

**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TEMA

**Desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de
cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el sector
productivo artesanal**

AUTORA

Carrillo López , Michelle Paola

**Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniera Agroindustrial**

TUTOR

Ing. Meléndez Rangel, Jesús Ramón PhD.

**Guayaquil, Ecuador
24 de Febrero del 2022**



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente **Trabajo de Integración Curricular**, fue realizado en su totalidad por **Carrillo López, Michelle Paola**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**.

TUTOR

f. _____
Ing. Meléndez Rangel, Jesús Ramón PhD.

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____
Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.

Guayaquil, a los 24 días del mes de Febrero del año 2022



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Carrillo López, Michelle Paola**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Integración Curricular, **Desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el sector productivo artesanal**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 24 días del mes de Febrero del año 2022

LA AUTORA

f. _____
Carrillo López, Michelle Paola



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Carrillo López, Michelle Paola**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución el **Trabajo de Integración Curricular Desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el sector productivo artesanal**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 24 días del mes de Febrero del año 2022

LA AUTORA

f. _____
Carrillo López, Michelle Paola



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

CERTIFICADO URKUND

La Dirección de las Carreras Agropecuarias revisó el Trabajo de Integración Curricular, **Desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) para el sector productivo artesanal** presentado por el estudiante **Carrillo López, Michelle Paola**, de la carrera de **Agroindustria**, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Original

Document Information

Analyzed document	CARRILLO LOPEZ MICHELLE PAOLA, TIC B21.docx (D128031997)
Submitted	2022-02-16T15:30:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	michelle.carrillo@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	noelia.caicedo.ucsg@analysis.urkund.com

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2022

Certifican,

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

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

AGRADECIMIENTO

A Dios, por la gratitud de culminar esta etapa con el mayor de los éxitos para enfrentar cada día con optimismo y fe.

A mi mamá, Mireya, darle las gracias por darme un hogar donde puedo crecer, equivocarme y superarme, donde aprendí los valores que hoy definen mi vida, este logro también es suyo, sin ti no hubiera sido posible.

A mis Tíos, Isabel y Rubén, agradecer el amor, impulso, sacrificio y la motivación que han tenido para mí, las palabras no son suficiente para manifestar la gran emoción y el profundo agradecimiento de tenerlos y poder llamarlos como mis segundos padres.

A mis primas, Tatiana y Andrea, no solo por estar presentes aportando buenas cosas a mi vida, sino a los grandes lotes de felicidad y diversas emociones que siempre causan en cada momento de esta etapa.

A mis amigos, Mauricio, Juan, Humberto, Jeremy y Cristina, por haber hecho la universidad más fácil en cada una de las etapas que nos toco experimentar.

A los docentes de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil, me enseñaron a reconocer y poner en práctica todas mis habilidades para poder ejercer de la mejor manera.

Finalmente quiero agradecer a mi Tutor, el Dr. Jesús Ramón Meléndez, quien me guío durante todo el semestre con paciencia y dedicación.

Michelle Paola Carrillo López

DEDICATORIA

A mis abuelos, sus enseñanzas me ayudan a enfrentar la vida y su ejemplo me estimula a ser mejor cada día. Un abrazo allá en el cielo.

Michelle Paola Carrillo López



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

**Ing. Meléndez Rangel, Jesús Ramón PhD.
TUTOR**

**Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.
DIRECTOR DE LA CARRERA**

**Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.
COORDINADOR DE UTE**



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

CALIFICACIÓN

Ing. Meléndez Rangel, Jesús Ramón PhD.
TUTOR

ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN	2
1.1	Objetivos.....	3
1.1.1	Objetivo general.	3
1.1.2	Objetivos específicos.	3
1.1.3	Hipótesis.	4
2	MARCO TEÓRICO	5
2.1	Generalidades del cacao (Theobroma cacao L)	5
2.1.1	Origen.	5
2.1.2	Taxonomía.	5
2.1.3	Producción de cacao en el Ecuador.	6
2.1.4	Producción de cacao a nivel mundial.	7
2.1.5	Costo de cacao.	7
2.2	Principales variedades de cacao en Ecuador	8
2.2.1	Cacao fino de aroma.	8
2.2.2	Cacao CCN-51.....	8
2.2.3	Composición nutricional.	9
2.2.4	Extracción de la cascarilla para ser estudiada.....	10
2.2.5	Costo de la cascarilla de cacao.	11
2.2.6	Cosecha y maduración de cacao.	11
2.3	Proceso de producción del cacao	12
2.3.1	Índice de madurez.....	12
2.3.2	Cosecha.....	13
2.3.3	Desgrane.	14
2.3.4	Fermentación.	14
2.3.5	Secado.....	14
2.3.6	Empaque.....	15

2.4	Plásticos	15
2.4.1	Historia.....	15
2.4.2	Características Generales del plástico.	16
2.5	Clasificación de plásticos.....	16
2.5.1	Termoplásticos.....	16
2.5.2	Plásticos de altas prestaciones.	17
2.5.3	Termoestables.	17
2.5.4	Elastómeros.	17
2.6	Clasificación de plásticos biodegradables.....	18
2.6.1	Envases biodegradables.....	18
2.6.2	Envases compostables.	18
2.6.3	Envases biodegradables a partir de cascarilla de cacao.	18
2.6.4	Tendencia de envases biodegradables	18
2.7	Características de envases biodegradables.....	19
2.8	Ventajas y desventajas de plásticos biodegradables	20
2.9	Marco de referencia normativo	20
3	MARCO METODOLÓGICO.....	22
3.1	Ubicación.....	22
3.2	Insumos, materiales, reactivos y equipos.....	22
3.2.1	Insumos.	22
3.2.2	Reactivos.	22
3.2.3	Equipos.	23
3.2.4	Materiales.....	23
3.3	Diseño Metodológico	23
3.3.1	Tipo de investigación.....	23
3.3.2	Diseño de investigación.....	24
3.3.3	Método de investigación.....	25

3.3.4	Fuentes de investigación.....	26
3.4	Diseño del experimento	26
3.4.1	Factores de estudio.....	26
3.4.2	Diseño del proceso.....	28
3.4.3	Combinaciones y tratamientos.	32
3.5	Evaluaciones: Análisis de los componentes.....	32
3.5.1	Color.	32
3.5.2	Textura.....	33
3.5.3	Olor.	34
3.5.4	Biodegradabilidad.....	34
3.5.5	Dureza.	34
3.5.6	Resultados de evaluación del test para el empaque.....	35
	Elaborado por: La Autora	35
3.5.7	Biodegradabilidad.....	35
3.5.8	Determinación de dureza.	36
3.5.9	Determinación de resistencia a la tracción.	37
3.6	Criterio de aceptación	37
3.7	Tiempo de degradación del empaque.....	38
3.8	Dimensiones de empaque a base de cascarilla de cacao.....	38
3.9	Tipo de alimento para el uso del empaque	39
4	RESULTADOS	41
4.1	Tratamiento	41
4.2	Asignación de valores.....	42
4.3	Análisis de la varianza en parámetros sensoriales.....	43
4.3.1	Color.	44
4.3.2	Olor.	46
4.3.3	Textura.....	48

4.3.4	Biodegradabilidad.....	50
4.3.5	Dureza	52
4.4	Soluciones	55
4.4.1	Análisis de dureza.....	55
	Elaborado por: La Autora	56
4.4.2	Análisis de resistencia a la tracción	56
4.5	Análisis Costo/Beneficio	59
4.5.1	Propuesta de rentabilidad de la investigación.....	59
4.5.2	Análisis financiero.	60
4.5.3	Costo de empaque biodegradable.....	60
5	DISCUSIÓN.....	63
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	65
6.1	Conclusiones	65
6.2	Recomendaciones	65
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1.-Etapas de maduración de cacao	9
Gráfico 2.-Mazorca infestada por insectos plagas	12
Gráfico 3.-Mazorcas sobre maduras, con semillas germinadas	13
Gráfico 4.-Mazorca con sobre maduración	13
Gráfico 5.-Ubicación del proyecto	22
Gráfico 6.-Diagrama de flujo para la cascarilla de cacao	29
Gráfico 7.- Diagrama de flujo para el empaque biodegradable	30
Gráfico 9.-Test de color	32
Gráfico 10.-Test de textura	33
Gráfico 8.-Escala de dureza shore.....	36
Gráfico 11.-Color	45
Gráfico 12.-Olor	48
Gráfico 13.-Textura.....	50
Gráfico 14.-Biodegradabilidad.....	52
Gráfico 15.-Dureza	54
Gráfico 16.- Tratamiento solución (Resistencia a la tracción)	57
Gráfico 17.-Resistencia a la tracción (deformación y máximo esfuerzo)	58
Gráfico 18.-Tratamiento de solución	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.- Taxonomía de cacao	6
Tabla 2.- Requerimientos climáticos y edáficos	6
Tabla 3.- Evolución del rendimiento nacional (t/ha)	8
Tabla 4.- Composición físicas y química del cacao	9
Tabla 5.- Características físicas y químicas de la cascarilla de cacao	10
Tabla 6.- Propiedades generales del plástico	16
Tabla 7.- Envases biodegradables, características físicas y químicas	19
Tabla 8.- Pro y Contra de plásticos biodegradables	20
Tabla 9.- Normativa para empaque biodegradable	21
Tabla 10.- Tratamiento de referencia para el empaque biodegradables	27
Tabla 11.- Restricciones deL empaque biodegradable	28
Tabla 12.- Test de Olor	34
Tabla 13.- Test de biodegradabilidad	34
Tabla 14.- Test de dureza para cada tratamiento.	35
Tabla 15.- Evaluación del test para empaque.....	35
Tabla 16.- Dimensiones de empaque biodegradable, prototipo elaborado. .	39
Tabla 17.- Requisitos para el producto dentro del empaque.....	40
Tabla 19.- Tratamientos de empaque.....	41
Tabla 20.- Resultados de análisis.....	43
Tabla 21.- Anova para el parámetro Color.....	44
Tabla 22.- Estadísticas de ajuste.....	45
Tabla 23.- Anova para el parámetro olor	46
Tabla 24.- Estadística de ajuste	47
Tabla 25.- Anova para el parámetro textura	49
Tabla 26.- Estadística de ajuste	49
Tabla 27.- Anova para el parámetro biodegradabilidad	51
Tabla 28.- Estadística de ajuste	51
Tabla 29.- Anova para el parámetro Dureza.....	53
Tabla 30.- Estadística de ajuste	54
Tabla 31.- Solución más óptima	55
Tabla 32.- Dureza, Tratamiento solución	56
Tabla 33.- Análisis de resistencia a la tracción	56
Tabla 34.- Tratamiento solución	58

Tabla 35.- Costo de materia prima	60
Tabla 36.- Costos de materiales directos e indirectos	61
Tabla 37.- Costos de materia prima directa	61
Tabla 38.- Análisis C/B.....	62

RESUMEN

La palabra plástico es un material indispensable para el ser humano, sin embargo el exceso de su uso genera condiciones no aptas para la sostenibilidad del planeta. Con estos antecedentes se plantea el diseño del proyecto, de un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao dirigido al sector productivo artesanal, que garantice las condiciones apropiadas de inocuidad y seguridad al público que lo utilice. Por estas razones se diseñó un empaque que cumpla con los procesos de biodegradabilidad con el ambiente y sustentable. El diseño experimental permitió desarrollar en su fase inicial 16 tratamientos, brindados por el programa Design Expert ®, versión 11, considerando las restricciones definidas para la preparación del empaque, en la fase dos, la selección de la mejor formulación, consideró un análisis de varianza (ANOVA) para cada una de las variables definidas, y junto a los criterios de aceptación para las variables de olor, color, textura, biodegradabilidad, resistencia y dureza, se proceso el mejor modelo matemático para obtener los tratamientos optimos finales. Así mismo, se efectuó un análisis beneficio/costo el cual permitió conocer la evaluación y factibilidad de un proyecto recién elaborado.

Palabras clave: empaque biodegradable, cacao, ambiente, sustentabilidad.

ABSTRACT

The word plastic is an essential material for human beings. However, its excess use generates conditions that are not suitable for the planet's sustainability. With this background, the project's design is proposed of a biodegradable packaging from cocoa husk flour aimed at the productive artisanal sector, which guarantees the appropriate conditions of safety and security to the public that uses it. For these reasons, a package was designed that complies with the processes of biodegradability with the environment and sustainability. The experimental design allowed the development of 16 treatments in its initial phase, provided by the Design Expert ® program, version 11, considering the restrictions defined for the preparation of the packaging. In phase two, the selection of the best formulation considered analysis of variance (ANOVA) for each of the defined variables, and together with the acceptance criteria for the odour, colour, texture, biodegradability, resistance and hardness variables, the best mathematical model was processed to obtain the optimal final treatments. Likewise, a benefit/cost analysis was carried out, allowing the evaluation and feasibility of a recently elaborated project.

Keywords: biodegradable packaging, cocoa, environment, sustainability.

1 INTRODUCCIÓN

Al pasar los años, la palabra plástico se ha convertido en un material indispensable para el ser humano, ideal para obtener una amplia gama de aplicaciones industriales y de consumo inmediato.

Se considera, que el exceso de plásticos se da debido a que las estructuras son resistentes a la degradación, generando condiciones inapropiados por el uso que se le da. El reciclaje se concibe como un proceso de fuente renovable, sin embargo, no garantiza las condiciones apropiadas de higiene o seguridad para los seres vivos (Sanmartín et al., 2017).

Los polímeros sintéticos provenientes de fuentes fósiles como petróleo y carbón son utilizados a diario en empaques. Así, se estableció que cerca de 4 millones de toneladas de plásticos son generadas y desechadas en 2019, y solamente un 25 % fue reutilizado.

En otras palabras, se diseñó el plástico considerado biodegradable para que con acción de ciertos seres vivos lo utilicen como fuente de carbono. Se procede como materias renovables a ciertos componentes como plátano, yuca, celulosa, legumbres, cacao, entre otras, ya que proporcionan grandes cantidades de ácido láctico brindando ayuda para generar una vida útil menor, por medio de acción de los microorganismos aerobios (Zapata et al., 2007).

Debido a lo mencionado, se genera esta problemática, en el Ecuador, donde los desperdicios de plásticos anuales superan las 531,461 toneladas de dicho material, equivalente a 350,000 automóviles medianos (Morán, 2020).

Se pretende obtener empaques biodegradables a partir de residuos de cacao (*Theobroma cacao L*), para el uso en confitería caso: chocolatería y bombonería fina, de consumo inmediato. Con una cantidad relativa de contaminantes a disminuir, convirtiendo un producto final degradable a mediano plazo convirtiéndose en un material sostenible con el medio ambiente.

Con estos precedentes, la investigación desea cumplir los subsiguientes objetivos.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Diseñar un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L*) para el sector productivo artesanal.

1.1.2 Objetivos específicos.

- Establecer una metodología para el pretratamiento de la harina de cascarilla de cacao para la obtención del material biodegradable.
- Caracterizar física y sensorialmente al empaque biodegradable.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del empaque biodegradable a partir de la evaluación sensorial.
- Diseñar el procedimiento para la producción de empaques biodegradable de la harina de cascarilla de cacao.
- Establecer la factibilidad en la producción de empaques biodegradable a partir de la cascarilla de cacao.

1.1.3 Hipótesis.

H0: ¿No es factible el diseño de un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao para el sector productivo artesanal?

H1: ¿Es factible el diseño de un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao para el sector productivo artesanal?

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del cacao (*Theobroma cacao* L)

2.1.1 Origen.

El cacao es originario en Sur América, conocida en la antigüedad como moneda de intercambio. Debido a, su significado dinero- almendra, donde los religiosos transformaron su contenido para realizar una infusión incrementando diversos ingredientes como azúcar (Álvarez et al., 2007).

Los fabricantes en la molienda de las almendras extrajeron tres subproductos: licor, manteca y polvo de cacao que son ricas polifenoles, ya que confiere un amargor y palatabilidad de los alimentos (Waize et al., 2012).

Sin embargo, hace 100 años, enfermedades que afectaron a la producción causó la introducción de cacao extranjero proveniente de Venezuela, conocidos como híbridos vigorosos cuyos frutos disminuía su calidad aromática en comparación del fino aroma (Vázquez et al., 2016).

En la actualidad, el cacao ecuatoriano es líder como productor en el cacao fino aroma con una representación del 65 % debido al, Cacao Arriba beneficiado por el suelo, clima y ubicación en el cultivo (Sánchez et al., 2019).

2.1.2 Taxonomía.

El cacao (*Theobroma cacao* L.), se caracteriza como árboles o arbustos con tallos glabros, hojas simples de forma alternas, oblongas, enteras y flores bisexuales unidas por una base, su fruto baciforme, es decir, un fruto en baya de forma ovoide, rugoso y tuberculado. Al mismo tiempo, mantiene numerosas semillas con color castaño con germinación epigea desarrollo en el suelo (Hernández, 2013).

La clasificación taxonómica del cacao se presenta en la Tabla 1

Tabla 1.- Taxonomía de cacao

Cacao	
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvaceae
Subfamilia	Sterculioidae
Especie y Género	<i>Theobroma cacao</i> L.

