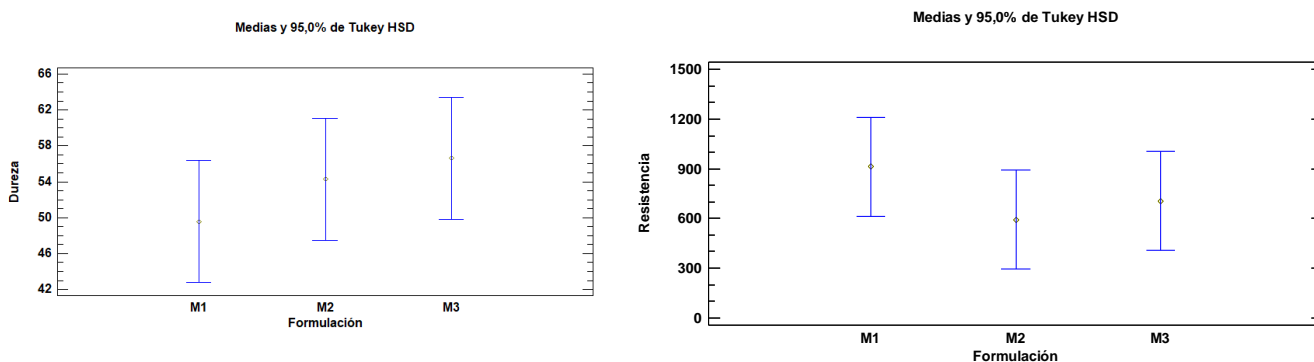
En el gráfico 1 de las medias de análisis morfológicos con respecto al factor A, en cuanto a tamaño y colorimetría no se muestra diferencia significativa con respecto a cada una de las muestras M1 = 30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz, M2 = 50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz y M3 = 70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz, lo que significa que estadísticamente se muestran iguales.

A diferencia de la textura donde se demuestra diferencia significativa donde la M1 (30% de corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz) alcanza niveles de 11100 g/f (gramos/fuerza).

4.1.3.2. Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor A.

Gráfico 2.

Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor A

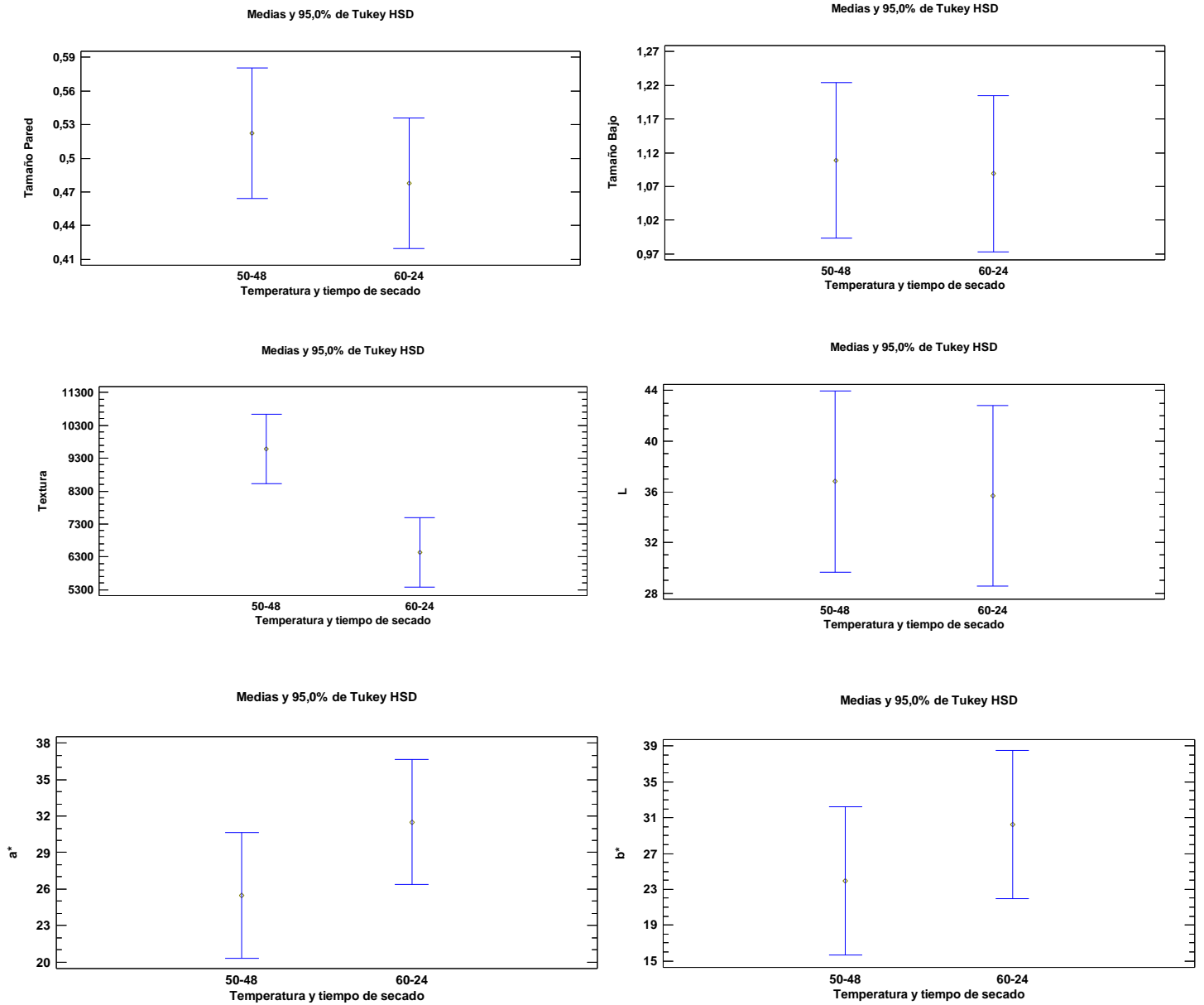


El gráfico 2 indica el resultado de medias con respecto a los análisis mecánicos, en este caso la variable de dureza no presenta diferencia significativa, y la variable de resistencia con respecto a la M1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz) y la M3 (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz) representa diferencia significativa, en cuanto a la M1 alcanza valores de 1200 g y la M3 de 900 g.

4.1.3.3. Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor B.

Gráfico 3.

Resultados de medias de análisis morfológicos con respecto al factor B.

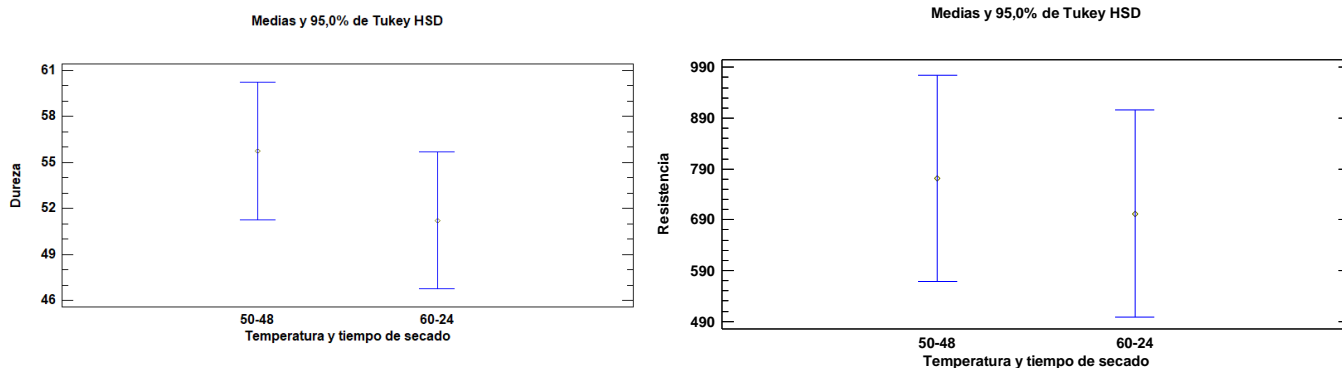


En el gráfico 3 se encuentran los resultados de los gráficos de medias con respecto al factor B, se pudo observar que, con respecto a los factores Tamaño, y espectros del color L, a*, b* no se observa diferencia significativa; pero en cuanto al factor de la textura se observa diferencia significativa debido a que los tratamientos que fueron expuestos a menor tiempo de secado alcanzan valores de 7300 g/f y los tratamientos expuestos a mayor tiempo superan valores de 10300 g/f.

4.1.3.4. Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor B.

Gráfico 4.

Resultados de medias de análisis mecánicos con respecto al factor B.



