



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

TEMA:

Desarrollo de un plato biodegradable a base de harinas de fibra coco (Cocos nucifera), tusa de maíz (Zea mays) y arroz (Oryza sativa)

AUTOR

Wilfrido David Villares Velasco

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de
Ingeniero Agroindustrial**

TUTORA

Dra. Ema Moreno Veloz, M. Sc.

Guayaquil, Ecuador

23 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 Titulación**, fue realizado en su totalidad por **Villares Velasco Wilfrido David**, como requerimiento para la obtención del título de **Ingeniero Agroindustrial**

TUTORA

Dra. Ema Moreno Veloz, M. Sc.

DIRECTOR DE LA CARRERA

Ing. John Eloy Franco Rodríguez, Ph. D.

Guayaquil, a los 23 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, **Wilfrido David Villares Velasco**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Desarrollo de un plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco (*Cocos nucifera*), tusa de maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*)**, previo a la obtención del Título de **Ingeniero Agroindustrial** ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

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

Guayaquil, a los 23 del mes de febrero del año 2022

AUTOR

Wilfrido David Villares Velasco



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

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

AUTORIZACIÓN

Yo, **Villares Velasco Wilfrido David**

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la publicación en la biblioteca de la institución el Trabajo de Titulación, **Desarrollo de un plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco (*Cocos nucifera*), tusa de maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*)**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 23 del mes de febrero del año 2022

AUTOR

Villares Velasco Wilfrido David



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 Titulación, **Desarrollo de un plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco (*Cocos nucifera*), tusa de maíz (*Zea mays*) y arroz (*Oryza sativa*)** presentado por el estudiante Villares Velasco Wilfrido David de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, donde obtuvo del programa URKUND, el valor de 0 % de coincidencias, considerando ser aprobada por esta dirección.

Original

Document Information

Analyzed document	David Villares.docx (D127605979)
Submitted	2022-02-11T01:49:00.0000000
Submitted by	
Submitter email	wilfrido.villares@cu.ucsg.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	noelia.caicedo.ucsg@analysis.orkund.com

Fuente: URKUND-Usuario Caicedo Coello, 2021

Certifican,

Ing. John Franco Rodríguez, Ph. D.

Director Carreras Agropecuarias
UCSG-FETD

Ing. Noelia Caicedo Coello, M. Sc.

Revisora - URKUND

AGRADECIMIENTOS

Un especial agradecimiento a la Dra. Ema Moreno Veloz, por brindarme sus conocimientos y apoyo desde el inicio de la carrera, además por ser mi tutora para el desarrollo de la tesis previo a la obtención del título como Ingeniero Agroindustrial.

A todos los docentes que formaron parte de mi formación para obtener el título de ingeniero, fueron uno de los pilares primordiales durante los cinco años de la carrera; y por lo tanto, seré un excelente profesional con buenos principios morales y éticos.

A mis amigos Hans y Lucia, que han sido como familia en estos cinco años de aprendizaje, siempre me animaron a no rendirme y entregar lo mejor de mí.

A Dios y mi familia, que son lo más importante en mi vida y una de las razones principales para mejorar y superarme como ser humano.

Wilfrido David Villares Velasco

DEDICATORIA

A mis padres, Wilfrido Villares y Georgina Velasco, los cuales son las personas más importantes en mi vida, gracias a ellos y a sus enseñanzas me he convertido en un hombre de bien

Esta tesis va dedicada en especial a mi abuelita, Azucena Carmen Santacruz, la cual influyó mucho en mi vida y fue un ejemplo de superación, siempre me animó a no rendirme y superarme en los retos que se presenten en el camino de la vida.

Wilfrido David Villares Velasco



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

CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Dra. Ema Moreno Veloz, M. Sc.
TUTORA

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

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



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

CALIFICACIÓN

Dra. Ema Moreno Veloz, M. Sc.

TUTORA

ÍNDICE GENERAL

1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo general.	3
1.1.2 Objetivos específicos.....	3
1.2 Pregunta de investigación.....	3
1.3 Hipótesis.....	3
2 MARCO TEÓRICO	4
2.1 Generalidades del maíz	4
2.1.1 Origen.....	4
2.1.2 Taxonomía.....	4
2.1.3 Producción mundial del maíz	5
2.1.4 Producción de cultivo de maíz en el Ecuador.	5
2.1.5 Composición física y química del maíz.	5
2.1.6 Cosecha del maíz.....	6
2.1.7 Características generales de la tusa de maíz.....	7
2.2 Generalidades del coco (<i>Cocos nucifera</i>)	8
2.2.1 Origen.....	8
2.2.2 Taxonomía.....	9
2.2.3 Composición física y química del coco.....	9
2.2.4 Producción mundial del coco	10
2.2.5 Producción de cultivo de coco en el Ecuador.....	10
2.2.6 Cosecha del coco	11
2.2.7 Características generales de la fibra de coco.	12
2.3 Generalidades del arroz.....	13
2.3.1 Origen.....	13
2.3.2 Taxonomía.....	13
2.3.3 Producción mundial.	14
2.3.4 Producción en el Ecuador.....	14

2.3.5 Composición física y química del grano de arroz.....	15
2.4 Generalidad de la harina.....	16
2.4.1 Harina de fibra de coco.....	16
2.4.2 Harina de tusa de maíz.....	17
2.4.3 Harina de arroz.....	18
2.5 Antecedentes de la contaminación provocada por plásticos.....	18
2.5.1 Producción de plástico a nivel mundial.....	19
2.5.2 El plástico en Ecuador.....	19
2.6 Situación del sector de los platos descartables en Ecuador.....	19
2.7 Biopolímeros.....	21
2.7.1 Mercado internacional de bioplásticos.....	21
2.8 Biodegradación.....	22
2.8.1 Normativas para biodegradación.....	23
2.9 Envases biodegradables.....	23
2.9.1 Análisis de biodegradación.....	24
2.10 Característica mecánica.....	24
2.10.1 Dureza.....	24
2.11 Costo-Beneficio.....	25
2.11.1 Costo de producción.....	25
2.11.2 Punto de equilibrio financiero.....	25
3 MARCO METODOLÓGICO.....	26
3.1 Ubicación del ensayo.....	26
3.2 Condiciones climáticas de la zona.....	26
3.3 Insumos, equipos y materiales.....	27
3.4 Diseño de la investigación.....	27
3.5 Unidades de análisis.....	28
3.5.1 Población.....	28
3.5.2 Muestreo.....	29
3.6 Técnicas para el procesamiento de la información.....	29

3.7 Factores de estudio	29
3.8 Unidades experimentales	30
3.9 Diseño experimental	31
3.9.1 Análisis de varianza.....	31
3.9.2 Variable independiente.....	32
3.9.3 Esquema del análisis de varianza.....	32
3.9.4 Variable dependiente.....	33
3.10 Variables cuantitativas físicas y químicas de las harinas	34
3.10.1 Humedad.....	34
3.10.2 Ceniza.....	34
3.10.3 Fibra cruda.....	35
3.11 Variables cuantitativas: mecánica y de biodegradación para el plato biodegradable.....	35
3.11.1 Dureza.....	35
3.11.2 Prueba de biodegradabilidad.....	36
3.12 Caracterización microbiológica	36
3.12.1 Salmonella.....	36
3.13 Manejo del experimento.....	37
3.13.1 Proceso de elaboración de la harina de fibra de coco.....	37
3.13.2 Proceso de elaboración de la harina de tusa de maíz.....	39
3.13.3 Elaboración del plato <i>biodegradable</i>	41
3.14 Análisis Costo/Beneficio	44
4 RESULTADOS	46
4.1 Caracterización física y química de la materia prima	46
4.2 Análisis de dureza	46
4.2.1 Análisis ANOVA de dureza.....	47
4.3 Análisis de biodegradación	49
4.3.1 Análisis ANOVA de biodegradación.....	49
4.4 Análisis de Salmonella.....	51

4.5 Análisis Costo Beneficio	52
5 DISCUSIÓN.....	54
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	56
6.1 Conclusiones	56
6.2 Recomendaciones	56
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del maíz	4
Tabla 2. Composición química del maíz	6
Tabla 3. Composición de la tusa de maíz	8
Tabla 4. Taxonomía del Coco	9
Tabla 5. Composición física del fruto de coco	9
Tabla 6. Producción de coco	11
Tabla 7. Características físicas, químicas y mecánicas de fibra de coco.....	12
Tabla 8. Taxonomía del arroz.....	13
Tabla 9. Países productores de arroz pilado a nivel mundial del año 2016 .	14
Tabla 10. Composición de la harina de fibra de coco	17
Tabla 11. Composición física y química de la harina de tusa	17
Tabla 12. Composición física y química de la harina de arroz	18
Tabla 13. Porcentaje de material biodegradable	20
Tabla 14. Fórmula testigo para la elaboración del bioplástico	29
Tabla 15. Tratamientos	30
Tabla 16. Variables independientes con sus indicadores	32
Tabla 17. Esquema del análisis de varianza.....	33
Tabla 18. Plato biodegradable.....	33
Tabla 19. Caracterización física y químicas de las harinas.....	46
Tabla 20. Dureza.....	46
Tabla 21. Análisis de la varianza	47
Tabla 22. Cuadro de Análisis de la Varianza	47
Tabla 23. Prueba TUKEY	47
Tabla 24. Resultados de Biodegradación	49
Tabla 25. Análisis de la varianza del análisis de biodegradación.....	49
Tabla 26. Cuadro de análisis de la varianza del análisis de biodegradación	50
Tabla 27. Prueba TUKEY del análisis de biodegradación	50
Tabla 28. Costo de materias primas	52
Tabla 29. Gasto de producción.....	52
Tabla 30. Análisis de costo beneficio	53
Tabla 31. Punto de equilibrio.....	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fórmula química de la celulosa.....	7
Figura 2. Partes que componen el grano de arroz.	15
Figura 3. Locación del ensayo	26
Figura 4. Diagrama de flujo del desarrollo del plato biodegradable	43
Figura 5. Prueba gráfica de normalidad.	48
Figura 6. Distribución de los residuos mediante prueba gráfica	51

RESUMEN

Los bioplásticos tienen estructuras poliméricas que están compuestas por azúcares, aminoácidos, lípidos entre otros, los cuales al degradarse se transforman en sustancias simples como agua, metano y dióxido de carbono mediante la interacción del medio ambiente, reduciendo así el impacto ambiental. Este trabajo de investigación tuvo un enfoque experimental, con alcance descriptivo, correlacional y explicativo, con el objetivo principal desarrollar un plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz con el propósito de darle utilidad a los residuos del sector maicero y cocotero, como una alternativa en la utilización de los platos descartables. Para determinar los factores de mezclas se tomó como referencia una fórmula testigo y mediante el programa desing expert se determinaron 14 tratamientos; éstos fueron sometidos a prueba de dureza y biodegradación. A las harinas obtenidas de las materias primas se les determinó humedad, ceniza y fibra cruda, ya que fueron consideradas como variables independientes en la investigación. Mediante el programa infostat se determinó que el T9 fue el que obtuvo el mejor resultado de dureza con 23.33 en la escala de shore tipo D y en la prueba de biodegradación al cabo de 45 días se degradó un 78.65 %, este tratamiento estuvo compuesto por 5 % de harina de coco, 40 % de harina de arroz y 5 % de harina de tusa; el análisis de costo-beneficio dio un resultado de USD 1.25 lo cual quiere decir que por cada dólar invertido se gana 25 centavos.

Palabras clave: biodegradación, dureza, bioplástico, fibra de coco, tusa de maíz, arroz, plato.

ABSTRACT

Bioplastics have polymeric structures that are composed of sugars, amino acids, lipids, among others, which, when degraded, are transformed into simple substances such as water, methane, and carbon dioxide through interaction with the environment, thus reducing the environmental impact. This research work had an experimental approach, with a descriptive, correlational and explanatory scope, with the main objective of developing a biodegradable dish based on coconut fiber, corn cob and rice flour in order to give utility to the waste of the sector. Corn and coconut trees, as an alternative in the use of disposable plates, to determine the mixing factors, a control formula was taken as a reference and 14 treatments were determined through the expert design program; these were subjected to a hardness and biodegradation test, the flours obtained from the raw materials were subjected to humidity, crude fiber and ash, since they were considered as independent variables in the investigation. Through the infostat program it was found that T9 was the one that obtained the best hardness result with 23.33 on the shore type D scale and in the biodegradation test at 45 days it degraded 78.65 %, this treatment is composed of 5% flour of coconut, 40 % rice flour and 5 % corncob flour, the cost-benefit analysis gave a result of USD 1.25, which means that for every dollar invested, 25 cents are earned.

Keywords: biodegradation, hardness, bioplastic, coconut fiber, corncob, rice, plate.

1 INTRODUCCIÓN

En Ecuador, la ley Orgánica de la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos expedida el 22 de diciembre del 2020, establece que los productos como fundas plásticas de acarreo serán elaborados con un 60 % de materiales reciclados, los recipientes de poliestireno expandido deberán contener un 18 %, los vasos, tarrinas, cubiertos y botellas de tereftalato de polietileno (PET) estarán constituidos de un 30 % en un periodo máximo de 48 meses a partir de la promulgación de la ley; la finalidad es disminuir la contaminación de los plásticos de un solo uso en el país.

Con el objetivo de cumplir con la ley, ha surgido el auge del uso de los envases o empaques biodegradables, los cuales están hechos de biopolímeros como lo son los plásticos compostables que se fabrican de azúcares, almidones o aceites de origen vegetal, que son compuestos que se degradan rápidamente, una vez que han cumplido con su función.

Esto conlleva a que, productos como los platos descartables de un solo uso, que tienen un tiempo de degradación de hasta 50 años, vayan disminuyendo su fabricación, comercialización y uso, ya que son considerados potenciales contaminantes del medio ambiente.

Adicional, la idea de la elaboración de un plato biodegradable para este trabajo nace de un componente práctico de un examen complejo, presentado el 2021 por el estudiante Cesar Alejandro Ramírez con el tema de desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cáscara de mango, cascarilla de arroz y almidón de yuca, el cual propone la metodología de obtención de un vaso hecho con bioplástico (Ramírez , 2021)

Con estos antecedentes, se planteó darles valor agregado a los residuos obtenidos de la industria del coco y del sector maicero en el

desarrollo de un producto a partir de las harinas de la cáscara de coco, tusa de maíz y arroz, con la finalidad de reemplazar los platos descartables de poliestireno por una alternativa amigable con el medio ambiente como son los platos biodegradables.

Por lo tanto, este trabajo de investigación tuvo los siguientes objetivos:

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo general.

Desarrollar un plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz

1.1.2 Objetivos específicos.

- Plantear la metodología de obtención de las harinas de fibra de coco y tusa de maíz
- Caracterizar física y químicamente las harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz
- Determinar la mejor formulación para la obtención del plato biodegradable en base a las pruebas mecánica y de biodegradación
- Caracterizar microbiológicamente la mejor combinación del plato biodegradable.
- Estimar el costo-beneficio del plato biodegradable

1.2 Pregunta de investigación

¿Cómo influyen las harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz en las propiedades mecánicas y de biodegradación del producto?