Fuente: INIAP (2016)

Los requerimientos climáticos y edáficos se presentan en la Tabla 2

Tabla 2.- Requerimientos climáticos y edáficos

Cultivo	
Altitud	15 a 800 msnm.
Temperatura	24 a 25°C.
Precipitación	1500 a 3000 mm.
Suelo	Fértiles, profundos y francos.
pH	6.0 a 7.0.

Fuente: INIAP(2016)

2.1.3 Producción de cacao en el Ecuador.

En los últimos años, el cacao ha incrementado su producción en diferentes cantones del Ecuador, la mayoría ubicadas en la provincia de Los Ríos. Es un árbol de descendencia Americana, de clima con temperaturas entre 25 y 28 grados centígrados, su producción se demora entre 2 a 8 años para su explotación máxima, las condiciones de la zona son fundamentales para su crecimiento, que involucra el color, aroma y sabor de la fruta (MAGAP, 2015).

Del mismo modo, la economía del país se beneficia, ya que este sector; incrementa fuentes de trabajos, exportaciones, inversiones y comercialización de sus derivados del cacao. Las contribuciones del cacao en el sector agropecuario ocupan un tercer lugar, a pesar de su institucionalidad y asociatividad, producción y productividad, además de su comercialización (Martínez, 2011).

2.1.4 Producción de cacao a nivel mundial.

El cacao a nivel mundial representa un gran porcentaje en el mercado internacional, se distingue por sus características únicas como son su pureza, aroma, y sabor. Es un árbol de descendencia Americana, de clima con temperaturas entre 25 y 28 grados centígrados, su producción se demora entre 2 a 8 años para su explotación máxima, las condiciones de la zona son fundamentales para su crecimiento, que involucra el color, aroma y sabor de la fruta (Arvelo et al., 2017).

Por otra parte, la economía del país aumenta ya que el cacao de aroma fino representa el 5 % de la producción a nivel mundial en los fabricantes de chocolate, se caracteriza por ser “Cacao arriba fino y de aroma con un porcentaje del 63, donde ha sido reconocido durante siglos en el mercado internacional (ANECACAO, 2015).

2.1.5 Costo de cacao.

Actualmente, el cacao mantiene un precio de \$125 por quintal para los productores regulado por el libre mercado (ANECACAO, 2020).

Los cacaoteros ecuatorianos mantienen cuarenta opciones para vender, entre ellas se encuentra la intermediación una forma más antigua de comercializar, donde se realiza la operación de compra y venta de granos de cacao.

Seguido de, las exportaciones es un medio de crecimiento para los agrícolas, sin embargo, se mantiene por la producción de clima y condiciones. Finalmente, las importaciones una forma de manejar el producto agrícola para generar ingresos entre regiones(Chávez et al., 2018).

Tabla 3.- Evolución del rendimiento nacional (t/ha)

Año	(t/ha)*
2006	0.25
2009	0.30
2012	0.34
2015	0.65

Fuente: MAGAP (2015). t/h=tonelada / hectárea *

2.2 Principales variedades de cacao en Ecuador

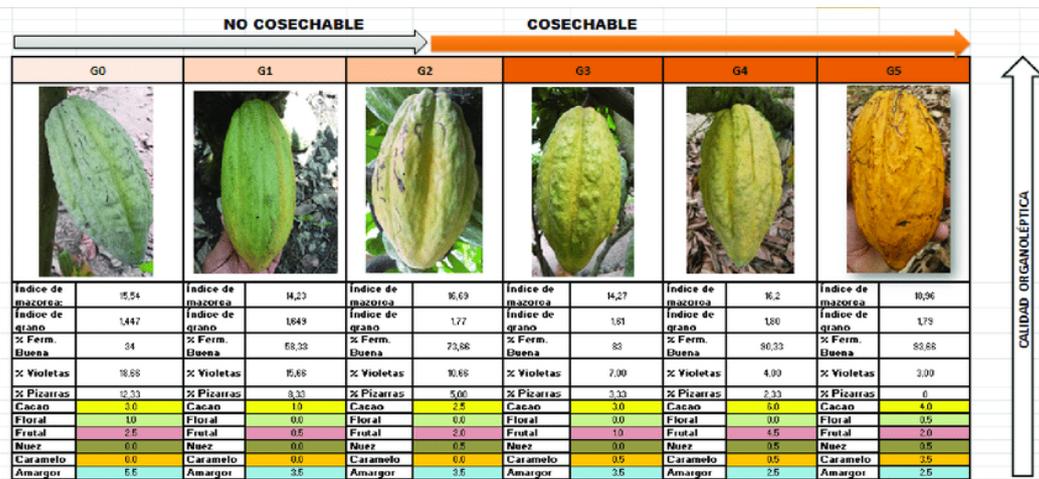
2.2.1 Cacao fino de aroma.

Desde la época colonial es conocido también como “sabor arriba”, distinguido por su pureza, sabor y fragancia que es utilizado en todos los chocolates refinados. Sin embargo, sus características mantienen toques frutales, nueces, almendras, percibiendo los precios más altos en el mercado por su aroma y mazorcas (ANECACAO, 2015).

2.2.2 Cacao CCN-51.

Desde 1995, el clon CCN-51, promueve una alta productividad es de (2-2,5 Toneladas/ Hectáreas), resistente a plagas como escoba de bruja. Sus características, posee semillas grandes de aproximadamente 1.5 gramos, árbol pequeño con facilidad de manejo, su producción inicia a los 2 años. Además, su alto contenido de manteca representa el 54 %, manejando un color rojizo, con disminución de sabor y aroma en comparación del fino de aroma (Cedeño, 2011).

Gráfico 1.-Etapas de maduración de cacao



Fuente: Quevedo (2017)

2.2.3 Composición nutricional.

En la tabla 4 se presenta la composición física y química del cacao.

Tabla 4.- Composición físicas y química del cacao

Componentes	% Máximo de cotiledón (o grano sin cáscara)	% Máximo de cáscara
Agua	3.2	6.6
Grasa	57	5.9
Cenizas	4.2	20.7
Nitrógeno total	2.5	3.2
Teobromina	1.3	0.9
Cafeína	0.7	0.3
Almidón	9	5.2
Fibra cruda	3.2	19.2

Fuente: Álvarez et al., (2007)

En la tabla 5 se presenta las características físicas y químicas de la cascarilla del cacao.

Tabla 5.- Características físicas y químicas de la cascarilla de cacao
Valores expresados en base seca de cascarilla de cacao.

Composición	Valores %
Humedad	5.4-15.3
Proteína cruda	6.3-10.4
Fibra cruda	23.4-36.2
Extracto etéreo	0.5-2.4
Extracto libre de nitrógeno	31.8-61.4
Cenizas	6.0-10.8

Fuente: Alexander et al., (2008)

2.2.4 Extracción de la cascarilla para ser estudiada.

Según Rigel (2005), el proceso de la extracción de cascarilla en el cacao se realiza después de diversas operaciones.

- Secado, es aquella que se realiza luego de la fermentación donde posee una humedad del 55 %, tratando de reducirse a 8 %, en la cual puede ser comercializada, en esta etapa termina de penetrarse el sabor y aroma de la materia prima.
- Tostado, es aquella donde al entrar en calor tiende a tostarse y facilita la eliminación de cascarilla en temperaturas altas en tiempos cortos. El cacao de fino aroma se tosta en una temperatura de hasta 150 grados centígrados en 30 minutos.
- Descascarillado, seguido de la cascara se separe, la operación de descascarado se realiza con la forma de tamices de diferentes calibre para moldear menor peso específico; separando el grano de la cascara.

2.2.5 Costo de la cascarilla de cacao.

En la actualidad, la utilización de cascarilla de cacao, a sido fundamental en el sector agropecuaria, para la elaboración de infusiones, alimentos para ganado, empaques biodegradable, chocolate amargo, entre otros(Teneda y Tapia, 2015).

Así mismo, su evolución en el mercado a incrementado desde el 2019 un 49 %, dando un precio de 0.35 y 0.70 centavos de dólar, el kilogramo de cascarilla de cacao (Teneda et al., 2019).

2.2.6 Cosecha y maduración de cacao.

Las semillas de cacao se caracterizan en cosecha cuando su producto ya no se encuentra adheridas y se torna un color amarillo- rojizo, alrededor de 5 a 6 meses toma la cosecha para la recolección de los frutos (Chávez et al., 2018).

Por consiguiente, el cacao mantiene cosecha principal e intermedia con mayor concentración en las provincias de Guayas, Los Ríos, Manabí y El Oro. Su mazorca se desarrolla en 150 días después de que florece, sin embargo, la etapa de mayor cosecha es desde el mes de octubre hasta diciembre en la época invernal (Waize et al., 2012).

En la época de verano, el cacao se concentra en el mes de marzo y abril, con menor intensidad en su producción (ANACAFE, 2004).

2.3 Proceso de producción del cacao

2.3.1 Índice de madurez.

La madurez de la mazorca de cacao se observa en el cambio de color, generando:

- Verdes- inmaduras
- Amarillas- maduras
- Rojas cambiando a naranja inmaduras

El cambio de pigmentación se genera para liberar la madurez que tiene el fruto, sin embargo, las mazorcas maduras emiten un sonido hueco debido a que los granos y la pulpa se encuentran separados de las paredes.

Los frutos inmaduros originan semillas no fermentadas obteniendo una pulpa suficiente de glucosa, dando origen a granos con características aplastados, arrugados y con color morados. El producto final dará como resultado acidez (E. López y Gil, 2017).

Gráfico 2.-Mazorca infestada por insectos plagas



Fuente: Nogales (2021)

Gráfico 3.-Mazorcas sobre maduras, con semillas germinadas



Fuente: Nogales (2021)

Gráfico 4.-Mazorca con sobre maduración



Fuente: Nogales (2021)

2.3.2 Cosecha.

Es aquel proceso de recolección de las mazorcas que han cumplido su ciclo. Deben cosecharse maduras en tonalidad amarilla dando como resultado un producto de calidad (Gil et al., 2019).

Se realiza de forma manual, teniendo varias formas:

- Ganchos, es aquella técnica que alcanza las mazorcas más alta.
- Tijeras o cuchillos, es aquella técnica que da lugar a cortar los pedúnculos de más abajo.

2.3.3 Desgrane.

Etapa de extracción de los granos que posee en la mazorca, luego de 12 horas del corte.

Desgrane manual una práctica se realiza chocando la mazorca con un palo o una contra otras, dando lugar a la parte inferior del fruto donde los granos se mantienen unidos a la placenta. Seguido de, con la ayuda de los dedos se desprende la placenta (Ortiz et al., 2009).

Desgrane con herramientas una práctica que se realiza con un instrumento afilado es necesario sacudir la mazorca para la extracción de los granos (Torres et al., 2004).

En ambos casos, se separa la placenta de las semillas, para que no se originen granos múltiples que pueden dificultar el secado, además de originar pérdida de calor en la fermentación (Torres et al., 2004).

2.3.4 Fermentación.

Sucesión bioquímica con la ayuda de los microorganismos en ambientes aeróbico y anaeróbicos generando el aroma y sabor característico del cacao. Se realiza en cajones de madera durante 7 días, debido a que ofrecen resistencia, brindando calidad en el grano sin que pueda afectar en olor y sabor (Fernández, 2012).

2.3.5 Secado.

Reducción de la humedad del grano de cacao a 0 %, para inhibir el crecimiento de patógenos.

Existen dos formas:

- Secado a luz solar se debe extender los granos en una superficie con facilidad de mover los granos durante 3 o 4 días expuestas al sol.

- Secado artificial, se debe colocar los granos en el secador semi-industrial para complementar la utilización del secado de granos, se realiza en 1 día con la ayuda de gas.

2.3.6 Empaque.

Proceso de depósito del grano en fibra natural de 50 kilogramos, para que no entre oxígeno por dos días (Fortunati et al., 2019).

Tipos de empaques de cacao:

- Sacos, es aquel empaque tradicional dentro del sector agropecuario para cosechas rápidas o frutos directos a ser comercializados, su función es contener la materia prima para un pesaje general
- Calidad, etapa donde se determina la calidad del grano por medio de porcentajes de humedad, fermentación y clasificación.

2.4 Plásticos

2.4.1 Historia.

En la antigüedad, el nombre plástico se generó debido a los compuestos orgánicos- químicos como resultado de sustancias naturales como gas, carbón, sal, petróleo, además de fósiles. Los plásticos forman parte de la cadena de valor debido a la extracción de hidrocarburos desde el siglo XX, donde se produjo a nivel industria (Pittaluga y Pirrocco, 2020).

El objetivo de la creación del plástico es convertir un material con durabilidad, ligero y con un precio bajo. Se define al plástico para designar más de 30 tipos de diferentes polímeros de plásticos manteniendo diversas propiedades, características, aplicaciones y diferentes potenciales para variedades de procesos como:

- Reciclaje
- Reutilización
- Biodegradable
- Compostabilidad

- Termoplásticos

2.4.2 Características Generales del plástico.

En la tabla 6 se presenta las propiedades generales del plástico.

Tabla 6.- Propiedades generales del plástico

Variables	Rangos y condiciones
Resistencia a la tensión	8750 a 9700 lb/pulg ²
Resistencia a flexión	13350 a 18200 lb/pulg ²
Densidad	970 kg/m ³
Resistencia calórica	50-100 °C
Tiempo de degradación	A partir de 100 años

Fuente:Wiley-VCH (2016)

2.5 Clasificación de plásticos

En la actualidad, los plásticos se agrupan de maneras diferentes según las propiedades del diseño de la pieza.

2.5.1 Termoplásticos.

Son aquellos polímeros de forma lineal, el cual puede estar separado o no. Así mismo, no se encuentran unidos ya que son polímeros solubles con diversos disolventes con propiedades fundición, reciclables (Beltrán y Marcilla, 2011).

Sin embargo, presenta una desventaja frente a las temperaturas altas ya que no mantiene aplicaciones elevadas, y comienza a reblandecer con la parte mecánica.

2.5.2 Plásticos de altas prestaciones.

También conocidos como plásticos ingenieriles, forma parte del grupo de termoplásticos debido a que posee propiedades en parte de mecánica. Se caracteriza por contener materiales como aluminio. Se obtiene por medio de la polimerización con anillos de benceno. Se expone a temperaturas superiores a 200 ° C, y no altera su producto (Beltrán y Marcilla, 2011).

En consecuencia, presenta una desventaja comparado con otros metales, debido a que estos generan una baja densidad, resistencia a muchos líquidos y producción de piezas con diseños.

2.5.3 Termoestables.

Son aquellos materiales que se encuentran entrecruzados, esto los hace insolubles e incapaces de la fundición y reblandecían, mantiene resistencia en las propiedades elevadas de temperatura con oposición en resistencia química, rigidez, dureza, estabilidad y ventajas sobre otros (Beltrán y Marcilla, 2011).

Así mismo, presenta desventajas, debido a que sus resinas termoestables son opacas y presentan una coloración amarilla.

2.5.4 Elastómeros.

También conocidos como cauchos, son aquellos que mantienen doble enlace, brindando una flexibilidad donde son capaces de soportar las deformaciones por el esfuerzo que se realiza (Beltrán y Marcilla, 2011).

Se caracteriza por ser tenaces, resistentes a aceites, grasa y buena flexibilidad en temperaturas bajas.

2.6 Clasificación de plásticos biodegradables

2.6.1 Envases biodegradables.

Se caracterizan por estar conformados por materia prima de origen orgánico, extraído de fuentes renovables como plátano, cascarilla de arroz, cacao o maní, almidón, etc. Debido que al ponerse en contacto con el ecosistema se descompone transformándose en biomasa y variedades de nutrientes, contribuyendo con la acción del hombre y su degradación a mediano plazo (Baque, 2019).

2.6.2 Envases compostables.

Se caracterizan por la descomposición de los microorganismos en un periodo breve de 8 a 12 semanas, transformando en compost, en otras palabras, abono orgánico para el sector agrícola (Baque, 2019).

2.6.3 Envases biodegradables a partir de cascarilla de cacao.

En Perú y Colombia, se ha implementado el uso de platos y empaques biodegradables de los residuos de cascarilla de cacao, para mantener un aprovechamiento de la materia prima, bajo el enfoque de que si la cáscara preserva al fruto también puede servir para preservar un producto terminado (Juárez, 2021).

Así mismo encontrar una factibilidad en comparación de empaques de plásticos como una solución para el bio-reciclaje de materia prima, ya que, por cada tonelada de pasta de cacao, existe alrededor de 10 toneladas de residuos de cascarilla de cacao.

2.6.4 Tendencia de envases biodegradables

En la actualidad, el desarrollo de los plásticos biodegradables a partir de los residuos de los granos del cacao, forman parte de propiedades de barreras con ayuda de glicerina (GLY) y carboximetilcelulosa (CMC) como envoltura (Cuba et al., 2019).

Mostrando una degradación aumentada si contiene mayor % de GLY y CMC.

2.7 Características de envases biodegradables

En la tabla 7 se presenta las características de los envases biodegradables.