En cuanto a los tratamientos evaluados con respecto al factor B (temperatura y tiempo de secado) se pudo observar que, tanto en dureza como resistencia, no se observa diferencia significativa en las medias de los tratamientos.

4.1.3.5. Resultados con respecto a la interacción AXB (Formulación + Tiempo y temperatura de secado) de los análisis morfológicos.

Cuadro 9.

Resultados interacción AXB

Factor AXB	Tamaño Pared	Tamaño Bajo	Textura	COLORIMETRÍA		
				L	a*	b*
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24H	0,433333	1,18333	9759	36,471	34,7597	41,8003
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 50°C a 48H	0,433333	1,13333	8359,33	30,0277	26,1157	21,8013
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 60°C a 24H	0,55	0,983333	6088	36,7773	27,9657	19,086
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 50°C a 48H	0,6	1,06667	9612,33	31,3403	30,318	33,0973
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 60°C a 24H	0,45	1,12667	3439,67	33,856	31,84	29,736
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 50°C a 48H	0,533333	1,1	10789	49,0733	19,9927	16,842

ELABORADO: AUTORA. (2023)

Según el cuadro N°9 se puede observar los resultados de la interacción AXB (Formulación + Temperatura y tiempo de secado) donde se detallan cada una de las mezclas y los factores de estudio; en este caso según los valores indicados se observó que no existe diferencia significativa entre las variables de tamaño y colorimetría; a diferencia de la textura donde se evidenció diferencia significativa, ya que existen valores que ciertos tratamientos presentaron, como es el caso de la formulación (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 60°C a 24H) cuyo valor es = 3439,67 g/f en comparación con la formulación (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 50°C a 48H) cuyo valor elevado es de 10789 g/f.

4.1.3.6. Resultados con respecto a la interacción AXB (Formulación + Tiempo y temperatura de secado) de los análisis mecánicos.

Cuadro 10.

Resultados interacción AXB análisis mecánicos

Factor AXB	Dureza	Resistencia
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24H	42,95	696,667
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 50°C a 48H	56,15	1129,67
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 60°C a 24H	57,5833	280
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 50°C a 48H	50,95	905
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 60°C a 24H	53,1333	1129,67
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 50°C a 48H	60,1	280

ELABORADO: AUTORA.(2023)

Según se puede observar en el cuadro N° 10 de las interacciones AXB, con respecto a los análisis mecánicos se pudo observar que en cuanto a la dureza no se demuestra diferencia significativa, ya que los valores se encuentran en rangos cercanos. A diferencia del análisis de resistencia donde se observó que los valores tenían diferencia significativa, ya que en el caso de las interacciones (50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 60°C a 24H) y (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 50°C a 48H) presentaron valores de resistencia muy bajos de 280 g, a diferencia de las interacciones (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 50°C a 48H) y (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 60°C a 24H) donde los valores fueron elevados.

4.2. Discusión

4.2.1. Discusión de los resultados

4.2.1.1. Respecto a la interacción AXB (Formulación y Temperatura y tiempo de secado) de los parámetros morfológicos.

Cuadro 11.

Interacción AXB parámetros morfológicos

AXB (FORMULACIÓN + TEMPERATURA Y TIEMPO DE SECADO)						
Parámetros	M1 + T1	M1 + T2	M2 + T1	M2 + T2	M3 + T1	M3 + T2
Tamaño Pared	0,433333	0,433333	0,55	0,6	0,45	0,533333
Tamaño Bajo	1,18333	1,13333	0,983333	1,06667	1,1	1,12667
Textura	9759	8359,33	6088	9612,33	3439,67	10789
L	36,471	30,0277	36,7773	31,3403	33,856	49,0733
a*	34,7597	26,1157	27,9657	30,318	31,84	19,9927
b*	41,8003	21,8013	19,086	33,0973	29,736	16,842

ELABORADO: AUTORA (2023)

Cuadro 12.