1.3 Hipótesis

H0: La mezcla de harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz no influyen en la característica mecánica y de biodegradación del producto.

H1: La mezcla de harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz influyen en las características mecánica y de biodegradación del producto

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Generalidades del maíz

2.1.1 Origen.

El maíz apareció en el año 9 000 y 5 000 AC, y de acuerdo a la teoría multicéntrica del origen y diversidad del maíz basada en el estudio de la morfología de los cromosomas paquiténicos de este grano y su familiar silvestre (*Teocintle* y *Tripsacum*), el maíz tuvo sus orígenes en varias regiones de Guatemala y México (Caballero, Córdova y López, 2019).

El maíz es un grano que se cultiva tradicionalmente en la sierra andina, arribó a las costas del Ecuador en el año 4 300; este cereal se estableció como un importante alimento de la tradición de la cultura de los andes por sus propiedades nutritivas y su facilidad agronómica, se lo puede consumir de varias formas ya sea en grano tierno y maduro, bebida, harinas, entre otras (Iglesias, Alegre, Salas y Egüez, 2018).

2.1.2 Taxonomía.

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

Tabla 1. Taxonomía del maíz

Taxonomía	Categoría
Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Clase	Angiosperma
Orden	Graminales
Familia	Gramineae
Género	<i>Zea</i>
Especie	<i>Mays</i> L.

Fuente: Villacís (2021)

Elaborado por: El Autor

2.1.3 Producción mundial del maíz

En el año 2018 la producción mundial de este cereal fue de 1 075.61 millones de toneladas, ocupando el primer lugar Estados Unidos de América, el cual generó 371.10 millones de toneladas representando el 34.5 % de la producción mundial de maíz; en segundo lugar, esta China con 259.01 millones de toneladas, le sigue Brasil con 94.5 millones de toneladas y por último Argentina 42.5 millones de toneladas (FAO, 2021).

2.1.4 Producción de cultivo de maíz en el Ecuador.

Márquez, Salazar y García (2021) reportaron que a nivel nacional, la superficie cosechada de maíz duro seco, en el 2020, fue de 341.3 miles de hectáreas, presentando un crecimiento del 5.7 % respecto al 2019, concentrándose principalmente en la región Costa, en las provincias de Los Ríos, Guayas y Manabí con un 85.1 % de la superficie total cosechada de este producto, correspondiendo a 1.3 millones de toneladas, registrando un decrecimiento del 7 % respecto al año anterior (2019); la provincia de Los Ríos es la que más se dedica a este cultivo, con una participación del 49.3 % de la producción nacional, seguida de Manabí con el 21.5 %.

2.1.5 Composición física y química del maíz.

Bautista, Salinas, Santracruz, Córdova y López (2019) mencionan que las propiedades físicas del maíz dependen de la variedad; así, la densidad oscila entre 77.13 a 84.83 kg hL⁻¹, el espesor del pericarpio de 0.09 a 0.9 µm y con respecto al índice de flotación la norma NMX-FF 0341 SCFI (2002) establece un máximo de 40 %

La composición química del maíz se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición química del maíz

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

Fuente: Ortega (2014)

Elaborado por: El Autor

La semilla de maíz amarillo está constituida por tres estructuras, de la cual el germen representa el 19 %, el endospermo 80 % y el porcentaje restante es el pericarpio; con respecto al endospermo el 87 % es almidón y ocho por ciento es proteína del cual 25 % es del tipo glutenina y el 60 % de proteína de baja calidad como la zaina (Coronado, Amaya, Ortiz, Franco y Corona, 2009).

2.1.6 Cosecha del maíz

El maíz es un cultivo que se puede adaptar a los 4 000 m sobre el nivel del mar (msnm), a latitudes de 48° N y 40° S; estas plantas son de tipo C4, pueden alcanzar una altura de 60 a 80 cm, la cosecha del maíz consta de diferentes fases: cosecha, procesamiento, secado, limpieza y almacenamiento; el ciclo de cultivo de este grano dura de 150 a 190 días, es decir a los cinco meses de sembrar se lo recoleta (Gordón, Camargo, Franco y Saavedra, 2006).

Además, la maduración fisiológica de la semilla es cuando se forma una capa negra en el punto de inserción del olote, en ese momento la humedad de las semillas está en torno al 35 %, pero se cosecha cuando llega a valores de 25 %; y por último se debe secarlas hasta reducir la humedad a

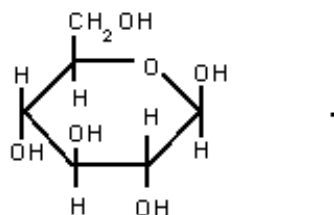
menos del 15 % para poder desgranar, procesar y secar por diversos métodos hasta llegar a un 12 % tras lo cual se procede a almacenar (Ortega, 2014).

2.1.7 Características generales de la tusa de maíz

El residuo del desgranado del maíz (*Zea mays* L.) se conoce como olote, el cual es un tejido esponjoso y blanco que representa la médula donde se almacenan las reservas alimenticias del cereal; además, por cada tonelada de maíz cosechado se generan, aproximadamente, 1 665 toneladas de residuos, de los cuales 0.186 toneladas corresponden a tusa (Martillo, Lesme, Oliva, Martínez y Silva, 2019).

Ibarra y Rueda (2018) afirman que la tusa es una fibra cruda que está compuesta por carbohidratos, de los cuales, el mayor componente es celulosa, que es un polímero natural constituido de unidades de anhidra glucosa conectadas por enlaces glucosídicos formando largas cadenas lineales que están conectadas entre sí por una red de enlaces de hidrógeno.

Figura 1. Fórmula química de la celulosa



Celulosa (C₆H₁₀O₅)_n

Fuente: Mazón (2017)

La composición de la tusa de maíz se detalla en la Tabla 3.

Tabla 3. Composición de la tusa de maíz

Carbohidratos	Composición en %
Celulosa	43
Hemicelulosa	25
Lignina	29
Extractivos y otras	3

Fuente: González, Danza, Caballero y Martínez (2016)

Elaborado por: El Autor

La lignina es un polímero polifenólico tridimensional por lo que es considerada una resina amorfa reticular que forma una matriz irregular de enlaces de hidrógeno conformada principalmente de tres unidades de fenilpropano, p-coumaryl, coniferyl y sinapyl; en cambio, la hemicelulosa es un conjunto de polímeros naturales altamente ramificados, integrados por monosacáridos monoméricos como la xilosa, manosa, glucosa, galactosa, arabinosa, entre otros (Ibarra y Rueda, 2018).

2.2 Generalidades del coco (*Cocos nucifera*)

2.2.1 Origen.

La palma de coco es la única especie del género *Cocos* en la familia *Arecaceae*, se cultiva ampliamente en las regiones tropicales debido a su extensa aplicación en la agricultura y la industria; se cree que la palma de coco se originó en la región suroeste y oeste del Pacífico incluida la península y el archipiélago de Malasia, Nueva Guinea y el archipiélago de Bismarck, en la actualidad, este cultivo se distribuye en 93 países tropicales, tales como América Central y del Sur, África Oriental y Occidental, Asia Sudoriental y las Islas del Pacífico, y se cultiva en más de 12 millones de hectáreas de tierra (Xiao et al., 2017).

2.2.2 Taxonomía.

La taxonomía del coco se presenta en la Tabla 4.

Tabla 4. Taxonomía del Coco

Descripción	Categoría
Reino	Vegetal
Familia	Arecaceae
Subfamilia	Cocoideae
Género	Cocos
Especie	<i>Cocos nucifera</i> L.

Fuente: Chan y Elevitch (2006)

Elaborado por: El Autor

2.2.3 Composición física y química del coco

La composición física del coco se visualiza en la Tabla 5.

Tabla 5. Composición física del fruto de coco

Partes	%
Epicarpio	11
Mesocarpio	23
Endocarpio	59
Almendra	7

Fuente: Neto, A., Silva y Neto, B. (2020)

Elaborado por: El Autor

Las almendras están rodeadas por una capa de semilla marrón, separadas entre sí por paredes divisorias, con un peso promedio de tres a cuatro gramos, y contienen entre 60 a 68 % de aceite, llegando al 72 % en condiciones más favorables para el crecimiento de la palma; las almendras secadas al aire contienen aproximadamente un 4 % de humedad y

corresponde al componente de la fruta más utilizado (Soler, Vitali y Muto, 2007).

La parte del endocarpio es un material muy duro, de alrededor de unos cinco milímetros de espesor, el cual cubre la almendra comestible o endospermo; el espesor del mesocarpio del coco se encuentra entre tres y cinco centímetros, el 90 % del mesocarpio está constituido por fibras, principalmente por lignina y celulosa; éstas miden entre 15 y 30 cm, la cáscara de coco por su calidad y propiedades de durabilidad, resistencia y otras ventajas, se la utiliza en la fabricación de hilos, sogas, decoraciones y entre otras (Mazón, 2017).

2.2.4 Producción mundial del coco

El coco es una planta que se cultiva en más de 90 países, con una producción total de 59 millones de toneladas en el año de 2016, la misma que está fuertemente ubicada en Asia, que fue responsable del 83.8 % de la producción mundial en 2016; así, Indonesia fue el mayor productor con 16.6 millones de toneladas, seguido de Filipinas (14.1 millones de toneladas), India (9.8 millones de toneladas), Brasil (2.5 millones de toneladas) y Sri Lanka con 2.2 millones de tonelada (Lima y Block, 2019).

2.2.5 Producción de cultivo de coco en el Ecuador

En el Ecuador, la mayor parte de tierras cultivadas con cocotero se encuentran ubicadas en la planicie costera del país y en algunas de sus islas, principalmente en las provincias de Esmeralda, Manabí, Guayas, Los Ríos y El Oro, donde se encuentra el 85 % del total cultivado (Macías, Esquivel y Valdés, 2018).

La producción de coco en el país durante el 2012 se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Producción de coco

Provincia	Hectárea Plantada	Toneladas producidas
Manabí	1 210	1 1011.00
Esmeralda	660	6 500.00
Guayas	189	1 568.00
Sucumbíos	165	770.00
Loja	102	583.00
Napo	55	260.00
Orellana	22	95.00
Galápagos	1	6.00

Fuente: Macías y Valdés (2018)

Elaborado por: El Autor

2.2.6 Cosecha del coco

La última parte que se realiza en la producción de cultivo es la cosecha, la cual se la hace de acorde al propósito que se requiera para el fruto; por lo tanto, si es para consumo en fresco, la cosecha va de intervalos de dos a tres meses, mientras que para la producción de copra la cosecha se realiza cada cuatro meses, para ello, un operario con experiencia, sube a la palmera llevando una soga de nylon o de henequén y un machete, el proceso consiste en que una soga se pasa por la palma y el otro extremo de ella se amarra el racimo cortado, para que el otro operario tense la soga y baje lentamente al suelo los cocos para así evitar que se parta el fruto y se queden en el racimo (Ambrosio, Ortiz, Sánchez, Díaz y Vernot, 2020).

Existen principalmente dos grupos distintos de coco, alto y enano; las variedades altas crecen lentamente y dan frutos de seis a diez años después de la plantación, su copra, aceite y fibra son de buena calidad, resistentes y viven hasta una edad madura de 80 a 120 años, las flores masculinas maduran antes que las femeninas, tienen una alta polinización cruzada y las nueces maduran dentro de un período de 12 meses después de la fecundación (DebMandal y Mandal, 2011).

Las variedades enanas son de rápido crecimiento y se desarrollan temprano, es decir, tardan de cuatro a cinco años; debido a su característica monoica, se auto polinizan, las nueces son color amarillo, rojo, verde y naranja, son menos resistentes y requieren una precipitación anual de 40 a 60 pulgadas con temperatura promedio mínima de 22 °C y un tipo de suelo franco arenoso rojo, laterita y aluvial para tener un mejor rendimiento (Zheng y Li, 2018).

2.2.7 Características generales de la fibra de coco.

La fibra de coco es un subproducto de la agricultura que se genera después del uso de los productos principales como agua de coco y la parte comestible de la fruta; se la obtiene de la cáscara de la palma de coco, siendo posible la extracción en frutos maduros e inmaduros, contiene mayor concentración de taninos y lignina que las fibras vegetales convencionales, cambiando así su comportamiento mecánico lo que permite su uso de diferentes maneras (Santos, Souza, Pereira y Sobral, 2019).

Las características físicas, químicas y mecánicas de la fibra de coco se muestran en la Tabla 7.

Tabla 7. Características físicas, químicas y mecánicas de fibra de coco

Parámetro	Unidad	Resultado
Celulosa	%	35– 45
Lignina	%	45 – 46
Largo	Mm	3 – 1
Ancho	Mm	0.10 – 0.45
Resistencia a la tracción	MPa	106 – 70
Modelo de elasticidad	GPa	3 – 6
Elongación por ruptura	%	15 – 47

Fuente: Giraldelli, Pereira, Santos, Brasil y Pinheiro (2020)

Elaborado por: El Autor

2.3 Generalidades del arroz

2.3.1 Origen.

El cultivo de arroz tiene sus orígenes hace unos 3 000 años antes de Cristo en Asia tropical y subtropical, también hay datos de este cereal en la India, el cual es, uno de los países pionero, pero desde China fue donde pudo comercializarse a varias partes del mundo, hay dos principales especies de este grano, la africana y asiática, las cuales han sufrido su propio camino de domesticación; la variedad asiática ha pasado por un proceso de selección con el fin de obtener granos de mayor tamaño dando como resultado la especie *Oryza*, la cual dio origen a tres variedades Japónica, Indica y Javanica, en cambio la variedad africana *Oryza glaberrimus* se la obtuvo a partir de especies silvestres (Bernis y Pámies, 2004).

2.3.2 Taxonomía.

La clasificación taxonómica del arroz se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8. Taxonomía del arroz

Descripción	Categoría
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Ehrhartoideae
Especie	<i>Oryza sativa</i>

Fuente: Degiovanni, Berrío y Charry (2010)

Elaborado por: El Autor

2.3.3 Producción mundial.

El arroz es uno de los cereales que mayormente se cultiva a nivel mundial y en muchos países es una guarnición indispensable en la mesa de cada familia; es el segundo grano más producido a nivel mundial después del maíz, este cultivo se lo puede encontrar en los cinco continentes, tanto en las regiones pantanosas como en llanuras, en algunos países con clima templado o en otros con climas cálido y húmedo como se muestra en la Tabla 9 (Gárgano, 2018).