Tabla 7.- Envases biodegradables, características físicas y químicas

Características físicas y químicas

Material rígido, es decir que permita su resistencia para la utilización brindada en el sector alimenticio, de acuerdo con el peso.

Resistencia a temperaturas altas y bajas, para que la mayoría de los alimentos puedan a utilizar y conservarlos en el tiempo adecuado guardando sus características organolépticas.

El ácido láctico, debido a que posee propiedades mecánicas similar al Tereftalato de polietileno, por su característica biodegradable.

Ser amigable con el ecosistema, para que contribuya a los materiales de origen biológico o subproductos, que permitan la degradación a mediano plazo.

Fuente: Adaptado de García et al. (2019)

2.8 Ventajas y desventajas de plásticos biodegradables

Tabla 8.- Pro y Contra de plásticos biodegradables

Ventajas	Desventajas
Son consumidos por microorganismos y ayudan al ciclo vital.	No acaban en los sistemas adecuados de compostaje, no existe un desecho adecuado.
No existe producción de residuos, disminuyendo la huella de carbono.	Los consumidores no diferencian entre un plástico normal y uno biodegradable.
Desaparecen rápidamente o son reciclados.	Aumento de fabricación a gran escala podría tener un impacto negativo en la disponibilidad de alimentos

Fuente: Adaptado por G. López (2012)

2.9 Marco de referencia normativo

Se presenta en la tabla 9 la normativa a usar en el empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao.

Tabla 9.- Normativa para empaque biodegradable

Norma o Método	Análisis	Desarrollo
ASTM D-4102 y D4871	Determinación de biodegradabilidad	Consiste en la pérdida de peso que ocurre luego de 14 días, para reflejar las condiciones biodegradables.
NTE-INEN 1061	Resistencia a la tracción	Consiste en someter una probeta a la fuerza de tracción de un dinamómetro para medir la distancia y alcanzar la carga que se produce a la rotura de la probeta.
INEN- ISO 868	Determinación de dureza	Consiste en aplicar una punta cóncava específica al material de prueba en condiciones específicas. Para reconocer las propiedades elásticas del material.

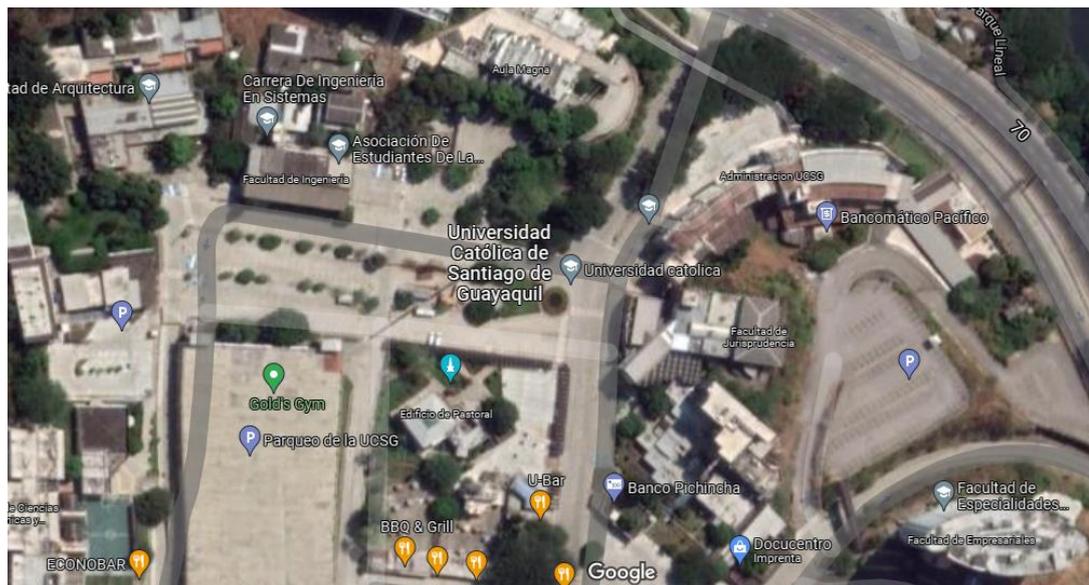
Fuente:NTE-INEN 1061(1983); INEN- ISO 868(2014)(ASTM D-4102, 2007);(ASTM-D4871, 2007)

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación

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

Gráfico 5.-Ubicacion del proyecto



Fuente: Google Earth (2021)

3.2 Insumos, materiales, reactivos y equipos

3.2.1 Insumos.

- Harina de Cascarilla de cacao

3.2.2 Reactivos.

- Glicerina o Glicerol (GLY)
- Agua (H₂O)
- Carboximetilcelulosa
- Vinagre (CH₃COOH)

3.2.3 Equipos.

- Mufia
- Secador
- Molino abierto
- Cronómetro
- Plancha de calentamiento
- Mortero
- Horno

3.2.4 Materiales.

- Malla de granulometría de 0.2 mm
- Bandeja de aluminio
- Matraz
- Pipeta
- Bureta
- Pinzas
- Termómetro
- Moldes

3.3 Diseño Metodológico

3.3.1 Tipo de investigación.

El objetivo principal de este trabajo de titulación es diseñar empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao para el sector alimentario artesanal.

La investigación se categorizará en dos fases:

La primera fase corresponderá a una investigación de nivel exploratorio- descriptivo. Así mismo, la información preliminar será conducida por medio de una revisión sistemática basada en estudios experimentales y ensayos controlados aleatorios (Snyde, 2019).

La segunda fase corresponderá al diseño experimental, donde se describe el método para la obtención de las características físicas y mecánicas del producto final. Igualmente se establece el procedimiento para la fabricación de empaques a base de harina de cascarilla de cacao y la comprobación estadística de la opción adecuada del envase a seleccionar.

3.3.2 Diseño de investigación.

El término diseño en el marco de la investigación se da para identificar las razones de las discrepancias o las contradicciones entre los resultados de las distintas investigaciones, impulsando a rediseñar los estudios con el objeto de mejorar la investigación (Sampieri et al., 2006).

Así mismo, la sistematización de variables en las revisiones de literatura que mantiene al documento con una amplia visión de resumir e integrar las diversas pautas.

Esta investigación considera la harina de subproducto del cacao como una alternativa, sin embargo, para evaluar el bioplástico elaborado, se delinea un tratamiento con Design Expert ®, versión 11.

Se conoce que el software estadístico plantea modelos lineales, ya que muestra posibles tratamientos con unidades experimentales para la obtención del empaque biodegradable por medio del modelo de interacción (Di Rienzo et al., 2017).

Las unidades se separarán bajo el siguiente modelo matemático, en ANOVA multifactorial sin interacción, donde se sitúa una variable numérica continua, para una respuesta variable, es decir, plantear factores que tienen influencia sobre la respuesta variable o equivalentemente, en las cuales se observan diferencias significativas entre los distintos niveles, el modelo propuesto muestra (Alcazar, 2020).

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \delta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

Donde el factor F1 es nivel i y factor F2 en nivel j, y ϵ_{ijk} es el residuo. μ_i es la media de todas las observaciones que tienen F1 en nivel i, y por μ_j a la media de todas las observaciones que tienen F2 en nivel j, por lo tanto, se corrobora si F1 es un factor significativo, realizando un contraste de hipótesis:

$$H_0 : \alpha_i = 0 \text{ para todo } i$$

$$H_1 : \text{algún } \alpha_i \neq 0$$

Si H_0 es rechazada, se dice que F1 es significativo.

Igualmente, para ver si F2 es un factor significativo, se realiza un contraste de hipótesis:

$$H_0 : \beta_j = 0 \text{ para todo } j$$

$$H_1 : \text{algún } \beta_j \neq 0$$

Si H_0 es rechazada, decimos que F2 es significativo, y si se acepta H_1 . Generando el tratamiento más óptimo para el diseño de un empaque biodegradable a partir de residuos de cacao, caso confitería y bombonería fina. En consecuencia, al modelo planteado se dice que los factores para realizar los tratamientos serán:

A: Harina de cascarilla de cacao

B: Carboximetilcelulosa

C: Glicerina

D: Agua

E: Vinagre

3.3.3 Método de investigación.

El diseño experimental es de corte correlacional en el cual se mide dos hipótesis para entender y evaluar la relación estadística entre ellas sin influencia de ninguna variable, siendo positiva (directamente proporcional) o negativa (inversamente proporcional) (Sampieri et al., 2006).

Así mismo, se utilizará ANOVA, para procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas, seguido de delinear y plantear un proceso en la elaboración de empaques biodegradables, de residuos de cacao en confitería de consumo inmediato.

3.3.4 Fuentes de investigación.

En este diseño, se realizó diversas consultas en fuentes de información de orden secundario, es decir bases de datos en líneas como Scielo, Research Gate, Anecacao, MAGAP, entre otras. Aprovechando información de trabajos en la revisión teórico del mismo, además de investigaciones empíricas avaladas por revistas nacionales e internacionales.

3.4 Diseño del experimento

El procedimiento encargado de la realización de empaques de residuos de cacao para el sector alimentario, se realizará mediante el uso de cascarilla de cacao. Además del uso de reactivos como glicerina y carboximetilcelulosa se dispondrá una variable para su identificación y fases de experimentación para llevarse a cabo. A continuación se presenta el esquema de del experimento .

3.4.1 Factores de estudio.

Los factores se consideran a partir del tratamiento referenciado propuesto en la cual se realizará una comparación con el tratamiento seleccionado (Gaitán y Roper, 2021).

Con base en la experiencia se planteó un rango mayor de 16 posibilidades de las cantidades a utilizar en cada uno de los ingredientes para la formulación del empaque biodegradable tomando en cuenta al carboximetilcelulosa como material celuloso, espesante y estabilizante (Carbajal et al., 2019).

Los resultados presentados por Gaitán y Roperó (2021a) establecieron la combinación para la preparación del empaque biodegradable, el cual sirve de referencia para el nuevo diseño, ver tabla 10.

Tabla 10.- Tratamiento de referencia para el empaque biodegradables

Lavado y selección de materias primas	200 litros de agua + 40 mililitros de ácido clorhídrico al 5 %
Cascarilla de cacao (polvo)	13870 gramos
Carboximetilcelulosa	500 gramos
Glicerina	1.26 gramos
Agua	1500 gramos
Vinagre	1.00 gramo

Fuente: Gaitán y Roperó (2021).

Los factores para realizar para los tratamientos serán :

A: Harina cascarilla de cacao

B: Carboximetilcelulosa

C: Agua

Para la realización de la estructura del empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao, se mezclará los siguientes insumos.

$$B_{cc} = CC + H_2O + CM + k_1 + k_2$$

Dónde:

B_{cc}: biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao.

CC: Cascarilla de cacao

H₂O: Agua

CM: Carboximetilcelulosa

k₁: Vinagre

k₂: Glicerina

Se determina que k1 y k2 son constantes con valores de 2 % para cada una de ellas.

Según los aportes de Lema y Manzo (2021), la cantidad de tratamientos en su diseño se estableció en cinco mezclas con 2 repeticiones para cada una, en la fabricación de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao. Las restricciones para el diseño en el software Design Expert ®, versión 11, se presentan en la tabla 11.

Tabla 11.- Restricciones del empaque biodegradable

Insumo	Mínimo (%)	Máximo (%)
Harina de cascarilla de cacao	33	35
Carboximetilcelulosa	17	19
Agua	42	46
Total	96	

Elaborado por: La Autora

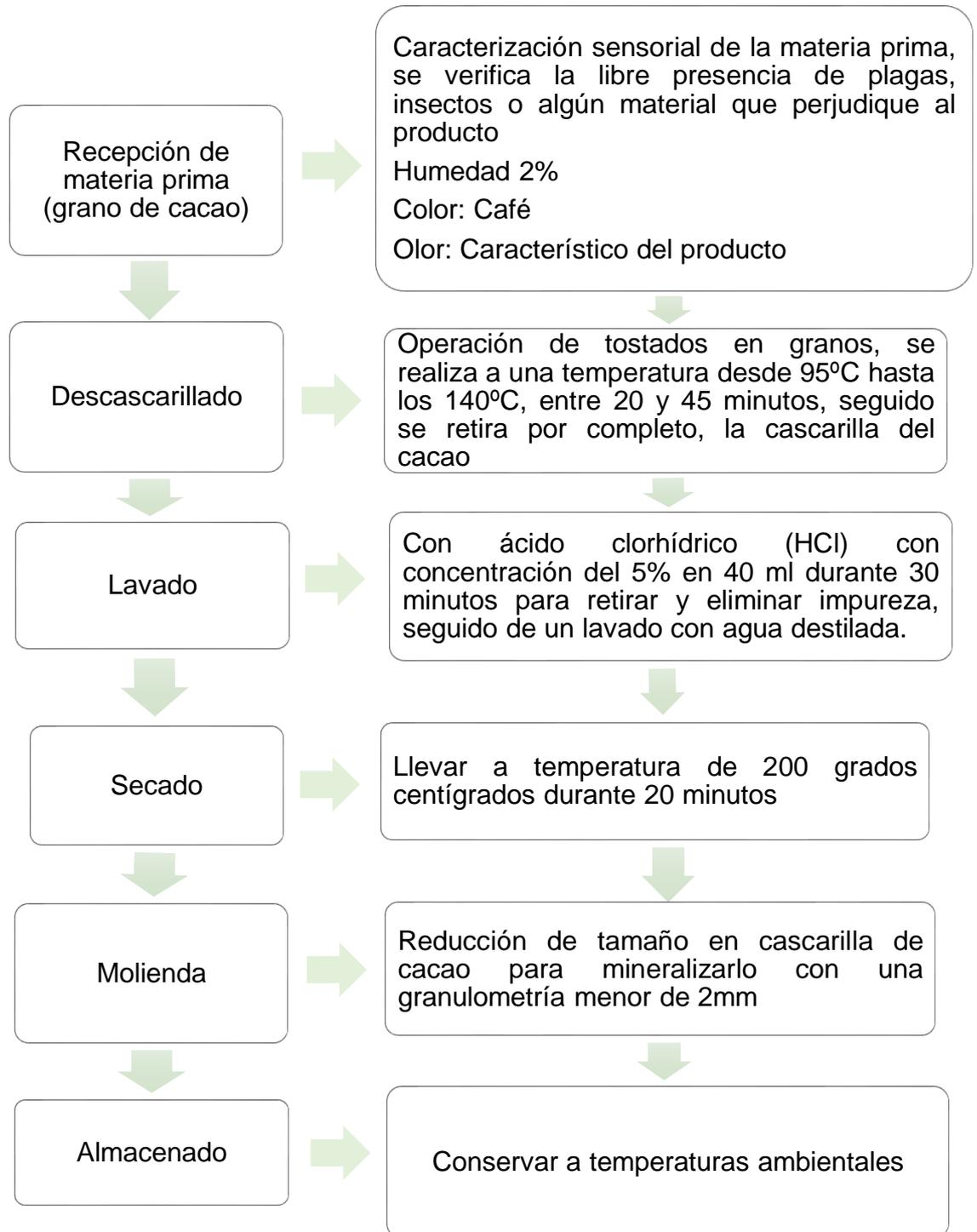
Por lo tanto del 100 % de la formulación realizada, el 96 % es representada por harina de cascarilla de cacao, carboximetilcelulosa (CMC) y agua (H₂O).

El 4 % restante corresponde a glicerina con 2 % y vinagre con 2 %.