Detalle de interacción de parámetros

M1	30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz
M2	50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz
M3	70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz
T1	60°C a 24h
T2	50°C a 48h

ELABORADO: AUTORA (2023)

En los resultados obtenidos con respecto a los parámetros morfológicos de la presente investigación se observa que, en cuanto al tamaño con respecto a la pared, el valor mayor fue el

del Tratamiento 4 (50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 50°C a 48h) cuyo valor fue de 0,6 mm de grosor; según indica (Hernández & Caldas, 2022) en su tema de estudio “Evaluación del uso del pseudotallo de plátano con almidón de maíz termoplástico para la elaboración de platos biodegradables” el grosor estuvo entre valores de 0,2 y 0,6 mm. Lo que demuestra que el valor obtenido es similar al que presenta el autor, esto debido a que los moldes que fueron utilizados presentaban características similares a un plato hondo; por ende, se encuentran dentro de los parámetros mencionados. Además, según indica la normativa NTE INEN 1815:2013 Envases metálicos de sellado hermético para alimentos y bebidas. Determinación de dimensiones nominales. El envase se encuentra dentro de la categoría de envase ovalado ya que cuenta con una sección transversal ovalada.

En cuanto a la textura el valor mayor que se pudo soportar fue de 10789 g (gramos) correspondiente al tratamiento 6 (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 50°C a 48h) y el menor valor se encuentra en el tratamiento 5 (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 60°C a 24h) con 3439,67 g (gramos) donde se evidencia que el cambio de temperatura y tiempo si es un factor influyente en la textura del envase biodegradable. (Linares-Castañeda et al., 2021) en su estudio “Envase de papel de residuos de maíz y piñón mexicano” se refiere a que la textura del envase presentó pelusas en la superficie; lo cual indica un desgaste y desprendimiento de la fibra, en este caso los tratamientos estudiados en esta investigación no presentaron dichas características, por lo que de forma descriptiva no son similares al estudio realizado, ya que se demuestra una textura y estructura más compacta. Según (Misael Cortés et al., 2011) la textura está relacionada directamente con la dureza del envase, por eso en su estudio “Influencia del empaque y envasado sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*” dicha textura del envase en una atmósfera controlada disminuyó a un rango de valores entre 1900 y 1300 g (gramos), lo que indica que la misma presentó una disminución de resistencia mecánica, a diferencia de los valores de los tratamientos estudiados en esta investigación que se mantienen en un rango de 6000 a 10000 g (gramos) donde se demostró resistencia elevada.

Con respecto a los datos obtenidos en el espectro de color L* (Luminosidad) referido a la posición de color blanco y negro se observó que el mayor valor se encuentra en el tratamiento

3 (50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz + 60°C a 24h) siendo el valor de 36,77 nm; seguido del tratamiento 1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h), cuyo valor fue de 36,47 nm. Según (Talens, 2017) en su informe de “Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB” dice que el eje de Luminosidad L* varía desde 0 para negro y 100 para blanco; por lo tanto los valores obtenidos indican que el color es relativamente oscuro o con un brillo muy bajo. El espectro a* correspondiente a las coordenadas rojo/verde, dentro de los tratamientos el valor mayor se encontró en el tratamiento 1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h), cuyo valor fue de 34,75 nm. El autor (Talens, 2017) especifica que si el eje a* es > 0 la tonalidad se mostrará hacia el color rojo, pero al obtener un valor relativamente bajo no se indica que sea rojo. El espectro b* corresponde a las coordenadas del eje horizontal que indica los colores amarillo/azul, donde (Talens, 2017) indica que b > 0 se acerca al amarillo y b < 0 toma las tonalidades del color azul. El tratamiento de mayor valor fue el tratamiento 1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h) cuyo valor fue de 41,80 nm; acercándose a la tonalidad amarilla.

4.2.1.2. Respecto a la interacción AXB (Formulación y Temperatura y tiempo de secado) de los parámetros mecánicos.

Cuadro 13.

Interacción AXB parámetros mecánicos

AXB (FORMULACIÓN + TEMPERATURA Y TIEMPO DE SECADO)						
Parámetros	M1 + T1	M1 + T2	M2 + T1	M2 + T2	M3 + T1	M3 + T2
Resistencia	696,667	1129,67	280,00	905,00	1129,67	280,00
Dureza	42,95	56,15	57,5833	50,95	53,1333	60,1

ELABORADO: AUTORA (2023)

Cuadro 14.

