



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**COMPARACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS A
PARTIR DE BANANA BABY (*Musa sp.*) Y BANANA ROJA (*Musa
acuminata* “*Red Dacca*”) EN EL USO PARA EMBALAJE DE
ALIMENTOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: HENRRY PAÚL PÉREZ MACHADO

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.

Riobamba-Ecuador

2022

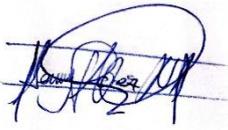
©2022, Henry Paúl Pérez Machado

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Henry Paúl Pérez Machado, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de agosto de 2022.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Henry Paúl Pérez Machado', written over a faint grid background.

Henry Paúl Pérez Machado

CI:060393086-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **COMPARACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS A PARTIR DE BANANA BABY (*Musa sp.*) Y BANANA ROJA (*Musa acuminata* “*Red Dacca*)**), realizado por el señor: **HENRRY PAÚL PÉREZ MACHADO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-08-10
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-08-10
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-08-10

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación quiero dedicarlo a toda mi familia, en especial a mi madre Mery y mis hermanos Luis y Andrés. También a quienes me han apoyado de una u otra forma en esta etapa de mi vida como maestros y amigos, haciendo de mí una persona íntegra en el aspecto humanístico y profesional.

Henry

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios y la vida por permitirme llegar hasta aquí, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y la Facultad de Ciencias por abrirme sus puertas y formarme como persona y profesional, a mi familia y novia por su gran apoyo incondicional, a mis amigos quienes han sabido motivarme de una u otra forma. Finalmente quiero agradecerme a mí, por nunca darme por vencido y ser mi principal proyecto como futuro profesional de la patria.

Henry

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Identificación del problema.....	2
1.2. Objetivos de la Investigación.....	3
1.2.1. <i>Objetivo general</i>	3
1.2.2. <i>Objetivos específicos</i>	3
1.3. Antecedentes.....	3
1.4. Bases teóricas.....	4
1.4.1. <i>Banana baby (Musa Sp.)</i>	4
1.5.1.1. <i>Origen</i>	4
1.5.1.2. <i>Taxonomía y Morfología</i>	4
1.5.1.3. <i>Composición nutricional</i>	6
1.4.2. <i>Banana roja (Musa acuminata “red dacca”)</i>	7
1.5.2.1. <i>Origen</i>	7
1.5.2.2. <i>Taxonomía y morfología</i>	8
1.5.2.3. <i>Composición nutricional</i>	9
1.5.3. <i>Almidón</i>	10
1.5.4. <i>Amilosa</i>	10
1.5.5. <i>Amilopectina</i>	11
1.5.6. <i>Almidón de banana</i>	11
1.5.7. <i>Gelatinización del almidón</i>	12
1.5.8. <i>Retrogradación del almidón</i>	12
1.5.9. <i>Bioplástico</i>	12
1.5.10. <i>Plastificante</i>	13
1.5.10.1 <i>Tipos de plastificantes</i>	13
1.5. Bases conceptuales.....	14

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	17
2.1.	Tipo de investigación	17
2.2.	Diseño del estudio	18
2.3.	Población de estudio	18
2.4.	Tamaño de la muestra	18
2.5.	Selección de la muestra	18
2.6.	Localización del estudio	18
2.7.	Etapas de la investigación experimental	19
2.7.1.	<i>Caracterización de la materia prima</i>	20
2.7.2.	<i>Extracción del almidón</i>	21
2.7.2.1.	<i>Diseño factorial 2k para la extracción de almidón</i>	22
2.7.3.	<i>Caracterización del almidón</i>	23
2.7.4.	<i>Obtención del bioplástico</i>	27
2.7.5.	<i>Caracterización del bioplástico obtenido</i>	27
2.7.6.	<i>Diseño completamente al azar (DCA)</i>	31

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
3.1.	Datos experimentales	32
3.1.1.	<i>Datos caracterización materia prima</i>	32
3.1.2.	<i>Datos extracción de almidón diseño factorial 2k</i>	33
3.1.3.	<i>Datos caracterización de almidón</i>	34
3.1.4.	<i>Datos para la obtención del bioplástico</i>	36
3.1.5.	<i>Datos caracterización del bioplástico obtenido</i>	37
3.2.	Cálculos	42
3.2.1.	<i>Cálculos para la caracterización de materia prima</i>	42
3.2.1.1.	<i>Humedad</i>	42
3.2.1.2.	<i>Ceniza</i>	42
3.2.2.	<i>Cálculos para la caracterización de almidón</i>	44
3.2.2.1.	<i>Solubilidad</i>	44
3.2.2.2.	<i>pH</i>	45
3.2.2.3.	<i>Viscosidad</i>	45
3.2.2.4.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	45
3.2.2.5.	<i>Fibra</i>	46

3.2.2.6. <i>Amilopectina</i>	47
3.2.3. <i>Cálculos para la caracterización del bioplástico</i>	47
3.2.3.1. <i>Solubilidad</i>	47
3.2.3.2. <i>Humedad</i>	48
3.2.3.3. <i>Permeabilidad</i>	49
3.3. Resultados	50
3.3.1. <i>Resultados de la caracterización de la materia prima</i>	50
3.3.2. <i>Resultados de la extracción de almidón de banana baby y banana roja</i>	51
3.3.3. <i>Resultados de la caracterización de almidón de banana baby y banana roja</i>	54
3.3.4. <i>Resultados de las propiedades del bioplástico obtenido</i>	56
3.3.4.2. <i>Resultados de la biodegradabilidad</i>	57
3.3.5. <i>Resultados diseño completamente al azar (DCA)</i>	58
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Taxonomía de la banana baby (Musa Sp.).	4
Tabla 1-2: Características morfológicas de la banana baby (Musa Sp.).	6
Tabla 1-3: Valor nutricional de la banana baby (Musa Sp.).	6
Tabla 1-4: Valor nutricional de la banana baby (Musa Sp.).	8
Tabla 1-5: Características morfológicas de la banana roja (Musa acuminata “red dacca”).	9
Tabla 1-6: Valor nutricional de la banana roja (Musa acuminata “red dacca”).	9
Tabla 2-1: Factores y niveles del diseño de experimento.	18
Tabla 2-2: Caracterización de la materia prima	20
Tabla 2-3: Caracterización del almidón	23
Tabla 2-4: Caracterización de las propiedades del bioplástico.	28
Tabla 2-5: Prueba de ANOVA (DCA)	31
Tabla 3-1: Caracterización de banana baby y banana roja	32
Tabla 3-2: Características de la materia prima	32
Tabla 3-3: Humedad y ceniza de la materia prima	33
Tabla 3-4: Datos de extracción de almidón	33
Tabla 3-5: Solubilidad para banana baby	34
Tabla 3-6: Solubilidad para banana roja	34
Tabla 3-7: Fibra para banana baby	34
Tabla 3-8: Fibra para banana roja	34
Tabla 3-9: pH Banana baby	35
Tabla 3-10: pH Banana roja	35
Tabla 3-11: Viscosidad para banana baby	35
Tabla 3-12: Viscosidad para banana roja	35
Tabla 3-13: Temperatura de gelatinización para banana baby	35
Tabla 3-14: Temperatura de gelatinización para banana roja	36
Tabla 3-15: Datos para obtención de bioplástico de banana baby	36
Tabla 3-16: Datos para obtención de bioplástico de banana roja	36
Tabla 3-17: Espesor, longitud y ancho (Banana baby)	37
Tabla 2-18: Espesor, longitud y ancho (Banana roja)	37
Tabla 3-19: Humedad (Banana baby)	37
Tabla 3-20: Humedad (Banana roja)	38
Tabla 3-21: Solubilidad (Banana baby)	38
Tabla 3-22: Solubilidad (Banana roja)	38
Tabla 3-23: Permeabilidad (Banana baby)	39

Tabla 3-24: Permeabilidad (Banana roja)	40
Tabla 3-25: Pruebas mecánicas banana baby	41
Tabla 3-26: Pruebas mecánicas banana roja	41
Tabla 3-27: Humedad y ceniza de banana baby y banana roja	50
Tabla 3-28: Resultados de extracción de almidón de banana baby y banana roja	51
Tabla 3-29: Resultados caracterización de almidón de banana baby y banana roja	54
Tabla 3-30: Resultados de las propiedades físico-mecánicas (banana baby).....	56
Tabla 3-31: Resultados de las propiedades físico-mecánicas (banana roja)	57
Tabla 3-32: Resultados de la biodegradabilidad (banana baby)	57
Tabla 3-33: Resultados de la biodegradabilidad (banana roja)	58
Tabla 3-34: Carga máxima (Banana baby)	58
Tabla 3-35: Desplazamiento máximo (Banana baby).....	59
Tabla 3-36: Esfuerzo máximo (Banana baby)	59
Tabla 3-37: Deformación (Banana baby).....	60
Tabla 3-38: Rotura de carga (Banana baby)	60
Tabla 3-39: Carga máxima (Banana roja).....	60
Tabla 3-40: Desplazamiento máximo (Banana roja)	61
Tabla 3-41: Esfuerzo máximo (Banana roja).....	61
Tabla 3-42: Deformación (Banana roja)	62
Tabla 3-43: Rotura de carga (Banana roja).....	62

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Banana baby (Musa Sp.).....	5
Ilustración 1-2: Banana roja (Musa acuminata).	8
Ilustración 1-3: Estructura química de la amilosa.	11
Ilustración 1-4: Estructura química de la amilopectina.	11
Ilustración 1-5: Polímeros obtenidos a partir de fuentes renovables.....	13
Ilustración 2-1: Etapas de la investigación experimental	19
Ilustración 2-2: Diagrama de flujo para extracción de almidón	21
Ilustración 2-3: Diseño factorial 2k.....	22
Ilustración 2-4: Diagrama de flujo para la elaboración de bioplástico.....	27

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MATERIA PRIMA

ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN POR EL MÉTODO DE VÍA HÚMEDA

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN

ANEXO D: DETERMINACIÓN DE AMILOSA PARA BANANA BABY

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE AMILOSA PARA BANANA ROJA

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ALMIDÓN DE BANANA
BABY

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ALMIDÓN DE BANANA
ROJA

ANEXO H: CARACTERIZACIÓN DEL BIOMATERIAL

ANEXO I: PRUEBAS MECÁNICAS PARA LOS BIOMATERIALES

ANEXO J: DEGRADACIÓN DE LOS BIOMATERIALES

ANEXO K: DEGRADACIÓN DE LOS BIOMATERIALES (CONTINUACIÓN)

RESUMEN

Los plásticos son materiales maleables que aparecieron en la década de los 50's, generalmente derivados del petróleo, aunque también los existen derivados de otras fuentes como productos biológicos y vegetales, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es la comparación de los bioplásticos obtenidos a partir de almidón de banana baby (*Musa sp.*) y banana roja (*Musa acuminata* "red dacca"). La metodología implementada se basa en el diseño 2k que obtuvo el mejor tratamiento en la extracción de almidón obtenido, cuya solubilidad, pH, viscosidad, temperatura de gelatinización, fibra, amilosa, amilopectina, hongos, levaduras, mohos y coliformes totales fueron determinados. Para la elaboración del material plástico se agregó aditivos como agua, glicerina, almidón obtenido y ácido acético en donde se planteó 6 tratamientos en los cuales se fue dosificando progresivamente el ácido acético de 0.5 a 3 ml, después se sometió a pruebas físico- mecánicas a las láminas de plástico obtenidas aplicando el diseño al azar para determinar el punto de ajuste de ácido acético en donde el plástico presenta mejores resultados en cada prueba de tracción según lo establecido en la norma INEN 2635 (Servicio Ecuatoriano de Normalización). Con respecto a la biodegradabilidad se utilizó el programa IMAGEJ. Mediante la metodología se logró determinar un rendimiento de almidón de 1.993% en banana baby y 2.119% en banana roja. En cuanto a su caracterización se cumplió con los parámetros establecidos; con respecto a las pruebas físico mecánicas del bioplástico. En cuanto a biodegradabilidad se observó mayor degradación en agua, obteniéndose un 89.95% para banana baby y 88.57% para banana roja por un periodo de 30 días. Se concluyó que el bioplástico con mejores características para la selección en embalaje de alimentos es el de banana roja por sus mejores propiedades mecánicas en general y su biodegradación.

Palabras clave: <BANANA ROJA (*Musa acuminata*)>, <BANANA BABY (*Musa sp.*)>, <BIOPLÁSTICOS>, <PLÁSTICOS>, <GLUCOSAS>, <BIOMASA>, <POLIAROMÁTICOS>, <BIODEGRADABILIDAD>.