Tabla 9. Países productores de arroz pilado a nivel mundial del año 2016

No	País	Producción (en toneladas)
1	China	144 850 000
2	India	106 500 000
3	Indonesia	37 150 000
4	Bangladesh	34 581 000
5	Vietnam	27 861 000
6	Tailandia	18 600 000
7	Birmania	12 400 000
8	Filipinas	11 500 000
9	Brasil	8 160 000
10	Japón	7 780 000
11	Estados Unidos	7 117 000
12	Pakistán	6 800 000
13	Camboya	4 700 000
14	Egipto	4 554 000
15	Nepal	3 100 000

Fuente: Pérez y Rodríguez (2018)

Elaborado por: El Autor

2.3.4 Producción en el Ecuador.

Márquez, Salazar y García (2021) reportó que la superficie total cosechada de arroz en el año 2020, en Ecuador, fue de 312.9 miles de

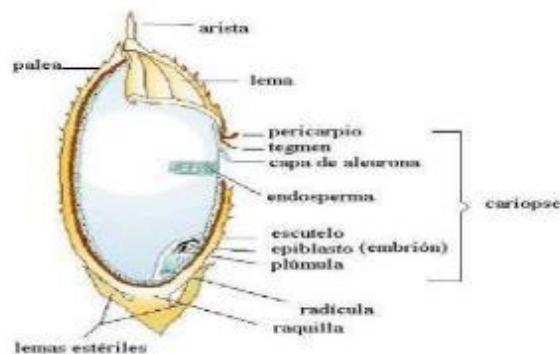
hectáreas lo cual representó un crecimiento del 21.6 % respecto al año anterior, con una producción de 1.3 millones de toneladas; siendo las provincias de Guayas y Los Ríos las mayores productoras de este cereal, las cuales sumaron el 89.4 % de la superficie total cosechada del periodo 2020.

En Ecuador los ciclos de producción anual de este grano se dividen en dos: el de invierno que representa el 60 % y de verano un 40 % (Gárgano, 2018).

2.3.5 Composición física y química del grano de arroz.

El grano de arroz está conformado por una cáscara color crema que envuelve la parte comestible o endospermo, el cual es de color blanco y se encuentra rodeado de una cubierta muy delgada o pericarpio, también de color crema o marrón claro; la fuerte adhesión del pericarpio con el endospermo permite ubicar el fruto o grano de arroz en una cariósida, en su parte ventral se encuentra el embrión, donde se identifican la plúmula (hojas embrionarias), radícula (raíz embrionaria) y mesocotilo (precursor del tallo), el cual es muy corto y une las dos partes antes mencionadas (Pérez y Rodríguez, 2018).

Figura 2. Partes que componen el grano de arroz.



Fuente: Pincioli (2011)

El principal componente del arroz pilado es el almidón el cual está constituido por amilosa y amilopectina, mientras más amilopectina contenga más viscoso y pegajoso estarán los granos entre sí, además tienen alrededor de un siete por ciento de proteína y una cantidad notable de vitamina B3 y B6; cuando el grano de arroz se descascara y se lo pule, éste suele perder alrededor del 50 % de su contenido en minerales y un 85 % de las vitaminas del grupo B (Averos, 2018).

2.4 Generalidad de la harina

Carreira (2016) afirma que la producción de las harinas se realiza mediante un proceso industrial el cual consiste en la molienda de productos de origen animal o vegetal con la finalidad de obtener un polvo fino, el cual, para ser considerado harina, el 98 % o más de este material debe pasar por un tamiz de 212 μm ; las harinas se clasifican por su grado de pureza en:

- 0: harina de gran fuerza y menos refinadas,
- 00 y 000: se utiliza para elaborar panes, por su contenido elevado de proteína,
- 0000: es la más refinada de las harinas y carece de gluten.

Por últimos están las harinas de baja panificación las cuales son de avena, soya y no panificables como la de arroz, quínoa y garbanzos.

2.4 1 Harina de fibra de coco

Para obtener la harina de fibra de coco verde primero se separa el mesocarpio del fruto, luego, se seca en un horno sin circulación de aire durante 24 horas, a una temperatura de 80 ° C y, durante 1 hora más, a 110 °C en un horno con circulación de aire, después se somete a un proceso de molienda física y tamizado manual, utilizando un tamiz de malla con apertura de 0.42 mm (Ishizaki, Visconde, Furtado, Leite y Leblanc, 2006).

La composición de la harina de fibra de coco se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Composición de la harina de fibra de coco

Parámetros	%
Humedad	7.6
Cenizas	5.53
Proteína	5.18
Extracto etéreo	4.1
Fibra cruda	34.62
Extracto no nitrogenado	42.97

Fuente: Rincón et al. (2018)

Elaborado por: El Autor

2.4.2 Harina de tusa de maíz

Para la obtención de la harina de tusa, primero se desgrana el maíz, después se lava y corta en trozos, se seca en un horno de convección a una temperatura de 45 °C por un lapso de 24 horas, pasado ese tiempo va al proceso de molienda por medio de un molino de cuchillas y por último se pasa por un tamiz de malla de un milímetro (Salgado y Herrera, 2020).

La composición física y química de la harina de tusa se presenta en la Tabla 11.

Tabla 11. Composición física y química de la harina de tusa

Parámetros	%
Humedad	1.32
Ceniza	2.54
Extracto etéreo	1.2
Proteína	2.39
Fibra cruda	12.31
Extracto libre de nitrógeno (ELN)	80.24

Fuente: Rodríguez, Leal, Castillo y Alanis (2019)

Elaborado por: El Autor

2.4.3 Harina de arroz

Según la Nmx-f-160 (1982), la harina de arroz es el producto que se obtiene por la molienda y tamizado del cereal, el cual debe estar limpio, entero o quebrado, sin cáscara, libre de impureza y materia extraña que adultere la calidad del producto.

En la Tabla 12 se observa la composición física y química de la harina de arroz.

Tabla 12. Composición física y química de la harina de arroz

Parámetro	%
Humedad	11.0
Ceniza	1.45
Lípidos	2.45
Proteína	8.20
Fibra total	3.8
Carbohidratos	73.1

Fuente: Mellado y Haros (2016)

Elaborado por: El Autor

2.5 Antecedentes de la contaminación provocada por plásticos

El plástico apareció hace 150 años, el cual fue hecho como alternativa sustentable e ingeniosa para la área de almacenamiento de alimentos, construcción, vestimenta y transporte, pero desde que apareció hasta ahora, su implantación a nivel mundial se incrementó, lo cual ha generado un problema ambiental, ya que actualmente este polímero inunda los mares, tierras y lagos provocando a su paso la muerte de millones de animales y adicionalmente se ha descubierto que tiene serios impactos en la salud humana (Murray, Serrano y Miranda, 2021)

2.5.1 Producción de plástico a nivel mundial

Para la producción de los envases descartables se usa como material principal el plástico ya que al estar compuestos de este polímero sintético, los productos adquieren resistencia a la corrosión, con un peso ligero, flexible y durable en el tiempo; la problemática ambiental de estos recipientes es que no se biodegradan y aún siguen presentes desde que se inició su comercialización y fabricación en el siglo pasado, y es así que hasta el momento se han generado 7.8 billones de toneladas lo que corresponde a una tonelada de plástico por cada persona en el planeta (Buteler, 2019).

En la época de los años 50, el plástico alcanzó una producción mundial de dos millones de toneladas, ya para el año 2015 la manufactura fue de 381 millones de toneladas y aún sigue creciendo; siendo China, el que aporta con la cuarta parte de la fabricación, ocupando el primer lugar a nivel mundial, seguido de Europa con alrededor de 60 millones de toneladas en el año 2016 (Penilla y Koot, 2020).

2.5.2 El plástico en Ecuador.

En Ecuador las industrias dedicadas a la fabricación de plásticos están presentes desde el año 1931 y existen alrededor de 500 empresas relacionadas a esta actividad; además, el 80 % de los suministros plásticos son proveídos por la producción local, y el 20 % es importado; material que es utilizado en la agricultura como en los sistemas de riego, en la construcción, y en el sector de los alimentos el 50 % de los productos son envasados en envases de plásticos por sus cualidades de bajo costo, resistencia y flexibilidad (Ubilla, 2019).

2.6 Situación del sector de los platos descartables en Ecuador

Desde el año 2018, el gobierno autónomo descentralizado de Guayaquil tiene una ordenanza para regular la fabricación, comercialización y distribución del plástico de un solo uso y promover el uso y producción de

envases biodegradables con el propósito de sustituir los envases de un solo uso (Proaño, 2020).

El sector de los platos descartables tuvo la necesidad de evolucionar al uso de biopolímeros debido a la ley orgánica para la racionalización, reutilización, y reducción de plásticos de un solo uso, la cual fue aprobada el 4 de noviembre del año 2020, ésta establece dentro de sus prohibiciones que en un plazo de 36 meses que entre en vigencia, no estará permitido el consumo, fabricación y empleo de productos tales como platos, cubiertos y otros utensilios de un solo uso destinados para alimentos y bebidas que no sean reciclables y además que en su composición tengan porcentajes menores de materiales biodegradable de los exigidos en la ley (Arzube, 2021).

La Tabla 13 presenta el porcentaje de material biodegradable para cada uno de los productos, de acuerdo a la ley.

Tabla 13. Porcentaje de material biodegradable

Productos	Porcentaje de material biodegradable a		
	18 meses	36 meses	48 meses
Fundas plásticas de acarreo	50 %	55 %	60 %
Recipientes poliestireno expandido	8 %	12 %	18 %
Vasos/tarrinas/ cubiertos	10 %	25 %	30 %
Botellas PET	5 %	15 %	30 %

Fuente: Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un solo Uso (2020)

Elaborado por: El Autor

2.7 Biopolímeros

Un polímero biodegradable se define como aquel que puede ser degradado completamente por el medio ambiente, reduciendo así el impacto ambiental que estos materiales producen, es decir los biopolímeros tienen mayor capacidad de degradación con factores como el agua, microorganismo y la temperatura, por lo cual para que ocurra la degradación la estructura polimérica deben estar compuesto de sistemas biológicos como azúcares, aminoácidos, lípidos entre otros (Pertuz y Guevara, 2021).

Una de las grandes ventajas de los biopolímeros es que tras su uso se descomponen en un tiempo corto, por ende se reduce el impacto ambiental que puedan ocasionar los bioplásticos; otra ventaja es que se pueden fabricar a partir de recursos renovables como lo son residuos orgánicos, es decir, los residuos agroindustriales se transforman en un recurso y al mismo tiempo se evita que se acumulen en vertederos o en la naturaleza (Matsakas, Gao, Jansson, Rova y Christakopoulos, 2017).

Existen dos grandes diferencias entre los bioplásticos y los plásticos convencionales, la primera está en la fabricación, la manufactura de los plásticos es más barata comparado con los biopolímeros esto se debe a que la industria del plástico lleva ya décadas produciendo y además tiene un mercado amplio y la capacidad de producción es mayor; la segunda, también radica en la fabricación, la producción de bioplástico es más amigable con el ambiente ya que la mayoría son fabricados a partir de residuos orgánicos y aparte se degradan (Izaguirre, 2021).

2.7.1 Mercado internacional de bioplásticos.

Flórez (2011) menciona que los bioplásticos se dividen en dos grupos:

- plásticos biobasados: los cuales se fabrican parcialmente de materias primas renovables, pero no poseen la propiedad de biodegradarse;

- plásticos compostables: son elaborados de materias primas renovables cuyo envase se descompone en un 100 % en el ambiente en un tiempo definido.

Según los datos de mercado recopilados por EUBIO (2020) en cooperación con el Nova-Institute, se prevé que la capacidad mundial de producción de bioplásticos aumente de alrededor de 2.11 millones de toneladas, en el 2020, a aproximadamente 2.87 millones de toneladas en el 2025; los plásticos de base biológica no biodegradables en conjunto representan poco más del 40 %, casi 890 mil toneladas de la capacidad de producción mundial de bioplásticos, por lo que se pronostica que su participación disminuya ligeramente al 37 % en 2025 (alrededor de 1 millón de toneladas), ya que el pronóstico para la producción de plásticos biodegradables muestra un mayor nivel de crecimiento.

2.8 Biodegradación

La biodegradabilidad es la cualidad que tiene un material o sustancia orgánica en transformarse en una sustancia simple por medio de enzimas que generan los microorganismos, cuando el proceso se completa el material inicial orgánico, como biopolímeros, se transforma en moléculas inorgánicas simples como el agua, metano y dióxido de carbono (Cahuana, 2019).

Por lo general, en la naturaleza los materiales orgánicos tardan un tiempo determinado en degradarse, así la paja o la madera tardan mucho más que el almidón y la celulosa; también influye el ambiente por ejemplo en lugares fríos y secos el proceso de biodegradación es relativamente más lento que en un ambiente húmedo y cálido, lo cual quiere decir que el tiempo de biodegradación está influenciado por la naturaleza química de los materiales o sustancia y por el entorno donde se da lugar el proceso de degradación (Gómez, 2021).

2.8.1 Normativas para biodegradación.

Existen normas que regulan los métodos de degradación y de materiales como la ASTM D6400-19 (2012) de los Estados Unidos, la cual establece los estándares y requisitos; ASTM D5338-98 (2003) plantea el método de ensayo estándar para determinar la degradación de materiales plásticos de forma aeróbica en condiciones controladas de compostaje.

También existen las normas europeas BS EN 13432: 2002 (2007) en la cual se indican los requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación y la norma CSN EN ISO 14855-1 (2012) que es para la desintegración de materiales plásticos y determinación de la biodegradabilidad aeróbica final en condiciones de compostaje controladas, en otras palabras, estas normas describen el procedimiento de los análisis.

2.9 Envases biodegradables

En el mundo, los envases biodegradables comienzan a convertirse en tendencia aproximadamente desde el año 2016, actualmente la obtención de los envases compostables emplean como bases almidones provenientes de la yuca, maíz, palma de azúcar, papa y plastificantes como el sorbitol, alcohol polivinilo y glicerol, los cuales son componentes que ayudan a que se degraden fácilmente los envases por acción de levaduras o enzimas de bacterias presentes en el ambiente (López, Chávez y Chuquizuta, 2017).

Para mejorar las propiedades mecánicas de los envases biodegradable se usa el almidón termoplástico (TPS), el cual es el almidón modificado por la incorporación de plastificantes como el agua, glicerina, sorbitol entre otros, esa mezcla es sometida a un tratamiento termo prensado con la finalidad de destruir la estructura cristalina del almidón y formar el almidón termoplástico amorfo, la desventaja de este material es que es muy débil al agua, su envejecimiento es rápido por lo cual para solucionar este inconveniente se

incorpora en la matriz termoplástica fibras de celulosa (Valdivieso, Fernández y Uscategui, 2013).

En la investigación de Avalos y Torres (2018) sobre el desarrollo de envases biodegradable a base de cascarilla de arroz molida, al utilizar esta materia prima en forma de harina obtuvieron como resultado, un producto compacto, uniforme, con un espesor de 0.5 mm y una degradación rápida.

Díaz, Ruano y Cardona (2017) en su trabajo de investigación relacionado a la caracterización y optimización de una bandeja biodegradable a partir de maíz, papa, soya y glicerol por el método de termo prensado, utilizaron un tres por ciento de glicerol, la temperatura de prensado fue de 205 °C y un tiempo de seis minutos a presión atmosférica.

2.9.1 Análisis de biodegradación

La norma ASTM D4102-82 (2015) modificada por Barreiro y Coronel (2021) establece el análisis de biodegradación que consiste en evaluar la degradación de un material sometido a la intemperie; el porcentaje de biodegradación se determina en función a la pérdida de peso en un tiempo de seis semanas.

2.10 Característica mecánica

2.10.1 Dureza

Una de las propiedades mecánicas de los materiales es la dureza, la cual se basa en la resistencia que ejerce el objeto a deformación permanente ya sea por rayado o penetración; esta prueba ayuda a determinar las características técnicas del producto, se lo realiza por medio de la normativa UNE-EN ISO 868 (Gontarski, Casali y Mikowski, 2021).