Detalle de interacción de parámetros

M1	30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz
M2	50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz
M3	70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz
T1	60°C a 24h
T2	50°C a 48h

ELABORADO: AUTORA (2023)

De acuerdo con el cuadro N° 13 con respecto al parámetro de resistencia se observó que los tratamientos que soportaron mayor carga fueron el tratamiento 2 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 50°C a 48h) y el tratamiento 5 (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 60°C a 24h) con valor de 1129,67 g. Según indica (Huataoca, 2020) en su investigación “Elaboración de papel artesanal a base de los residuos vegetales de los tallos de maíz (*Zea mays l*) y cáscara de plátano (*Musa paradisiaca l*) utilizando los métodos químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner” obtuvo valores que oscilan entre 1260 g. En este caso los valores de resistencia obtenidos son inferiores a los que establece el autor, donde se constata que un papel artesanal muestra mayor resistencia que un envase biodegradable obtenido a partir de corteza de cacao y cascarilla de arroz.

En cuanto al parámetro de dureza el valor mayor fue el tratamiento 6 (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 50°C a 48h) con 60,1 N y el tratamiento de menor valor fue el tratamiento 1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h) con 42,95 N. Sin embargo, (Cardenas, 2017) en su tema investigativo “Caracterización y optimización de una bandeja biodegradable a partir maíz, papa, soya y glicerol por el método de termoprensado” indica que el valor de mayor dureza es de $48,43 \pm 1.10$ N. Según el parámetro los valores no se encuentran dentro de los rangos del autor, pero si muy cercanos a los valores de menor cantidad como el tratamiento 1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h); lo que

indica que el envase biodegradable a partir de corteza de cacao y cascarilla de arroz muestra mayor dureza que el elaborado por el autor a base de maíz y papa.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- La combinación de residuos de corteza de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) en el proceso de elaboración de envases biodegradables ha demostrado ser una alternativa viable en cuanto a biodegradabilidad, debido a que a través de los análisis realizados se observó la capacidad de ofrecer resistencia mecánica adecuada y una estructura morfológica favorable lo que indica resultados positivos al utilizar residuos agroindustriales como alternativa a los materiales convencionales en cuanto a producción de envases, contribuyendo a la reducción de desechos plásticos e incrementando la sostenibilidad ambiental.
- Al analizar las formulaciones para la elaboración del envase biodegradable a partir de corteza de cacao (*Theobroma cacao*) y cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) con respecto a los resultados obtenidos en base a análisis morfológicos el mejor tratamiento es el T1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h) cuya formulación contiene mayor cantidad de cascarilla de arroz. Y con respecto a las propiedades mecánicas la formulación más idónea en cuanto a resistencia es el T2 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 50°C a 48h) y el T5 (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 60°C a 24h), con respecto al parámetro de dureza el tratamiento de mayor valor es el T6 (70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz + 50°C a 48h), pero hay que tener en cuenta que según lo especificado en la literatura el tratamiento más cercano es el T1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h). Se concluye que la formulación que presenta mejores características en cuánto a los parámetros mecánicos y morfológicos es aquella donde el porcentaje predominante es la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*).
- El tiempo y temperatura óptimo para el secado del envase biodegradable elaborado a partir de corteza de cacao y cascarilla de arroz se encuentra en el mejor tratamiento que es el T1 (30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz + 60°C a 24h) por lo tanto, se concluye que a mayor temperatura y menor tiempo el envase presenta mejores

características en cuanto a sus propiedades mecánicas y físicas necesarias para la resistencia, además de ser duradero y biodegradable. Siendo la determinación del tiempo y temperatura de secado un paso importante para la producción de envases biodegradables a partir de residuos agrícolas.

5.2. Recomendaciones

- El sector Agroindustrial en Ecuador constituye un factor importante en la economía del país, los residuos generados por las distintas industrias pueden ser aprovechados y transformados en material valioso como materia prima en la producción de bioplásticos; por ello se recomienda que futuros investigadores le den más énfasis a este tipo de investigaciones ya que son un aporte productivo para la humanidad, además de que se convierten en estrategias que contribuyen de manera positiva con el medio ambiente.
- Ambos residuos utilizados en esta investigación (corteza de cacao y cascarilla de arroz) resultaron favorables para la elaboración de envases biodegradables, pero debido a los resultados obtenidos es recomendable enfocarse más en la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) ya que se demostró mejores características mecánicas y morfológicas en comparación con la corteza de cacao (*Theobroma cacao*).
- Es importante tener en cuenta la aplicación de tiempo y temperatura de secado en el proceso de elaboración de envases biodegradables ya que son el factor determinante de las propiedades mecánicas y de la vida útil del mismo.
- El campo investigativo de la elaboración de envases biodegradables no ha sido explorado a grandes escalas; por tal razón se recomienda continuar investigando y desarrollando nuevas soluciones que aporten de manera positiva a la comunidad y el medio ambiente.