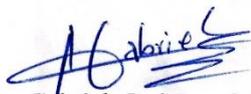
2135-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

Plastics are malleable materials that appeared in the 50's, generally derived from petroleum, although there are also those derived from other sources such as biological and vegetable products; therefore, the objective of this research is the comparison of bioplastics obtained from baby banana starch (*Musa sp.*) and red banana (*Musa acuminata* "red dacca"). The methodology implemented is based on the 2k design that obtained the best treatment in the extraction of starch obtained, whose solubility, pH, viscosity, gelatinization temperature, fiber, amylose, amylopectin, fungi, yeasts, molds and total coliforms were determined. For the elaboration of the plastic material, additives such as water, glycerin, obtained starch and acetic acid were added, where 6 treatments were proposed in which acetic acid was progressively dosed from 0.5 to 3 ml; then the plastic sheets obtained were subjected to physical-mechanical tests applying the random design to determine the set point of acetic acid where the plastic presents better results in each traction test according to INEN 2635 (Ecuadorian Standardization Service). With respect to biodegradability, the IMAGEJ program was used. The methodology was used to determine a starch yield of 1.993% in baby banana and 2.119% in red banana. In terms of its characterization, the established parameters were met as to the physical-mechanical tests of the bioplastic. In terms of biodegradability, greater degradation in water was observed, obtaining 89.95% for baby banana and 88.57% for red banana for a period of 30 days. It was concluded that the bioplastic with the best characteristics for selection in food packaging is the red banana due to its better mechanical properties in general and its biodegradability.

Key words: <RED BANANA (*Musa acuminata*) >, <BANANA BABY (*Musa sp.*)>, <BIOPLASTICS>, <PLASTICS>, <GLUCOSES>, <BIOMASS>, <POLYAROMATICS>, <BIODEGRADABILITY>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la industria del plástico ha crecido su demanda debido a sus propiedades versátiles como peso ligero, coste relativamente bajo y sobre todo su gran durabilidad. Ésta última característica hace que estos materiales tarden en degradarse cientos y hasta miles de años como muestra la evidencia de contaminación en mares y suelos. En consecuencia, se ha visto la necesidad de buscar una solución creando biomateriales que se descomponen más rápido en el ambiente (Müller et al., 2012, pp.464-467). Dicha solución resulta aún más viable si se trata de plásticos de un solo uso como los son del tipo camiseta, usados en embalaje de alimentos.

El término bioplástico es usado para referirse a plásticos provenientes de materiales biológicos como: almidón, celulosa, aceites y grasas vegetales que tienen la propiedad de degradarse mucho más rápido que los plásticos convencionales (Tokiwa et al., 2009, p.3723). El almidón es un polisacárido importante y se lo utiliza como material de partida para una amplia gama de biomateriales verdes (Pilla, 2011, pp.189-207).

Las materias primas usadas son dos especies de banana, banana baby y banana roja. Por un lado, la banana baby (*musa sp.*) más conocida como “orito” o “almendra”, es un producto tropical híbrido que se consume tanto como fruta o como vegetal, siendo en este último caso cocido y denominado plátano por su contenido de fécula (Narayana, 2022, p.28).

La planta de la banana roja (*Musa acuminata* “red dacca”) se conoce como una herbácea con pseudotallos aéreos provenientes de cormos carnosos, de donde sobresalen varias yemas laterales o hijos. Se desarrollan en áreas subtropicales, con poca probabilidad de heladas y su vida útil varía entre 8 a 10 años (SINAVIMO, 2020, párr.01-05).

El tiempo de siembra y cosecha puede tardar de 98 a 112 días, solo la maduración del fruto toma de 70 a 90 días dependiendo de las condiciones climáticas específicamente de la temperatura (20°C a 26°C), humedad y luminosidad (SINAVIMO, 2020, párr.13).

La fragilidad de las películas (bioplásticos) obtenidas a partir de almidón puede ser corregida agregando un plastificante, con ello se consigue propiedades similares a los plásticos derivados del petróleo (Lubis et al., 2018, pp.76-80). Ese es el caso de la glicerina o glicerol, mismo que será usado en esta investigación.

Por lo tanto, este proyecto de investigación busca obtener almidón de banana baby y banana roja con diferentes tratamientos en vía húmeda usando el método 2k con 4 repeticiones. Posteriormente se producirá bioplástico con cada tratamiento especificado de cada especie de banana usando glicerol como plastificante y posteriormente se caracterizarán para comparar sus propiedades e inducir cuál de estas materias primas es la más viable para ser usada en embalaje de alimentos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

Los plásticos son materiales maleables que aparecieron en la década de los 50's, generalmente derivados del petróleo, aunque también los existen derivados de otras fuentes como productos biológicos y vegetales (bioplásticos).

En Ecuador, se recolectaron aproximadamente 500 toneladas de plástico cuyo material representó un 88% en las jornadas de limpieza ubicadas en las zonas costeras. Esto significa que el plástico es un material muy contaminante a nivel mundial y solo el 10% se recicla y lo demás se desecha al océano de manera residual afectando a los seres vivos (Naranjo, 2019, párr.4-5). Además, los 1.500 millones de fundas plásticas tipo camiseta que se elaboran al año solo 5 de cada 10 son recicladas o reutilizadas. También, las 10 ciudades de Ecuador, entre ellas Quito y Guayaquil, generan el 59,3% del total de residuos sólidos. Asimismo, el 40% del plástico recolectado en la isla Isabela (Galápagos) tuvo su origen en China, 38% fue de Perú y 18% de Ecuador (Naranjo, 2019, párr.17-19). Además, amenaza a los ecosistemas marinos, causando asfixia y muerte de especies animales debido a residuos plásticos que actúan también como medios de dispersión de contaminantes como bifenilos policlorados, hidrocarburos poliaromáticos y plaguicidas como el DDT que son dañinos para la salud de los organismos que entran en contacto con estas partículas, que incluso llegan a ser liberados al aire y que gracias al viento puede llegar incluso al aire que respiramos. (BBC, 2017, p.1).

En lo referente al sector alimentario, el principal problema que se evidencia es la falta de incorporación de materiales reciclados o nuevas tecnologías para los procesos de producción de plástico, que tiene como principal componente del polietileno, el cual es el material sintético de uso común para la fabricación de películas de empaque de alimentos. Se utilizan como empaques de un solo uso, y aunque ofrecen una buena barrera al oxígeno, dióxido de carbono, contaminación e insectos. Su extendido uso ha generado problemas serios para su adecuada gestión posterior al uso. El mayor problema con este material es que es poco amigable con el ambiente, pues tardan aproximadamente 500 años en degradarse (Almeida, 2017, pp.5-8).

1.2. Objetivos de la investigación

1.2.1. Objetivo general

Comparar los bioplásticos obtenidos a partir de banana baby (musa sp) y banana roja (musa acuminata “red dacca”) en el uso para embalaje de alimentos.

1.2.2. Objetivos específicos

- Obtener el almidón a partir de ambas especies de banana provenientes de frutos rechazados mediante vía húmeda.
- Caracterizar el almidón obtenido de cada especie de banana.
- Obtener el bioplástico de cada especie de banana usando glicerol como plastificante.
- Caracterizar el bioplástico obtenido de cada especie de banana.
- Comparar las características de los bioplásticos obtenidos para su selección en embalaje de alimentos.

1.3. Antecedentes

La industria del plástico remonta a partir de la segunda mitad del siglo XX, cuando Leo Baekeland inventó la baquelita (bakelita) en 1909 el cual fue el primer polímero absolutamente sintético, la baquelita es una resina de fenol formaldehído que está hecha de una mezcla de fenol y el gas formaldehído en presencia de un catalizador obteniéndose una sustancia bituminosa de color marrón oscuro (García, 2009, p.74).

Los bioplásticos son plásticos que pueden ser degradados por acción microbiana a CO₂ CH₄ y biomasa microbológica, los microorganismos utilizan el sustrato de carbón de los polímeros que componen el plástico este es transformado y asimilado en forma de energía, este proceso puede ocurrir por un proceso aeróbico o anaeróbico, el rango de biodegradación puede ser cuantificado por la cantidad de CO₂ liberado que es medido mediante pruebas de laboratorio. (ASTM International, 2021 pág. 1), (ISO, 2005 p.1).

Antiguamente, a principios del siglo XIX, los bioplásticos solo se usaban para envolver dulces. Por otro lado, los bioplásticos se obtienen a partir de recursos biológicos renovables como plantas, bacterias y algas y que pueden ser degradados por microorganismos como hongos y bacterias presentes en el suelo sin liberar contaminantes. Entonces, las implementaciones de los bioplásticos tienen la posibilidad de ser una opción para la solución de esta problemática ya que posee muchas ventajas sobre los plásticos convencionales como productos químicos no tóxicos, fáciles de reciclar, disminuyen la utilización de combustibles fósiles, requieren menos cantidad

de energía para su producción, en cuanto a su biodegradabilidad es menor y sobre todo es ecológico con el ambiente (Thiruchelvi et al., 2020, p.1).

En la actualidad, es conveniente el origen de cuatro familias que van desde los plásticos convencionales no degradables procedentes de materias primas de origen fósil hasta los bioplásticos biodegradables. En el cual existe una amplia gama de bioplásticos como, por ejemplo: PLA, ácido poliláctico; PHA, poli(hidroxialcanoato); PBS, poli (succinato de butileno); almidón, PCL, poli (ϵ -caprolactona); PBAT, poli (butileno adipato-co-tereftalato), entre otros (Ross et al., 2017, pp.631-632).

1.4. Bases teóricas

1.4.1. *Banana baby (Musa Sp.)*

La banana baby (*Musa Sp.*) más conocida como “orito” o “almendra”, es un producto tropical híbrido que se consume tanto como fruta o como vegetal, siendo en este último caso cocido y denominado plátano por su contenido de fécula (Narayana, 2022, p.28). Es un fruto altamente demandado a nivel mundial debido a su disponibilidad permanente, gran variedad, buen sabor, asequibilidad, alto valor nutritivo y medicinal (Kumar et al., 2022, p.57).

1.5.1.1. *Origen*

El orito evolucionó en las regiones tropicales húmedas del Sudeste Asiático teniendo como centro de origen a la India (Kumar et al., 2022, p.57). Se dice que los colonizadores portugueses llevaron estas plantaciones desde África Occidental a Ecuador, concretamente a Santo Domingo de los Tsáchilas, en el siglo XVI. Actualmente, se cultiva en todo el país principalmente en La Maná y Bucay para exportar hacia la Unión Europea y Estados Unidos (infoAgro, 2018, párr.01).

1.5.1.2. *Taxonomía y Morfología*

Tabla 1-1: Taxonomía de la banana baby (*Musa Sp.*)

TAXONOMÍA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae

Género:	Musa
Especie:	<i>Musa Sp</i>

Fuente: Narayana, 2022, p.28.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

La planta de la banana baby (*Musa Sp.*) se conoce como una herbácea perenne gigante que posee un tallo aparente con rizoma corto, resulta de la unión de las vainas foliares, es cónico y su altura varía de 3,5 a 7,5 m finalizando en una corona de hojas (infoAgro, 2018, párr.02). El proceso de siembra-cosecha oscila entre 8,4 a 9,7 meses y debe cultivarse en una zona cálida y húmeda, considerando la altitud del área, características del suelo, pendiente e inclinación del terreno, accesibilidad del agua y estado de la vía de acceso (INIAP, 2018, párr.07-11).



Ilustración 1-1. Banana baby (*Musa Sp.*)

Fuente: INIAP, 2018

Tabla 1-2: Características morfológicas de la banana baby (Musa Sp.)

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS				
Raíz y Rizoma	Tallo o pseudotallo	Hojas	Racimo	Fruto
Las raíces son superficiales y se distribuyen en una capa de 30 a 40 cm. El rizoma o bulbo es un tallo subterráneo con meristemos que dan origen a los pseudotallos.	Es de color amarillo verdoso con abundantes manchas castaño-oscuras, su altura oscila entre 2,5 a 3,7 m. Es almidonoso y coronado con yemas.	Son erectas y angostas, se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal de la parte superior del rizoma.	Es compacto, de forma cilíndrica, pesa alrededor de 26 y 41 libras. Puede encontrarse de 6 a 11 manos y entre 107 a 286 dedos.	Es pequeño con extremos redondeados, cuando está maduro se torna amarillo limón. La pulpa es amarillenta, pastosa, suave, dulce y con mucho aroma.
				

Fuente: INIAP, 2018, párr.03-04.; infoAgro, 2018, párr.03-06.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

1.5.1.3. Composición nutricional

El orito es muy solicitado debido a su bajo costo, alto contenido nutritivo y energético, y a sus excelentes propiedades medicinales, ya que, ayuda a combatir enfermedades del corazón, presión alta, artritis, úlceras, gastritis y trastornos renales. Es una fruta de fácil digestión, libre de colesterol por lo que se emplea como primer alimento en los infantes (Kumar et al., 2022, pp.57-58).

Tabla 1-3: Valor nutricional de la banana baby (Musa Sp.)