3.4.2 Diseño del proceso.

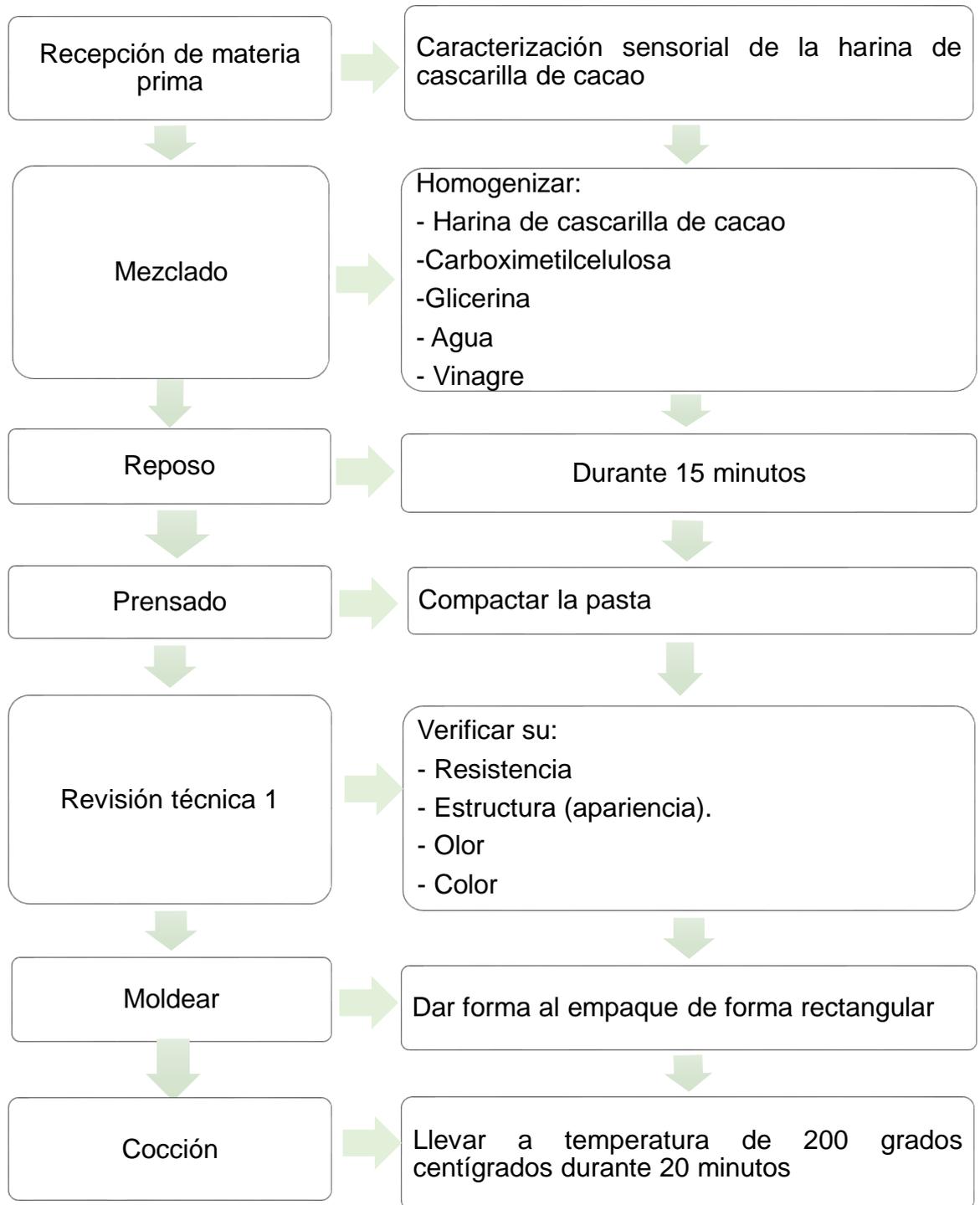
El diseño comprende las distintas etapas para la fabricación de empaques biodegradables, ver (*gráfico 6 y 7*)

Gráfico 6.-Diagrama de flujo para la cascarilla de cacao

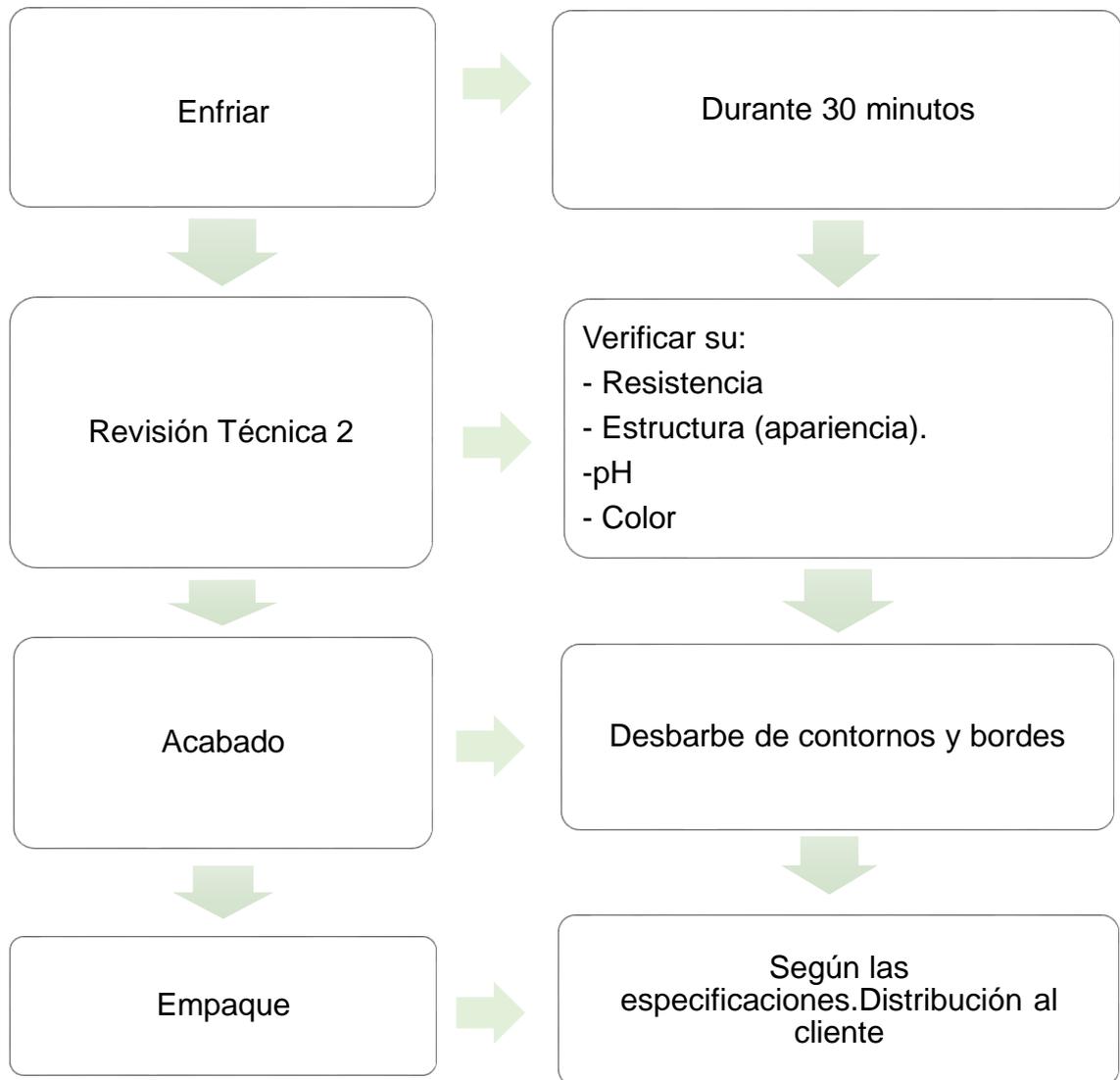


Fuente: Adaptado de Sangronis et al (2014)

Gráfico 7.- Diagrama de flujo para el empaque biodegradable



Viene del gráfico 7



Fuente: Adaptado de Gaitán y Roperó(2021a).

3.4.3 Combinaciones y tratamientos.

Los tratamientos considerados para el empaque biodegradable con los factores encargados, se presentarán en el capítulo de resultados, ver tabla 19.

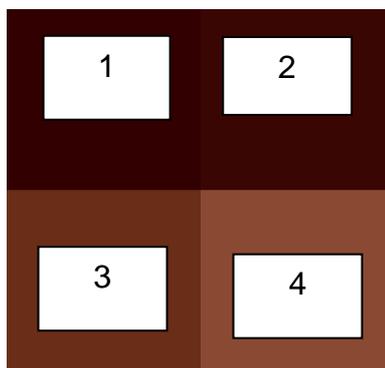
3.5 Evaluaciones: Análisis de los componentes

Una vez obtenido el empaque biodegradable a partir de los tratamientos obtenidos en la fase inicial (primera corrida de resultados), se valorará las siguientes variables en cada una de estas formulas preparadas. Estos análisis se aplican en cada uno de los tratamientos preparados. Los parámetros de evaluación se presentan a continuación, junto a las tablas para registrar los datos de cada análisis.

- Análisis sensoriales (olor, color y textura)
- Biodegradabilidad del empaque y dureza.

3.5.1 Color.

Gráfico 8.-Test de color



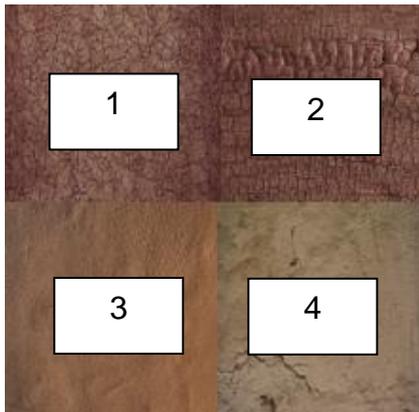
Al obtener el empaque biodegradable el color número 1 se considerará como el óptimo para que sea un producto de calidad.

Mencionando lo siguiente:

1. Excelente
2. Muy bueno
3. Bueno
4. Regular

3.5.2 Textura.

Gráfico 9.-Test de textura



Al obtener el empaque biodegradable deberá mantener la textura con la opción número 1 para ser óptimo y un producto de calidad. Mencionando lo siguiente:

1. Excelente
2. Muy bueno
3. Bueno
4. Regular

3.5.3 Olor.

Tabla 12.- Test de Olor

Numeral	Variables de estudio
1	Característico del cacao
2	Húmedo
3	Dulce
4	Tierra

Elaborado por: La Autora

Al obtener el empaque biodegradable deberá mantener el olor con la opción número 1, para que sea considerado como la opción más optima.

3.5.4 Biodegradabilidad.

Presentación datos y registro de datos, ver tabla #13.

Tabla 13.- Test de biodegradabilidad

Número de tratamiento	Día 1 (g)	Día 14 (g)	Biodegradabilidad (%)
1	g	g	$PP = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$

Elaborado por: La Autora

3.5.5 Dureza.

Presentación datos y registro de datos, ver tabla #14.

Tabla 14.- Test de dureza para cada tratamiento.

Tratamiento obtenido		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.-	6.-	11.-
2.-	7.-	12.-
3.-	8.-	13.-
4.-	9.-	14.-
5.-	10.-	15.-
Promedio=		

Elaborado por: La Autora

3.5.6 Resultados de evaluación del test para el empaque.

Tabla 15.- Evaluación del test para empaque

Tratamiento	Color	Textura	Olor	Biodegradabilidad	Dureza
--------------------	--------------	----------------	-------------	--------------------------	---------------

Elaborado por: La Autora

3.5.7 Biodegradabilidad.

Los plásticos biodegradables, son aquellos que se descomponen por medio de diferentes microorganismo planteado por la normativa d-5488-94d (Charro, 2015).

El porcentaje de pérdida de peso que experimentan las muestras elaboradas con harina de cascarilla de cacao se da posterior a 14 días de su elaboración, para reflejar las condiciones de biodegradabilidad.

Se aplicó la siguiente ecuación:

$$PP = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100 \%$$

PP: pérdida de peso

W₁: peso inicial de la muestra

W₂: peso final de la muestra

3.5.8 Determinación de dureza.

Para la determinación de la dureza que mantiene el empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao, se realiza el ensayo bajo condiciones óptimas, mediante la medición de profundidad y penetración, dando como resultado el módulo de elasticidad y propiedades viscoelásticas del material con la NTE INEN 868 (2014).

En este caso se usara, el durómetro shore D, ver grafico 8, ya que es aquel que mide materiales plásticos, se repetirá el ensayo 15 veces, en distintos puntos para mejor resultado (Cardenas, 2017).

Gráfico 10.-Escala de dureza shore



Fuente: Ambriz (2015)

3.5.9 Determinación de resistencia a la tracción.

Consiste en un método estable para determinar la resistencia a la tracción, la relación de alargamiento bajo una carga determinada y el alargamiento a la rotura de cualquier piel con la NTE INEN 1061 (1983). Este análisis se aplicará a la formulación óptima de la última fase.

3.6 Criterio de aceptación

Para realizar la selección del tratamiento idóneo en la segunda fase, se consideran los resultados obtenidos en las variables sensoriales: Olor, Color y textura, además de los datos de la biodegradabilidad y dureza (Quintero et al., 2017).

El resultado de biodegradabilidad se considera de gran importancia para conocer la capacidad que tiene las sustancias en descomponerse en unas más simples. Con la prueba de dureza se determinará al tratamiento que contenga más cantidad de HD, es decir que cada materia se evaluará por medio de la deformación local, mediante un volumen mejor de su superficie externa. Así mismo se caracteriza la resistencia que sujeta uno de otro, por medio de 15 puntadas en cada lámina se establecerá un valor promedio de dureza para cada tratamiento fabricado.

Con los valores obtenidos de olor, color, textura, biodegradabilidad y dureza, se procedió a cargar el software Design Expert®, versión 11, se procederá a realizar el análisis para cada variable. En este análisis se estableció el modelo más apropiado considerando a la varianza que considera el modelo sugerido. Se refina el modelo matemático con un % de coeficiente de varianza menor o igual a 10 para cada análisis de las variables.

La siguiente fase corresponderá a la Optimización de los modelos matemáticos para cada variable. Se continuará a software Design Expert ®, versión 11, para conseguir la solución final de los nuevos tratamientos óptimos, en una segunda corrida de datos y soluciones.

Finalmente, se obtienen los nuevos tratamientos óptimos, donde se considerará uno de ellos, para someterlo a la prueba de Resistencia a la tracción más una prueba confirmatoria de Dureza y así evaluar el conjunto de los esfuerzos mecánicos máximos del empaque producido con esta fórmula óptima.

3.7 Tiempo de degradación del empaque

Según estudios realizados, la degradación del empaque biodegradable a partir de la cascarilla de cacao dependerá de la cantidad de glicerina (GLY) y carboximetilcelulosa (CMC). Se caracteriza a mayor GLY y CMC, menor tiempo de descomposición (Carbajal et al., 2019).

Sin embargo, si su contenido de GLY y CMC es menor, se caracteriza mayor tiempo de durabilidad. En ambos casos, presentan resistencia a diversos elementos (temperatura, peso, etc).

3.8 Dimensiones de empaque a base de cascarilla de cacao

El empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao, se realizará por medio de láminas con dimensiones de 15 cm x 20 cm con espesor de 2 mm.

Tabla 16.- Dimensiones de empaque biodegradable, prototipo elaborado.



Medidas

Ancho: 15 cm

Ref: 20 x 15 cm

Espesor: 2 mm

Largo: 20 cm

Vida útil: alrededor de 15 días

Elaborado por: La Autora

3.9 Tipo de alimento para el uso del empaque

El uso del empaque biodegradable a partir de cascarilla de cacao será destinado al sector artesanal y alimentaria. Es decir, se define como un proceso hecho a mano, no se almacena por mucho tiempo, esto es para mantener el sabor y la textura de los dulces empacados.

En este caso, el uso de chocalte y bombones finos deben estar previamente ya empacados en su respectiva envoltura cumpliendo los análisis sensoriales, instrumentos de control, y proceso de fermentación. El cual cumpla con la composición presentada en la tabla 17.

Tabla 17.- Requisitos para el producto dentro del empaque

Composición nutricional	Rango máximo
Grasa total	4g
Humedad	5 %
Temperatura para conservar	25°C

Elaborado por: La Autora

4 RESULTADOS

4.1 Tratamiento

Se estableció en la primera corrida dependiente de las restricciones del sistema de ecuaciones, un total de 16 tratamientos brindados por el software Design Expert®, versión 11, donde consta un total de 96 % de los insumos de harina de cascarilla cacao, carboximetilcelulosa y agua. El 4 % restante se determina entre vinagre y glicerina ambos con un porcentaje de 2%.

Tabla 18.-Tratamientos de empaque

Tratamiento	H.cascarilla de cacao (%)	CMC (%)	Agua (%)	Vinagre (%)	Glicerina (%)
1	34.1726	17.8723	43.9551	2	2
2	35	17.7015	43.2985	2	2
3	33.3292	17	45.6708	2	2
4	35	18.72	42.28	2	2
5	33.6604	19	43.3396	2	2
6	33.3292	17	45.6708	2	2
7	33.6604	19	43.3396	2	2
8	35	17	44	2	2
9	34.3101	17	44.6899	2	2
10	34.4078	18.4363	43.156	2	2
11	33	18.199	44.801	2	2
12	34.1726	17.8723	43.9551	2	2
13	34.1726	17.8723	43.9551	2	2
14	35	18.72	42.28	2	2
15	33	18.8826	44.1174	2	2
16	33.6042	17.489	44.9069	2	2

Fuente: Datos aportados por Software Estadístico *Desing Expert*®, versión

4.2 Asignación de valores

Se procedió a cargar las variables sensoriales, dureza y biodegradabilidad de Design Expert ®, versión 11. Para analizar las características de la línea de producción de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao, de esta misma se realiza una selección de tratamientos que cumplan con todos los criterios de aceptabilidad mencionados previamente en las (*Gráficos 9 y 10*) y (*Tablas 12, 13 y 14*).

Así mismo, se procedió a la elaboración de forma física de cada uno de los 16 tratamientos correspondientes. Posteriormente fueron evaluados sensorialmente los 16 tratamientos presentes en la tabla 20, con cada una de las variables. El resultado para el color y olor mantienen su característica en la materia prima. De igual, manera se determinó el grado de textura para cada muestra, la cual presentó un aspecto semi liso. En cuanto al grado de descomposición biodegradable los resultados se situaron en un rango de 11.76 a 29.42 %. Así mismo, en el análisis de dureza mediante el instrumento shore D, cada valor considerado para cada tratamiento preparado se alcanzo mediante un promedio de las 15 punzas realizanda a cada muestra de empaque (tratamiento preparado), en este caso los valores obtenidos variaron entre 3.14 a 10.53 HD.