CAPÍTULO VI
BIBLIOGRAFÍA.

Bibliografía.

- Añanca, P., Córdova, D., Correa, J., Palacios, E., & Pascual, D. (2020). Diseño del proceso productivo de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz y hojilla de algarrobo en la región Piura. *Universidad Nacional de Piura*, 1–128. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4619/PYT_Informe_Final_Proyecto_BioEnvases.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Araoz, M., & Ferreyros, E. (2009). Guía de envases y embalajes. *Ministerio de Comercio Exterior y Turismo*, 4(1), 88–100.
- Arevalo, K. (1996). Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo. *Facultad De Ciencias Biológicas*, 1(1), 75–84. <http://eprints.uanl.mx/4767/1/1080073271.PDF%0Ahttp://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttp://gacetaii.iingen.unam.mx/>
- Balladares, C. (2016). Caracterización físico-química de los desechos agrícolas del cacao y café del litoral ecuatoriano y su potencial empleo como biocombustibles. In *ULPGC: España* (pp. 1–198). https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/22931/4/0736428_00000_0000.pdf
- Barrios Guzmán, A. J., García Enríquez, S., Manríquez González, R., Rivera Prado, J. D. J., & Lomelí Ramírez, M. G. (2015). Compósitos biodegradables elaborados a partir de almidón termoplástico y partículas de madera de fresno. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(28), 26–41. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v6i28.258>
- Cardenas, J. (2017). Caracterización y optimización de una bandeja biodegradable a partir maíz, papa, soya y glicerol por el método de termoprensado. *Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano*, 23–27.
- Carrillo López, M. (2022). *Desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao (Theobroma cacao L.) para el sector productivo artesanal*. [Trabajo Integración Curricular, Universidad Católica de Santiago de Guayaquil].

- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplastics: a Contaminant That Grows in All Environmental Areas, Its Characteristics and Possible Risks To Public Health From Exposure. *Revista Boliviana de Química*, 37(3). <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.3.4>
- Castro, A. (2016). Polímeros biodegradables y química click. *Universidad de Sevilla*, 38. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/65106>
- Colina López, D. I. (2019). *Propuesta de diseño de un proceso de producción de envases desechables biodegradables a base de cascarilla de arroz*. [Trabajo de titulación, Universidad de Guayaquil].
- Costa, J., Rocha, T., Pinto, D., & Duarte, A. (2020). Los impactos ambientales del uso de plásticos y microplásticos, los residuos y la contaminación: medidas nacionales y de la UE. *European Parliament*, 1–3. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2020/658279/IPOL_STU
- Cury R, K., Aguas M, Y., Martinez M, A., Olivero V, R., & Chams Ch, L. (2017). Residuos agroindustriales su impacto, manejo y aprovechamiento. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 9(S1), 122–132. <https://doi.org/10.24188/recia.v9.ns.2017.530>
- Diario Primicias. (2022). Ecuador es el tercer país de la región que más basura plástica importa. *Primicias.Ec*, 1–9. <https://www.primicias.ec/noticias/sociedad/desechos-residuos-plasticos-basura-ecuador/>
- Fernando López-Aguirre, J. I., Carlos Pomaquero-Yuquilema, J. I., & Luis López-Salazar III, J. (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos en la ciudad de Riobamba. *Polo Del Conocimiento*, 5(12), 725–742. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i12.2139>
- Flórez, C., & Rojas, A. (2018). Potential use of waste from caldense agroindustry according to its. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 14(2), 143–151.
- Hernández, K., & Caldas, L. (2022). *Evaluación Del Uso Del Pseudotallo De Plátano Con Almidón De Maíz Termoplástico Para La Elaboración De Platos Biodegradables*. <http://www.fiq.ug.edu.ec/>
- Huatatoca, L. (2020). Elaboración de papel artesanal a base de los residuos vegetales de los

tallos de maíz (*Zea Mays* L) y cáscaras de plátano (*Musa Paradisiaca* L) utilizando los métodos químicos de Jayme-Wise, Kurshner y Hoffner. *Repositorio de La Universidad Nacional de Chimborazo*, 57. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>

INEC. (2019). *Boletín técnico N°-XX-Año-OE*. 13.