COMPOSICIÓN POR CADA 100 GRAMOS DE PARTE COMESTIBLE		
Componente	Unidad	Cantidad
Energía	kcal	116
Proteína	g	1-2
Grasa	g	0,3
Carbohidratos	g	27
Ceniza	g	0,9
Fibra cruda	g	0,5

Vitamina A	μg	78
Vitamina B2	mg	0,08
Vitamina C	mg	7
Vitamina B1	mg	0,05
Vitamina B3	mg	0,5
Calcio	mg	17
Hierro	mg	0,9
Fósforo	mg	36

Fuente: Narayana, 2022, pp.28-29.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

1.4.2. *Banana roja (Musa acuminata “red dacca”)*

La banana roja (*Musa acuminata* “red dacca”) denominada “plátano malayo”, es una fruta tropical con elevada proporción de carbohidratos. Cuando el fruto es tierno contiene mayor cantidad de almidón que cuando es maduro, en su lugar hay más azúcares sencillos como sacarosa, glucosa y fructosa, de ahí que es sumamente dulce y digerible en este estado (rojo) que cuando es verde (Romero & Gutiérrez, 2019, p.24).

1.5.2.1. *Origen*

Se cree que el origen de la banana roja está en Ecuador, aunque su cultivo se ha extendido a países como Cuba, Puerto Rico, Colombia, etc. A España este fruto llegó apenas hace 20 años mediante un proyecto botánico de las Islas Canarias donde apareció 40 años antes (Castillo, 2017, párr.02).

Los plátanos rojos pertenecen a las variedades Cuban Red, Jamaican Red y Spanish Red. En América estas variedades son bien conocidas y se les llama banana roja (Argentina), banano color clarete o morado o tafetán (Colombia), plátano morado (Cuba), guineo colorado (Puerto Rico), plátano colorado o rosado (Ecuador), plátano rojo (Perú y España) (Lim, 2012, pp.531-532).

1.5.2.2. Taxonomía y morfología

Tabla 1-4: Valor nutricional de la banana baby (Musa Sp.)

TAXONOMÍA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Orden:	Zingiberales
Familia:	Musaceae
Género:	Musa
Especie:	<i>Musa acuminata</i>

Fuente: Narayana, 2022, pp.28-29.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

La planta de la banana roja (*Musa acuminata* “red dacca”) se conoce como una herbácea con pseudotallos aéreos provenientes de cormos carnosos, de donde sobresalen varias yemas laterales o hijos. Se desarrollan en áreas subtropicales, con poca probabilidad de heladas y su vida útil varía entre 8 a 10 años (SINAVIMO, 2020, párr.01-05).

El tiempo de siembra y cosecha puede tardar de 98 a 112 días, solo la maduración del fruto toma de 70 a 90 días dependiendo de las condiciones climáticas específicamente de la temperatura (20°C a 26°C), humedad y luminosidad (SINAVIMO, 2020, párr.13).



Ilustración 1-2. Banana roja (*Musa acuminata*)

Fuente: SINAVIMO, 2020.

Tabla 1-5: Características morfológicas de la banana roja (*Musa acuminata* “red dacca”)

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS				
Cormo o bulbo	Tallo o pseudotallo	Hojas	Racimo	Fruto
Es un bulbo sólido cilíndrico, muy corto, grueso y carnoso. En la zona interna de este se originan las raíces y varias yemas vegetativas.	Es de color blanco al inicio y luego de exponerse a la luz solar se torna verde, recto, cilíndrico y rígido. Pude medir 5 m de alto y 40 cm de ancho.	Tienen distribución helicoidal con bases foliares que circundan el tallo (cormo) dando origen al pseudotallo.	Comprende el conjunto de flores femeninas seguidas de las masculinas que conforman la cucula en la punta.	Es suave y carnoso, compuesto por tres carpelos que son los órganos florales. Tiene forma angulosa de tierno y mientras madura se torna cilíndrico por que acumula almidón.
				

Fuente: SINAVIMO, 2020.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

1.5.2.3. Composición nutricional

La banana roja presenta un alto contenido de carotenoides antioxidantes, particularmente betacaroteno (Vitamina A) y Vitamina C, lo que la diferencia de la banana amarilla, ya que los demás componentes están en cantidades semejantes (Lim, 2012, p.532).

Tabla 1-6: Valor nutricional de la banana roja (*Musa acuminata* “red dacca”)

COMPOSICIÓN POR CADA 100 GRAMOS DE PARTE COMESTIBLE		
Componente	Unidad	Cantidad
Energía	kcal	83
Proteína	g	0,9
Grasa	g	0,3
Carbohidratos	g	19,3
Ceniza	g	0,8
Fibra cruda	g	0,8
Vitamina A	µg	37

Vitamina B2	mg	0,07
Vitamina C	mg	5.6
Vitamina B1	mg	0,03
Vitamina B3	mg	0,8
Calcio	mg	7
Hierro	mg	0,3
Sodio	mg	2
Potasio	mg	233
Fósforo	mg	18

Fuente: Lim, 2012, p.532.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

1.5.3. Almidón

El almidón es un polisacárido producido por la condensación de la glucosa en una proporción de átomos de C, H y O de 6:10:5 que está presente en forma granular en las semillas, frutos, hojas, tubérculos y raíces. Está constituido por dos polímeros: amilosa (20%) y amilopectina (80%) que se encuentran en proporciones diferentes en los granos (Mendoza et al., 2016, p.03).

El almidón es uno de los biopolímeros naturales más abundantes del mundo, ha sido ampliamente estudiado debido a su bajo costo, biodegradabilidad y disponibilidad. Su uso en estado nativo implica ciertas limitaciones debido a su fragilidad, tendencia a la retrogradación, alta viscosidad, estabilidad térmica, deterioro de propiedades mecánicas e incompatibilidad con algunos polímeros y solventes (León et al., 2020, pp.620-621).

1.5.4. Amilosa

La amilosa es un polímero con unidades de anhidro glucosas unidas en mayor parte por enlaces glucosídicos α (1-4) y un leve grado de ramificación por enlaces α (1-6). Tiene un peso molecular promedio de 105 a 106 g/mol y presenta estructura helicoidal, en cuyo interior contiene átomos de hidrógeno que le confiere propiedades hidrofóbicas, en tanto que los grupos hidroxilos permanecen en el exterior (León et al., 2020, p.621).

La amilosa tiene la capacidad de formar complejos con ácidos grasos libres, con componentes glicéridos de ácidos grasos, yodo y ciertos alcoholes (León et al., 2020, p.621). Es la responsable de la viscosidad y la retrogradación del almidón a corto plazo (Li et al., 2020, p.32).

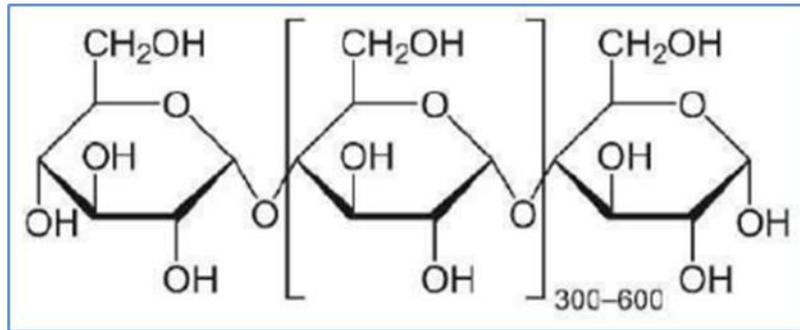


Ilustración 1-3. Estructura química de la amilosa

Fuente: León et al., 2020, p.621.

1.5.5. Amilopectina

La amilopectina es un polisacárido ramificado con cadenas lineales cortas unidas por enlaces glucosídicos α (1-6). Contiene de 10 a 60 unidades de glucosa y las cadenas laterales de 15 a 45 unidades de glucosa con un promedio de 5% de los enlaces α (1-6) en puntos ramificados. Su peso molecular es 1000 veces mayor que el peso molecular de la amilosa y varía de 1×10^7 a 5×10^8 g/mol. Las cadenas de amilopectina están dispuestas de manera radial dentro del gránulo con sus extremos terminales no reductoras orientadas hacia la superficie, con alternancia de zonas cristalinas (doble hélice) y zonas amorfas (puntos de ramificación) (León et al., 2020, p.621).

La amilopectina causa la retrogradación del almidón a largo plazo, la sinéresis del agua y el envejecimiento del pan, pues, controla la fusión y entalpía del almidón (Li et al., 2020, p.172).

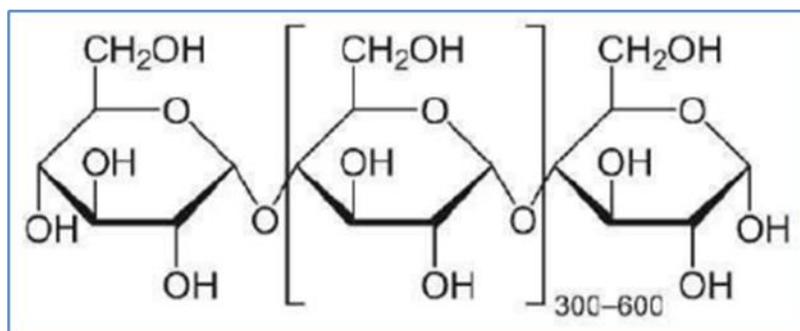


Ilustración 1-4. Estructura química de la amilopectina

Fuente: León et al., 2020, p.622

1.5.6. Almidón de banana

De manera general, el banano inmaduro en todas sus especies es una rica fuente de almidón, es posible obtener cerca del 70% de rendimiento de este hidrato de carbono. El almidón de banana posee buenas propiedades espesantes, gelificantes y estabilizantes, por lo que puede emplearse en la elaboración de bioplásticos (Martínez et al., 2015, p.17).

1.5.7. Gelatinización del almidón

La gelatinización es el proceso mediante el cual ocurre la transición de sólido (gránulos) a gel. Inicia con la plastificación del almidón que se da en un solvente, causando hinchamiento de los gránulos por el incremento de temperatura y la aplicación de esfuerzos cortantes. Luego se genera la desestructuración granular y la solubilización de las moléculas de amilosa y amilopectina en el solvente formando el gel. Este fenómeno está intrínsecamente relacionado con la gelación el cual implica la agregación molecular para formar la misma red polimérica (Quintero & Ramírez, 2013, p.06).

1.5.8. Retrogradación del almidón

La retrogradación es un proceso que ocurre cuando las moléculas del almidón gelatinizado comienzan a reasociarse en una estructura ordenada al enfriarse, es decir, las pastas se convierten en placas firmes y rígidas. Consecuentemente, se da la insolubilidad en agua y la restauración de la cristalinidad. Este fenómeno es complejo y depende de factores como: fuente y concentración de almidón, temperatura de cocción y enfriamiento, pH y presencia de solutos (Rodríguez et al., 2017, p.42).

1.5.9. Bioplástico

El bioplástico es un polímero de origen natural producido a partir de materia orgánica y con carácter biodegradable, para su síntesis emplea energía renovable por lo que produce menos contaminación que el plástico obtenido del petróleo (Guamán, 2018, p.18).

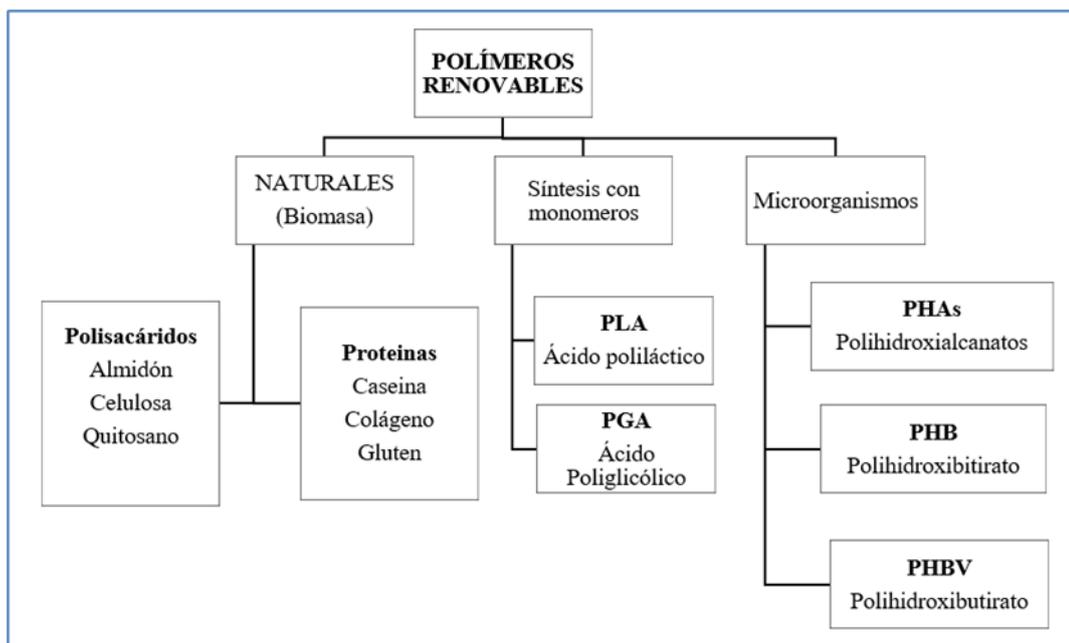


Ilustración 1-5. Polímeros obtenidos a partir de fuentes renovables

Fuente: Guamán, 2018, p.18.

1.5.10. *Plastificante*

El plastificante es una sustancia que se incorpora a un material para brindarle mayor trabajabilidad, flexibilidad y distensibilidad, es decir, que mejora sus propiedades plásticas naturales (ASTM D883, 2018, p.08).