Cada una de las concentraciones mantienen valores superiores o inferiores que requieren de mayor dureza, menor biodegradabilidad y mejora en sus características sensoriales. La concentración utilizada en la presente investigación es inferior a lo informado por Cuba *et. al* (2021) quien detalla que la concentración de harina de cascarilla de cacao es del 2 %. Los resultados se presentan en la tabla 20.

Tabla 19.- Resultados de análisis

Análisis sensoriales				Biodegradabilidad	Dureza
Run	Color	Textura	Olor	Resultado (%)	Resultado HD
1	2	2	2	23.529	3.14
2	1	2	1	22.058	4.01
3	2	1	1	17.647	7.46
4	1	2	1	29.411	3.6
5	2	1	1	26.470	4.03
6	2	1	1	17.647	7.46
7	2	1	1	26.470	4.03
8	1	2	1	21.47	9.1
9	1	1	1	11.764	10.53
10	2	1	1	25.000	4.43
11	1	1	1	24.941	5.20
12	2	2	2	23.529	3.14
13	2	2	2	23.529	3.14
14	1	2	1	29.411	3.6
15	1	1	1	23.529	5.33
16	1	3	2	14.705	7.70

Elaborado por: La Autora

4.3 Análisis de la varianza en parámetros sensoriales

Para el análisis del ANOVA en los parámetros sensoriales, biodegradabilidad, y dureza, se utilizó el programa estadístico Design Expert[®], versión 11.

4.3.1 Color.

Para este parámetro se utilizó un modelo cúbico, transformado en raíz cuadrada con datos que se ajustan, obteniendo los siguientes valores obtenidos.

En la tabla 21 se presenta, el valor F con 5.78 y valor p-value de 0.02, lo cual representa un modelo significativo, así mismo existe un 2.24 % de posibilidades de que se produzca un error.

Tabla 20.- Anova para el parámetro Color

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0.3077	9	0.0342	5.78	0.0224	significant
Linear	0.0257	2	0.0129	2.17	0.1948	
Mixture						
AB	0.0169	1	0.0169	2.86	0.1415	
AC	0.0001	1	0.0001	0.0147	0.9075	
BC	0.0011	1	0.0011	0.1806	0.6857	
ABC	0.0016	1	0.0016	0.2700	0.6219	
AB(A-B)	0.0009	1	0.0009	0.1562	0.7064	
AC(A-C)	0.0000	1	0.0000	0.0082	0.9307	
BC(B-C)	0.0016	1	0.0016	0.2709	0.6214	
Residual	0.0355	6	0.0059			
Lack of Fit	0.0355	1	0.0355			
Pure Error	0.0000	5	0.0000			
Cor Total	0.3431	15				

Fuente: Design Expert ®, versión 11

Un R^2 previsto negativo implica que la media general puede predecir mejor su respuesta que el modelo actual. En algunos casos, un modelo de orden superior también puede predecir mejor, ver tabla 22.

Adeq Precision mide la relación señal/ruido. Es deseable una relación superior a 4. Su relación de 6954 indica una señal adecuada.

Tabla 21.- Estadísticas de ajuste

Std. Dev.	0.0769	R²	0.8967
Mean	0.8536	Adjusted R²	0.7416
C.V. %	9.01	Predicted R²	-60.6725
		Adeq Precision	6.9540

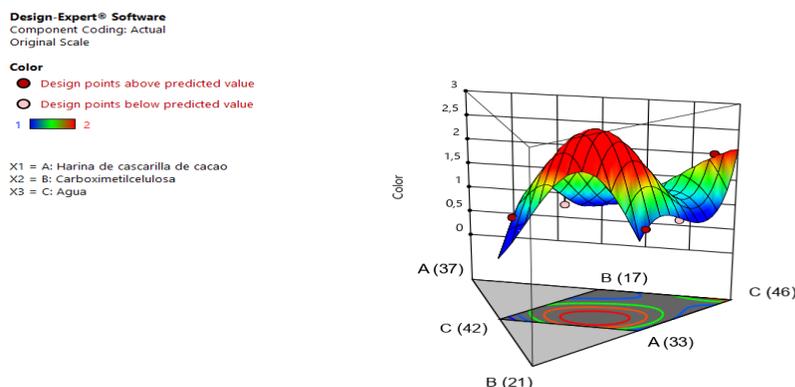
Fuente: Design Expert ®, versión 11

Así mismo, la ecuación real se compone de la siguiente manera:

$$\text{Sqrt}(\text{Color}) = (3,09 \cdot A) + (11,34 \cdot B) + (1,45 \cdot C) + (18,46 \cdot AB) + (,27 \cdot AC) + (23,34 \cdot BC) + (-6,33 \cdot ABC) + (-21,83 \cdot AB(A-B)) + (-3,21 \cdot AC(A-C)) + (17,82 \cdot BC(B-C)).$$

Se determina los componentes A: Harina de cascarilla de cacao, B: Carboximetilcelulosa, C: Agua, los puntos rojos representan el valor con mayor relevancia en la gráfica, su posición es representada por cada uno de los componentes, ver gráfico 11.

Gráfico 11.-Color



Fuente: Design Expert ®, versión 11

4.3.2 Olor.

Para este parámetro se utilizó un modelo cuadrático especial con datos que se ajustan, obteniendo los siguientes valores. En la tabla 23 se presenta, el valor F con 116.81 y valor p de 0.02, lo cual representa un modelo significativo, así mismo existe un 0.01 % de posibilidades de que se produzca un error. En este caso, C, AB, A²BC, AB²C, ABC² son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos.

Tabla 22.- Anova para el parámetro olor

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	2.98	8	0.3722	116.81	< 0.0001	significant
⁽¹⁾ Linear	0.0842	2	0.0421	13.22	0.0042	
Mixture						
AB	0.0612	1	0.0612	19.19	0.0032	
AC	0.0067	1	0.0067	2.11	0.1898	
BC	0.0068	1	0.0068	2.14	0.1866	
A²BC	0.1803	1	0.1803	56.59	0.0001	
AB²C	0.2037	1	0.2037	63.92	< 0.0001	
ABC²	0.6141	1	0.6141	192.71	< 0.0001	
Residual	0.0223	7	0.0032			
Lack of Fit	0.0223	2	0.0112			
Pure Error	0.0000	5	0.0000			
Cor Total	3.00	15				

Fuente: Design Expert ®, versión 11

El R² previsto de 0.7157 no está tan cerca del R² ajustado de 0.9841 como cabría esperar normalmente; es decir, la diferencia es más de 0.2. Esto puede indicar un efecto de bloque grande o un posible problema con su modelo y/o datos. Las cosas a considerar son la reducción del modelo, la transformación de la respuesta, los valores atípicos, etc. Todos los modelos empíricos deben probarse mediante ejecuciones de confirmación, ver tabla 24.

Adeq Precision mide la relación señal/ruido. Es deseable una relación superior a 4. Su relación de 25.924 indica una señal adecuada. Así mismo, la ecuación real se compone de la siguiente manera:

$$\text{Olor} = (-0,0267 \cdot A) + (0,0438 \cdot B) + (0,9095 \cdot C) + (8,05 \cdot AB) + (2,03 \cdot AC) + (1,82 \cdot BC) + (-70,67 \cdot A^2BC) + (-79,32 \cdot AB^2C) + (113,01 \cdot ABC^2)$$

Tabla 23.- Estadística de ajuste

Std. Dev.	0.0564	R²	0.9926
Mean	1.25	Adjusted R²	0.9841
C.V. %	4.52	Predicted R²	0.7157
		Adeq Precision	25.9244

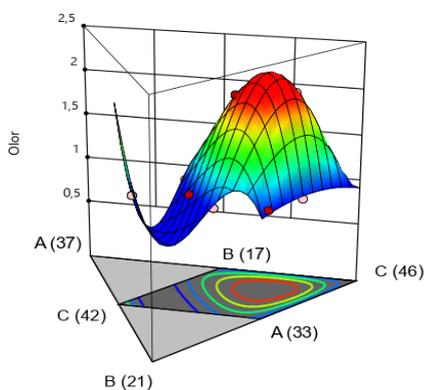
Fuente: Design Expert ®, versión 11

Los componentes A: Harina de cascarilla de cacao, B: Carboximetilcelulosa, C: Agua, los puntos rojos representan el valor con mayor relevancia en la gráfica, su posición es representada por cada uno de los componentes, gráfico 12

Gráfico 12.-Olor

Olor
● Design points above predicted value
○ Design points below predicted value
1 2

X1 = A: Harina de cascarilla de cacao
X2 = B: Carboximetilcelulosa
X3 = C: Agua



Fuente: Design Expert ®, versión 11

4.3.3 Textura.

Para este parámetro se utilizó un modelo cúbico transformado con cuadrado inverso con datos que se ajustan, obteniendo los siguientes valores. En la tabla 25 se presenta, el valor F con 18.43 y valor p de 0.10, lo cual representa un modelo significativo, así mismo existe un 0.10 % de posibilidades de que se produzca un error.

En este caso A, B, C, AB, AC, BC, ABC, AB(A-B), AC(A-C), BC(B-C) son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos.

Tabla 24.- Anova para el parámetro textura

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	0.3831	9	0.0426	18.43	0.0010	significant
⁽¹⁾ Linear	0.1450	2	0.0725	31.38	0.0007	
Mixture						
AB	0.0216	1	0.0216	9.34	0.0223	
AC	0.0483	1	0.0483	20.89	0.0038	
BC	0.0274	1	0.0274	11.87	0.0137	
ABC	0.0649	1	0.0649	28.10	0.0018	
AB(A-B)	0.0342	1	0.0342	14.79	0.0085	
AC(A-C)	0.0488	1	0.0488	21.12	0.0037	
BC(B-C)	0.0232	1	0.0232	10.06	0.0193	
Residual	0.0139	6	0.0023			
Lack of Fit	0.0139	1	0.0139			
Pure Error	0.0000	5	0.0000			
Cor Total	0.3969	15				

Fuente: Design Expert ®, versión 11

Así mismo, la ecuación real se compone de la siguiente manera:

$$1/\text{Sqrt}(\text{Textura}) = (45,35 \cdot A) + (41,68 \cdot B) + (2,89 \cdot C) + (14,73 \cdot AB) + (87,84 \cdot AC) + (83,63 \cdot BC) + (-28,52 \cdot ABC) + (93,87 \cdot AB(A-B)) + (71,94 \cdot AC(A-C)) + (-48,00 \cdot BC(B-C))$$

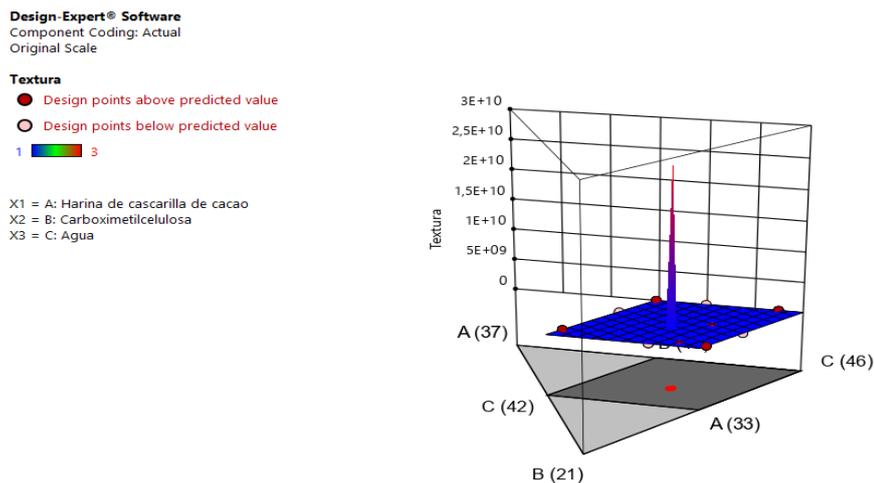
Tabla 25.- Estadística de ajuste

Std. Dev.	0.0481	R ²	0.9651
Mean	0.8454	Adjusted R ²	0.9127
C.V. %	5.68	Predicted R ²	-19.8303
		Adeq Precision	12.8075

Fuente: Design Expert ®, versión 11

Se determina los componentes A: Harina de cascarilla de cacao, B: Carboximetilcelulosa, C: Agua, los puntos rojos representan el valor con mayor relevancia en la gráfica, su posición es representada por cada uno de los componentes, ver gráfico 13.

Gráfico 13.-Textura



Fuente: Design Expert ®, versión 11

4.3.4 Biodegradabilidad.

Para este parámetro se utilizó un modelo lineal, transformado con raíz cuadrada con datos que se ajustan, obteniendo los siguientes valores. En la tabla 27 se presenta, el valor F con 16.35 y valor p de 0.0003, lo cual representa un modelo significativo, así mismo existe un 0.03 % de posibilidades de que se produzca un error.

En este caso, B, C son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos. Si hay muchos términos de modelo insignificantes (sin contar los necesarios para respaldar la jerarquía), la reducción de modelo puede mejorar su modelo.

Tabla 26.- Anova para el parámetro biodegradabilidad

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	3.27	2	1.63	16.35	0.0003	significant
⁽¹⁾ Linear	3.27	2	1.63	16.35	0.0003	
Mixture						
Residual	1.30	13	0.0999			
Lack of Fit	1.30	8	0.1624			
Pure Error	0.0000	5	0.0000			
Cor Total	4.57	15				

Fuente: Design Expert ®, versión 11

El R² Pronosticado de 0.5678 está razonablemente de acuerdo con el R² Ajustado de 0.6718; es decir, la diferencia es inferior a 0.2.

Adeq Precision mide la relación señal/ruido. Es deseable una relación superior a 4. Su relación de 10.042 indica una señal adecuada.

Así mismo, la ecuación real se compone de la siguiente manera:

Así mismo, la ecuación real se compone de la siguiente manera:

$$1/\text{Sqrt}(\text{Biodegradabilidad}) = (4,75 \cdot A) + (6,30 \cdot B) + (3,91 \cdot C)$$

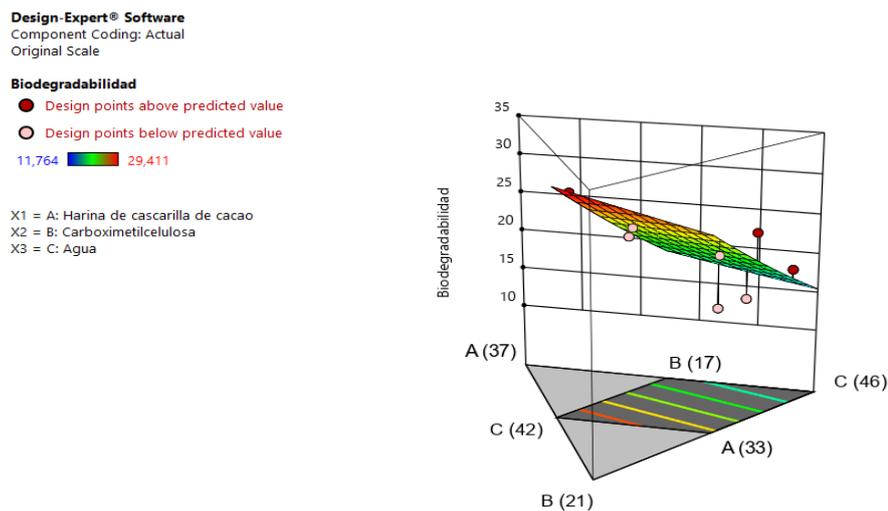
Tabla 27.- Estadística de ajuste

Std. Dev.	0.3161	R ²	0.7155
Mean	4.72	Adjusted R ²	0.6718
C.V. %	6.70	Predicted R ²	0.5678
		Adeq Precision	10.0424

Fuente: Design Expert ®, versión 11

Se determina los componentes A: Harina de cascarilla de cacao, B: Carboximetilcelulosa, C: Agua, los puntos rojos representan el valor con mayor relevancia en la gráfica, su posición es representada por cada uno de los componentes, ver gráfico 14.

Gráfico 14.-Biodegradabilidad



Fuente: Design Expert ®,versión 11

4.3.5 Dureza

Para este parámetro se utilizó un modelo especial cúbico transformado a raíz cuadrada con datos que se ajustan,obteniendo los siguientes valores. En la tabla 29 se presenta, el valor F con 10.06 y valor p de 0.0015, lo cual representa un modelo significativo, así mismo existe un 0.15 % de posibilidades de que se produzca un error.

En este caso, B, C, ABC son términos significativos del modelo. Los valores superiores a 0.1000 indican que los términos del modelo no son significativos.

Tabla 28.- Anova para el parámetro Dureza

Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F-value	p-value	
Model	3.00	6	0.5002	10.06	0.0015	significant
⁽¹⁾ Linear	1.81	2	0.9026	18.15	0.0007	
Mixture						
AB	0.0001	1	0.0001	0.0023	0.9624	
AC	0.0889	1	0.0889	1.79	0.2140	
BC	0.0603	1	0.0603	1.21	0.2992	
ABC	0.2608	1	0.2608	5.25	0.0477	
Residual	0.4474	9	0.0497			
Lack of Fit	0.4474	4	0.1119			
Pure Error	0.0000	5	0.0000			
Cor Total	3.45	15				

Fuente: Design Expert ®, versión 11

El R² Pronosticado de 0.7452 está razonablemente de acuerdo con el R² Ajustado de 0.7838; es decir, la diferencia es inferior a 0.2.