2.11 Costo-Beneficio

2.11.1 Costo de producción

Es aquel gasto necesario para fabricar un producto o generar un servicio, los elementos a considerar corresponden a los costos: directos, indirectos, fijos y variables (Sánchez, 2003).

El costo fijo se lo describe como aquel gasto invariable durante el periodo de producción establecido y no se ve afectado por la cantidad de bien o servicio producido, como por ejemplo los salarios, campañas publicitarias, pago de patentes, entre otras; el costo variable corresponde a los gastos que fluctúan en función a la cantidad de bienes o servicios a producir (Panchi, Armas y Chasi, 2017).

El costo directo se calcula con los gastos que están relacionados directamente con el producto o el servicio, como la mano de obra directa, la materia prima e insumos; los costos indirectos son los gastos que indirectamente están relacionados en la obtención del bien o servicio tales como mano de obra indirecta, alquiler, repuestos, energía, entre otros; por último, el costo total es la suma de los costos fijos y variables (Sánchez, 2003).

2.11.2 Punto de equilibrio financiero.

El punto de equilibrio es el volumen en donde los ingresos totales son iguales a los costos totales, esto ayuda a identificar a partir de qué punto una empresa puede obtener ganancias o pérdidas por medio de la producción y venta, es decir, si se produce y vende más del punto de equilibrio se generan ingresos y si se produce y vende menos del punto de equilibrio se genera pérdida, esto sirve para evaluar si una idea de negocio es rentable o no (Bedoya, 2018)

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Ubicación del ensayo

El presente Trabajo de Titulación se realizó en la ciudad de Ventanas (residencia del alumno) ubicada en la calle Panamericana Km 1 1/2 vía Babahoyo, troncal de la costa, Babahoyo 120401.

Figura 3. Locación del ensayo



Fuente: Google Earth Pro (2021)

3.2 Condiciones climáticas de la zona

En el cantón Ventanas, provincia de Los Ríos, las temperaturas van de 22 a 32 °C y pocas veces baja a menos de 21 °C o sube más de 34 °C; la temporada seca, en esta región, es parcialmente nublada, húmeda y muy caliente, empieza desde finales de mayo hasta inicios de diciembre; en la época de lluvia, el clima pasa nublado por lo general comienza desde finales de diciembre hasta principio de mayo (Weather Spark, 2021).

3.3 Insumos, equipos y materiales

3.3.1 Insumos.

- Fibra de coco
- Tusa de maíz
- Harina de arroz
- Agua destilada
- Glicerina

3.3.2 Equipos

- Horno
- Cuchillo
- Estufa
- Balanza analítica
- Molino de grano
- Plancha de calentamiento
- Durómetros Shore tipo D

3.3.3 Materiales

- Tamiz de malla número 40
- Termómetro
- Moldes de acero
- Rodillo de masa
- Papel aluminio

3.4 Diseño de la investigación

La investigación tuvo un enfoque experimental, con alcance descriptivo, correlacional y explicativo, por que busca obtener datos e información sobre causas y efectos de las variables utilizadas como las harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz en las propiedades físicas y mecánicas del plato biodegradable.

El diseño experimental es una técnica estadística, que se basa en manipular la variable independiente de un modelo, con el propósito de medir y observar los efectos de las variables dependientes en el modelo; es decir, busca el impacto que genera una variable al modificar otra variable (Albaladejo, Martínez, Abadia y Castillo, 2001).

En el enfoque descriptivo se busca determinar las propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, describe tendencias de un grupo o población, es decir consideran al fenómeno estudiado y sus componentes y se definen las variables.

El estudio correlacional asocia variables mediante un patrón predecible para un grupo o población, es decir asocia conceptos o variables, permite predicciones y se cuantifican las relaciones; los estudios explicativos pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian, es decir se determinan las causas de los fenómenos, se genera un sentido de entendimiento y son sumamente estructurados (Hernández, 2014).

Además se tomó como referencia para el diseño de la investigación del presente trabajo un componente práctico de un examen complejo, presentado el 2021 por el estudiante Cesar Alejandro Ramírez con el tema de desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cáscara de mango, cascarilla de arroz y almidón de yuca (Ramírez , 2021).

3.5 Unidades de análisis

3.5.1 Población.

En esta investigación se seleccionó como población la tusa de maíz y fibra de coco las cuales fueron obtenidas de los desechos agroindustriales del

cantón Ventanas y la harina de arroz de la píladora Santa Rosa ubicada en el cantón Santa Lucía.

3.5.2 Muestreo.

El muestreo fue no probabilístico ya que los tratamientos se seleccionaron aleatoriamente, es decir las muestras fueron escogidas de acuerdo a las restricciones establecidas de cada uno de los componentes; se procesó la tusa de maíz y la fibra de coco para la obtención de las respectivas harinas y se caracterizaron física y químicamente de acuerdo a las normas establecidas. El estudio se realizó con un presupuesto que definió el investigador, el cual fue una opción viable para realizar la investigación y lograr obtener los resultados esperados.

3.6 Técnicas para el procesamiento de la información

El procesamiento de la información obtenida de los análisis se realizó mediante los programas de excel, Design Expert e Infostat.

3.7 Factores de estudio

Los factores de estudio fueron considerados a partir de la fórmula testigo, la cual se presenta en la Tabla 14, esta fórmula fue sujeta a diversos cambios de porcentajes de harinas para evaluar la calidad y biodegradación del plato.

Tabla 14. Fórmula testigo para la elaboración del bioplástico

Ingrediente	%
Almidón de papa	47.17
Rastrojo de maíz	1.33
Glicerol	1.50

Agua destilada

50.00

Fuente: Díaz, Ruano y Cardona (2017)

Elaborado por: El Autor

En base a la fórmula testigo y posteriores ensayos realizados se establecieron las restricciones siguientes:

Factor A: 5 a 25 % harina de fibra de coco

Factor B: 20 a 40 % harina de arroz

Factor C: 5 a 25 % harina de tusa de maíz

3.8 Unidades experimentales

Establecidas las restricciones se ingresaron los datos en el programa Desing Expert versión 11 para determinar los tratamientos, el cual arrojó como resultado 14 formulaciones que están visualizados en la Tabla 15, cada una de las mezclas tuvo un peso de 200 g.

Tabla 15. Tratamientos

Tratamientos	A %	B %	C %	Agua %	Glicerina %
T1	5.00	40.00	5.00	47	3
T2	11.67	26.66	11.67	47	3
T3	25.00	20.00	5.00	47	3
T4	5.00	20.00	25.00	47	3
T5	18.33	23.34	8.33	47	3
T6	15.00	30.00	5.00	47	3
T7	8.33	23.34	18.33	47	3
T8	5.00	30.00	15.00	47	3
T9	5.00	40.00	5.00	47	3
T10	5.00	20.00	25.00	47	3
T11	8.33	33.34	8.33	47	3
T12	15.00	30.00	5.00	47	3
T13	15.00	20.00	15.00	47	3
T14	25.00	20.00	5.00	47	3

Elaborado por: El Autor

3.9 Diseño experimental

Se realizó un diseño completamente aleatorizado (DCA) donde las variables dependientes fueron las propiedades físicas y biodegradación en el plato biodegradable en función de los diferentes tratamientos los cuales se realizaron por triplicado, es decir un total de 42 muestras.

3.9.1 Análisis de varianza.

Los datos obtenidos de los análisis del plato biodegradable fueron sometidos al análisis de varianza paramétrico (ANOVA), para probar la hipótesis de la investigación y para comprobar los supuestos del ANOVA se tomaron en cuenta los valores de residuos dados por el programa Infostat para luego hacer la comprobación mediante la prueba gráfica de normalidad, la cual sirve para analizar la dispersión de los residuos obtenidos versus los cuantiles teóricos de una distribución normal; de esa forma se pudo descartar o aceptar la prueba en uso y evaluar si el modelo utilizado fue el adecuado para explicar de manera significativa el trabajo de investigación. La hipótesis se analizó estadísticamente con un nivel de significación de 0.05 (95 %). A continuación, se detallan las hipótesis planteadas:

H₀= La mezcla de harinas de tusa de maíz, arroz y fibra de coco no influyen en las características mecánicas y de biodegradación en el desarrollo de un plato biodegradable.

H₁: La mezcla de harinas de tusa de maíz, arroz y fibra de coco influyen en las características mecánicas y de biodegradación en el desarrollo de un plato biodegradable.

Mediante ANOVA se pudo demostrar si algún tratamiento fue diferente, es decir si la hipótesis alternativa se aceptaba para luego proceder a realizar la prueba a posteriori de Tukey por medio del programa INFOSTAT, el cual designa letras a los resultados de la prueba Tukey con el objetivo de reconocer de forma específica cual tratamiento difiere de los demás en las variables dependientes, ya sea de manera positiva o negativa.

3.9.2 Variable independiente.

Las harinas son parte primordial para elaborar el plato biodegradable; por lo tanto, fueron tomadas como las variables independientes y debían cumplir con los requisitos establecidos en las normas respectivas.

Las variables independientes y los parámetros a evaluar, se muestran en la Tabla 16.

Tabla 16. Variables independientes con sus indicadores

Variables Independientes	Indicadores
	Humedad
Harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz	Cenizas (base seca)
	Fibra cruda

Elaborado por: El Autor

3.9.3 Esquema del análisis de varianza.

Para el análisis de varianza se utilizó el esquema que se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17. Esquema del análisis de varianza

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

Fuente: Balzarini, et al. (2008)

Elaborado por: El Autor

Dónde:

k = muestras sobre las que se aplican los tratamientos

n = número total de observaciones

X = cada una de las observaciones

T_c = total de columna de cada tratamiento

n_c = número de observaciones de cada muestra

3.9.4 Variable dependiente.

La Tabla 18 hace referencia a la característica de la degradación y mecánica del plato biodegradable.

Tabla 18. Plato biodegradable

Variable dependiente	Indicadores
	Dureza
Plato biodegradable	Prueba de biodegradabilidad

Elaborado por: El Autor

3.10 Variables cuantitativas físicas y químicas de las harinas

3.10.1 Humedad.

El contenido de humedad se determinó mediante la norma NTE INEN 518 (1980), en la que se indica que se deben pesar 2 g de las harinas de origen vegetal, la cual es transferida a un pesa filtro, luego se calienta a 130 °C en la estufa durante una hora (pesa filtro con su contenido y sin tapa), una vez transcurrido el tiempo se tapa y se lo retira de la estufa para colocarlo en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente y pesarlo, se repita la acción de secado y enfriado hasta que la diferencia de masa entre los dos últimos resultados no sea mayor a 0.1mg, para el cálculo se aplica la siguiente fórmula:

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

Dónde:

P_c = Pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa

m_1 = Masa del pesafiltro vacío con tapa, en g

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

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

3.10.2 Ceniza.

El análisis de ceniza se realizó acorde a la norma NTE INEN 520 (2013), el cual se basó en tomar una alícuota de 2 a 5 g de muestra en un crisol que luego fue introducido en la mufla para la incineración de la muestra a $550 \pm 15^\circ\text{C}$, los residuos obtenidos (cenizas) fueron de color gris claro y se

colocaron en el desecador hasta que alcancen la temperatura ambiente, por último se pesaron y se repitieron las incineraciones por lapsos de 30 minutos hasta que no haya disminución en la masa; para el cálculo se aplicó la siguiente fórmula:

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

Dónde:

C = Contenido de cenizas en harinas, en porcentaje masa

m_1 = Masa del crisol vacío con tapa, en g

m_2 = Masa del crisol con la muestra, en g

m_3 = Masa del crisol con las cenizas, en g

H = Porcentaje de humedad en la muestra

3.10.3 Fibra cruda.

El análisis de fibra cruda se lo realizó de acuerdo al método AOAC 978.10 (2009).

3.11 Variables cuantitativas: mecánica y de biodegradación para el plato biodegradable

3.11.1 Dureza.

La determinación se realizó de acuerdo a lo establecido en la normativa NTE INEN-ISO 868 (2014), que consiste en aplicar un penetrador al material de ensayo bajo condiciones especificadas y se mide la profundidad de penetración, se puede utilizar tanto durómetro Shore tipo A como D.

3.11.2 Prueba de biodegradabilidad.

El análisis de biodegradación se efectuó en base al método establecido por Barreiro y Coronel (2021), para ello, las muestras tuvieron un tamaño de 20 mm x 20 mm y luego usando una balanza analítica se registró el peso inicial, las piezas se expusieron a la intemperie durante seis semanas; se calculó la pérdida de peso semanalmente mediante la ecuación siguiente:

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

Dónde:

PP = pérdida de peso

W_1 = Peso inicial

W_2 = Peso final de la muestra

3.12 Caracterización microbiológica

La caracterización microbiológica se realizó a la mejor formulación del plato biodegradable.

3.12.1 Salmonella

La norma NTE INEN 1529-15 (2013) se utiliza para determinar salmonella en alimentos, este método es cualitativo, es decir solo es aplicable para determinar la presencia o ausencia de Salmonella.

El procedimiento se realizó en tres etapas:

- Preenriquecimiento: el cultivo se mantuvo a 37 °C, en medios mínimos sencillos, exentos de agentes químicos selectivos con la finalidad de revitalizar las salmonellas lesionadas.
- Enriquecimiento selectivo: se utilizó un subcultivo entre 42 a 43°C, en medio líquido selectivo del cultivo preenriquecido, con el fin de inhibir o

restringir el crecimiento de la flora competitiva y favorecer la multiplicación de las salmonellas.

- Siembra en placa de medios selectivos sólidos: se inoculó los cultivos de enriquecimiento selectivo en la superficie de agares selectivos y diferenciales, esto sirvió para visualizar aquellas colonias que por su aspecto característico se las consideraba como Salmonella presuntiva.

3.13 Manejo del experimento

El experimento consta de cuatro fases que son las siguientes:

- Elaboración de las harinas de fibra de coco y tusa de maíz
- Análisis físicos y químicos de las harinas
- Desarrollo del plato biodegradable
- Análisis mecánico, microbiológico y de biodegradación del producto

3.13.1 Proceso de elaboración de la harina de fibra de coco.

Ishizaki, Visconde, Furtado, Leite y Leblanc (2006) señalan el siguiente proceso para la elaboración de la harina de fibra de coco:

3.13.1.1 Recepción y pesado.

Se revisó, mediante un examen visual, que la cáscara de coco no contenga materiales extraños, presencia de hongos o insectos y posteriormente se la pesó.

3.13.1.2 Limpieza.

Las cáscaras de coco se lavaron con agua potable para eliminar la presencia de polvo o impurezas.

3.13.1.2 Extracción.

Se procedió a retirar la cáscara del mesocarpio del coco de forma manual.

3.13.1.4 Corte

El mesocarpio del coco fue cortado en tamaños pequeños para llevarlo al proceso de secado.

3.13.1.5 Secado.

La fibra de coco se colocó al sol durante tres días y después se introdujo en un horno con circulación de aire a 110 °C durante una hora.

3.13.1.6 Molienda.

La fibra de coco seca se pasó por un molino de grano para la obtención de la harina.