Labeaga Viteri, A., & Casquero Ruiz, J. de D. (2018). *TRABAJO DE FIN DE MÁSTER MÓDULO DE QUÍMICA INORGÁNICA E INGENIERÍA QUÍMICA Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones*. 5. http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf

Linares-Castañeda, A., Corzo-Ríos, L. J., Bautista-Ramírez, E., & Gómez y Gómez, Y. D. las M. (2021). Elaboración de un envase primario para alimentos a partir de residuos de maíz y piñón mexicano. *TIP Revista Especializada En Ciencias Químico-Biológicas*, 24, 1–15. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2021.365>

López, A. (2014). *Producción y Comercialización de cacao fino de aroma en Ecuador*. 1–14.

López Bautista, V., Villaseñor Perea, C. A., & Pérez López, A. (2011). Propiedades mecánicas y respuesta fisiológica de frutos de chicozapote bajo compresión axial Mechanical properties and physiological answer of sapodilla. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, Vol. 20, No. 3, 2011, 20(3), 73–80.

López, G. (2012). *Ventajas y desventajas de los plásticos degradables para su aplicación en la agricultura sustentable o ecológica*.

López, O. V. (2011). *Desarrollo, caracterización y aplicación de envases biodegradables a partir de almidón*.

Marin, D., Urioste, S., Celi, R., Castro, M., Perez, P., Aguilar, D., Labarta, R., & Andrade, R. (2019). Caracterización del sector arrocero en Ecuador 2014-2019 : ¿Está cambiando el manejo del cultivo? *Publicacion CIAT*, 1–64. <https://hdl.handle.net/10568/113781>

Mejías Brizuela, N., Orozco Guillen, E., & Galáan Hernández, N. (2016). Aprovechamiento de

- los residuos agroindustriales y su contribución al desarrollo sostenible de México. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(6), 27–41. www.ecorfan.org/spain
- Misael Cortés, R., Marilza Ruiz, R., & Henriquez, L. (2011). Influencia del empaque y envasado sobre las propiedades fisicoquímicas del hongo comestible *Pleurotus ostreatus*. *Revista MVZ Cordoba*, 16(2), 2593–2604. <https://doi.org/10.21897/rmvz.1033>
- Pardo, L., Menéndez, J., & Giraud, M. (2011). Envases biodegradables: una necesidad de compromiso. *La Alimentación Latinoamericana*, 292, 42–44. <http://www.publitech.com.ar/contenido/objetos/Envasesbiodegradables.pdf>
- Prada, A., & Cortés, C. E. (2010). La Descomposición Térmica De La Cascarilla De Arroz: Una Alternativa De Aprovechamiento Integral. *Orinoquia*, 14(2 sup), 155–170. <http://orinoquia.unillanos.edu.co/index.php/orinoquia/article/view/103/539>
- Ramírez Ortega, C. A. (2021). *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)*. 107.
- Riera, M. A., & Palma, R. R. (2018). Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas. Una revisión de las potencialidades en Ecuador. *Avances En Química*, 13(3), 69–78.
- Riera, M., Maldonado, S., & Palma, R. (2019). Residuos Agroindustriales Generados En Ecuador Para La Elaboración De Bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial*, 17(3), 227–246. <https://doi.org/10.22320/s07179103/2018.13>
- Rivera, C., Contreras, F., Ariza, W., Bonilla, S., & Cruz, A. (2019). Respuesta a la consciencia ambiental de los Consumidores. *Realidad Empresarial*, 7, 2–8.
- Rojas, L. M. (2019). Aprovechamiento de la cáscara de cacao para la elaboración de un biocomposito con aplicación en la construcción sostenible. *Universidad El Bosque*, 53(9), 1689–1699. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932004000200009
- Ruiz, M., Pastor, K., & Acevedo, A. (2013a). Biodegradabilidad de artículos desechables en un sistema de composta con lombriz. *Informacion Tecnologica*, 24(2), 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>