Adeq Precision mide la relación señal/ruido. Es deseable una relación superior a 4. Su relación de 9.799 indica una señal adecuada. Este modelo se puede utilizar para navegar por el espacio de diseño, ver tabla 30.

Así mismo, la ecuación real se compone de la siguiente manera:

$$1/\text{Sqrt}(\text{Dureza}) = (0,8239 \cdot A) + (3,96 \cdot B) + (2,52 \cdot C) + (-0,3029 \cdot AB) + (5,46 \cdot AC) + (-3,36 \cdot BC) + (-24,21 \cdot ABC)$$

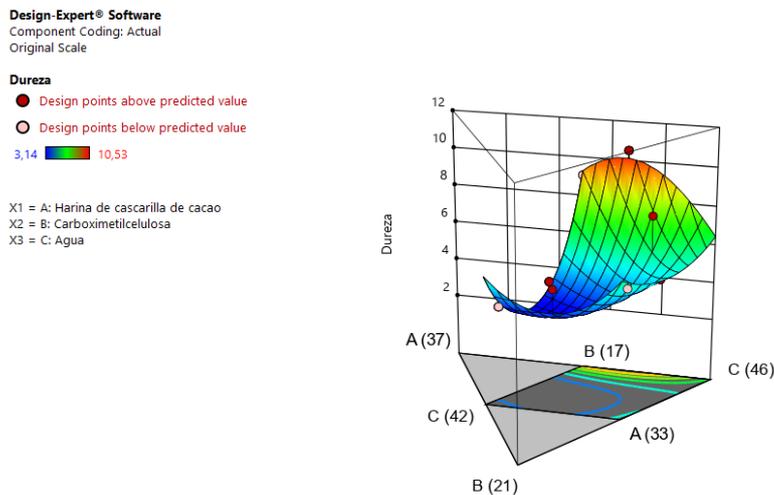
Tabla 29.- Estadística de ajuste

Std. Dev.	0.2230	R ²	0.8703
Mean	2.27	Adjusted R ²	0.7838
C.V. %	9.82	Predicted R ²	0.7452
		Adeq Precision	9.7993

Fuente: Design Expert 11

Se determina los componentes A: Harina de cascarilla de cacao, B: Carboximetilcelulosa, C: Agua, los puntos rojos representan el valor con mayor relevancia en la gráfica, su posición es representada por cada uno de los componentes, ver en gráfico 15.

Gráfico 15.-Dureza



Fuente: Design Expert ®, versión 11

4.4 Soluciones

Los análisis de varianza que se mostraron en las tablas, se ingresaron al programa Design expert®, versión 11, donde generó 40 posibles soluciones de las cuales se optó por la primera, con un valor de deseabilidad de 100 % con porcentajes de Harina de cascarilla de cacao (A): 34.310 %, Carboxilmetilcelulosa (B): 17.000 %, Agua (C): 44.690 %. En la tabla 31 se presenta la solución elaborada por el programa.

Tabla 30.- Solución más óptima

A	B	C	D	E	F	G	H	Desirability
34.31	17.00	44.69	1.10	1.06	1.05	17.53	10.04	1.00

Elaborado por: La Autora. Datos arrojados por Design Expert®, versión 11

Este tratamiento de concentración de insumos fue escogido después de realizar la etapa de optimización en el software Design Expert®, versión 11 debido a que resulta ideal y se encuentra con los mejores análisis sensoriales, mayor dureza, y resistencia lo que mejora la calidad del producto.

4.4.1 Análisis de dureza.

Se determina que el tratamiento de solución es superior a las demás concentraciones presentadas, por lo que su mezcla es la adecuada, mostrando un valor promedio de 11 HD en las 15 punzadas que se realizaron. Los valores se presentan en la tabla 32.

Tabla 31.- Dureza, Tratamiento solución

Tratamiento Solución		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 15.5 HD	6.- 9.5 HD	11.- 13.5 HD
2.- 9.0 HD	7.- 8.5 HD	12.- 8.5 HD
3.- 13.0 HD	8.- 13.5 HD	13.- 9.0 HD
4.- 10.2 HD	9.- 7.0 HD	14.- 7.0 HD
5.- 11.3 HD	10.- 16.0 HD	15.- 8.5 HD
Promedio= 11 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

4.4.2 Análisis de resistencia a la tracción

Se indica en la tabla 33, la prueba de resistencia a la tracción es aquella que se define como una propiedad mecánica y física, donde se puede someter a variedades de cargas, donde el material bodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao empieza a tener su maxima deformación.

La tabla 33, presenta los resultados obtenidos para la muestra (tratamiento final) sometida al análisis.

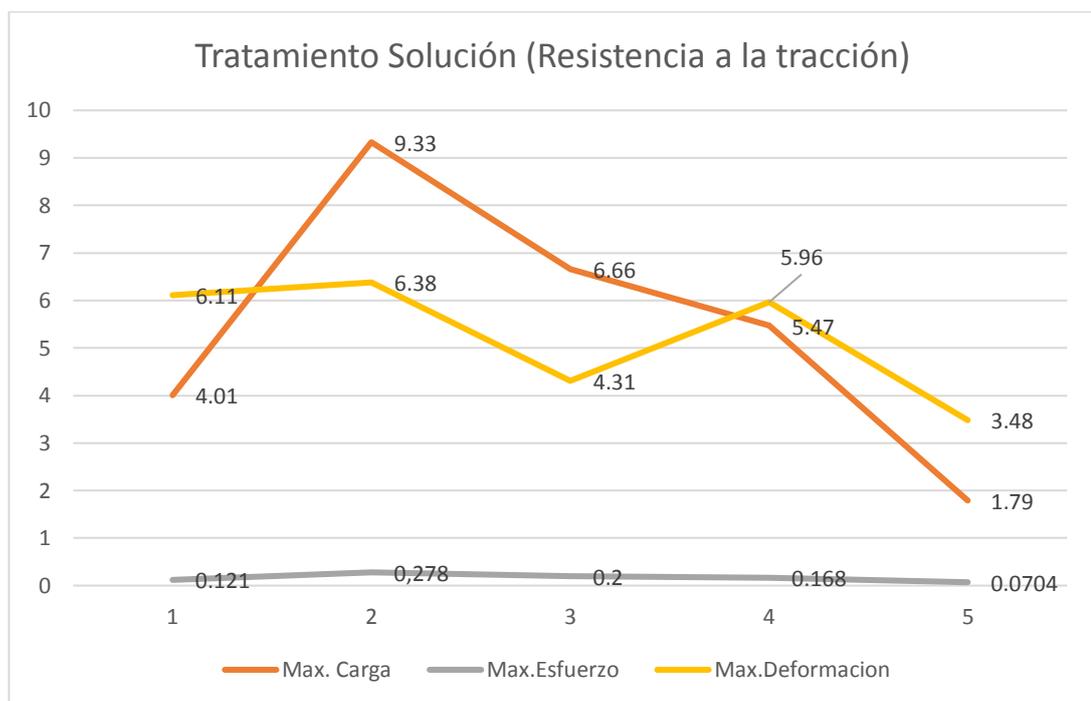
Tabla 32.- Análisis de resistencia a la tracción

Muestra	Max. Carga	Max.Esfuerzo	Max.Deformación
Unidades	N*	Mpa**	%***
22-7059-1	4.01	0.121	6.11
22-7059-2	9.33	0.278	6.38
22-7059-3	6.66	0.2	4.31
22-7059-4	5.47	0.168	5.96
22-7059-5	1.79	0.0704	3.48
Media	5.45	0.167	5.25
Desviación Estándar	2.83	0.0788	1.28
Coef.Variación	0.519	0.471	0.244

Fuente: Laboratorio de evaluación de materiales-Espol(2021).
Unidades:N,newton;Mpa,megapascal; % ,porcentaje

Se determinó que el tratamiento solución en el análisis de resistencia a la tracción el máximo esfuerzo y deformación mantienen una relación con la máxima carga que se le aplica, ver grafico 16.

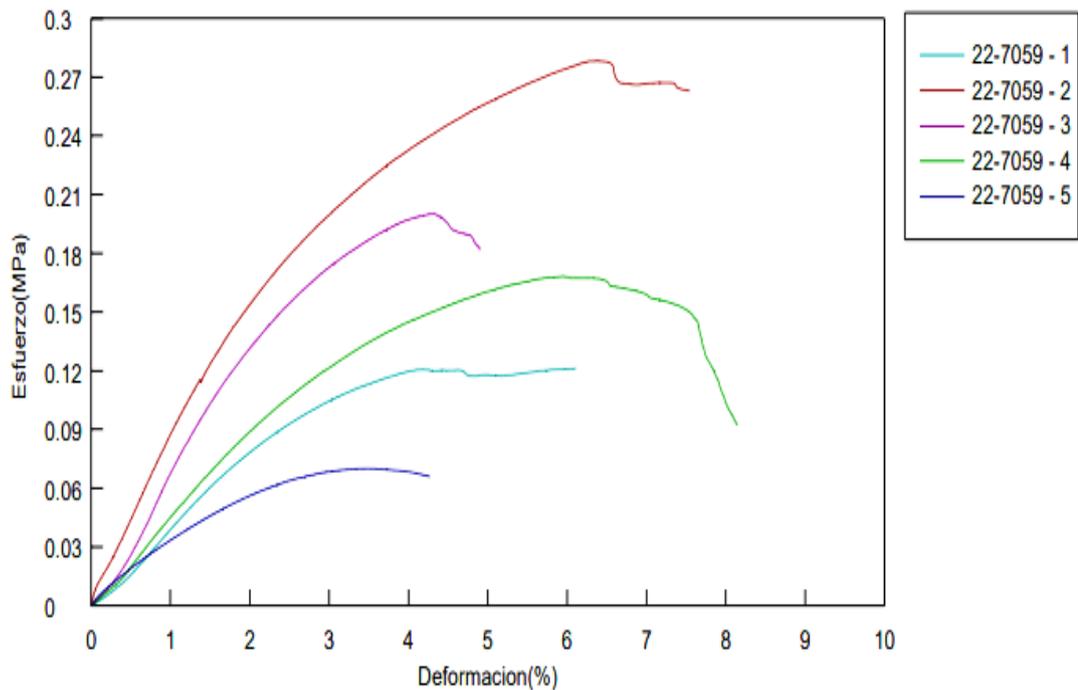
Gráfico 16.- Tratamiento solución (Resistencia a la tracción)



Fuente: Adaptado datos aportados por Laboratorio de evaluación de materiales-Espol (2021).Unidades:N,newton;Mpa,megapascal; % ,porcentaje

Se determinó que el tratamiento solución en el análisis de resistencia se encuentran sujetas a las cargas de dinámicas con el máximo esfuerzo y deformación, ver en el gráfico 17.

Gráfico 17.-Resistencia a la tracción (deformación y máximo esfuerzo)



Fuente:Laboratorio de evaluación de materiales-Espol (2021).Unidades: Mpa,megapascal; % ,porcentaje

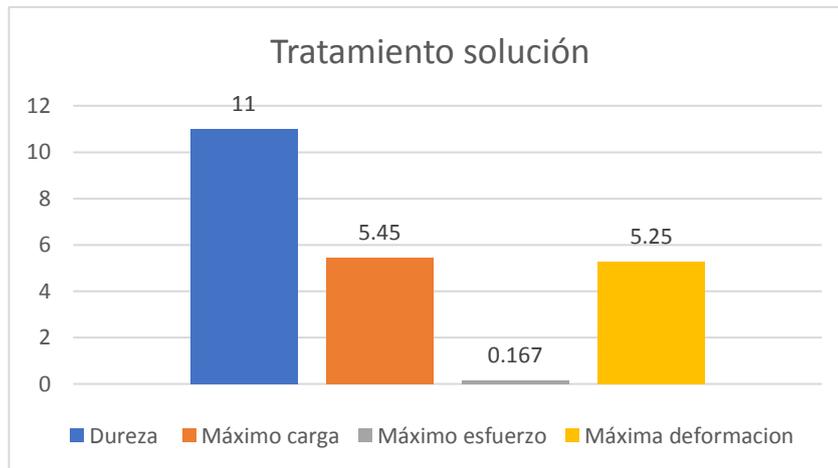
La tabla 34, y el gráfico 18, muestra la comparación de las variables: dureza, máxima carga, máximo esfuerzo y máxima deformación.

Tabla 33.- Tratamiento solución

Tratamiento solución	Valor Obtenido
Dureza*	11
Máximo carga	5.45
Máximo esfuerzo	0.167
Máxima deformación	5.25

Elaborado por: La Autora. Unidades. Dureza*: en HD;máxima carga en N;máximo esfuerzo en Mpa; máxima deformación en %.

Gráfico 18.-Tratamiento de solución



Elaborado por: La Autora. Unidades. Dureza*: en HD;máxima carga en N;máximo esfuerzo en Mpa; máxima deformación en %.

4.5 Análisis Costo/Beneficio

4.5.1 Propuesta de rentabilidad de la investigación.

Se propone producir 1kg de empaques biodegradables a partir de residuos de cacao, donde se generará 33 empaques por cada Kilo de materia prima.

Así mismo se considera que la cascarilla de cacao posee del fruto el 85 % de aprovechamiento para la generación de empaques biodegradables.

Insumos:

- Cascarilla de cacao, su disponibilidad se encuentra en el sector agropecuario o fábricas de procesamiento de chocolate, el cual consideran residuos.
- Carboximetilcelulosa, adquisición en distribuidores químicos, el cual tiene como función espesante y estabilizante
- Glicerina, adquisición en distribuidores químicos

4.5.2 Análisis financiero.

Según, Rincón (2011), para la determinación de costo-beneficio de la elaboración del empaque biodegradable de residuos de cacao es:

$$CP = (Mp + Md + Gp)$$

Dónde:

CP= Costo de producción

Mp= Materia prima

Md= Mano de obra directa

Gp= Gasto de producción

4.5.3 Costo de empaque biodegradable.

Para la determinación del costo unitario de un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao con dimensiones 15 x20 cm y 2mm de espesor de producto terminado se considero los valores de materia prima, insumos, materiales directos e indirectos.

Los costos se presentan en la tabla 35.

Tabla 34.- Costo de materia prima

Insumos	Precio por Unidad (kg)
Cascarilla de cacao	0.70
Carboximetilcelulosa (1kg)	7.00
Glicerina (litro)	2.50
Agua	1.50
Total	12.7

Elaborado por: La Autora

En la tabla 36 se presenta los costos de los materiales directos e indirectos para el empaque biodegradable.

Tabla 35.- Costos de materiales directos e indirectos

Materiales	Cantidad	Costo USD
Directos	-	-
Electricidad (kw/h)	1	0.10
Hilo	1	0.05
Indirectos	-	-
Guantes	1	0.10
Mascarilla	1	0.10
Cofia	1	0.10
Total	-	0.45

Elaborado por: La Autora

En la tabla 37 se presenta los precios de las cantidades de los insumos utilizados para el empaque biodegradable a partir de cascarilla de cacao.

Tabla 36.- Costos de materia prima directa

Materia Prima	Formulación seleccionada (%)	Cantidad	Costo USD
Harina de cascarilla de cacao	34.310	10.29	0.007
Carboximetilcelulosa	17.000	5.1	0.03
Agua	44.690	13.40	0.02
Glicerina	2	0.6	0.002
Vinagre	2	0.6	0.05
	Total	30	0.10

Elaborado por: La Autora

Para la determinación de costo beneficio se mencionaron los valores por el costo unitario de producción

$C/B > 1$ indica que es viable y existe beneficios

$C/B = 1$ aquí no hay ganancia posible

$C/B < 1$ no se debe considerar los costos superan a los beneficios

Tabla 37.- Análisis C/B

Detalle	Costo USD
Costos de materiales directos e indirectos	0.45
Costos de materia prima directa	0.10
Total de costos unitarios de producción	0.55
Margen de utilidad (0.30)	0.17
Preventa al público	0.72
Valor costo/ beneficio	1.30

Elaborado por: La Autora

El costo unitario de producción es de 0.55, valor que se añadió 30 % de margen de utilidad (USD 0.17).

El costo – beneficio se obtuvo de 1.30, se determina que es un proyecto viable, ya que se obtiene un ingreso de USD 0.30 por cada dólar americano que se invierta.

5 DISCUSIÓN

A la formulación seleccionada se le practicaron los análisis sensorial, físicos y mecánicos correspondientes, brindando los siguientes resultados:

Según los aportes de Lema y Manzo (2021) la producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos concluyo que el aroma de su materia prima se mantiene a lo largo de su etapa de vigencia. En la presente investigación se obtuvo el mismo resultado manteniendo el olor característico del cacao por lo menos en 14 días. En cuanto a la variable color, el tono café mantuvo similitudes en ambos experimentos.