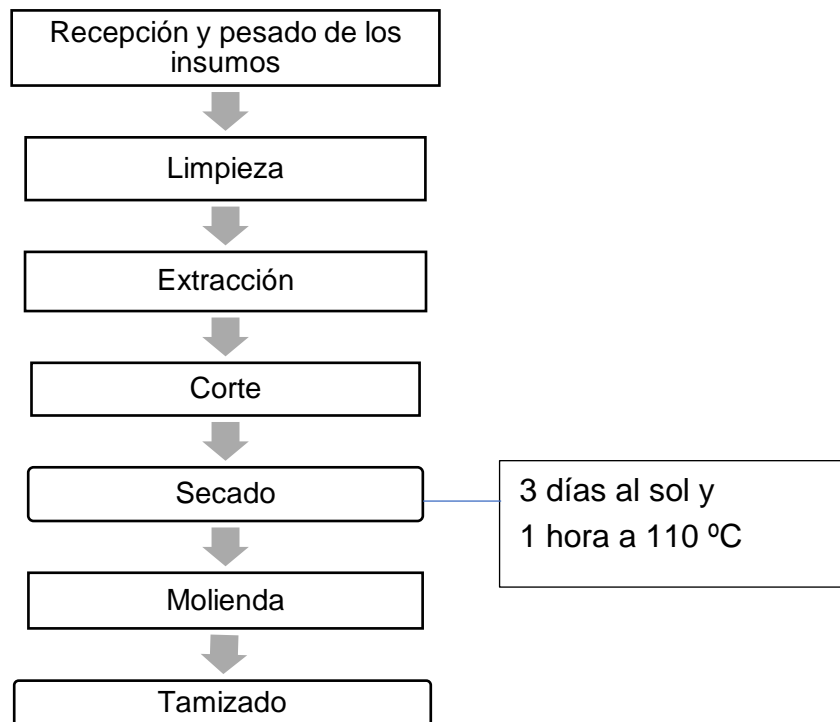
3.13.1.7 Tamizado.

Una vez molida la fibra de coco se pasó por un tamiz de malla 40; es decir, por uno que tenga una abertura de 0.42 mm.

3.13.1.8 Diagrama de flujo de la elaboración de harina de coco.

En la Figura 3 se detalla el proceso de elaboración de harina de coco.

Figura 3. Diagrama de flujo de elaboración de harina de coco



Fuente: Ishizaki, Visconde, Furtado, Leite y Leblanc (2006)

Elaborado por: El Autor

3.13.2 Proceso de elaboración de la harina de tusa de maíz.

Salgado y Herrera (2020) señalan el siguiente proceso para la elaboración de la harina de tusa:

3.13.2.1 Recepción y limpieza.

En esta etapa, los elotes de maíz se revisaron para que no contengan materiales extraños, para lo cual se realizó un examen visual con el fin de verificar que la materia prima no tenga presencia de hongos o insectos; además, se retiró manualmente palos o cualquier material extraño que no sea tusa de maíz.

3.13.2.2 Secado.

La tusa se colocó en un horno con circulación de aire durante cuatro horas a una temperatura de 80 °C.

3.13.2.3 Molienda.

Para realizar la molienda, se colocó la tusa seca en un molino de grano para la obtención de la harina.

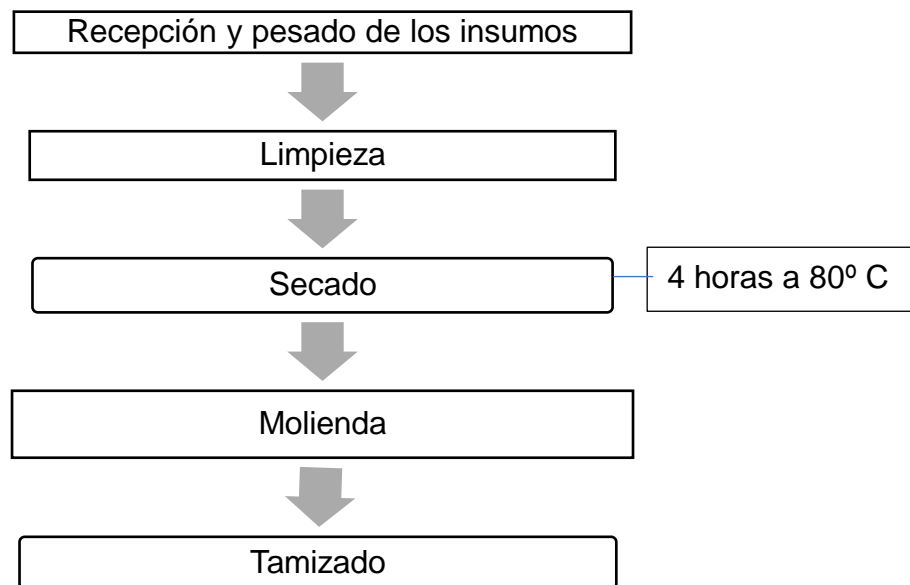
3.13.2.4 Tamizado.

Una vez molida la tusa de maíz se pasó por un tamiz de malla 40, es decir una abertura de malla de 0.42 mm.

3.13.2.5 Diagrama de flujo de la harina de tusa de maíz.

En la Figura 3 se detalla el proceso de elaboración de tusa de maíz.

Figura 3. Diagrama de flujo de elaboración de harina de tusa de maíz



Fuente: Salgado y Herrera (2020)

Elaborado por: El Autor

3.13.3 Elaboración del plato *biodegradable*.

Avalos y Torres (2018) mencionan los siguientes pasos para la obtención de un envase biodegradable:

3.13.3.1 Recepción de la materia prima.

Se verificó que las harinas no contengan materiales extraños o presencia de insectos u hongos, tampoco grumos o que estén humedecidas y que la humedad no sea mayor a 13 %.

3.13.3.2 Dosificación de insumos.

Los ingredientes e insumos se pesaron en una balanza digital acorde a las formulaciones requeridas en el proyecto.

3.13.3.3 Primer mezclado.

En una olla se colocó el agua destilada junto con la harina de arroz y se mezcló hasta obtener una masa homogénea, luego se calentó a 40 °C por cinco minutos.

3.13.3.4 Segundo mezclado.

Las harinas de tusa de maíz y fibra de coco fueron incorporadas en la mezcla anterior.

3.13.3.5 Tercera mezclado.

La glicerina fue adicionada a la mezcla y se agitó durante cinco minutos a 40 °C.

3.13.3.6 Moldeado y cocción.

La mezcla se colocó en moldes metálicos y posteriormente se prensó en una plancha caliente y llevada al horno por 20 minutos a una temperatura de 200 °C, luego se dejó secar durante 12 horas.

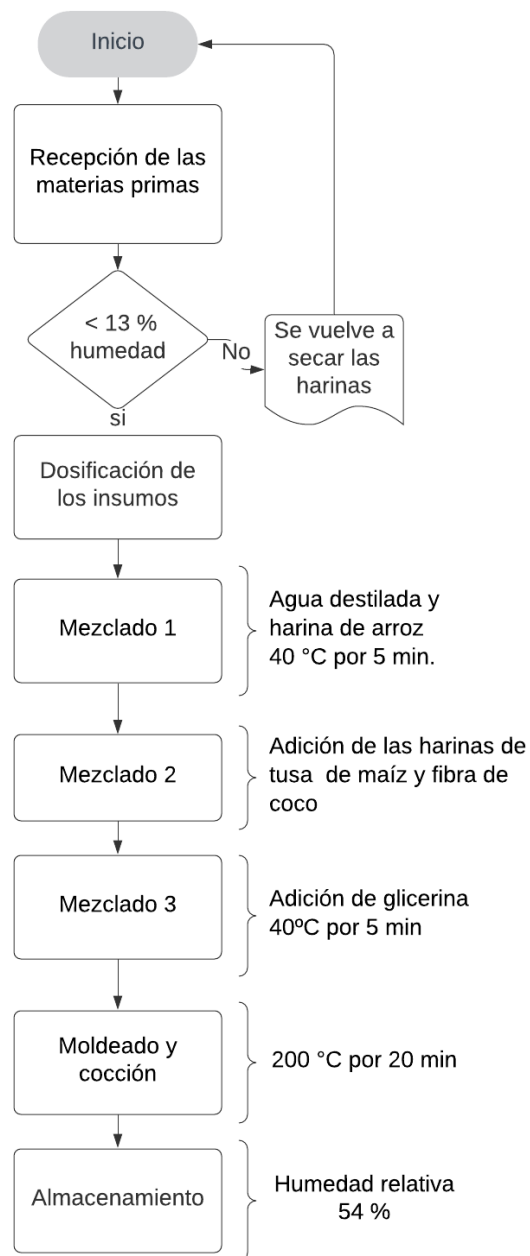
3.13.3.7 Almacenamiento

El producto fue almacenado en ambientes menores a 54 % de humedad relativa.

3.13.3.8 Diagrama de flujo para elaboración del plato biodegradable.

El Diagrama de flujo para la elaboración del plato biodegradable se muestra en la Figura 4.

Figura 4. Diagrama de flujo del desarrollo del plato biodegradable



Fuente: Avalos y Torres (2018)

Elaborado por: El Autor

3.14 Análisis Costo/Beneficio

Una vez que se identificó el mejor tratamiento se procedió a calcular el costo de producción mediante la siguiente fórmula:

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

Dónde:

CP= Costo de producción

M_p= Materia prima

Mod= Mano de obra directa

G_p= Gasto de producción

Para el determinar el precio de venta se aplicó la siguiente fórmula:

$$PV = \frac{CP}{(1 - \% \text{ de utilidad})}$$

Dónde:

PV=Precio de venta

CP=Costo de producción

Con los valores de costo unitario y precio de venta se aplicó la fórmula de costo/beneficio la cual es la siguiente:

$$\text{Costo/beneficio} = \frac{B}{C}$$

Donde:

C: costo de producción

B: precio de venta

Si el resultado del Costo/Benéfico es menor a uno indica que en el proyecto no hay ganancia y si es mayor a uno el proyecto genera beneficio

El cálculo del punto de equilibrio se realizó para determinar en qué punto el proyecto puede obtener ganancias o pérdidas por medio de la producción y venta, la fórmula utilizada fue:

$$P.E = \frac{CF}{(PV - CV)}$$

Dónde

P. E= Punto de equilibrio

CF= Costos fijos

CV=Costo variables unitario

PV=precio de venta unitario

4 RESULTADOS

4.1 Caracterización física y química de la materia prima

La Tabla 19 muestra los resultados de humedad, ceniza y fibra cruda de las harinas.

Tabla 19. Caracterización física y químicas de las harinas

Harinas	Humedad %	Ceniza %	Fibra cruda%
Arroz	10.48±0.10	0.93	0.00
Fibra de coco	11.98	4.42	31.36
Tusa de maíz	10.43	7.05	27.43

Elaborado por: El Autor

Los resultados de la caracterización física y química indican que una de las principales diferencias entre las materias primas es el contenido de fibra y minerales, las cuales se las determinó con el propósito de analizar si afectan a las propiedades mecánicas y de biodegradación del plato.

4.2 Análisis de dureza

Los resultados obtenidos del durómetro shore tipo D se reflejan en la Tabla 20

Tabla 20. Dureza

Tratamientos	Repetición 1 Escala D	Repetición 2 Escala D	Repetición 3 Escala D
1	21.50	20.50	23.00
2	17.50	20.00	18.00
3	13.50	14.00	15.00
4	11.00	11.50	13.00
5	23.00	21.50	21.50
6	23.00	20.00	21.50
7	13.00	15.50	13.50
8	14.50	18.00	14.50
9	23.50	26.00	20.50
10	13.50	14.00	15.00
11	19.50	26.00	22.50
12	23.00	20.00	21.50
13	24.50	20.00	17.50
14	13.50	14.00	15.00

Elaborado por: El Autor

4.2.1 Análisis ANOVA de dureza.

Los resultados obtenidos de la variable dureza en el ANOVA se presentan en las Tablas 21 y 22.

Tabla 21. Análisis de la varianza

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Dureza	42	0.87	0.81	10.13

Elaborado por: El Autor

Tabla 22. Cuadro de Análisis de la Varianza

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	642.10	13	49.39	14.41	<0.0001
Tratamientos	642.10	13	49.39	14.41	<0.0001
Error	96.00	28	3.43		
Total	738.10	41			

Elaborado por: El Autor

El análisis de ANOVA indica que existe un efecto significativo p-valor (0.001) de la variable de clasificación tratamiento sobre variable dependiente dureza, por lo cual se realizó una prueba a posterior TUKEY; los resultados se visualizan en la Tabla 22.

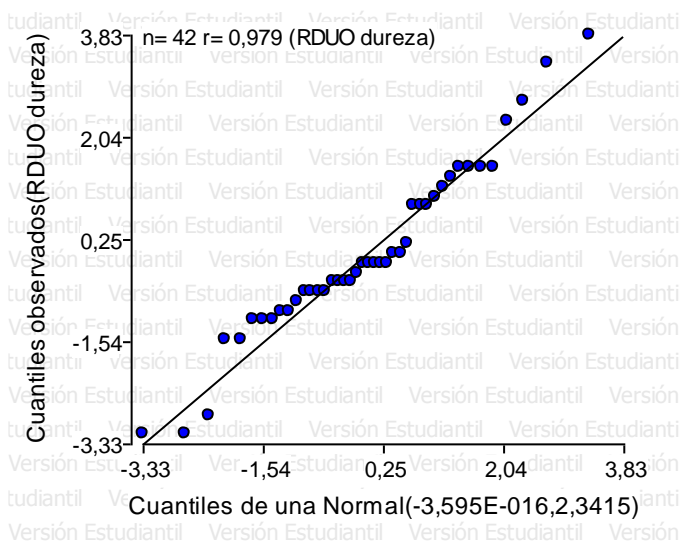
Tabla 23. Prueba TUKEY

Tratamientos	Medias	N	E.E.				
4	11.83	3	1.07	A			
7	14.00	3	1.07	A	B		
3	14.17	3	1.07	A	B		
10	14.17	3	1.07	A	B		
14	14.17	3	1.07	A	B		
8	15.67	3	1.07	A	B	C	
2	18.50	3	1.07		B	C	D
13	20.67	3	1.07			C	D
12	21.50	3	1.07				D
6	21.50	3	1.07				D
1	21.67	3	1.07				D
5	22.00	3	1.07				D
11	22.67	3	1.07				D
9	23.33	3	1.07				D

Elaborado por: El Autor

Los resultados de la prueba a posteriores TUKEY indican que existe diferencia significativa en algunos tratamientos los cuales están agrupados en cuatro grupos A, B, C y D. Además, por cada una de las fórmulas se efectuaron tres repeticiones, el tratamiento nueve (T9) tuvo el promedio más alto, con un valor de dureza correspondiente a 23.33 en la escala de Shore tipo D, esta fórmula está compuesta por 5 % de harina de fibra de coco, 40 % de harina de arroz y 5 % de harina de tusa de maíz; para la comprobación del supuesto de ANOVA se realizó la distribución de residuos mediante prueba gráfica de normalidad, se muestra en la Figura 5.

Figura 5. Prueba gráfica de normalidad.



Elaborado por: El Autor

En la figura se observa que los puntos se alinean sobre una recta a 45°, por lo cual, los residuos son normales, es decir, no hay otros defectos del modelo.