1.5.10.1 *Tipos de plastificantes*

- **Glicerina:** La glicerina o glicerol ($C_3H_8O_3$), es un alcohol líquido que se emplea en la fabricación de productos cosméticos. Presenta propiedades hidratantes y antibacterianas (Carpintero, 2021, párr.01). Su uso como plastificante se debe a su poder de flexibilidad y dureza (Meneses et al., 2007, p.75).
- **Agua destilada:** Es un tipo de agua (H_2O) que ha sufrido procesos de destilación para eliminar contaminantes disueltos llevándola a un estado de máxima pureza (Ondarse, 2021, párr.02). Es el plastificante más recomendado en la elaboración de biopolímeros, pues es de bajo coste y fácil de adquirir; claro se debe emplear en la medida exacta para evitar degradar la estructura del almidón (Meneses et al., 2007, p.75).
- **Ácido acético:** El ácido acético, ácido etílico o ácido etanoico de fórmula CH_3COOH forma parte esencial del vinagre. Tiene olor y sabor agrio, resultando ser inflamable y corrosivo en porciones puras. Se emplea como plastificante en la producción de plásticos, fármacos, tintes, etc (NJHealth, 2016, p.01).

- **Biodegradabilidad:** La biodegradabilidad del plástico es su capacidad de descomponerse en sustancias más simples, esto gracias a la acción de las enzimas de los microorganismos del ambiente. Si dicho proceso se completa, la materia orgánica inicial se transforma en moléculas inorgánicas como agua, dióxido de carbono y metano (Infinita, 2021, párr.02).

1.5. Bases conceptuales

- **Almidón:** sustancia química orgánica granular blanca que producen todas las plantas verdes. El almidón es un polvo suave, blanco e insípido que es insoluble en agua fría, alcohol u otros solventes. La fórmula química básica de la molécula de almidón es $(C_6H_{10}O_5)_n$ (Kringel, et al., 2020, p.2).
- **Bioplástico:** Material plástico moldeable formado por compuestos químicos derivados o sintetizados por microbios como bacterias o por plantas modificadas genéticamente. A diferencia de los plásticos tradicionales, que se derivan del petróleo, los bioplásticos se obtienen a partir de recursos renovables y algunos bioplásticos son biodegradables (Bátori et al., 2018, p.1).
- **Contaminación:** La adición de cualquier sustancia (sólida, líquida o gaseosa) o cualquier forma de energía (como calor, sonido o radiactividad) al medio ambiente a un ritmo más rápido de lo que se puede dispersar, diluir, descomponer, reciclar o almacenar en alguna forma inofensiva. Los principales tipos de contaminación, generalmente clasificados por medio ambiente, son la contaminación del aire, la contaminación del agua y la contaminación de la tierra (Cole et al., 2011, p.1).
- **Residuo:** Un residuo es todo elemento que está considerado como un desecho al cual hay que eliminar según los tipos de residuo. En este entendido, se supone, por lo tanto, que el residuo carece de valor económico.
- **Residuo Sólido:** Constituyen aquellos materiales desechados tras su vida útil, y que por lo general por sí solos carecen de valor económico. Se componen principalmente de desechos procedentes de materiales utilizados en la fabricación, transformación o utilización de bienes de consumo.
- **Residuo orgánico:** Los residuos orgánicos, son biodegradables, se componen naturalmente y tiene la propiedad de poder desintegrarse o degradarse rápidamente, transformándose en otra materia orgánica. Los residuos orgánicos se componen de restos de comida y restos vegetales de origen domiciliario.
- **Materia prima:** Una materia prima es todo bien que es transformado durante un proceso de producción hasta convertirse en un bien de consumo.

- **Plastificante:** Un plastificante es una sustancia que cuando se añade a un material, normalmente a un plástico, da como resultado un producto flexible, resistente y más fácil de manejar.
- **Glicerol:** glicerol, un líquido transparente, incoloro, viscoso y de sabor dulce que pertenece a la familia de los compuestos orgánicos de los alcoholes; fórmula molecular HOCH₂CHOHCH₂OH.
- **Óxido de grafeno:** es la forma oxidada del grafeno. Es un material de una sola capa atómica que se forma mediante la oxidación del grafito, que es barato y fácilmente disponible. El óxido de grafeno es fácil de procesar ya que se puede dispersar en agua y otros disolventes. Debido al oxígeno en su red, el óxido de grafeno no es conductor, pero puede reducirse a grafeno mediante métodos químicos.
- **Tubérculo:** Un tallo corto, carnoso, generalmente subterráneo, con diminutas hojas, cada una de las cuales tiene un brote en su axila y es potencialmente capaz de producir una nueva planta.
- **Biodegradabilidad:** Capaz de descomponerse especialmente en productos inocuos por la acción de seres vivos (como microorganismos).
- **Humedad:** humedad, la cantidad de vapor de agua en el aire. Es la característica más variable de la atmósfera y constituye un factor importante en el clima y el tiempo. Conocida también como la cantidad de agua presente en un objeto o ser vivo.
- **Ceniza:** el residuo sólido que queda cuando el material combustible se quema completamente o se oxida por medios químicos.
- **Solubilidad:** grado en el que una sustancia se disuelve en un solvente para formar una solución (generalmente expresada como gramos de soluto por litro de solvente).
- **pH:** Medida cuantitativa de la acidez o basicidad de soluciones acuosas u otras soluciones líquidas. El término, ampliamente utilizado en química, biología y agronomía, traduce los valores de la concentración del ion hidrógeno, que normalmente oscila entre aproximadamente 1 y 10⁻¹⁴ equivalentes gramo por litro, en números entre 0 y 14.
- **Fibra:** un vacío de células vegetales de paredes gruesas alargadas y ahusadas en la madurez que imparte elasticidad, flexibilidad y resistencia a la tracción.
- **Proteína:** Sustancia de gran complejidad que se encuentra presente en todos los organismos vivos. Las proteínas tienen un gran valor nutricional y están directamente involucradas en los procesos químicos esenciales para la vida.
- **Viscosidad:** Resistencia de un fluido (líquido o gas) a un cambio de forma o movimiento de partes vecinas entre sí. La viscosidad denota oposición al flujo. El recíproco de la viscosidad se llama fluidez, una medida de la facilidad de flujo.

- **Temperatura de gelatinización:** medida que indica que una sustancia ha alcanzado el punto óptimo del proceso de conversión de una sustancia gelatinosa o gelatina.
- **Amilosa:** un componente del almidón que se caracteriza por sus cadenas lineales de unidades de glucosa.
- **Amilopectina:** un componente de almidón que tiene un peso molecular alto y una estructura ramificada y no tiende a gelificarse en soluciones acuosas.
- **Hongos:** organismos eucariotas típicamente filamentosos productores de esporas saprofitas y parásitas, anteriormente clasificados como plantas que carecen de clorofila e incluyen mohos, royas, mildiúes, tintes, hongos y levaduras.
- **Levaduras y mohos:** organismos eucariotas típicamente filamentosos productores de esporas saprofitas y parásitas, anteriormente clasificados como plantas que carecen de clorofila e incluyen mohos, royas, mildiúes, tintes, hongos y levaduras
- **Coliformes totales:** Son bacterias gramnegativas en forma de bastoncillo (como E. coli) normalmente presentes en el intestino
- **Elasticidad (Mpa):** la capacidad de un cuerpo tenso para recuperar su tamaño y forma después de la deformación.
- **Carga de fluencia (N):** Indicación del esfuerzo máximo que se puede desarrollar en un material sin causar una deformación plástica.
- **Esfuerzo de fluencia (MPa):** El límite de fluencia R_e es un valor característico del material que se determina a través del ensayo de tracción
- **Elongación (%):** Es el máximo esfuerzo de tracción a que un material puede estar sujeto antes de su rotura. Unidades: Para la resistencia a la tracción, el esfuerzo es la relación de la carga sobre el área de la sección transversal inicial y se expresa comúnmente en Pa (pascales).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de investigación

- Por el método de investigación: mixto

Esta investigación tiene un enfoque mixto, es decir es cualitativo debido a que se realizaron análisis físicos, químicos y microbiológicos del material plástico biodegradable obtenido para determinar su calidad; y a su vez es cuantitativo ya que los análisis realizados brindan datos numéricos.

- Por el objetivo de investigación: aplicada

Según el objetivo de la presente investigación es aplicada debido a que se solucionará problemas delimitados como la acumulación de plástico en el ambiente, el desperdicio de residuos agrícolas, además de ofrecer una comparación entre los films obtenidos de cada especie de banana.

- Por el nivel de profundización en el objeto de estudio: exploratoria

Las investigaciones de carácter exploratorio son aquellas que procuran dar una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada situación, la cual es el tiempo de degradación del plástico convencional, a través de la presente investigación se pretende elaborar un plástico biodegradable a partir de almidón de banana baby y banana roja para reducir relativamente el tiempo de degradación, y por ende el impacto en el ambiente.

- Por la manipulación de variables: experimental

La investigación es de carácter experimental ya que se realizó en laboratorio tanto la obtención de almidón como las pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y mecánicas del material plástico biodegradable obtenido.

- Por el tipo de inferencia: deductiva

Es deductiva debido a que se usó principios generales para lograr alcanzar una conclusión específica, se conoce que las especies de banana usadas para esta investigación, tienen presencia de almidón el cual, al combinarse con agua, glicerol y ácido acético producirá plástico.

- Por el periodo temporal: longitudinal

Una investigación longitudinal, es en la cual el investigador lleva a cabo un estudio manipulando diferentes variables a lo largo de un ciclo de tiempo y compila datos basados en estos estudios, para la determinación de la calidad tanto del almidón extraído como del material plástico obtenido, se usó diferentes variables que se analizaron durante seis meses.

2.2. Diseño del estudio

Para el presente trabajo se empleó el diseño factorial completo 2k, que se usa cuando el objetivo es medir cómo influyen k factores en un proceso y descubrir si interaccionan entre ellos.

Por tanto, se optó en utilizar como metodología al diseño factorial más simple de la familia 2k que es el diseño factorial 2² el cual estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles en cada uno que son el tiempo y velocidad de licuado representados por el nivel bajo (-) y el nivel alto (+)

Tabla 2-1: Factores y niveles del diseño de experimento

Descripción Factores		Niveles	
		Bajo (-)	Alto (+)
Variables	Tiempo	10 seg	20 seg
	Velocidad	6800 rpm	20000 rpm

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

2.3. Población de estudio

La población de estudio corresponde al muestreo de banana baby (*musa sp*) y banana roja (*musa acuminata* “red dacca”) obtenidas del rechazo de plantaciones bananeras ubicadas en la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas y el Oro.

2.4. Tamaño de la muestra

Se realizó un muestreo no probabilístico, tomando 5 kg de cada especie de banana para la obtención del almidón. Una vez obtenido, aplicando el diseño factorial 2k, se llega a producir 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno. Es decir 16 muestras de banana baby y 16 muestras de banana roja, haciendo un total de 32 muestras experimentales.

2.5. Selección de la muestra

En la selección de cada especie de banana se toma en consideración las principales características que son: madurez, libre de manchas y en buen estado. Posterior a la obtención del almidón, se elaboraron bioplásticos de cada tratamiento usado, seleccionando como plastificante.