- Ruiz, M., Pastor, K., & Acevedo, A. (2013b). Biodegradabilidad de Artículos Desechables en un Sistema de Composta con Lombriz. *Informacion Tecnologica*, 24(2), 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales : Pasado , Presente y Futuro. *BioTecnologia*, 16(2), 14–46.
- Sierra Aguilar, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. 12–42.
- Talens, P. (2017). Evaluación del color y tolerancia de color en alimentos a través del espacio CIELAB. *Tecnología de Alimentos*, 1–7.
- Tapia, C. (2015). Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad arriba y ccn51 para la elaboración de una infusión. *Universidad Técnica de Ambato*, 3–143.
- Tipanluisa, L., Moreno, G., Guasumba, J., Celi, S., & Molina, J. (2015). Estudio experimental de la combustión de la cascarilla de arroz en una cámara de lecho fijo. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 11, 37–43. <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/337>
- Vargas Corredor, Y. A., & Pérez Pérez, L. I. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, V(1), 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3108>
- Velásquez Zapata, F. (2019). *Revisión de propiedades mecánicas y especificaciones de materiales de empaques flexibles en el sector de alimentos*. 1–35. https://bibliotecadigital.udea.edu.co/bitstream/10495/14899/1/VelasquezFelipe_2019_RevisionPropiedadesMecanicas.pdf
- Vivanco Font, E. (2019). Envases plásticos y materiales biodegradables. *BCN, Asesoría Técnica Parlamentaria*, 1–7.
- Yepes, S., Montoya, L., & Orozco, F. (2008). *VALORIZACIÓN DE RESIDUOS AGROINDUSTRIALES – FRUTAS EN MEDELLÍN Y EL SUR DEL VALLE DEL ABURRÁ, COLOMBIA*.

CAPÍTULO VII
ANEXOS

Anexo 1. Datos obtenidos de los análisis realizados

Formulación	Temperatura de secado	Repeticiones	Tamaño Pared	Tamaño Bajo	Dureza	Textura	Resistencia	L	a*	b*
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	1	0,4	1	43,85	9389	280	25,139	26,806	35,904
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	1	0,4	0,9	52,70	7818	905	14,291	18,812	14,623
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	1	0,7	1,5	48,00	5915	280	26,627	30,156	37,818
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	1	0,55	1,15	55,85	9699	905	20,539	24,517	26,954
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	1	0,35	1,15	60,60	3215	905	22,275	19,622	32,093
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	1	0,6	0,9	60,95	11451	280	24,958	18,189	7,948
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	2	0,6	1,1	49,10	10351	905	35,779	42,54	33,738
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	2	0,4	1,15	67,75	7945	1242	35,665	29,411	3,092
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	2	0,5	0,7	69,20	6145	280	45,313	36,925	12,599
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	2	0,55	1,1	56,05	9715	905	31,590	40,694	23,407
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	2	0,55	0,9	45,95	3451	1242	39,448	38,396	8,991
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	2	0,6	1,3	55,70	10345	280	46,374	39,167	19,088
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	3	0,3	1,45	35,90	9537	905	48,495	34,933	55,759
30% corteza de cacao + 70% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	3	0,5	1,35	48,00	9315	1242	40,127	30,124	47,689
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	3	0,45	0,75	55,55	6204	280	38,392	16,816	6,841
50% corteza de cacao + 50% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	3	0,7	0,95	40,95	9423	905	41,892	25,743	48,931
70% corteza de cacao + 30% cascarilla de arroz	24 horas x 60°C	3	0,45	1,25	52,85	3653	1242	39,845	37,502	48,124
70% de cacao + 30% cascarilla de arroz	48 horas x 50°C	3	0,4	1,18	63,65	10571	280	75,888	2,622	23,49

Anexo 2. Tratamientos realizados

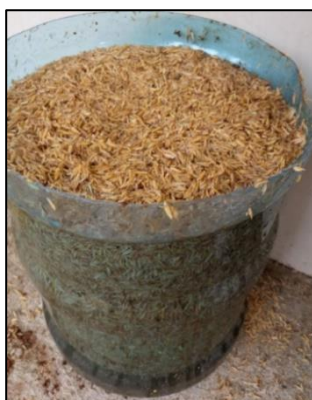


Anexo 3. Proceso obtención de partículas



Recepción de materia prima: corteza de cacao y cascarilla de arroz

Troceado



Lavado (inmersión en disolución de cloro al 1% por 2 horas)



Secado: corteza de cacao (60°C x 48h)
Cascarilla de arroz (60°C x 24h)



Molienda (Molino industrial)



Almacenado (Temperatura

Anexo 4. Proceso de elaboración de envases biodegradables



Recepción de materia prima e insumos



Pesado



Preparación de Aglutinantes



Mezclado



Moldeado



Prensado



Secado



Obtención de envases

Anexo 5. Análisis realizados



Muestras



Dureza



Resistencia



Color



Tamaño