4.3 Análisis de biodegradación

Los resultados obtenidos del análisis de biodegradación por el método de pérdida de peso desde el 29 de noviembre del 2021 hasta el 3 de enero del 2022 se reflejan en la Tabla 24

Tabla 24. Resultados de Biodegradación

Tratamientos	Repetición 1	Repetición2	Repetición3
T1	60.00 %	62.96 %	53.13 %
T2	35.41 %	25.77 %	41.82 %
T3	30.44 %	54.07 %	25.32 %
T4	41.70 %	56.36 %	64.98 %
T5	14.99 %	34.00 %	24.24 %
T6	26.19 %	26.81 %	31.15 %
T7	40.52 %	32.74 %	31.29 %
T8	41.91 %	74.91 %	76.01 %
T9	80.89 %	78.29 %	76.77 %
T10	42.97 %	64.11 %	41.82 %
T11	57.19 %	44.17 %	46.07 %
T12	26.19 %	26.81 %	31.15 %
T13	34.17 %	49.32 %	34.90 %
T14	23.44 %	30.35 %	26.18 %

Elaborado por: El Autor

4.3.1 Análisis ANOVA de biodegradación.

Los resultados obtenidos de la variable biodegradación en el ANOVA se visualizan en las Tablas 22 y 23

Tabla 25. Análisis de la varianza del análisis de biodegradación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
Biodegradación	42	0.80	0.71	21.93

Elaborado por: El Autor

La lectura de la salida del ANOVA muestra que, la variable Biodegradación tuvo un coeficiente de determinación (R²) de 0.80 de la variabilidad total es decir que el comportamiento de la variable dependiente

se explica en gran medida por el comportamiento de las variables independientes que se estudian

Tabla 26. Cuadro de análisis de la varianza del análisis de biodegradación

F.V.	SC	GI	CM	F	p-valor
Modelo	10 299.47	13	792.27	8.76	<0.0001
Tratamientos	10 299.47	13	792.27	8.76	<0.0001
Error	2 531.92	28	90.43		
Total	12 831.38	41			

Elaborado por: El Autor

El análisis del cuadro de ANOVA indica que existe un efecto significativo p-valor (0.001) de la variable de clasificación tratamiento sobre variable Biodegradación % por lo cual se realizó una prueba a posterior TUKEY; los resultados se visualizan en la Tabla 24.

Tabla 27. Prueba TUKEY del análisis de biodegradación

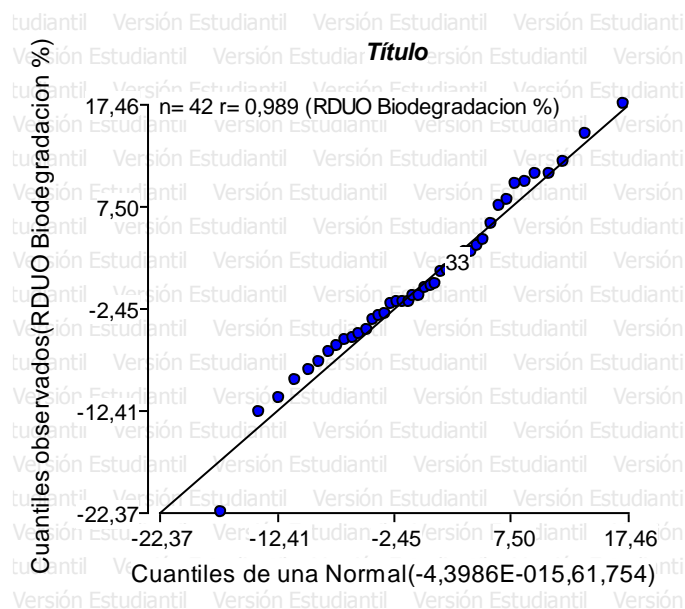
Tratamientos	Medias	N	E.E.					
5	24.41	3	5.49	A				
14	26.66	3	5.49	A				
6	28.05	3	5.49	A				
12	28.05	3	5.49	A	B			
2	34.33	3	5.49	A	B			
7	34.85	3	5.49	A	B			
3	36.61	3	5.49	A	B			
13	39.46	3	5.49	A	B	C		
11	49.14	3	5.49		B	C	D	
10	49.63	3	5.49		B	C	D	
4	54.35	3	5.49			C	D	
1	58.70	3	5.49				D	
8	64.28	3	5.49				D	E
9	78.65	3	5.49					E

Elaborado por: El Autor

Los resultados de la prueba a posteriores TUKEY indican que existe diferencia significativa en los tratamientos y además hubo por cada una de las fórmulas tres repeticiones, el tratamiento nueve (T9) obtuvo el resultado más alto de biodegradación con un 78.65 % de degradación del material al cabo

de la sexta semana; este resultado fue el más alto con relación los demás tratamientos con excepción del tratamiento 8 (T8) que tuvo un valor de 64.28 %, para verificar la comprobación del supuesto de ANOVA, se realizó la distribución de los residuos mediante prueba gráfica de normalidad, la cual se muestra en la Figura 6.

Figura 6. Distribución de los residuos mediante prueba gráfica



Elaborado por: El Autor

En la figura se observa que los puntos se alinean sobre una recta a 45°, por lo cual se consideran los residuos normales, es decir, no hay otros defectos del modelo.

4.4 Análisis de Salmonella

El análisis de salmonella, realizado a la mejor formulación del producto, dio ausencia de este microorganismo lo cual garantiza que las materias primas de los residuos fueron correctamente procesados; además se comprueba la inocuidad del producto, ya que los residuos agrícolas son más propensos a contener esta bacteria.

4.5 Análisis Costo Beneficio

Costo de producción

Se determinó el costo de las materias primas para fabricar 100 platos biodegradables, los cuales se detallan en la Tabla 26.

Tabla 28. Costo de materias primas

Materias primas	Cantidad	Unidad	Precio USD	Total USD
Harina de arroz	1.82	Lb	0.2	0.36
Harina de fibra de coco	0.23	Lb	0.05	0.01
Harina de tusa	0.23	Lb	0.05	0.01
Agua	0.05	m ³	0.35	0.02
Glicerina	0.30	Litro	8.00	2.40
Total				2.80

Elaborado por: El Autor

La inversión de las materias primas es de dos dólares con ochenta centavos para producir 100 unidades de platos biodegradables, y los gastos de producción se presentan en la Tabla 27.

Tabla 29. Gasto de producción

Detalle	Cantidad	Unidad	Precio USD	Total USD
Energía	19.20	Kwh	0.1	1.92
Depreciación de Maquinarias diaria	1.00	Unidad	1.60	1.60
Total				3.52

Elaborado por: El Autor

El costo de la mano de obra se calculó considerando USD 1.67 la hora, con relación al sueldo básico en Ecuador, ese valor se multiplicó por ocho horas que es una jornada normal, lo cual dio como resultado USD 13.36.

Para calcular el precio de venta se estableció como parámetro de utilidad 20 %, y se aplica la siguiente fórmula:

$$PV = \frac{\text{Costo Unitario}}{(1 - 0.20)}$$

Lo cual da como resultado un precio de 25 centavos por plato biodegradable.

El análisis de costo beneficio se muestra en la Tabla 25.

Tabla 30. Análisis de costo beneficio

Detalle	Valores USD
Materia prima	2.80
Gastos de producción	3.52
Mano de obra directa	13.36
Total de Costo de producción	19.68
Costo Unitario	0.20
Precio de venta	0.25
Beneficio - Costo (B/C)	1.25

Elaborado por: El Autor

El análisis de costo beneficio indica que el proyecto es viable debido a que el valor obtenido es mayor a uno, eso quiere decir que por cada dólar que se invierta se gana USD 0.25

El punto de equilibrio de producción se visualiza en la Tabla 29.

Tabla 31. Punto de equilibrio

Detalle	Valores	
Costos fijos	USD	14.96
Costos variables unitarios	USD	0.05
Precio de venta unitario	USD	0.25
Punto de equilibrio	74 unidades	

Elaborado por: El Autor

El resultado obtenido del punto equilibrio es de 74 unidades, quiere decir que esa es la cantidad mínima que se debe vender del producto para equiparar los costos de producción.

5 DISCUSIÓN

Díaz, Ruano y Cardona (2017) en su trabajo sobre caracterización y optimización de bandejas biodegradables por el método termo prensado descubrió que, al realizar el análisis de dureza, este valor disminuye al incorporar más fibras en las mezclas, el resultado de dureza que obtuvo fue de 31.12 Newton, un comportamiento similar se obtuvo en los resultados de este trabajo de investigación, porque la mejor formulación con el promedio más alto en el análisis de dureza fue el T9 el cual contiene menor cantidad de fibra en la fórmula, en si está compuesto por un 10 % de materias primas altas en fibra y tuvo una dureza de 23.33 escala Shore D.

De acuerdo al trabajo de Avalos y Torres (2018) modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz, realizó tres tratamientos mediante prueba y error, la formulación que le dio un mejor acabado final y biodegradación rápida fue la que utilizaba cascarilla de arroz molida, debido a que sus partículas tenían un tamaño uniforme, lo que provocó un beneficio al momento de compactar la masa con el aglutinante de arroz pulverizado; por lo tanto, se tomó como referencia utilizar las materias primas en estado de harinas, para obtener una mezcla maciza y de mayor biodegradación.

En la caracterización física y química de la fibra de mesocarpio de coco, Rincón et al. (2018) encontraron valores de humedad de 7 %; cenizas 5.54 %; proteínas 5.18 %; extracto etéreo 4.1 %; fibra cruda 34.63 % y extracto no nitrogenado de 42.91 %, estos resultados se aproximan a los valores obtenidos en la harina de fibra de coco, en lo que se refiere a ceniza, humedad y fibra curda, los cuales fueron de 4.42 %, 11.98 % y 31.36 %, respectivamente.

Rodríguez et al. (2019) en la elaboración de harinas de tusa de maíz en etapa R3 obtuvo como resultado un valor de ceniza de 2.58 %, Humedad

8.4 %, fibra cruda de 12.00 ± 1.16 %, proteína 2.39 ± 0.06 % y extracto libre de nitrógeno 80.54 ± 0.92 ; estos valores son diferentes a los obtenidos, los cuales fueron para ceniza 7.05 % y 27.43 % fibra curda, debido a que la tusa utilizada en este trabajo de investigación es la de elotes resultantes de la última etapa de cosecha de maíz.

Barreiro y Coronel (2021) elaboraron platos biodegradables con almidón de yuca y bagazo de caña por el método termo prensado, los mismos que obtuvieron un resultado de biodegradación de 94.26 % en un lapso de 45 días mediante la pérdida de peso del producto a exposición al ambiente, la formulación que le dio ese resultado estaba compuesto por 25 % de bagazo de caña y 25 % de almidón de yuca; en este trabajo de investigación se obtuvo un resultado de 78.65 % de biodegradación en el T9 con un cinco por ciento de harina de coco, cinco por ciento de harina de tusa de maíz y 40 % de harina de arroz, esta diferencia de resultados deriva en que no se usó una termo prensa, además de que se emplearon otros tipo de materias primas en la fabricación de los platos y las condiciones climáticas donde se efectuó el análisis de biodegradación fueron diferentes.

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Se pudo desarrollar un plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz, además los componentes de las materias primas principalmente la fibra afectó las propiedades de dureza y biodegradación del producto, la formulación que mejor resultados tuvo tanto en la prueba de dureza como en la biodegradación fue el T9 con 5 % de tusa, 40 % de arroz y 5 % de fibra de coco.

El precio de venta de este producto es de USD 0.25, del cual apenas se invierte cuatro centavos en materias primas para elaborar un plato biodegradable, el otro componente del gasto de fabricación corresponde a la mano de obra; el análisis de costo/beneficio dio un resultado de USD 1.25 lo cual indica que el proyecto genera beneficio, de esta manera se demuestra que se pueden aprovechar los residuos de los cultivos del coco y del maíz para disminuir la contaminación ambiental producida por platos de un solo uso.

6.2 Recomendaciones

Para futuras investigaciones utilizar una termo prensa en la elaboración del bioplásticos y además incorporar en la formulación un inhibidor de hongos naturales como el ácido acético.

También realizar una prueba de estabilidad para determinar la vida útil del producto y por último se le puede dar un enfoque diferente al desarrollar maceteros biodegradables, ya que la planta aprovecharía los minerales de las materias primas del biopolímero.

REFERENCIAS

- Albaladejo, J., Martínez, M., Abadía, R. y Castillo, V. (2001). Experimental design with a rainfall simulator to study the erosion changes within storm. *Cuaternario y Geomorfología*, 15, 31-43. Recuperado de <https://core.ac.uk/reader/36027760>
- Ambrosio, A., Ortiz, M., Sánchez, A., Díaz, L. y Vernot, D. (2020). *Chontaduro y coco en salsa de ciencia, cultura y técnica*. Editorial Universidad de La Sabana, Colombia. Recuperado de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F7EAEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA6&dq=GU%C3%8DA+T%C3%89CNICA+DEL+CULTIVO+DE+COCO&ots=XmWmh2158f&sig=_-w26vLbbBx1K93cQlpqtDswp2s#v=onepage&q=GU%C3%8DA%20T%C3%89CNICA%20DEL%20CULTIVO%20DE%20COCO&f=false
- AOAC 978.10. (2009). *Fibra(Cruda) en piensos animales y alimentos para mascotas REG CE 152/2009*. Recuperado de https://www.rafer.es/sites/default/files/determinacion_de_fibra_cruda_en_pienso.pdf
- Arzube, F. (2021). *Análisis a la Ley de Plásticos de un solo uso (Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización, y Reducción de Plásticos de un solo Uso) y propuestas para su Efectividad Jurídica*. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/54985>
- ASTM D4102-82. (2015). *Standard Test Method for Thermal Oxidative Resistance of Carbon Fibers de ASTM International*. Recuperado de <https://www.astm.org/d4102-82r15.html>

ASTM D5338 - 98. (2003). *Standard Test Method for Determining Aerobic Biodegradation of Plastic Materials Under Controlled Composting Conditions*, de ASTM International. Recuperado de <https://www.astm.org/DATABASE.CART/WITHDRAWN/D650.htm>

ASTM D6400 - 19. (2012). *Standard Specification for Labeling of Plastics Designed to be Aerobically Composted in Municipal or Industrial Facilities*. American Society of Testing Materials, de ASTM International. Recuperado de <http://www.astm.org/Standards/D6400.htm>.