2.6. Localización del estudio

Los experimentos se realizaron en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) ubicada en la panamericana Sur km 1 ½ vía Guayaquil, en la ciudad de Riobamba, con las siguientes características:

- **Coordenadas geográficas:** 17 M X: 758313 Y: 9816729
- **Superficie:** 97800 hectáreas
- **Altitud:** 2756 m.s.n.m
- **Temperatura promedio:** Durante el lapso del año la temperatura en la ciudad varía de 8°C a 19°C, estas temperaturas inusualmente descienden a menos de 5°C o ascienden a más de 22°C.
- **Precipitación promedio:** 1462 mm

2.7. Etapas de la investigación experimental

En la ilustración 2-1 se detalla las etapas de la investigación

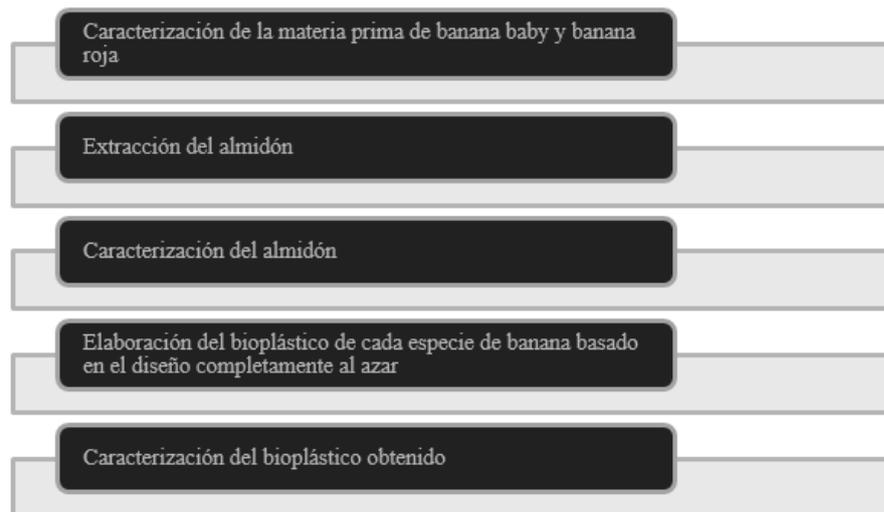


Ilustración 2-1. Etapas de la investigación experimental

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

2.7.1. Caracterización de la materia prima

Para la caracterización de banana baby y banana roja se procedió a realizar los siguientes ensayos:

Tabla 2-2: Caracterización de la materia prima

Análisis	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculo	Valor de referencia	Método de ensayo
Humedad (%)	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Crisoles Estufa Desecador con un agente de secado 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar los crisoles vacíos, limpios y enfriarlos en un desecador, después de secar durante 24 horas en una estufa a 80 °C (P1). Pesar en el crisol vacío y 5 g de la muestra de almidón (P2) Colocar el crisol con la muestra de almidón en la estufa a 150 °C durante 24 horas. Enfriar los crisoles hasta obtener peso constante (30-45 minutos) (P3). Pesar los crisoles con la muestra de almidón seca. 	$\% H = \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$	El contenido de materia seca de los almidones debe estar entre 87-90 por ciento.	Técnica usada (ICONTEC, 2002)
Ceniza (%)	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica con una precisión de 0,01g Crisoles de porcelana Desecador Mufla 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar aproximadamente 1.0 g de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado. Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media. Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales. 	$\% Ceniza = \frac{P_{ceniza}}{P_{muestra}} * 100$	En general, el contenido de cenizas en el almidón no debe exceder de 0,12 por ciento	Técnica usada (AOAC, 2000)

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

2.7.2. Extracción del almidón

- **Selección de la materia prima:** Para la extracción de almidón se utilizaron frutos rechazados en estado verde de maduración de banana baby y banana roja respectivamente, libre de manchas y en buen estado.
- **Lavado:** En esta etapa se pretende eliminar impurezas en los frutos utilizados.
- **Secado y pesado:** En esta etapa se deben secar los residuos para seguidamente pesarlos en la balanza analítica hasta llegar a 3200 g de banana baby y 3200 g de banana roja
- **Licuido:** A través de la licuadora de tipo doméstico se trituraron los frutos de banana baby y banana roja respectivamente adicionando agua.
- **Filtrado:** En esta etapa se filtra a través de un cernidor plástico la mezcla obtenida después del respectivo licuado.
- **Decantado:** Se coloca la mezcla en un vaso plástico de 500 mL durante 24 horas hasta que por decantación natural el almidón se deposite al fondo del recipiente, después se elimina el sobrenadante.
- **Secado:** En esta etapa se procede a secar el almidón decantado en el paso anterior mediante una estufa a 50° durante 24 horas.
- **Molienda y tamizado:** Finalmente en esta etapa se procede a moler el almidón hasta obtener un polvo homogéneo que se tamizará a través de un tamiz de 290 para eliminar impurezas, después se empaqueta en fundas ziploc, debidamente etiquetadas, en un lugar fresco.

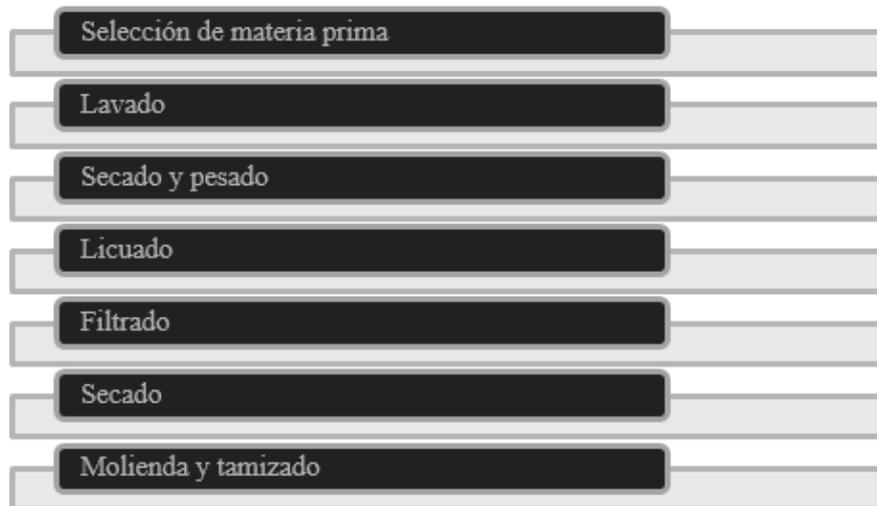


Ilustración 2-2. Diagrama de flujo para extracción de almidón

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

2.7.2.1. Diseño factorial 2k para la extracción de almidón

En esta investigación se usó el diseño 2k, el cual consistió en 4 tratamientos con 4 repeticiones cada uno para cada especie de banana, obteniéndose así 16 muestras experimentales para banana baby y 16 para banana roja respectivamente. Los factores o variables son la velocidad y el tiempo de licuado.

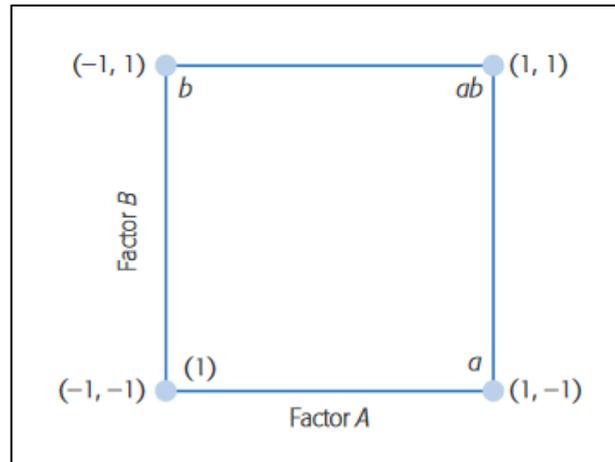


Ilustración 2-3. Diseño factorial 2k

Realizado por: Pérez, H. 2022

2.7.3. Caracterización del almidón

Para la caracterización del almidón obtenido se usó la guía para producción y análisis de almidón de yuca de la FAO, 2007.

Tabla 2-3: Caracterización del almidón

Análisis	Materiales, equipos y reactivos	Procedimiento	Cálculo	Valor de referencia	Método de ensayo
Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Baño con calentamiento constante • Centrífuga • Tubo de centrifuga plásticos de 50 mL • Vaso de precipitado de vidrio de 50 mL • Horno con temperatura constante • Pipeta volumétrica de 10 mL • Pipeteador de 30 mL 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar tubos de centrifuga secos a 60 °C. Pesar en los tubos 1,25 g de almidón (bs) y agregar exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60 °C y agitar. • Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. • Centrifugar a temperatura ambiente a 3000 RPM durante 60 minutos. • Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y medir el volumen. • Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitados de 50 mL • Secar el sobrenadante a 70 °C. • Pesar el tubo de centrifuga con el gel. • Pesar el vaso de precipitados con los insolubles 	$ISA = \frac{\text{Peso soluble}_{(g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra}_{(g)} \times bs} \times 100$	Almidones de buena calidad, tendrán una baja solubilidad, alta absorción de agua y un alto poder de hinchamiento.	Técnica usada (Anderson et al., 1969)

<p>pH</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Medidor de pH (rango de 0 a 14) • Soluciones tampón de pH 4 y 7 • Tubos falcon • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el medidor de pH con las soluciones tampón pH 4 y pH 7 • Mezclar en un tubo falcon 20 g de almidón en base seca con 100 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos • Centrifugar durante 10 minutos a 3000 RPM • Medir el pH en el sobrenadante de los tubos 	<p>El valor de pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una muestra</p>	<p>El valor del pH en un almidón nativo debe estar entre 6.0-6.5.</p>	<p>Técnica usada (ISI, 1999)</p>
<p>Viscosidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Viscosímetro • Aguja para el Brookfield N° 21 • Baño de agua con temperatura constante • Vaso de precipitado de vidrio de 600 mL • Termómetro • Baño maría 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 g de almidón en base seca, disolver en agua destilada y completar a 500 mL. • Llevarlo a baño maría hasta llegar a la temperatura de gelatinización • Enfriar el gel hasta 25 °C • Medir la viscosidad a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM. 	<p>Reportar la viscosidad sin decimales en centipoises (cP).</p>	<p>En general el valor de la viscosidad en los geles a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM, varía entre 840 -1500 cP.</p>	<p>Técnica usada (ISI, 2002)</p>

<p>Temperatura de gelatinización</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Baño maría • Vasos de precipitado de vidrio de 250 mL • Pinzas de acero inoxidable • Termómetro con escala de 0-100 °C 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón disolver en agua destilada y completar a 100 mL. • Calentar el baño maría y verificar que su temperatura llegue a los 85 °C. • Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C. • Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos. • Leer la temperatura de gelatinización. 	<p>La temperatura de gelatinización se lee directamente en el termómetro</p>	<p>El valor de la temperatura de gelatinización en almidones varía entre 57.5-70 °C.</p>	<p>Técnica usada (Grace, 1977)</p>
<p>Fibra</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Equipo Dosi-Fiber • Balanza analítica • Trompa o bomba de vacío • Kitasato • Crisoles porosos • Horno de mufla de 500°C • Estufa 150°C • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 1 g de muestra (W₀) en un crisol. Introducir los crisoles en el Dosi-Fiber • Asegurarse de que las válvulas están en la posición “cerrado” y añadir de 100 mL de H₂SO₄ caliente en cada columna y unas gotas de anti-espumante. • Abrir el circuito de refrigeración y activar las resistencias calefactoras. • Parar la calefacción. Abrir el circuito de vacío y poner los mandos de las válvulas en posición “absorción”. Lavar con agua destilada y filtrar. Repetir este proceso 3 veces. • Poner las muestras a secar en la estufa a 150°C durante 1 h. • Dejar enfriar en el desecador y pesar (W₁). 	$\%Fibra\ Bruta = \frac{W_1 - W_2}{W_0} * 100$	<p>Un almidón de buena calidad no debe exceder 0,3 por ciento de fibra.</p>	<p>Método de Weede, 2009.</p>

		<ul style="list-style-type: none"> • Incinerar las muestras de los crisoles en el horno de mufla a 500°C durante un mínimo de 3h. • Dejar enfriar en el desecador y pesar los crisoles. La cantidad pesada es W2. 			
Amilosa	El análisis de amilosa fue realizado en el Laboratorio De Servicio De Análisis E Investigación En Alimentos Del Departamento De Nutrición Y Calidad En El Instituto Nacional De Investigaciones Agropecuarias Estación Experimental Santa Catalina (INIAP).				
Amilopectina		-	$Amilopectina = 100\% - amilosa$	U. FLORIDA 1970 MO-LSAIA-01.01	
Hongos	Los análisis de estos parámetros se realizaron en el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Aguas y Alimentos SAQMIC®.				
Levaduras y mohos					
Coliformes totales					
Espectrofotometría Infrarroja	<ul style="list-style-type: none"> • Espectrofotómetro infrarrojo 	<ul style="list-style-type: none"> • Se coloca la muestra del almidón obtenido • Procede tomar los datos del monitor. 	El cálculo se emite de acuerdo con las curvas presentadas en el gráfico resultante y se interpreta según Shurvell, 2002.	Método Directo	

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

2.7.4. Obtención del bioplástico

Se utilizó el procedimiento descrito en Charro (2015), como muestra el siguiente gráfico



Ilustración 2-4. Diagrama de flujo para la elaboración de bioplástico.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

- Preparar una solución de agua destilada y almidón en un vaso de precipitación.
- Después se coloca la solución sobre un reverbero.
- Se debe agitar la solución de constantemente y de forma moderada hasta alcanzar su temperatura de gelatinización.
- Agregar el glicerol y el ácido acético, agitar hasta homogenización y dejar enfriar.
- Verter la mezcla sobre un molde y esperar su completo secado hasta obtener las propiedades cualitativas deseadas.

2.7.5 Caracterización del bioplástico obtenido

Para caracterizar el bioplástico se ha considerado la NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2635:2012 MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS, esta norma describe el método de ensayo para determinar las propiedades de tracción de los plásticos en forma de láminas delgadas y películas (menos de 1,0 mm de espesor).