Quintero et.al (2017) en su trabajo Diseño y elaboración de empaques artesanales a partir de subproductos de la industrial del cacao, determino que en cuanto a su aspecto mantiene una textura lisa. Un comportamiento similar se obtuvo en la presente investigación brindado una textura semi- lisa.

Lema y Manzo (2021) en su trabajo sobre Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos, por el método astm D-4102 y D-4871 de biodegradabilidad, determinó que mantiene un 6 % grado de descomposición biodegradable. Un comportamiento superior obtuvo en la presente investigación con 10,96 %.

Cadenas, J (2017) en su trabajo sobre Caracterización y optimización de una bandeja biodegradable a partir maíz, papa, soya y glicerol por el método de termoprensado para la dureza, determino que mantiene 31,12 Newton. Un comportamiento inferior se resaltó en la presente investigación con 12 HD, escala Shore D.

Cuba, et.al (2019) en su investigación sobre Desarrollo y caracterización de film biodegradable elaborado a partir de subproductos de cacao, determino que mantiene una resistencia a la tracción en su mejor tratamiento de , $UTS=0,6 \pm 0,07$ MPa. Un comportamiento inferior se determinó en la presente investigación con $UTS= 0,167$ MPa, 5,45 máximo de carga y 5,25 % de deformación.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se logró obtener un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao para el sector productivo artesanal con sus propiedades físicas y mecánicas.

Se determinó que la dureza y biodegradabilidad influyo en el estado del empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao.

La lámina biodegradable se comprobó que a partir del día 14, sus propiedades físico y mecánico cambia con sus respectivas concentraciones, mostrando una mayor desintegración cuando aumentó el contenido de Gly y CMC, estableciéndose un deterioro mayor.

Se estableció que el mejor tratamiento para la línea de producción del empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao fue la solución que brindo el software Design Expert ®, versión 11, con porcentajes de Harina de cascarilla de cacao (A): 34.310 %, Carboximetilcelulosa (B): 17.000 %, Agua (C): 44.690 %, generando un costo beneficio rentable.

6.2 Recomendaciones

- Implementar el análisis de resistencia a la tracción a todos los tratamientos para obtener una mejor visibilidad de sus propiedades
- Se recomienda seguir investigando nuevas alternativas para la elaboración de empaques biodegradables
- Los valores de glicerina y vinagre deben ser constantes.

REFERENCIAS

- Alcazar, J. (2020). ANOVA multifactorial. 2. Recuperado de http://www3.uah.es/juange_alcazar/Estadistica%20Alcala/ANOVA%20multifactorial.pdf
- Álvarez, C., Pérez, E., y Lares, M. (2007). Caracterización física y química de almendras de cacao fermentadas, secas y tostadas cultivadas en la región de Cuyagua, estado Aragua. *Agronomía Tropical*, 57(4), 249-256, Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=BR2021X00075>
- Ambriz, R. (2015). Escala de dureza Shore. *De máquinas y herramientas*. Recuperado de <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-de-medicion/durometro-tipos>
- ANACAFE. (2004). Cultivo de Cacao. Recuperado de https://www.anacafe.org/uploads/file/561599c5c06f458394f7e38f8b5dc0d8/06_-Diversificacion-de-ingresos.pdf
- ANECACAO. (2015). Cacao ecuatoriano es reconocido como producto fino de aroma. Recuperado de <http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/cacao-ecuatoriano-es-reconocido-como-producto-fino-de-aroma.html>
- ANECACAO. (2015). Un producto emblemático del Ecuador. Recuperado de <http://www.anecacao.com/index.php/es/quienes-somos/cacao-nacional.html#:~:text=Un%20producto%20emblem%C3%A1tico%20del%20Ecuador&text=Ecuador%2C%20por%20sus%20condiciones%20geogr%C3%A1ficas,siglos%20en%20el%20mercado%20internacional.>
- ANECACAO. (2020). Libre mercado regula el precio del cacao. Recuperado de <http://www.anecacao.com/index.php/es/noticias/libre-mercado-regula-el-precio-del-cacao.html>

- Arvelo, M., González, L., Maroto, S., Delgado, T., y Montoya, P. (2017). Estado actual sobre la producción, el comercio y cultivo del cacao en América. *ICCA*. Recuperado de <https://repositorio.iica.int/handle/11324/2793>
- ASTM D-4102. (2007). Degradación de los Materiales Plásticos. 8–12. Recuperado de <http://ecoplas.org.ar/pdf/21.pdf>
- ASTM-D4871. (2007). Degradación de los Materiales Plásticos . 8–12. Recuperado de <http://ecoplas.org.ar/pdf/21.pdf>
- Baque, C. (2019). Diferencia entre biodegradable y compostable. Baque. Recuperado de <https://www.baque.com/es/blog/diferencia-entre-biodegradable-y-compostable/>
- Beltrán, M., y Marcilla, A. (2011). Tecnología de Polímeros. *RUA*. Recuperado de <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/16883>
- Carbajal, M., Collavino, J., Cernaqué, D., Carhuancho, K., Guevara, A., y Vargas, L. (2019). Desarrollo y caracterización fisicoquímica y mecánica de film biodegradable elaborado a partir de subproductos del cacao var. típica CCN5. *La Molina*. (1). Doi: 10.13140/RG.2.2.12141.72161
- 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. Recuperado de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/6055/1/AGI-2017-021.pdf>
- Cedeño, S. (2011). La revolución del cacao CCN-51 en el Ecuador. Recuperado de <http://appcacao.org/descargas/seminario2011/Revoluci%F3n%20del%20Cacao%20CCN-51%20en%20Ecuador%202011%20%20Marzo.pdf>

- Charro, M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. Recuperado de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788>
- Chávez, G., Olaya, L., y Maza, V. (2018). Costo de producción de cacao clonal ccn-51 en la Parroquia Bellamaria, Ecuador. *Universidad y sociedad (Cienfuegos)*. 10,(4).186-192. Recuperado de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/996/1062>
- Cuba, A., Carbajal, M., Collavino, J., Cernaqué, D., Carhuancho, K., Guevara, A., y Vargas, L. (2019). Desarrollo y caracterización fisicoquímica y mecánica de film biodegradable elaborado a partir de subproductos del cacao var. típica CCN51. *La Molina*. (1). Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/332030686_Desarrollo_y_caracterizacion_de_film_biodegradable_elaborado_a_partir_de_subproductos_de_cacao
- Di Rienzo, J., Balzarini, M., Casanoves, F., Gonzalez, L., Tablada, M., y Robledo, C. (2017). InfoStat: software estadístico. *IS*. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanoves/publication/319875343_Manual_del_usuario/links/5e2ee26992851c9af7280cfa/Manual-del-usuario.pdf
- Alexander, J., Benford, D., Cockburn, A., Cravedi, J., Dogliotti, E., Di Domenico, A., Fernández, P., Fürst, P., Fink, J., Lodovico, G., Grandjean, P., Gzyl, J., Heinemeyer, G., Johansson, A., Mutti, A., Schlatter, J., Leeuwen, R., Peteghem C., y Verger, P. (2008). Theobromine as undesirable substances in animal feed Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. *European Food Safety Authority*, 1–66. Doi. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2008.725>
- Fernández, R., Barrera, A., Monserrate, A., Medina, H., Casanova, L., Peña, M., y Nivelá, P., (2012). Efecto del tipo y tiempo de fermentación en la calidad física y química del cacao (*Theobroma cacao* L.) tipo nacional. *Ciencia y Tecnología OJS*. Doi: <https://doi.org/10.18779/cyt.v5i1.120>

- Fortunati, E., Mazzaglia, A., y Balestra, G. M. (2019). Sustainable control strategies for plant protection and food packaging sectors by natural substances and novel nanotechnological approaches. *Journal of the science of food and agriculture*, 99(3), 986–1000. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9341>
- Gaitán, E., y Roperó, J. (2021). Planteamiento de un proceso para el desarrollo de platos biodegradables a base de cascarilla de cacao. *EAN*. Recuperado de <https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/10903/GaitanEva2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, C., García, C., Castillo, O., Namcuhe, R., y Urbina, V. (2019). Diseño del proceso productivo de bandejas biodegradables a partir de fécula de maíz. *PIRHUA*, 39. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4276/f15f56df2c6ce4fa6b1beb82a733acaee5e1247a3a2fc682d78384751f8c7955.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gil, A., Buriticá, Á., Benjamín, A., León, A., y Aguirre, C. (2019). Cosecha, Beneficio Y Calidad Del Grano De Cacao (*Theobroma Cacao L.*). Recuperado de <https://chocolates.com.co/wp-content/uploads/2020/06/Cartilla-Cosecha-Benef-Calidad-SEP-2019.pdf>
- Google Earth. (2021). Ubicación de Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.
- Hernández, T. (2013). Chocolate: Historia de un Nahuatlismo. *Estudios de cultura náhuatl*. (46). 37-87 Recuperado de <https://www.historicas.unam.mx/publicaciones/revistas/nahuatl/pdf/ecn46/945.pdf>
- INIAP. (2016). *Theobroma cacao L.* Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4926>

- Juárez, C. (2021). Envases de cáscaras de cacao. *The Food Tech*. Recuperado de <https://thefoodtech.com/insumos-para-empaque/crean-envases-de-cascaras-de-cacao/>
- Lema, E., y Manzo, N. (2021). Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos. 52–53. Recuperado de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/61113/1/T-UTEQ-093.pdf>
- López, E., y Gil, A. (2017). Características germinativas de semillas de *Theobroma cacao* L. (Malvaceae) “cacao”. *Arnaldoa*. 24 (2)- 609-618. Recuperado de <https://biblat.unam.mx/es/revista/arnaldoa/articulo/caracteristicas-germinativas-de-semillas-de-theobroma-cacao-l-malvaceae-cacao>
- López, G. (2012). Ventajas y desventajas de los plásticos degradables para su aplicación en la agricultura sustentable o ecológica. Recuperado de <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/371/1/Gorgonio%20Lopez%20Tolentino.pdf>
- MAGAP. (2015). Productividad/Rendimientos (Cacao). Recuperado de <https://www.agricultura.gob.ec/productividad-rendimientos-cacao/>
- Martínez. (2011). Cadena productividad del cacao diagnóstico de libre competencia. Superintendencia, Industria y Comercio. *Industria y Comercio Superintendencia*. Recuperado de https://www.sic.gov.co/recursos_user/documentos/promocion_competencia/Estudios_Economicos/Cacao.pdf
- Morán, S. (2020). Nada frena los plásticos de un solo uso: más de 260.000 toneladas al año en Ecuador. *Plan V*. Recuperado de <https://www.planv.com.ec/historias/sociedad/nada-frena-plasticos-un-solo-uso-mas-260000-toneladas-al-ano-ecuador#:~:text=Es%20decir%2C%20en%20el%20Ecuador,la%20menor%20es%20la%20Costa.>

Nogales, J. (2021). Cosecha, recolección y desgrane. Inicio en la ruta hacia un cacao de excelente calidad. *Post Cosecha de Cacao*. Recuperado de <https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/cosecha-y-desgrane-del-cacao.html#:~:text=RECOLECCI%C3%93N%20Y%20DESGRANE.-,INICIO%20EN%20LA%20RUTA%20HACIA%20UN%20CACAO%20DE%20EXCELENTE%20CALIDAD,un%20cacao%20de%20excelente%20c>alidad.

NTE INEN 868. (2014). Plásticos y ebonita. Determinación de la dureza de indentación por medio de un durómetro (dureza shore) (iso 868:2003, idt). Recuperado de https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_868.pdf

NTE INEN 1061. (1983). Cueros, Resistencia a la tracción, porcentaje de alargamiento debido a una carga determinada y porcentaje de alargamiento a la rotura. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1061.pdf>

Ortiz, L., Graziani, L., y Gervaise, R. (2009). Evaluación de varios factores sobre características químicas del grano de cacao en fermentación. *Ciencia y Tecnología*. 5(1): 7-12 Recuperado de https://uteq.edu.ec/revistacyt/publico/archivos/C2_calidad%20fisica%20quimica%20cacao.pdf

Pittaluga, L., y Pirrocco, D. (2020). Análisis de la cadena de valor del plástico y el caucho en el Uruguay. *CEPAL*. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47382-analisis-la-cadena-valor-plastico-caucho-uruguay>

Quevedo, J. (2017). Determinación del efecto del grado de madurez de las mazorcas en la producción y la calidad sensorial de (*Theobroma cacao* L.). Recuperado de <https://aes.ucf.edu.cu/index.php/aes/article/view/139>

- Quintero, J., Ávila, A., Guzmán, K., y Virgüez, A. (2017). Diseño y elaboración de empaques artesanales a partir de subproductos de la industrial del cacao. *PIRHUA*, 6-73 Doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.19864.11529>
- Sampieri, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2006). Metodología de la Investigación (McGraw – Hill, Ed.; Cuarta Edición). Recuperado de https://www.academia.edu/19094794/LIBRO_metodologia_de_la_investigacion_4ta_edicion_sampieri_2006_ocr
- Sánchez, V., Zambrano, J., y Iglesias, C. (2019). La cadena del valor del cacao en América Latina y el Caribe. *INIAP, Ed.* Recuperado de <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/5382>
- Sangronis, E., Soto, M., Valero, Y., y Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 64, (2). Recuperado de <http://www.alanrevista.org/ediciones/2014/2/art-7/>
- Sanmartín, G., Zhigue, R., y Alaña, T. (2017). El Reciclaje: Un Nicho De Innovación Y Emprendimiento Con Enfoque Ambientalista. *Universidad y Sociedad*, 9 (1), pp. 36-40 Recuperado de <https://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus/article/view/511/pdf>
- Snyder, H. (2019). Literature review as a research methodology: An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 104, 333–339. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2019.07.039>
- Teneda, W., Guamán, M., y Oyaque, S. (2019). Exploración de la intención de consumo de la Cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) como infusión: caso Tungurahua-Ecuador. *Javeriana*. Recuperado de <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/cuacont/article/view/28102>

- Teneda, W., y Tapia, C. (2015). Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad arriba y ccn51 para la elaboración de una infusión. Recuperado de UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/11981>
- Torres, O., Graziani, L., Ortiz, L., y Trujilla, A. (2004). Efecto del tiempo transcurrido entre la cosecha y el desgrane de la mazorca del cacao tipo forastero de Cuyagua sobre características del grano en fermentación. *Agronomía Tropical*. 54(4), 481-495. Recuperado de <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=VE2006400685>
- Vázquez, A., Ovando, I., Adriano, L., Bentacur, D., y Salvador, M. (2016). Alcaloides y polifenoles del cacao, mecanismos que regulan su biosíntesis y sus implicaciones en el sabor y aroma. *Sociedad Latinoamericana de Nutrición*, 66(3). 2–6. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222016000300010
- Waize, S., Waizel, J., Magaña, J., Campos, P., y Sosa, E. (2012). Cacao y chocolate: seduction and therapeutics. *Medigraphic*, 2–3. Recuperado de <https://www.medigraphic.com/pdfs/abc/bc-2012/bc123k.pdf>
- Wiley-VCH. (2016). Ullmann's Polymers and Plastics: Products and Processes, 4 Volume Set. Recuperado de <https://www.wiley.com/en-us/Ullmann%27s+Polymers+and+Plastics%3A+Products+and+Processes%2C+4+Volume+Set-p-9783527338238>
- Zapata, D., Segura, D., Noguez, R., y Espín, G. (2007). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Biotecnología V14 CS3*. 1-12 Recuperado de https://www.academia.edu/38717730/Contaminaci%C3%B3n_ambiental_y_bacterias_productoras_de_pl%C3%A1sticos_biodegradables

ANEXOS

Anexo 1.- Maquinaria utilizada en el proceso de elaboración de plásticos biodegradables

Maquinaria

Función

Máquina para secado



Es aquel implemento, que ayudara a suprimir la humedad presente en las cascarillas de cacao, luego de la operación de lavado y desinfección.

Triturador de cascara



Es aquella maquinaria que reduce el volumen de la cascarilla de cacao de forma homogénea.

Tamizador



Es aquel que garantiza la calidad del producto mediante la separación de partículas con mayor tamaño.



La función es mezclar de forma homogénea la cascarilla de cacao con los reactivos para el proceso de elaboración de empaques biodegradables.

Maquinaria extrusora de lámina de polímero. Es aquella que se encarga de laminar dicha pasta.



Maquina prensadora



Se encarga de la realizacion del molde del producto, mediante la compresión de la pasta.

Horno industrial



Es él encarga de fortalecer los empaques por 20 minutos a temperaturas de 200 grados centígrados.