Avalos, A. y Torres, C. (2018). *Modelo de negocio para la producción y comercialización de envases biodegradables a base de cascarilla de arroz*. (Tesis de grado). Universidad Nacional del Santa, Perú. Recuperado de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3459>

Averos A. (2018). *Desarrollo de una bebida láctea con el uso de harina de arroz (*Oryza sativa* L.) y harina de soya (*Glycine max* L.) endulzada con miel de abeja*. (Tesis de grado). Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/10184>

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

Barreiro, F. y Coronel, A. (2021). *Bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) y almidón de yuca (*Mianihot esculenta*) como sustituto de poliestireno en la elaboración de platos biodegradables*. (Tesis de grado) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel

Félix López, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.espam.edu.ec/handle/42000/1402>

Bautista, E., Salinas, Y., Santracruz, A., Córdova, L. y López, H. (2019). Características físicas y químicas de la raza de maíz Palomero Toluqueño. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 10(2), 441-446. Recuperado de <https://doi.org/10.29312/remexca.v10i2.1604>

Bedoya, V. (2018). Punto de equilibrio y su incidencia en las decisiones financieras de empresas editoras en Lima. *Revista Quipukamayoc*, 26(52), 95-101. Recuperado de <https://doi.org/10.15381/quipu.v26i52.15507>

Bernis, J., y Pámies, C. (2004). Variedades y mejora del arroz (*Oryza sativa*, L.). (Libro) José María Franquet Bernis. Recuperado de Google-Books-ID: 6BXxlGGUXewC

BS EN 13432 :2000. (2007). *Packaging. Requirements for packaging recoverable through composting and biodegradation. Test scheme and evaluation criteria for the final acceptance of packaging*. Recuperado de <https://www.en-standard.eu/bs-en-13432-2000-packaging-requirements-for-packaging-recoverable-through-composting-and-biodegradation.-test-scheme-and-evaluation-criteria-for-the-final-acceptance-of-packaging/>

Buteler, M. (2019). ¿Qué es la contaminación por plástico y por qué nos afecta a todos? *Revista digital desde la Patagonia: Difundiendo Saberes*. Recuperado de <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/109678>

Caballero, A., Córdova, L. y López, A. (2019). Validación empírica de la teoría multicéntrica del origen y diversidad del maíz en México. *Revista fitotecnia mexicana*, 42(4), 357-366. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802019000400357

- Cahuana, M. (2019). *Comparación de condiciones para la degradabilidad de biopolímero, plásticos oxo-biodegradables y polietileno de baja densidad*. (Tesis de grado). Universidad Peruana Unión, Perú. Recuperado de: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2433>
- Carreira, I. (2016). Todo lo que debes saber sobre las harinas. *Simbiosis, S. Coop. Galega*. Recuperado de <https://www.cooperativasimbiosis.com/harinas/>
- Chan, E. y Elevitch, C. (2006). Cocos nucifera (coconut). *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry*, 2, 27. Recuperado de <https://raskisimani.files.wordpress.com/2013/01/cocos-nucifera-coconut.pdf>
- Coronado, M., Amaya, E., Ortiz, F., Franco, Y. y Corona, A. (2009). Caracterización física y química de maíz de calidad proteínica mejorada. *CyTA: Journal of food*, 7(2), 111-118. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3174086>
- CSN EN ISO 14855-1. (2012). *Determination of the ultimate aerobic biodegradability of plastic materials under controlled composting conditions - Method by analysis of evolved carbon dioxide - Part 1: General method*. Recuperado de <https://www.en-standard.eu/csn-en-iso-14855-1-determination-of-the-ultimate-aerobic-biodegradability-of-plastic-materials-under-controlled-composting-conditions-method-by-analysis-of-evolved-carbon-dioxide-part-1-general-method/>
- DebMandal, M. y Mandal, S. (2011). Coconut (Cocos nucifera L.: Arecaceae): In health promotion and disease prevention. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(3), 241-247. Recuperado de [https://doi.org/10.1016/S1995-7645\(11\)60078-3](https://doi.org/10.1016/S1995-7645(11)60078-3)

- Degiovanni, M., Berrío, L. y Charry, E. (2010). *Origen, taxonomía, anatomía y morfología de la planta de arroz (Oryza sativa L.)*. International Center for Tropical Agriculture. <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/82462>
- Díaz, X., Ruano, J. y Cardona, J. (2017). *Caracterización y optimización de una bandeja biodegradable a partir maíz, papa, soya y glicerol por el método de termoprensado* (Tesis de grado), Zamorano, Honduras. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/11036/6055>
- EUBIO. (2020). Market. *European Bioplastics* e.V. Recuperado de <https://www.european-bioplastics.org/market/>
- FAO. (2021). *El mercado mundial del maíz: Instantánea en junio de 2021*. FAO. Recuperado de: <https://www.fao.org/publications/card/en/c/CB5400EN/>
- Flórez, L. (2011). Bioplásticos, actualidad del mercado. *Revista Tecnología del Plástico*, 1-3. Recuperado de <https://www.plastico.com/temas/Bioplasticos,-actualidad-del-mercado+3083938>
- Gárgano, C. (2018). Ciencia, Tecnología y Mercado: Investigaciones en Arroz en el INTA Argentino. *Journal of technology management & innovation*, 13(1), 75-83. Recuperado de <https://doi.org/10.4067/S0718-27242018000100075>
- Giraldelli, M., Pereira, O., Santos, S., Brasil, M. y Pinheiro, S. (2020). Propriedade da Fibra de Coco: Uma Revisão Sistemática. *Revista UNICIÊNCIAS*, 24(1), 34-38. Recuperado de <https://doi.org/10.17921/1415-5141.2020v24n1p34-38>

- Gómez, J. (2021). *Degradación de polietileno por actinobacterias. Revisión de literatura.* (Tesis de grado.) Pontificia Universidad Javeriana, Colombia. Recuperado de <http://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/54270>
- Gontarski, T., Casali, R. y Mikowski, A. (2021). Dureza vickers – definição, normatização e perspectivas de pesquisa: Uma revisão / Vickers hardness – definition, standardization and research perspectives: a review. *Brazilian Journal of Development*, 7(2), 15736-15754. Recuperado de <https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-274>
- González, K., Daza, D., Caballero, P. y Martínez, C. (2016). Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Revista Luna Azul*, 43, 499-517. Recuperado de <https://doi.org/10.17151/luaz.2016.43.21>
- Google Earth Pro. (2021). Agroindustrial Villares Wilo, Troncal de la Costa.
- Gordón, R., Camargo, I., Franco, J. y Saavedra, A. (2006). Evaluación de la adaptabilidad y estabilidad de 14 híbridos de maíz, Azuero, Panamá. *Agronomía Mesoamericana*, 189-199. Recuperado de <https://doi.org/10.15517/am.v17i2.5159>
- Hernández, R. (2014). *Metodología de la investigación - sexta edición - hdz fdz baptista.pdf* (sexta). mcgraw-hill. Recuperado de https://www.academia.edu/36971355/METODOLOGIA_DE_LA_INVESTIGACION_SEXTA_EDICION_HDZ_FDZ_BAPTISTA_pdf
- Ibarra, J. y Rueda, Y. (2018). Biomasa para el aprovechamiento energético. Una revisión de la caracterización y los modelos por descomposición termoquímica. *Revista GIEMA*, 9(1), 25-32. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/324223970_Biomasa_para_el_aprovechamiento_energetico_Una_revision_de_la_caracterizacion_y_los_modelos_por_descomposicion_termoquimica

Iglesias, S., Alegre, J., Salas, C. y Egüez, J. (2018). El rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) mejora con el uso del biochar de eucalipto. *Scientia Agropecuaria*, 9(1), 25-32. Recuperado de <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.03>

Ishizaki, M., Visconte, L., Furtado, C., Leite, M. y Leblanc, J. (2006). Caracterização mecânica e morfológica de compósitos de polipropileno e fibras de coco verde: Influência do teor de fibra e das condições de mistura. *Polímeros. Ciência e Tecnologia* 16, 182-186. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0104-14282006000300006>

Izaguirre, J. (2021). Bioplásticos, no todos son biodegradables. *Revista Cuaderno de Cultura Científica*. Recuperado de <https://culturacientifica.com/2021/02/08/bioplasticos-no-todos-son-biodegradables/>

Ley Orgánica para la Racionalización, Reutilización y Reducción de Plásticos de un solo Uso. (2020). [Normativa Jurídica de Ecuador]. oficial.ec. Recuperado de <https://www.oficial.ec/ley-organica-racionalizacion-reutilizacion-reduccion-plasticos-solo-uso>

Lima, R. y Block, J. (2019). Coconut oil: What do we really know about it so far?. *Food Quality and Safety*, 3(2), 61-72. Recuperado de <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyz004>

López, S., Chávez, S. y Chuquizuta, T. (2017). Evaluación de la vida útil de dos frutas usando un envase biodegradable de yuca (*Manihot esculenta*). *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 19(4), 373-380. Recuperado de <https://doi.org/10.18271/ria.2017.311>

Macías, A., Esquivel, R. y Valdés, P. (2018). Caracterización de la producción y diversificación del coco para la transformación de la matriz productiva en Manabí-Ecuador. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*, noviembre. Recuperado de

<https://www.eumed.net/rev/oel/2018/11/produccion-diversificacion-coco.html>

Macías, A. y Valdés, P. (2018). La producción cocotera y su diversificación como una de las formas de la económica política en Ecuador. *Revista caribeña de ciencias sociales*, Universidad Técnica de Manabí. Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/10/produccion-cocotera-ecuador.html>

Márquez, J., Salazar, D. y García, M. (2021). *Unidad de Estadísticas Agropecuarias* (p. 15) [Boletín Técnico]. INEC. Recuperado de https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin%20Tecnico%20ESPAC%202020.pdf

Martillo, J., Lesme, R., Oliva, L. O., Martínez, A. y Silva, E. (2019). Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz (*Zea mays*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Tecnología Química*, 39(3), 655-672. Recuperado de http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S2224-61852019000300655&script=sci_arttext&tlng=en

Matsakas, L., Gao, Q., Jansson, S., Rova, U. y Christakopoulos, P. (2017). Green conversion of municipal solid wastes into fuels and chemicals. *Electronic Journal of Biotechnology*, 26, 69-83. Recuperado de <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.01.004>

Mazón, G. (2017). *Caracterización mecánica del material compuesto de matriz poliéster con fibra de coco para la determinación de propiedades mecánicas en aplicaciones industriales*. (Tesis de grado). Universidad Técnica de Ambato, Ecuador. Recuperado de <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25131>

- Mellado, M. y Haros, M. (2016). Evaluación de la calidad tecnológica, nutricional y sensorial de productos de panadería por sustitución de harina de trigo por harina integral de arroz. *Brazilian Journal of Food Technology*, 19. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/1981-6723.0216>
- Murray, G., Serrano, M. y Miranda, M. (2021). Una inundación global de plásticos. *Digital Universitaria*, 22(4). Recuperado de <https://doi.org/10.22201/cuaieed.16076079e.2021.22.4.10>
- Neto, A., Silva, L. y Neto, B. (2020). Utilização do óleo de coco na produção de cosméticos: Uma revisão bibliográfica. *Research, Society and Development*, 9(11), e75491110397-e75491110397. Recuperado de <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10397>
- Nmx-f-160. (1982). *Alimentos Para Humanos. Harina De Arroz. Foods For—* ID:5f71621cbc528. Recuperado de <https://xdoc.mx/documents/nmx-f-160-1982-alimentos-para-humanos-harina-de-arroz-foods-for-5f71621cbc528>
- NMX-FF-034-1-SCFI. (2002). *MAIZ_blanco.pdf*. Recuperado 8 de noviembre de 2021 de http://sitios1.dif.gob.mx/alimentacion/docs/NMX-FF-034-1-SCFI-2002_MAIZ_blanco.pdf
- NTE INEN 518. (1980). *Harina de origen vegetal. Determinación de la pérdida por calentamiento*. Norma Técnica Ecuatoriana. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/518.pdf>
- NTE INEN 520. (2013). *Harinas de origen vegetal. Determinación de ceniza*. Norma Técnica Ecuatoriana. Recuperado de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/520-1R.pdf>
- NTE INEN 1529-15. (2013). *Control microbiológico de los alimentos. salmonella. método de detección*. Norma Técnica Ecuatoriana

Voluntaria. Recuperado de
<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1529-15-1R.pdf>

NTE INEN-ISO 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

Ortega, I. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *REDUCA (Biología)*, 7(2), Article 2. Recuperado de
<http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1739>

Panchi, V., Armas, R. y Chasi, F. (2017). Los inventarios y el costo de producción en las empresas industriales del ecuador (Revisión). *Roca. Revista científico - educacional de la provincia Granma*, 13(4), 254-264. Recuperado de
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6759713>

Penilla, E. y Koot, Y. (2020). Nuestro mundo cubierto de plástico: De la movilidad global del plástico a las consecuencias y respuestas locales. *Informes Científicos Técnicos - UNPA*, 12(4), 146-160. Recuperado de
<https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v12.n4.759>

Pérez, H. y Rodríguez, I. (2018). Cultivos tropicales de importancia económica en Ecuador (arroz, yuca, caña de azúcar y maíz). *Revista Redes, Machala: Universidad Técnica de Machala*. Recuperado de
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/12538>

Pertuz, A. y Guevara, R. (2021). Alternativa Verde: Bioplásticos Elaborados Con Biopolímeros De Origen Renovable – Revisión. Documentos de Trabajo ECBTI, 2(1), Article 1. Recuperado de
<https://doi.org/10.22490/ECBTI.4793>

- Pincirolí, M. (2011). *Proteínas de arroz: Propiedades estructurales y funcionales*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de La Plata, Argentina. Recuperado de <https://doi.org/10.35537/10915/1828>
- Proaño, A. (2020). *Análisis de la normativa pública para la reducción del uso de envases plásticos en Ecuador*. (Tesis de Maestría). Universidad Israel, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2512>
- Ramírez, C. (2021). Desarrollo de un envase térmico biodegradable a base de harinas de cascarilla de (*Oryza sativa*), cáscara de mango (*Mangifera indica*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*). (Componente práctico de examen complejo) Universidad Católica Santiago de Guayaquil, Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16139>
- Rincón, J., Torres, E., Mondragón, A., Sánchez, M., Arana, A. y Ortiz, A. (2018). Caracterización fisicoquímica y funcional de la fibra de mesocarpio de coco (*Cocos nucifera* L.). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, 279-284. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/3/49.pdf>
- Rodríguez, A., Leal, N., Castillo, S. y Alanís, K. (2019). Obtención y caracterización químico-nutricional de harinas de olote de maíz en etapa R3 (masoso). *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4, 87-90. Recuperado de <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/1/12.pdf>
- Salgado, L. y Herrera, V. (2020). *Análisis de la Sostenibilidad para la producción de bioplásticos a partir de los residuos de Musa Balbisiana y Zea mays*. (Tesis de grado). Universidad Peruana Unión, Perú.