Tabla 2-4: Caracterización de las propiedades del bioplástico

Análisis	Reactivos, materiales y equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
Espesor, longitud y ancho	<ul style="list-style-type: none"> Micrómetro digital 	<ul style="list-style-type: none"> Con el calibrador digital se toma las medidas de extremo a extremo considerando el largo, ancho y espesor de la probeta 	El calibrador consta de un cuerpo con un tope fijo y otro móvil provisto de una cabeza micrométrica y el resultado es en milímetros	Método Directo
Humedad	<ul style="list-style-type: none"> Balanza térmica Bioplástico de melloco y malanga 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe tarar la balanza Tomar una muestra del material plástico de 2x2 Posteriormente se agrega la muestra a la balanza alrededor de 10 a 20 minutos, dependiendo de la humedad de la muestra Anotar el resultado 	La medición es directa se toma el valor de la humedad en porcentaje	Método directo
Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> Vaso de precipitación de 100 mL Probeta Papel filtro Balanza analítica Shaker 	<ul style="list-style-type: none"> Las muestras para analizar deben estar previamente secadas. Se coloca dichas muestras en un vaso de 100 mL con 80 mL de agua destilada. Las muestras deben ser agitadas con ayuda de un shaker a condición de 100 rpm por una hora 	Para determinar la solubilidad del plástico se hace uso de la siguiente formula: $\%S = \frac{m_i - m_f}{m_f} * 100$ Siendo:	El método se basa de la revista del Laboratorio tecnológico de Uruguay del tema películas

		<ul style="list-style-type: none"> • Se procede a filtrar haciendo uso de papel filtro y posteriormente se lleva a la estufa a una temperatura de 40 °C. • Al perder la mayor cantidad de agua se procede al pesado del mismo 	<p>mi= masa inicial seco del plástico (g)</p> <p>mf= masa final seco del plástico (g)</p>	<p>biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de Proteínas de suero lácteo</p>
Permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo de ensayo • Gradilla • Balanza analítica • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Acoplar el ambiente en un desecador • En un tubo de ensayo llenar las $\frac{3}{4}$ partes con sílice activo y sellar con el material plástico biodegradable • Pesarse los tubos de ensayo con la muestra y la sílice • Colocarlos con ayuda de una gradilla en el desecador, mismo que debe contener una solución sobresaturada de NaCl. • Pesarse cada hora hasta completar 6 repeticiones. 	<p>Para determinar la permeabilidad del plástico se hace uso de la siguiente fórmula:</p> $WV = \frac{(P2 - P1) \times e}{t \times pv (P2 - P1)}$ <p>P2= peso final P1= peso inicial</p>	<p>ASTM D1653-93:</p> <p>Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico</p>

<p>Pruebas mecánicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina Universal 	<ul style="list-style-type: none"> • Se introduce la probeta en el equipo, sujetándola de ambos extremos. • Se introduce la Norma INEN 2635 y se deja correr el programa • Se toma los datos generados en el equipo. 	<p>El cálculo se genera de acuerdo con la carga máxima (N), desplazamiento máximo (mm), esfuerzo máximo (MPa), deformación máxima (%), rotura de carga (N).</p>	<p>Método Directo</p>
<p>Biodegradabilidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Cajas Petri • Software Imagen J 	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuar las cajas Petri con agua, suelo y aire • En cada una de las cajas Petri agregar un cuadrado de 2x2 cm del material plástico biodegradable • Llevar un registro fotográfico cada 3 días • Mediante el programa Imagen J determinar el área que se va reduciendo en el tiempo establecido • Tomar los datos del programa 	$\% = \frac{A_1 - A_2}{A_1} * 100$	<p>Método Directo</p>

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

2.7.6. Diseño completamente al azar (DCA)

Se utilizó el diseño completamente al azar para elegir el mejor tratamiento en la elaboración del material plástico biodegradable con adición de ácido acético; es necesario este diseño puesto que las unidades experimentales en la presente investigación son homogéneas, la única diferencia que existe entre ellas es el tratamiento utilizado. A continuación, se detalla los tratamientos utilizados.

Tabla 2-5: Prueba de ANOVA (DCA)

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	Fc	Ft
Tratamientos	SC_{TRAT}	K-1	$CM_{TRAT} = \frac{SC_{TRAT}}{K - 1}$	$F_c = F_o = \frac{CM_{TRAT}}{CM_E}$	=DISTR.F.IN V (probabilidad ; grados de libertad 1; grados de libertad 2)
Error	SC_E	N-K	$CM_E = \frac{SC_E}{N - K}$		
Total	SC_T	N-1			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Criterio:

$$F_c < F_\alpha; \text{ Acepta la } H_o$$

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Datos experimentales

3.1.1. Datos caracterización materia prima

La caracterización de la materia prima de banana baby y banana roja se realizó tomando en cuenta el peso, longitud, diámetro, características sensoriales, humedad y ceniza de los frutos usados, como se explica en las siguientes tablas:

Tabla 3-1: Caracterización de banana baby y banana roja

Producto	Características		
	Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
Banana baby	84.37	96.50	16.4
	85.58	105.20	17.0
	83.97	98.30	20.4
	85.25	102.70	18.2
	86.67	99.40	19.4
	85.168	100.42	18.28
Banana roja	94.30	134.40	26.90
	92.32	129.10	22.50
	93.42	131.90	24.90
	95.33	128.30	25.40
	94.89	136.20	27.60
	94.05	131.98	25.46

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-2: Características de la materia prima

Producto	Características				
	Color	Olor	Sabor	Textura i	Textura
Banana baby	Amarillo	Característico	Dulce	Semiduro	Duro
Banana roja	Rojizo	Característico	Dulce	Semiduro	Duro

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-3: Humedad y ceniza de la materia prima

Pruebas	Datos	Banana baby	Banana roja
Humedad	Peso inicial de Crisol (g)	34,506	35,385
	Peso de Muestra (g)	2	2
	Peso final de Crisol (g)	35.606	36,486
Ceniza	Peso inicial de Crisol (g)	34,506	35,385
	Peso de Muestra (g)	2	2
	Peso final de Crisol (g)	39,061	36,486
	Peso final después de la mufla (g)	38,897	36,243

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

3.1.2. Datos extracción de almidón diseño factorial 2k

Tabla 3-4: Datos de extracción de almidón

Tratamiento	Variables	Cantidad de almidón de Banana baby (g)	Variables	Cantidad de almidón de Banana roja (g)
1	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 6800 • Tiempo (s): 10 	0.6314	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 6800 • Tiempo (s): 10 	1.1372
2	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 6800 • Tiempo (s): 20 	2.4926	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 6800 • Tiempo (s): 20 	1.8978
3	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 20000 • Tiempo (s): 10 	2.6825	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 20000 • Tiempo (s): 10 	2.7284
4	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 20000 • Tiempo (s): 20 	3.8227	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad (RPM): 20000 • Tiempo (s): 20 	4.1539

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

3.1.3. Datos caracterización de almidón

Tabla 3-5: Solubilidad para banana baby

Producto	Repeticiones	Vasos peso inicial (g)	Vasos peso final (g)	Tubos peso inicial (g)	Tubos peso fina (g)	Volumen de los tubos (mL)
Banana baby	R1	30.543	30.551	12.826	20.184	22
	R2	29.842	35.849	12.807	21.683	22
	R3	31.334	36.342	12.648	20.891	22

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-6: Solubilidad para banana roja

Producto	Repeticiones	Vasos peso inicial (g)	Vasos peso final (g)	Tubos peso inicial (g)	Tubos peso fina (g)	Volumen de los tubos (mL)
Banana roja	R1	20.134	20.139	12.890	18.270	24
	R2	28.784	28.788	12.680	19.202	24
	R3	31.450	31.465	12.819	18.193	24

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-7: Fibra para banana baby

Producto	Repeticiones	Peso Inicial W0 (g)	Peso final W1 (g)	Peso final (mufla) W2 (g)
Banana baby	R1	30.382	30.326	30.291
	R2	31.856	31.813	31.768
	R3	31.002	30.995	30.887

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-8: Fibra para banana roja

Producto	Repeticiones	Peso Inicial W0 (g)	Peso final W1 (g)	Peso final (mufla) W2 (g)
Banana roja	R1	31.456	31.440	31,387
	R2	30.832	30.807	30,669
	R3	30.889	30.881	30,828

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-9: pH Banana baby

Producto	Repeticiones	pH
Banana baby	R1	6.65
	R2	6.46
	R3	6.38

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-10: pH Banana roja

Producto	Repeticiones	pH
Banana roja	R1	5.95
	R2	6.12
	R3	6.05

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-11: Viscosidad para banana baby

Producto	Repeticiones	Viscosidad (mPa*s)
Banana baby	R1	2015.09
	R2	2078.45
	R3	2056.56

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-12: Viscosidad para banana roja

Producto	Repeticiones	Viscosidad (mPa*s)
Banana roja	R1	2096.10
	R2	2065.28
	R3	2124.74

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-13: Temperatura de gelatinización para banana baby

Producto	Repeticiones	Temperatura de gelatinización (°C)
Banana baby	R1	69
	R2	76
	R3	73

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-14: Temperatura de gelatinización para banana roja

Producto	Repeticiones	Temperatura de gelatinización (°C)
Banana roja	R1	70
	R2	66
	R3	72

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

3.1.4. Datos para la obtención del bioplástico**Tabla 3-15:** Datos para obtención de bioplástico de banana baby

Producto	Agua (mL)	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Tratamientos	Ácido Acético (mL)
Banana baby	40	2	1	T1	0.5
				T2	1
				T3	1.5
				T4	2
				T5	2.5
				T6	3

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-16: Datos para obtención de bioplástico de banana roja

Producto	Agua (mL)	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Tratamientos	Ácido acético (mL)
Banana roja	40	2	1	T1	0.5
				T2	1
				T3	1.5
				T4	2
				T5	2.5
				T6	3

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

3.1.5. Datos caracterización del bioplástico obtenido

Tabla 3-17: Espesor, longitud y ancho (Banana baby)

Producto	Tratamiento	Espesor (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Banana baby	T1	0.14	80	80
	T2	0.16	80	80
	T3	0.22	80	80
	T4	0.15	80	80
	T5	0.23	80	80
	T6	0.15	80	80

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 2-18: Espesor, longitud y ancho (Banana roja)

Producto	Tratamiento	Espesor (mm)	Anchura (mm)	Longitud (mm)
Banana roja	T1	0.18	80	80
	T2	0.14	80	80
	T3	0.20	80	80
	T4	0.12	80	80
	T5	0.21	80	80
	T6	0.17	80	80

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-19: Humedad (Banana baby)

Producto	Tratamientos	Humedad (%)
Banana baby	T1	20.453
	T2	21.826
	T3	22.721
	T4	21.930
	T5	20.613
	T6	20.372

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-20: Humedad (Banana roja)

Producto	Tratamientos	Humedad (%)
Banana roja	T1	20.905
	T2	18.573
	T3	21.624
	T4	25.682
	T5	19.435
	T6	24.296

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-21: Solubilidad (Banana baby)

Producto	Tratamientos	Peso del bioplástico inicial (g)	Peso del bioplástico final (g)
Banana baby	T1	0.1526	0.1404
	T2	0.1176	0.1121
	T3	0.1863	0.1654
	T4	0.1229	0.1117
	T5	0.2017	0.1897
	T6	0.1378	0.1042

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-22: Solubilidad (Banana roja)

Producto	Tratamientos	Peso del bioplástico inicial (g)	Peso del bioplástico final (g)
Banana roja	T1	0.1428	0.1161
	T2	0.1825	0.1756
	T3	0.1943	0.1819
	T4	0.2052	0.1843
	T5	0.1684	0.1492
	T6	0.1769	0.1427

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-23: Permeabilidad (Banana baby)

Producto	Tratamiento	Horas	Valor	Tratamiento	Horas	Valor
Banana baby	T1	H1	32.5872	T4	H1	33.1086
		H2	32.5879		H2	33.1144
		H3	32.5892		H3	33.1172
		H4	32.5903		H4	33.1199
		H5	32.5916		H5	33.1222
		H6	32.5934		H6	33.1233
	T2	H1	33.3021	T5	H1	31.6120
		H2	33.3056		H2	31.6148
		H3	33.3103		H3	31.6197
		H4	33.3159		H4	31.6216
		H5	33.3195		H5	31.6272
		H6	33.3218		H6	31.6304
	T3	H1	32.3822	T6	H1	31.4292
		H2	32.3883		H2	31.4349
		H3	32.3912		H3	31.4372
		H4	21.3940		H4	31.4400
		H5	32.3963		H5	31.4423
		H6	32.3978		H6	31.4437

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-24: Permeabilidad (Banana roja)

Producto	Tratamiento	Horas	Valor	Tratamiento	Horas	Valor
Banana roja	T1	H1	31.3724	T4	H1	32.6782
		H2	31.3736		H2	32.6795
		H3	31.3849		H3	32.6804
		H4	31.3878		H4	32.6817
		H5	31.3893		H5	32.6861
		H6	31.3912		H6	32.6903
	T2	H1	33.9407	T5	H1	32.4920
		H2	33.9459		H2	32.5022
		H3	33.9491		H3	32.5049
		H4	33.9521		H4	32.5083
		H5	33.9546		H5	32.5102
		H6	33.9576		H6	32.5131
	T3	H1	32.6844	T6	H1	33.7214
		H2	32.6906		H2	33.7251
		H3	32.7033		H3	33.7293
		H4	32.7062		H4	33.7304
		H5	32.7087		H5	33.7318
		H6	32.7106		H6	33.7357

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-25: Pruebas mecánicas banana baby