Fuente: García et al. (2019)

Elaborado por: La Autora

Anexo 2.- Cálculo de biodegradabilidad de los 16 tratamientos

Run	Peso inicial, (g)	Peso final, (g)	Fórmula	Resultado en (%)
1	17	13	$PP = \frac{17 - 13}{17} \times 100\%$	23.529
2	17	13.25	$PP = \frac{17 - 13.25}{17} \times 100\%$	22.058
3	17	14	$PP = \frac{17 - 14}{17} \times 100\%$	17.647
4	17	12	$PP = \frac{17 - 12}{17} \times 100\%$	29.411
5	17	12.50	$PP = \frac{17 - 12.50}{17} \times 100\%$	26.470
6	17	14	$PP = \frac{17 - 14}{17} \times 100\%$	17.647
7	17	12.50	$PP = \frac{17 - 12.50}{17} \times 100\%$	26.470
8	17	13.35	$PP = \frac{17 - 13.35}{17} \times 100\%$	21.47
9	17	15	$PP = \frac{17 - 15}{17} \times 100\%$	11.764
10	17	12.75	$PP = \frac{17 - 12.75}{17} \times 100\%$	25.000
11	17	12.76	$PP = \frac{17 - 12.76}{17} \times 100\%$	24.941
12	17	13	$PP = \frac{17 - 13}{17} \times 100\%$	23.529
13	17	13	$PP = \frac{17 - 13}{17} \times 100\%$	23.529
14	17	12	$PP = \frac{17 - 12}{17} \times 100\%$	29.411
15	17	13	$PP = \frac{17 - 13}{17} \times 100\%$	23.529
16	17	14.50	$PP = \frac{17 - 14.50}{17} \times 100\%$	14.705

Elaborado por: La Autora

Cálculo de dureza de los 16 tratamientos mediante las 15 punzadas realizadas. En las siguientes tablas:

Anexo 3.- Cálculo de dureza tratamiento 1

Tratamiento 1		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 2.5 HD	6.- 3.0 HD	11.- 1.5 HD
2.- 3.5 HD	7.- 5.5 HD	12.- 1.5 HD
3.- 2.0 HD	8.- 2.5 HD	13.- 2.5 HD
4.- 3.0 HD	9.- 3.0 HD	14.- 2.0 HD
5.- 4.5 HD	10.- 4.5 HD	15.- 5.7 HD
Promedio= 3.14= 3.14 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 4.- Cálculo de dureza tratamiento 2

Tratamiento 2		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 2.5 HD	6.- 3.0 HD	11.- 1.5 HD
2.- 6.5 HD	7.- 5.5 HD	12.- 4.5 HD
3.- 6.0 HD	8.- 4.5 HD	13.- 2.5 HD
4.- 3.0 HD	9.- 3.0 HD	14.- 3.0 HD
5.- 4.5 HD	10.- 7.5 HD	15.- 2.7 HD
Promedio= 4.01= 4 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 5.- Cálculo de dureza tratamiento 3

Tratamiento 3		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 9 HD	6.- 6.0 HD	11.- 7 HD
2.- 7 HD	7.- 9.5 HD	12.- 8.5 HD
3.- 10 HD	8.- 3 HD	13.- 9.0 HD
4.- 5 HD	9.- 7.5 HD	14.- 8 HD
5.- 5.5 HD	10.- 10.5 HD	15.- 6.5 HD
Promedio= 7.46= 7 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 6.- Cálculo de dureza tratamiento 4

Tratamiento 4		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 2.0 HD	6.- 4.5 HD	11.- 1.5 HD
2.- 6.0 HD	7.- 3.5 HD	12.- 2.0 HD
3.- 3.5 HD	8.- 5 HD	13.- 3.0 HD
4.- 5.0 HD	9.- 4 HD	14.- 1.0 HD
5.- 7.5 HD	10.- 2.5 HD	15.- 2.0 HD
Promedio= 3.6= 4 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 7.- Cálculo de dureza tratamiento 5

Tratamiento 5		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 3.0 HD	6.- 2.5 HD	11.- 3.5 HD
2.- 5.0 HD	7.- 5 HD	12.- 4.0 HD
3.- 4.5 HD	8.- 4 HD	13.- 5.0 HD
4.- 6.0 HD	9.- 6 HD	14.- 5.0 HD
5.- 3.5 HD	10.- 1.5 HD	15.- 2.0 HD
Promedio= 4.03= 4 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 8.- Cálculo de dureza tratamiento 6

Tratamiento 6		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 5.5 HD	6.- 9.5 HD	11.- 10.0 HD
2.- 9.0 HD	7.- 6.5 HD	12.- 3.5 HD
3.- 4.0 HD	8.- 5.5 HD	13.- 9.0 HD
4.- 10 HD	9.- 4.0 HD	14.- 7.0 HD
5.- 3.5 HD	10.- 5.0 HD	15.- 6.5 HD
Promedio= 6.56= 7 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 9.- Cálculo de dureza tratamiento 7

Tratamiento 7		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 3.0 HD	6.- 2.5 HD	11.- 3.5 HD
2.- 5.0 HD	7.- 5 HD	12.- 4.0 HD
3.- 4.5 HD	8.- 4 HD	13.- 5.0 HD
4.- 6,0 HD	9.- 6 HD	14.- 5.0 HD
5.- 3.5 HD	10.- 1.5 HD	15.- 2.0 HD
Promedio= 4.03= 4 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 10.- Cálculo de dureza tratamiento 8

Tratamiento 8		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 12 HD	6.- 8.0 HD	11.- 5.5 HD
2.- 12.5 HD	7.- 12.5 HD	12.- 9.0 HD
3.- 2.0 HD	8.- 7.5 HD	13.- 3.0 HD
4.- 5 HD	9.- 13.5 HD	14.- 12,5 HD
5.- 9.5 HD	10.- 14.5 HD	15.- 9.5 HD
Promedio= 9.1= 9 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 11.- Cálculo de dureza tratamiento 9

Tratamiento 9		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 15.5 HD	6.- 9.5 HD	11.- 13.5 HD
2.- 9.0 HD	7.- 8.5 HD	12.- 8.5 HD
3.- 13.0 HD	8.- 13.5 HD	13.- 9.0 HD
4.- 10.2 HD	9.- 7.0 HD	14.- 7.0 HD
5.- 11.3 HD	10.- 16.0 HD	15.- 6.5 HD
Promedio= 10.53= 11 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 12.- Cálculo de dureza tratamiento 10

Tratamiento 10		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 3.0 HD	6.- 2.5 HD	11.- 3.5 HD
2.- 7.0 HD	7.- 5 HD	12.- 4.0 HD
3.- 4.5 HD	8.- 3 HD	13.- 5.0 HD
4.- 8.0 HD	9.- 8 HD	14.- 3.0 HD
5.- 5.5 HD	10.- 2.5 HD	15.- 2.0 HD
Promedio= 4.43= 4 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 13.- Cálculo de dureza tratamiento 11

Tratamiento 11		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 9.0 HD	6.- 5.0 HD	11.- 3.5 HD
2.- 3.0HD	7.- 4.0 HD	12.- 2 HD
3.- 5.5 HD	8.- 2.5 HD	13.- 10 HD
4.- 3.0 HD	9.- 6 HD	14.- 8.5 HD
5.- 10 HD	10.- 2.5 HD	15.- 3.5 HD
Promedio= 5.20 = 5 gomass de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 14.- Cálculo de dureza tratamiento 12

Tratamiento 12		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 2.5 HD	6.- 3.0 HD	11.- 1.5 HD
2.- 3.5 HD	7.- 5.5 HD	12.- 1.5 HD
3.- 2.0 HD	8.- 2.5 HD	13.- 2.5 HD
4.- 3.0 HD	9.- 3.0 HD	14.- 2.0 HD
5.- 4.5 HD	10.- 4.5 HD	15.- 5.7 HD
Promedio= 3.14= 3.14 gomass de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 15.- Cálculo de dureza tratamiento 13

Tratamiento 13		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 2.5 HD	6.- 3.0 HD	11.- 1.5 HD
2.- 3.5 HD	7.- 5.5 HD	12.- 1.5 HD
3.- 2.0 HD	8.- 2.5 HD	13.- 2.5 HD
4.- 3.0 HD	9.- 3.0 HD	14.- 2.0 HD
5.- 4.5 HD	10.- 4.5 HD	15.- 5.7 HD
Promedio= 3.14= 3.14 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 16.- Cálculo de dureza tratamiento 14

Tratamiento 14		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 2.0 HD	6.- 4.5 HD	11.- 1.5 HD
2.- 6.0 HD	7.- 3.5 HD	12.- 2.0 HD
3.- 3.5 HD	8.- 5 HD	13.- 3.0 HD
4.- 5.0 HD	9.- 4 HD	14.- 1.0 HD
5.- 7.5 HD	10.- 2.5 HD	15.- 2.0 HD
Promedio= 3.6= 4 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 17.- Cálculo de dureza tratamiento 15

Tratamiento 15		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 10.0 HD	6.- 7.5 HD	11.- 7.5 HD
2.- 6.0 HD	7.- 2.5 HD	12.- 5.5 HD
3.- 2.5 HD	8.- 1.5 HD	13.- 8.0 HD
4.- 5.0 HD	9.- 3.0 HD	14.- 5.0 HD
5.- 9.0 HD	10.- 5.5 HD	15.- 1.5 HD
Promedio= 5,33= 5 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 18.- Cálculo de dureza tratamiento 16

Tratamiento 16		
Toma izquierda	Toma media	Toma derecha
1.- 13.0 HD	6.- 9.5 HD	11.- 3.5 HD
2.- 6.0 HD	7.- 11.5 HD	12.- 9.5 HD
3.- 8.5 HD	8.- 3.5 HD	13.- 10.0 HD
4.- 2.5 HD	9.- 6.0 HD	14.- 4.0 HD
5.- 7.0 HD	10.- 15.5 HD	15.- 5.5 HD
Promedio= 7.70= 8 gomas de neumático (medio duro)		

Elaborado por: La Autora

Anexo 19.-
Tratamiento 1,12 y 13



Anexo 20.-
Tratamiento 2



Anexo 21.-
Tratamiento 3 y 6



Anexo 22.-
Tratamiento 4 y 14



Anexo 23.-
Tratamiento 5 y 7



Anexo 24.-
Tratamiento 8



Anexo 25.-
Tratamiento 9



Anexo 26.-
Tratamiento 10



Anexo 27.-
Tratamiento 11



Anexo 28.-
Tratamiento 15



Anexo 29.-
Tratamiento 16



Anexo 30.- Instrumento de dureza



Anexo 31.- Instrumento de resistencia a tracción



Anexo 32.- Instrumento de resistencia a tracción



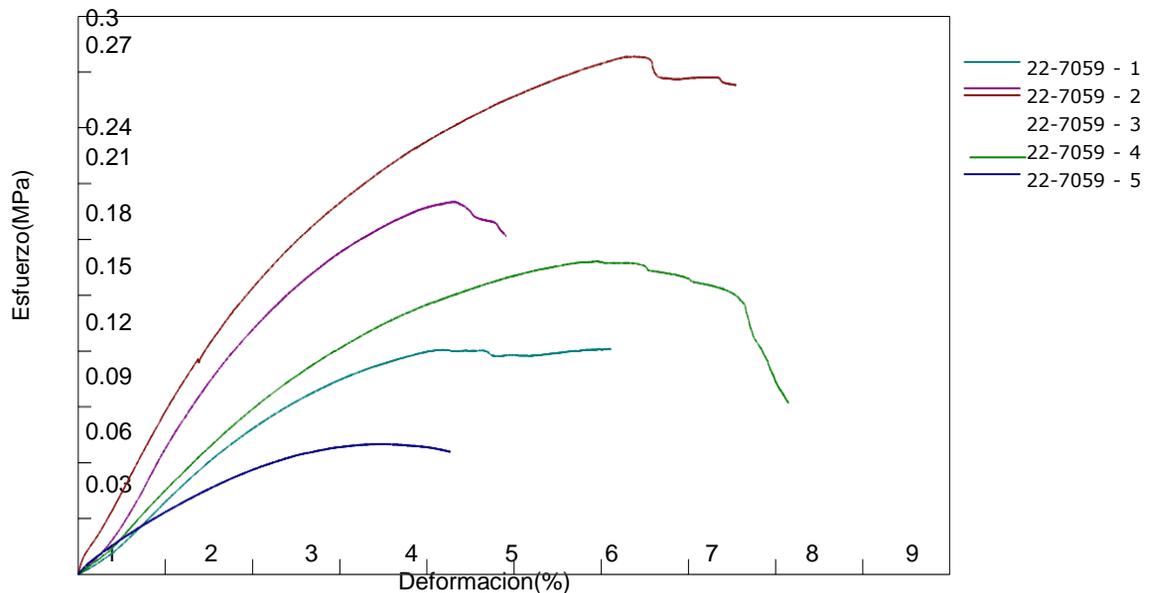
OT-2701-22
ENSAYO DE TENSIÓN - Biofilm

Analista : A. Damián
Norma de Ensayo : ASTM D882
Velocidad de Ensayo : 1 mm/min
Humedad Máx./Mín. : 57.8% / 55.7%
Forma: Plana

Fecha : 2022/01/19
Equipo Utilizado : EM-010
Temperatura Máx./Mín. : 23.5°C / 23.0°C

	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidades	mm	mm	mm
22-7059 - 1	1.3000	25.4000	50.0000
22-7059 - 2	1.3200	25.4000	50.0000
22-7059 - 3	1.3100	25.4000	50.0000
22-7059 - 4	1.2800	25.4000	50.0000
22-7059 - 5	1.0000	25.4000	50.0000

Nombre	Max._Carga	Max._Esfuerzo	Max._Deformacion
Unidades	N	MPa	%
22-7059 - 1	4.01	0.121	6.11
22-7059 - 2	9.33	0.278	6.38
22-7059 - 3	6.66	0.200	4.31
22-7059 - 4	5.47	0.168	5.96
22-7059 - 5	1.79	0.0704	3.48
Media	5.45	0.167	5.25
Desviación Estandar	2.83	0.0788	1.28
Coef.Variacion	0.519	0.471	0.244



Laboratorio de Ensayos Metrológicos y de Materiales LEMAT		ORDEN DE TRABAJO OT-2701-22		Hoja 1 de 1 Edición 7
PROFORMA N#	PR2201-4049	RECEPCIÓN DE MUESTRA N#	RM22-3189	
DATOS DEL CLIENTE: Michelle Paola Carrillo López				
TELÉFONO: 223164615		DIRECCIÓN: Alborada 3era etapa Mz BB villa 22		
FECHA INICIO DE TRABAJO (pago): 11 de enero del 2022		MAIL: Michellecarrillo@hotmail.com		
PLAZO PREVISTO DEL INFORME: 17 de enero del 2022		CONTACTO: Srta. Michelle Paola Carrillo López		

Código de muestras LEMAT	Ensayo, Calibración ó Análisis	Método / Norma	Descripción Proporcionada por el Cliente	Fecha de Recepción de Muestras	Producto ó Material a Ensayar	Información Adicional (Requerida en el Informe)
22-7059	Ensayo de: Tracción (Grupal de 5 muestras)	Método Interno	Láminas biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao	11 de Enero del 2022	láminas biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao	No Informado



Presidencia
de la República
del Ecuador



Plan Nacional
de Ciencia, Tecnología,
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,
Ciencia, Tecnología e Innovación

DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Carrillo López, Michelle Paola** con C.C: # 0927227884 autora del **Trabajo de Integración Curricular: Desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao (*Theobroma cacao L.*) para el sector productivo artesanal** previo a la obtención del título de **Ingeniera Agroindustrial** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, **24 de Febrero de 2022**

Nombre: **Carrillo López, Michelle Paola**
C.C: 0927227884



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Desarrollo de empaques biodegradables a partir de harina de cascarilla de cacao (<i>Theobroma cacao</i> L.) para el sector productivo artesanal		
AUTOR(ES)	Carrillo López, Michelle Paola		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Ing. Meléndez Rangel, Jesús Ramón PhD.		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Agroindustria		
TÍTULO OBTENIDO:	Ingeniera Agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	24 de febrero de 2022	No. DE PÁGINAS:	86
ÁREAS TEMÁTICAS:	Agroindustria, biodegradable, calidad		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Empaque biodegradable, cacao, ambiente, sustentabilidad.		
RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):			
<p>La palabra plástico es un material indispensable para el ser humano, sin embargo el exceso de uso genera condiciones no aptas para la sostenibilidad del planeta. Con estos antecedentes se plantea, el diseño del proyecto, de un empaque biodegradable a partir de harina de cascarilla de cacao dirigido al sector productivo artesanal, garantizando las condiciones apropiadas de higiene o seguridad para los seres vivos. Por lo que se diseñó el empaque biodegradable para que con acción de ciertos seres vivos lo utilicen como fuente de carbono, por medio de acción de los microorganismos aerobios. Para la formulación de esta investigación se utilizará aleatoriamente 16 tratamientos, brindados por el programa Design Expert 11, mediante las restricciones previamente investigadas. Para la selección de la mejor formulación, se consideran los criterios de aceptación en las variables de olor, color, textura, biodegradabilidad y dureza. Así mismo, el análisis beneficio/costo se estimará para conocer la evaluación y factibilidad de un proyecto recién elaborado</p>			
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593-939164615	E-mail: michellecarrillol@hotmail.com	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Ing. Noelia Caicedo Coello, M.Sc.		
	Teléfono: +593-987361675		
	E-mail: noelia.caicedo@cu.ucsg.edu.ec		
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA			
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):			
Nº. DE CLASIFICACIÓN:			
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):			