Recuperado de
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3174>

Sánchez, P. (2003). *Procesos de elaboración de alimentos y bebidas*. Mundi-Prensa Libros. Recuperado de
https://books.google.com.gt/books?id=PxrIhy9UbZkC&printsec=frontcover&source=gbs_vpt_read#v=onepage&q&f=false

Santos, B., Souza, L., Pereira, M. y Sobral, C. (2019). Efeitos da utilização do mesocarpo do coco (cocos nucífera) no tratamento da disbiose intestinal: uma revisão da literatura. *Revista Semana de Pesquisa e Extensão da Universidade Tiradentes - SEMPESq-SEMEX*, 21, Article 21. Recuperado de
<https://eventos.set.edu.br/sempeq/article/view/12734>

Soler, M., Vitali, A. y Muto, E. (2007). Tecnologia de quebra do coco babaçu (*Orbignya speciosa*). *Food Science and Technology*, 27, 717-722. Recuperado de <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000400007>

Ubilla, J. (2019). *La evolución de la industria plástico en el Ecuador período 2013-2017*. (Tesis de grado). Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Económicas, Ecuador. Recuperado de
<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/41415>

Valdivieso, M., Fernández, Y. y Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. *Revista DYNA: Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín*, 80(181), 171-180. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v80n181/v80n181a19.pdf>

Villacís, J. (2021). *Evaluación de las características morfológicas y agronómicas del cultivo de maíz (Zea mays l.) sometido a tres densidades de siembra en la zona de Ventanas, provincia de los Ríos*. (Tesis de grado). Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Ecuador. Recuperado de: <https://repositorio.uteq.edu.ec/handle/43000/6154>

Weather Spark. (2021). *El clima en Ventanas, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador)—Weather Spark*. Recuperado de: <https://es.weatherspark.com/y/19352/Clima-promedio-en-Ventanas-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>

Xiao, Y., Xu, P., Fan, H., Baudouin, L., Xia, W., Bocs, S., Xu, J., Li, Q., Guo, A., Zhou, L., Li, J., Wu, Y., Ma, Z., Armero, A., Issali, A., Liu, N., Peng, M. y Yang, Y. (2017). The genome draft of coconut (*Cocos nucifera*). *GigaScience*, 6(11). Recuperado de: <https://doi.org/10.1093/gigascience/gix095>

Zheng, Y. y Li, Y. (2018). Physicochemical and functional properties of coconut (*Cocos nucifera* L) cake dietary fibres: Effects of cellulase hydrolysis, acid treatment and particle size distribution. *Food Chemistry*, 257, 135-142. Recuperado de: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.012>

ANEXOS

Anexo 1. Coco



Anexo 2. Mesocarpio de coco secado al sol



Anexo 3. Fibra de coco secado en horno de convección



Anexo 4. Fibra de coco seca



Anexo 5. Molienda de la fibra de coco



Anexo 6. Harina de fibra de coco



Anexo 7. Tusa de maíz



Anexo 8. Tamizado de la tusa molida



Anexo 9. Harina de tusa



Anexo 10. Harina de arroz



Anexo 11. Calentamiento del agua



Anexo 12. Mezclado de harina de arroz y agua



Anexo 13. Masa del plato biodegradable



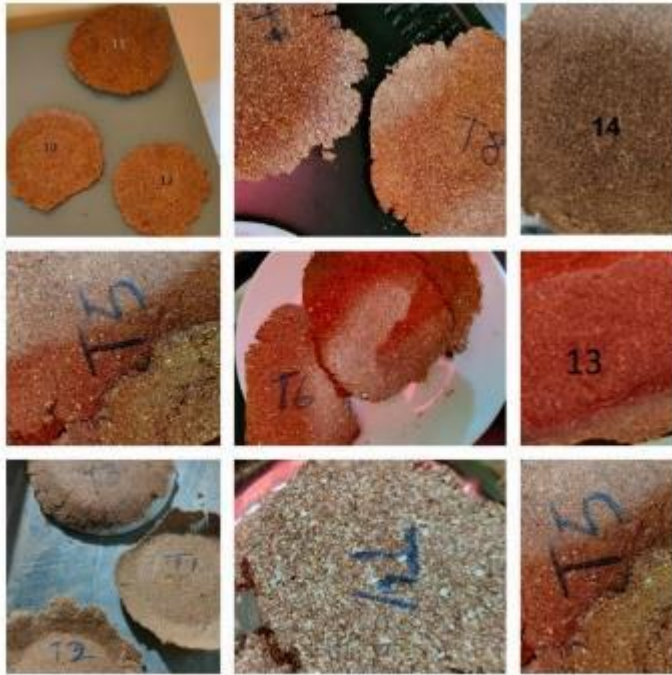
Anexo 14. Molde



Anexo 15. Plato Biodegradable



Anexo 16. Tratamientos



Anexo 17. Muestras para prueba de dureza



Anexo 18. Prueba de dureza



Anexo 19. Medidor de dureza shore tipo D



Anexo 20. Molino de grano eléctrico



Anexo 21. Muestras para prueba de biodegradación



Anexo 22. Muestras después de 45 días



Anexo 23. Informe de laboratorio sobre salmonella



LABOLAB
ANÁLISIS DE ALIMENTOS, AGUAS Y AFINES
INFORME DE RESULTADOS

*Orden de trabajo N°214751
Informe N° 214751
Hoja 1 de 1*

DATOS PROPORCIONADOS POR EL CLIENTE

Nombre: WILFRIDO DAVID VILLARES VELASCO
 Dirección: Ventanas
 Muestra: Plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz
 Descripción de la muestra: Plato
 Fecha Elaboración: 21 de enero del 2021
 Fecha Vencimiento: ---
 Fecha de Toma: ---
 Lote: ---
 Localización: ---
 Envase: ---
 Conservación de la muestra: Ambiente

DATOS DEL LABORATORIO

Fecha de recepción: 27 de diciembre del 2021
 Toma de muestra por: Cliente
 Fecha de realización del ensayo: 27 - 30 de diciembre del 2021
 Fecha de emisión del informe: 30 de diciembre del 2021
 Condiciones ambientales: 24,5°C 54%HR

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO:

PARÁMETROS	UNIDAD	MÉTODO	RESULTADO
Detección de <i>Salmonella</i> spp	Ausencia/ Presencia/ plato	PEEM/LA/08 INEN ISO 6579	Ausencia

Cecilia Luzuriaga S
Dra. Cecilia Luzuriaga
 GERENTE GENERAL



El presente informe solo es válido para la muestra analizada tal como fue recibida en LABOLAB.
 LABOLAB no se responsabiliza por los datos proporcionados por el cliente.
 Este informe no debe reproducirse más que en su totalidad previa autorización escrita de LABOLAB.
 Las opiniones e interpretaciones no se encuentran dentro del alcance de acreditación del SAE.

INFORME TÉCNICO, FICHA DE ESTABILIDAD, INFORMACIÓN NUTRICIONAL PARA NOTIFICACIÓN SANITARIA

Análisis físico, químico, microbiológico, entomológico de: alimentos, aguas, bebidas, materias primas, balanceados, cosméticos, pesticidas, suelos, metales pesados y otros
 Fco. Andrade Marín E7-29 y Diego de Almagro Tell.: 2583-225 / 2581-350 / 3236-503 / 3236-504 Cel.: 099 555 0412 / 099 944 2133 / 099 700 1531
 E-mail: secretaria@labolab.com.ec / servicioalcliente@labolab.com.ec / cecilia.luzuriaga@labolab.com.ec / informes@labolab.com.ec
www.labolab.com.ec Quito - Ecuador

Anexo 24. Informe de laboratorio sobre análisis físico y químico de la harina de maíz

Informe: 21-12/0011-4001

Datos del Cliente

Nombre:	VILLARES SANTACRUZ MODESTO WILFRIDO	Teléfono:	052092090
Dirección:	KM 1.5 VÍA BABAHOVO		

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre:	Harina de tusa de maíz	Código muestra:	21-12/0011-4001
Marca comercial:	N/A	Lote:	N/A
Normativa de Referencia:	N/A	Fecha elaboración:	30/11/2021
Envase:	Funda plástica transparente	Fecha expiración:	N/A
Conservación de la muestra:	Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción:	03/12/2021
Fecha análisis:	03/12/2021	Vida útil:	N/A
Contenido neto declarado:	200 g		
Presentaciones:	N/A		
Cond. climáticas del ensayo:	Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15%		

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Fibra Cruda *	%	27.43	—	AOAC 21st 978.10 *
Humedad *	%	10.34	—	AOAC 21st 925.10 *
Cenizas *	%	7.05	—	AOAC 21st 923.03 *

El laboratorio descarga la responsabilidad sobre la información proporcionada por el cliente que pueda afectar a la validez de sus resultados. Los resultados emitidos aplican exclusivamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en las condiciones entregadas por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / observaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación del SAE.

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra y a la información proporcionada por el cliente.
Se realizaron los parámetros bromatológicos solicitados por el cliente.

Anexo 25. Informe de laboratorio sobre análisis físico y químico de la harina de fibra de coco



R01-PG23-PC02-7.8

Informe: 21-12/0011-M004

Datos del Cliente

Nombre:	VILLARES SANTACRUZ MODESTO WILFRIDO	Teléfono:	052092095
Dirección:	KM : 5 VIA BABAHYO		

Identificación de la muestra / etiqueta

Nombre:	Harina de cascara de coco	Código muestra:	21-12/0011-M004
Marcas comercial:	N/A	Lote:	N/A
Normativa de Referencia:	N/A	Fecha elaboración:	30/11/2021
Envase:	Funda plástica transparente	Fecha expiración:	N/A
Conservación de la muestra:	Ambiente Fresco y Seco - Zona Climática IV	Fecha recepción:	03/12/2021
Fecha análisis:	03/12/2021	Vida útil:	N/A
Contenido neto declarado:	200 g		
Presentaciones:	N/A		
Cond. climáticas del ensayo:	Temperatura 22.5 °C ± 2.5 °C y Humedad Relativa 55% ± 15%		

Análisis Físico - Químico

Ensayos realizados	Unidad	Resultado	Requisitos	Métodos/Ref.
Fibra Cruda *	%	31.38	—	ADAC 21st 978.10 *
Humedad *	%	11.08	—	ADAC 21st 925.10 *
Cenizas *	%	4.42	—	ADAC 21st 923.03 *

El laboratorio descarga la responsabilidad sobre la información proporcionada por el cliente que pueda afectar a la validez de sus resultados. Los resultados emitidos aplican exclusivamente a la(s) muestra(s) recibida(s) en las condiciones entregadas por el cliente.

Las opiniones / interpretaciones / observaciones, etc. que se indican a continuación, están fuera del alcance de acreditación del SAE.

Los resultados emitidos corresponden exclusivamente a la muestra y a la información proporcionada por el cliente.

Se realizaron los parámetros bromatológicos solicitados por el cliente.

Vigente desde 25/02/2020

REV. 03


1 de 2

receplab@espol.edu.ec • ventasprotal@espol.edu.ec • cotizacionesprotal@espol.edu.ec
 Guayaquil - Ecuador
 Campus Gustavo Galindo Velasco • Km 30.5 Vía Perimetral - Pbx: (593-4) 2269 733

www.espol.edu.ec

Anexo 26. Ficha técnica de harina de arroz

	FICHA TECNICA HARINA DE ARROZ	DÓDIGO: CCA-000-01
		VERSIÓN: 01
		FECHA: 10/05/2021

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO	
<p>Harina de Arroz, producida a través de la molienda de arroz. Es de apariencia de Polvo homogéneo de color blanco.</p>	

1. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS/SENSORIALES	
Características	Detalle
Color	Blanco
Olor	Fresco y limpio, característico de harina de arroz, sin olores extraños.
Plagas	Sin gorgojos, larvas o gusanos

2. CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS		
Características	Unidad	Requisito
Humedad	%	13 Max
Cenizas	%	<2
Ocratoxinas	Ppb	5 Max
Aflatoxinas	ppb	20 Max

3. GRANULOMETRIA	
Malla	Retenido de Malla
710 Micras (25 Mesh)	Max 5%
500 Micras (35 Mesh)	Max 20%
355 Micras (45 Mesh)	Max 30%
250 Micras (60 Mesh)	Max 45%

	FICHA TECNICA HARINA DE ARROZ	CÓDIGO: OCA-DOC-01
		VERSIÓN: 01
		FECHA: 10/06/2021

4. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS

Microbiología	Requisito	Unidad
Bacterias Activas	3*10 ⁵	UFC/g
Mohos y Levaduras	5*10 ³	UFC/g
Coliformes totales	2*10	UFC/g
Salmonella	Ausencia	UFC/g

Análisis físicos- Químicos	Requisito	Unidad
Humedad	10.48 ± 0.10	%
Proteína	14.00 ± 2.52	%
Grasa	12.43	%
Fibra	Ausencia	%

5. ENVASE

Peso		
Empaque		

6. VIDA UTIL DEL PRODUCTO

Fecha de Vencimiento	8 Meses
----------------------	---------

	FICHA TECNICA HARINA DE ARROZ	CÓDIGO: OCA-DOC-01
		VERSIÓN: 01
		FECHA: 10/05/2021

7. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO

Plagas	Libre de plagas
Temperatura	Ambiente / entre 29 °C a 30 °C
Humedad	40% - 70 %
Área de almacenamiento	Lugar fresco, seco y libre de contaminación



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, Villares Velasco Wilfrido David, con C.C: # 1205728700 autor del Trabajo de Titulación: **Desarrollo de un plato biodegradable a base de harinas de fibra coco (Cocos nucifera), tusa de maíz (Zea mays) y arroz (Oryza sativa)**, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

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

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

Guayaquil, 23 de febrero de 2022

Nombre: **Villares Velasco Wilfrido David**

C.C: **1205728700**



REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Desarrollo de un plato biodegradable a base de harinas de fibra coco (<i>Cocos nucifera</i>), tusa de maíz (<i>Zea mays</i>) y arroz (<i>Oryza sativa</i>)		
AUTOR	Wilfrido David, Villares Velasco		
TUTORA	Ema Nofret, Moreno Veloz		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Educación Técnica para el Desarrollo		
CARRERA:	Agroindustria		
TITULO OBTENIDO:	Ingeniero agroindustrial		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	23 de febrero de 2022	No. DE PÁGINAS:	84 paginas
ÁREAS TEMÁTICAS:	Agroindustria, reciclaje, calidad		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	biodegradación, dureza, bioplástico, fibra de coco, tusa de maíz, arroz, plato.		
RESUMEN/ABSTRACT:	<p>Los bioplásticos tienen estructuras poliméricas que están compuestas por azúcares, aminoácidos, lípidos entre otros, los cuales al degradarse se transforman en sustancias simples como agua, metano y dióxido de carbono mediante la interacción del medio ambiente, reduciendo así el impacto ambiental. Este trabajo de investigación tuvo un enfoque experimental, con alcance descriptivo, correlacional y explicativo, con el objetivo principal desarrollar un plato biodegradable a base de harinas de fibra de coco, tusa de maíz y arroz con el propósito de darle utilidad a los residuos del sector maicero y cocotero, como una alternativa en la utilización de los platos descartables. Para determinar los factores de mezclas se tomó como referencia una fórmula testigo y mediante el programa desing expert se determinaron 14 tratamientos; éstos fueron sometidos a prueba de dureza y biodegradación. A las harinas obtenidas de las materias primas se les determinó humedad, ceniza y fibra cruda, ya que fueron consideradas como variables independientes en la investigación. Mediante el programa infostat se determinó que el T9 fue el que obtuvo el mejor resultado de dureza con 23.33 en la escala de shore tipo D y en la prueba de biodegradación al cabo de 45 días se degradó un 78.65 %, este tratamiento estuvo compuesto por 5 % de harina de coco, 40 % de harina de arroz y 5 % de harina de tusa; el análisis de costo-beneficio dio un resultado de USD 1.25 lo cual quiere decir que por cada dólar invertido se gana 25 centavos.</p>		
ADJUNTO PDF:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO	
CONTACTO CON AUTOR:	Teléfono: +593-0997714733	E-mail: wilfridodavid99@gmail.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):			