Producto	Tratamiento	Carga máxima (n)	Desplazamiento máximo(mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación (%)	Rotura Carga (n)
Banana baby	T1	1.7165	6.1505	0.6418	10.0175	0.3856
	T2	2.0325	4.2846	1.4675	16.9925	0.9925
	T3	2.1775	7.6785	1.29925	14.2246	0.8125
	T4	3.3912	9.3136	1.3589	13.3525	0.2124
	T5	3.0278	6.3825	0.9352	17.5137	0.3428
	T6	1.3957	5.4905	0.9285	20.7278	0.6245

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-26: Pruebas mecánicas banana roja

Producto	Tratamiento	Carga máxima (n)	Desplazamiento máximo(mm)	Esfuerzo máximo (MPa)	Deformación (%)	Rotura Carga (n)
Banana roja	T1	2.5608	5.2315	1.5265	13.9077	0.6982
	T2	1.9627	6.5135	1.1923	17.2662	0.6518
	T3	1.4054	4.0425	0.8557	10.6294	0.4245
	T4	3.6275	8.1795	2.1582	21.4115	1.4373
	T5	2.7795	9.3995	1.5846	24.5973	1.5477
	T6	0.6702	5.9235	0.3741	15.6368	0.1729

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculos para la caracterización de materia prima

3.2.1.1. Humedad

- Banana baby

$$\%humedad = \frac{100 \times (P1 - P2)}{P2} \text{ (Ec. 1 - 3)}$$

$$\%humedad = \frac{100 \times (2g - 1.1g)}{1.1g}$$

$$\%humedad = 81.81\%$$

- Promedio de las muestras

$$\%promedio = \frac{81.81\% + 78.9\% + 80.52\%}{3} \text{ (Ec. 2 - 3)}$$

$$\%promedio = 80.41\%$$

- Banana roja

$$\%humedad = \frac{100 \times (P1 - P2)}{P2} \text{ (Ec. 3 - 3)}$$

$$\%humedad = \frac{100 \times (2g - 1.06g)}{1.06g}$$

$$\%humedad = 88.67\%$$

- Promedio de las muestras

$$\%promedio = \frac{\%humedad 1 + \%humedad 2 + \%humedad 3}{3} \text{ (Ec. 4 - 3)}$$

$$\%promedio = \frac{88.67\% + 87.23\% + 87.5\%}{3}$$

$$\%promedio = 87.8\%$$

3.2.1.2. Ceniza

- Banana baby

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso cenizas (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100 \text{ (Ec. 5 - 3)}$$

$$\%Cenizas = \frac{0.0084}{2} \times 100$$

$$\%Cenizas = 0.42\%$$

- Promedio de muestras

$$\%promedio = \frac{\%cenizas 1 + \%cenizas 2 + \%cenizas 3}{3} \text{ (Ec. 6 - 3)}$$

$$\%promedio = \frac{0.42\% + 0.63\% + 0.57\%}{3}$$

$$\%promedio = 0.54\%$$

- Banana roja

$$\%Cenizas = \frac{\text{Peso cenizas (g)}}{\text{Peso muestra (g)}} \times 100 \text{ (Ec. 7 - 3)}$$

$$\%Cenizas = \frac{0.243}{40.385} \times 100$$

$$\%Cenizas = 0.6\%$$

- Promedio de las muestras

$$\%promedio = \frac{\%cenizas 1 + \%cenizas 2 + \%cenizas 3}{3} \text{ (Ec. 8 - 3)}$$

$$\%promedio = \frac{0.6\% + 0.78\% + 0.67\%}{3}$$

$$\%promedio = 0.68\%$$

3.2.2. Cálculos para la caracterización de almidón

3.2.2.1. Solubilidad

- Banana baby

$$\text{Índice de solubilidad (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}} \quad (\text{Ec. 9 - 3})$$

$$\text{Índice de solubilidad (ISA)} = \frac{0.015 \times 22 \times 10}{1.25}$$

$$\text{Índice de solubilidad (ISA)} = 2.64$$

- Promedio de las muestras

$$\text{ISA promedio} = \frac{\text{ISA 1} + \text{ISA 2} + \text{ISA 3}}{3} \quad (\text{Ec. 10 - 3})$$

$$\text{ISA promedio} = \frac{2.64 + 1.936 + 3.168}{3}$$

$$\text{ISA promedio} = 2.581$$

- Banana roja

$$\text{Índice de solubilidad (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}} \quad (\text{Ec. 11 - 3})$$

$$\text{Índice de solubilidad (ISA)} = \frac{0.006 \times 22 \times 10}{1.25}$$

$$\text{Índice de solubilidad (ISA)} = 1.056$$

- Promedio de las muestras

$$\text{ISA promedio} = \frac{\text{ISA 1} + \text{ISA 2} + \text{ISA 3}}{3} \quad (\text{Ec. 12 - 3})$$

$$\text{ISA promedio} = \frac{1.056 + 0.704 + 1.232}{3}$$

$$\text{ISA promedio} = 0.997$$

3.2.2.2. pH

- Banana baby

$$pH \text{ promedio} = \frac{pH_1 + pH_2 + pH_3}{3} \text{ (Ec. 13 - 3)}$$

$$pH \text{ promedio} = \frac{6.65 + 6.46 + 6.38}{3}$$

$$pH \text{ promedio} = 6.5$$

- Banana roja

$$pH \text{ promedio} = \frac{pH_1 + pH_2 + pH_3}{3} \text{ (Ec. 14 - 3)}$$

$$pH \text{ promedio} = \frac{5.95 + 6.12 + 6.05}{3}$$

$$pH \text{ promedio} = 6.04$$

3.2.2.3. Viscosidad

- Banana baby

$$\mu \text{ promedio} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3} \text{ (Ec. 15 - 3)}$$

$$\mu \text{ promedio} = \frac{2015.09 + 2078.45 + 2056.56}{3}$$

$$\mu \text{ promedio} = 2050.03 \text{ mPa.s a } 25^\circ\text{C}$$

- Banana roja

$$\mu \text{ promedio} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3}{3} \text{ (Ec. 16 - 3)}$$

$$\mu \text{ promedio} = \frac{2096.1 + 2065.28 + 2124.74}{3}$$

$$\mu \text{ promedio} = 2095.37 \text{ mPa.s a } 25^\circ\text{C}$$

3.2.2.4. Temperatura de gelatinización

- Banana baby

$$TeG_{prom} = \frac{TeG_1 + TeG_2 + TeG_3}{3} \text{ (Ec. 17 - 3)}$$

$$TeG_{prom} = \frac{69 + 76 + 73}{3}$$

$$TeG_{prom} = 72.67^\circ\text{C}$$

- Banana roja

$$TeG_{prom} = \frac{TeG_1 + TeG_2 + TeG_3}{3} \text{ (Ec. 18 - 3)}$$

$$TeG_{prom} = \frac{70 + 66 + 72}{3}$$

$$TeG_{prom} = 69.33 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.2.2.5. Fibra

- Banana baby

$$\%Fibra\ bruta = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100 \text{ (Ec. 19 - 3)}$$

$$\%Fibra\ bruta = \frac{30.326 - 30.291}{30.382} \times 100$$

$$\%Fibra\ bruta = 0.115\%$$

- Promedio de las muestras

$$\%Fibra\ promedio = \frac{\%Fibra\ 1 + \%Fibra\ 2 + \%Fibra\ 3}{3} \text{ (Ec. 20)}$$

$$\%Fibra\ promedio = \frac{0.115\% + 0.141\% + 0.348\%}{3}$$

$$\%Fibra\ promedio = 0.201\%$$

- Banana roja

$$\%Fibra\ bruta = \frac{W_1 - W_2}{W_0} \times 100 \text{ (Ec. 21)}$$

$$\%Fibra\ bruta = \frac{31.440 - 31.387}{31.456} \times 100$$

$$\%Fibra\ bruta = 0.168\%$$

- Promedio de las muestras

$$\%Fibra\ promedio = \frac{\%Fibra\ 1 + \%Fibra\ 2 + \%Fibra\ 3}{3} \text{ (Ec. 22)}$$

$$\%Fibra\ promedio = \frac{0.168\% + 0.448\% + 0.172}{3}$$

$$\%Fibra\ promedio = 0.262\%$$

3.2.2.6. Amilopectina

- Banana baby

$$\%amilopectina = 100\% - \%amilosa \text{ (Ec. 23)}$$

$$\%amilopectina = 100\% - 24.6\%$$

$$\%amilopectina = 75.4\%$$

- Banana roja

$$\%amilopectina = 100\% - \%amilosa \text{ (Ec. 24)}$$

$$\%amilopectina = 100\% - 30.56\%$$

$$\%amilopectina = 69.44\%$$

3.2.3. Cálculos para la caracterización del bioplástico

3.2.3.1. Solubilidad

- Banana baby

$$\%solubilidad = \frac{mi - mf}{mi} \times 100 \text{ (Ec. 25)}$$

$$\%solubilidad = \frac{0.1526 - 0.1404}{0.1526} \times 100$$

$$\%solubilidad = 7.99\%$$

- Promedio de las muestras

$$\%solubilidad\ promedio = \frac{\%S1 + \%S2 + \%S3 + \%S4 + \%S5 + \%S6}{6} \text{ (Ec. 26)}$$

$$\%solubilidad\ promedio = \frac{7.99\% + 4.68\% + 11.21\% + 9.11\% + 5.95\% + 24.38\%}{6}$$

$$\%solubilidad\ promedio = 10.55\%$$

- Banana roja

$$\%solubilidad = \frac{mi - mf}{mi} \times 100 \text{ (Ec. 27)}$$

$$\%solubilidad = \frac{0.1428 - 0.1161}{0.1428} \times 100$$

$$\%solubilidad = 18.69\%$$

- Promedio de las muestras

$$\%solubilidad \text{ promedio} = \frac{\%S1 + \%S2 + \%S3 + \%S4 + \%S5 + \%S6}{6} \text{ (Ec. 28)}$$

$$\%solubilidad \text{ promedio} = \frac{18.69\% + 3.78\% + 5.35\% + 10.19\% + 11.4\% + 19.33\%}{6}$$

$$\%solubilidad \text{ promedio} = 11.45\%$$

3.2.3.2. Humedad

- Banana baby

$$\%Humedad \text{ promedio} = \frac{\%H1 + \%H2 + \%H3 + \%H4 + \%H5 + \%H6}{6} \text{ (Ec. 29)}$$

$$\%Humedad \text{ promedio} = \frac{20.453 + 21.821 + 22.721 + 21.93 + 20.613 + 20.372}{6}$$

$$\%Humedad \text{ promedio} = 21.32\%$$

- Banana roja

$$\%Humedad \text{ promedio} = \frac{\%H1 + \%H2 + \%H3 + \%H4 + \%H5 + \%H6}{6} \text{ (Ec. 30)}$$

$$\%Humedad \text{ promedio} = \frac{20.905 + 18.573 + 21.624 + 25.682 + 19.435 + 24.29}{6}$$

$$\%Humedad \text{ promedio} = 21.75\%$$

3.2.3.3. Permeabilidad

- Banana baby

$$WVP = \frac{(P2 - P1) \times e}{t \times pv \times (\varphi2 - \varphi1)} \quad (\text{Ec. 30})$$

- Promedio de las muestras

$$WVP_{prom} = \frac{WVP_1 + WVP_2 + WVP_3 + WVP_4 + WVP_5 + WVP_6}{6} \quad (\text{Ec. 31})$$

- Banana roja

$$WVP = \frac{(P2 - P1) \times e}{t \times pv \times (\varphi2 - \varphi1)} \quad (\text{Ec. 32})$$

- Promedio de las muestras

$$WVP_{prom} = \frac{WVP_1 + WVP_2 + WVP_3 + WVP_4 + WVP_5 + WVP_6}{6} \quad (\text{Ec. 33})$$

3.3. Resultados

3.3.1. Resultados de la caracterización de la materia prima

Tabla 3-27: Humedad y ceniza de banana baby y banana roja

Producto	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
Banana baby	Humedad		80.41		FAO
	Ceniza	%	0.54	≥ 0.8	Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Verdú.
Banana roja	Humedad		87.8		FAO
	Ceniza	%	0.68	≥ 0.8	Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Verdú.

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

En general, estos resultados indican la calidad previa de la materia prima utilizada en la presente investigación, la humedad no tiene un valor estándar pues este depende netamente de su contenido de agua, por otra parte, la ceniza nos indica ciertas propiedades del tubérculo, si se obtiene un valor que sobrepase el valor estándar significa que se tiene una procedencia inorgánica en la materia prima, en la caracterización realizada se obtuvo un valor igual al estándar demostrando su origen orgánico.

3.3.2. Resultados de la extracción de almidón de banana baby y banana roja

Tabla 3-28: Resultados de extracción de almidón de banana baby y banana roja

PRODUCTO	TRATAMIENTO	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)					RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)
			PRODUCTO	ALMIDÓN		TOTAL	Rendimiento	PROMEDIO		
				REPETICIONES	PROMEDIO					
Banana baby	T1	400	200	R1	0.6314	0.6569	2.6277	0.316	0.329	6
				R2	0.7148			0.357		
				R3	0.6052			0.303		
				R4	0.6763			0.338		
	T2			R1	2.4926	2.5579	10.2318	1.246	1.279	6.5
				R2	2.3786			1.189		
				R3	2.8498			1.425		
				R4	2.5108			1.255		
	T3			R1	2.6825	2.70068	10.8027	1.341	1.350	7
				R2	2.8275			1.414		
				R3	2.7681			1.384		
				R4	2.5246			1.262		
T4	R1	3.8827	3.986	15.944	1.941	1.993	7			
	R2	3.9173			1.958					
	R3	4.1798			2.089					

				R4	3.9642			1.982		
Banana roja	T1	400	200	R1	1.1372	1.2321	4.9285	0.568	0.616	6
				R2	1.0258			0.513		
				R3	1.4892			0.745		
				R4	1.2763			0.638		
	T2			R1	1.8978	1.902	7.6084	0.949	0.951	7
				R2	2.0162			1.008		
				R3	1.9453			0.973		
				R4	1.7491			0.875		
	T3			R1	2.7284	2.8905	11.5621	1.364	1.445	8
				R2	3.0157			1.508		
				R3	2.9824			1.491		
				R4	2.8356			1.418		
	T4			R1	4.1539	4.2376	16.9504	2.077	2.119	10
				R2	4.4877			2.244		
				R3	4.2873			2.144		
				R4	4.0215			2.011		

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

En la extracción del almidón de ambas especies, se puede evidenciar la influencia de la velocidad y tiempo de licuado en el rendimiento obtenido para cada tratamiento. Para ambos casos (banana baby y banana roja) el mejor tratamiento fue el 4, el cual consta de una velocidad de 20000 rpm y 20 segundos de licuado, obteniéndose así los mejores rendimientos en comparación a los otros. Los valores mencionados corresponden a 1,993% para banana baby y 2.119% para banana roja. Cabe recalcar que los rendimientos en la obtención de almidón dependen también del método de extracción empleado, así como posteriores procesos de refinamiento.

En esta investigación, se observa que la banana roja, ofrece un mejor rendimiento que la baby en cuanto a almidón usando los mismos parámetros en ambos casos.

3.3.3. Resultados de la caracterización de almidón de banana baby y banana roja

Tabla 3-29: Resultados caracterización de almidón de banana baby y banana roja

PRODUCTO	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
	Solubilidad	%	2.518	0.27-12.52	INEN 1456
	pH	-	5.86	6.00-7.00	INEN 1456
	Viscosidad	mPa.s	2050.03	840-1500 SP	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
	Temperatura de gelatinización	°C	72.67	57.5-75	INEN 1456
	Fibra	%	0.201	<0.3	FAO
Banana baby	Amilosa	%	24.6	-	CINIAP
	Amilopectina	%	75.4	-	CINIAP
	Hongos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Levaduras y mohos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Coliformes totales	UPC/g	Ausencia	Ausencia	FAO
Banana roja	Solubilidad	%	1.056	0.27-12.52	INEN 1456
	pH	-	5.33	6.00-7.00	INEN 1456
	Viscosidad	mPa.s	2095.37	840-1500 SP	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute

	Temperatura de gelatinización	°C	69.33	57.5-75	INEN 1456
	Fibra	%	0.262	<0.3	FAO
	Amilosa	%	30.21	-	CINIAP
	Amilopectina	%	69.44	-	CINIAP
	Hongos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Levaduras y mohos	UPC/g	<10	1000-5000	FAO
	Coliformes totales	UPC/g	<10	Ausencia	FAO

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

En cuanto a los resultados de la caracterización de los almidones obtenidos se puede evidenciar que se cumplen los parámetros establecidos por las normativas pertinentes como fue para el caso de solubilidad, pH, viscosidad, temperatura de gelatinización y fibra, lo que conlleva a pensar que son materias primas óptimas para la elaboración de bioplástico. Uno de los resultados más importantes es la amilopectina que para el caso de banana baby fue de 75,4% y para banana roja de 69.79%. Es importante resaltar también que, en cuanto a hongos, levaduras y coliformes no se halló valor significativo, es decir prácticamente una ausencia de estos organismos microbiológicos.

Finalmente, al no existir evidencia empírica previa de caracterización de almidón de banana baby y banana roja, no se posee una base para realizar una comparación en cuanto a resultados, a pesar de ello se cumplieron los criterios establecidos en las normas correspondientes.

3.3.4. Resultados de las propiedades del bioplástico obtenido

Tabla 3-30: Resultados de las propiedades físico-mecánicas (banana baby)

Producto	Parámetros	Unidades	Valor	
Banana baby	Espesor, longitud, ancho	Espesor	Mm	0.175
		Longitud	Mm	80
		Ancho	Mm	80
	Humedad		%	11.3192
	Solubilidad		%	10.55
	Permeabilidad		gmm/ MPa	0.00067
	Pruebas mecánicas	Carga máxima	N	3.4158
		Desplazamiento máximo	Mm	6.0247
		Esfuerzo máximo	MPa	0.6135
		Deformación	%	8.7691
		Rotura carga	N	0.8319

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-31: Resultados de las propiedades físico-mecánicas (banana roja)

Producto	Parámetros		Unidades	Valor
Banana roja	Espesor, longitud, ancho	Espesor	Mm	0.17
		Longitud	Mm	80
		Ancho	Mm	80
	Humedad		%	10.75
	Solubilidad		%	11.45
	Permeabilidad		gmm/ MPa	0.00482
	Pruebas mecánicas	Carga máxima	N	2.8196
		Desplazamiento máximo	Mm	7.4027
		Esfuerzo máximo	MPa	0.6942
		Deformación	%	9.9851
Rotura carga		N	0.7863	

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

En cuanto a las propiedades físico-mecánicas se realizaron ensayos por cada tratamiento empleado en la obtención del bioplástico. Como se puede evidenciar, las características del bioplástico de banana roja son superiores al de banana baby, esto puede deberse a la mayor cantidad de amilosa que ésta posee.

No existen investigaciones previas acerca de las propiedades mecánicas de estas especies de banana, por lo tanto, no se tiene una base sólida para la comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio, no obstante, a través de una revisión bibliográfica se encontró sus propiedades en la Norma NTE INEN 2635 :2012 Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas.

3.3.4.2. Resultados de la biodegradabilidad

Tabla 3-32: Resultados de la biodegradabilidad (banana baby)

Producto	Tratamiento	Unidad	Agua	Aire	Suelo
Banana baby	T1	%	91.82	1.93	50.73
	T2	%	90.53	2.63	48.63
	T3	%	89.18	1.18	57.26
	T4	%	87.65	2.25	51.43
	T5	%	91.37	1.99	58.22
	T6	%	88.54	1.76	51.98
Promedio			89.85	1.96	53.04

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Tabla 3-33: Resultados de la biodegradabilidad (banana roja)

Producto	Tratamiento	Unidad	Agua	Aire	Suelo
Banana baby	T1	%	90.27	1.52	48.73
	T2	%	87.33	1.18	48.39
	T3	%	89.05	1.16	47.58
	T4	%	88.16	1.09	49.43
	T5	%	90.35	0.99	46.95
	T6	%	86.24	1.76	50.98
Promedio			88.57	1.28	48.68

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Luego de estudiar la biodegradabilidad podemos observar el porcentaje degradado para cada tratamiento empleado, una vez calculados los promedios podemos determinar que en cuanto al bioplástico de banana baby se obtuvo valores de 89.95%, 1.96% y 53.04% para degradación en agua, suelo y tierra respectivamente. Por otro lado, el bioplástico de banana roja presenta valores ligeramente menores, siendo 88.57%, 1.28% y 48.68% de degradación en agua, suelo y tierra respectivamente. Para este análisis se empleó el programa IMAGEJ, donde se tomaron fotografías de las muestras por un lapso de 30 días.

3.3.5. Resultados diseño completamente al azar (DCA)

Tabla 3-34: Carga máxima (Banana baby)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	14.7893	5	2.9579	2.6398	2.7729
Dentro de los grupos	20.1684	18	1.1205		
Total	34.9577	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis de la carga máxima del bioplástico de banana baby en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 2.6393 menor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de carga máxima entre todos los tratamientos usados para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-35: Desplazamiento máximo (Banana baby)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	96.9869	5	19.3974	3.4178	2.7729
Dentro de los grupos	102.1576	18	5.6754		
Total	199.1445	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis del desplazamiento máximo del bioplástico de banana baby en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 3.4178, mayor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que el desplazamiento máximo es variable en todos los tratamientos, es decir aumenta o disminuye según la cantidad de ácido acético empleado para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-36: Esfuerzo máximo (Banana baby)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	5.6048	5	1.1209	2.1286	2.7729
Dentro de los grupos	9.4786	18	0.5266		
Total	15.0834	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis del esfuerzo máximo del bioplástico de banana baby en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 2.1286 menor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de esfuerzo máximo entre todos los tratamientos usados para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-37: Deformación (Banana baby)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	213.8372	5	42.7674	3.4166	2.7729
Dentro de los grupos	225.3149	18	12.5175		
Total	439.1521	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis de la deformación del bioplástico de banana baby en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 3.4166, mayor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que la deformación es variable en todos los tratamientos, es decir aumenta o disminuye según la cantidad de ácido acético empleado para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-38: Rotura de carga (Banana baby)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	4.1528	5	0.8305	2.0153	2.7729
Dentro de los grupos	7.4186	18	0.4121		
Total		23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis de rotura de carga del bioplástico de banana baby en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 2.0153 menor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de esfuerzo máximo entre todos los tratamientos usados para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-39: Carga máxima (Banana roja)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	19.5281	5	3.9056	4.3483	2.7729
Dentro de los grupos	16.1684	18	0.8982		
Total	35.6965	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis de carga máxima del bioplástico de banana roja en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 4.3483, mayor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que la carga máxima es variable en todos los tratamientos, es decir aumenta o disminuye según la cantidad de ácido acético empleado para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-40: Desplazamiento máximo (Banana roja)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	84.0793	5	16.8159	3.0107	2.7729
Dentro de los grupos	100.5356	18	5.5853		
Total	184.6149	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis del desplazamiento máximo del bioplástico de banana roja en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 3.0107, mayor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que la carga máxima es variable en todos los tratamientos, es decir aumenta o disminuye según la cantidad de ácido acético empleado para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-41: Esfuerzo máximo (Banana roja)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	6.6285	5	1.3257	2.4914	2.7729
Dentro de los grupos	9.5778	18	0.5321		
Total	16.2063	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis del esfuerzo máximo del bioplástico de banana roja en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 2.4914 menor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de esfuerzo máximo entre todos los tratamientos usados para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-42: Deformación (Banana roja)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	320.4956	5	64.0991	2.2792	2.7729
Dentro de los grupos	507.2832	18	28.1824		
Total	827.7788	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis de la deformación del bioplástico de banana roja en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 2.2792 menor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se acepta la hipótesis nula lo que nos indica que no existe diferencia significativa de deformación entre todos los tratamientos usados para la obtención del bioplástico.

Tabla 3-43: Rotura de carga (Banana roja)

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico para F
Entre grupos	7.1163	5	1.4233	2.9246	2.7729
Dentro de los grupos	8.7588	18	0.4866		
Total	15.8751	23			

Realizado por: Pérez Henry, 2022.

Se realizó el análisis de la rotura de carga del bioplástico de banana roja en sus 6 tratamientos en donde, a un nivel de confianza de 95%, tenemos un valor para F de 2.9246, mayor que su valor crítico de 2.7729 por lo que se rechaza la hipótesis nula lo que nos indica que la rotura de carga es variable en todos los tratamientos, es decir aumenta o disminuye según la cantidad de ácido acético empleado para la obtención del bioplástico.

CONCLUSIONES

- Se comparó las distintas características de los bioplásticos obtenidos tanto de banana baby como de banana roja basándose en normas como la FAO o INEN 1456 donde se dan a conocer los parámetros físicos y mecánicos de materiales plásticos, donde se puede concluir que la banana roja posee mejores características, entre ellas, soporta una mayor deformación antes de romperse.
- Se obtuvo el almidón de cada especie de banana mediante vía húmeda y sometiendo las muestras a distintos tratamientos con un diseño factorial 2k donde se estudia la correlación de la velocidad y tiempo de licuado sobre el rendimiento de almidón obtenido, es así que el mejor tratamiento fue el T4 (20000 rpm, 20 seg.) para ambas especies de banana, obteniéndose rendimientos pequeños, 1.993% para banana baby y 2.119% para banana roja.
- Se caracterizó el almidón obtenido de cada especie de banana, realizándose así pruebas físicas, químicas y microbiológicas para comprobar que las materias primas en cuestión tengan las características adecuadas para la posterior obtención del bioplástico. Es importante señalar la cantidad de amilosa que poseen los almidones extraídos, que para el caso de banana baby fue de 24.6% y de banana roja de 30.56%, siendo ésta última la que se sugiere como mejor materia prima por los valores obtenidos.
- Se caracterizó el bioplástico obtenido de cada especie de banana aplicando el diseño completamente al azar (DCA) donde se varió gradualmente la cantidad de ácido acético empleado, empezando por 0.5 mL hasta un máximo de 3 mL haciendo un total de 6 tratamientos. Esto para comprobar si las propiedades mecánicas se ven afectadas por la cantidad de ácido acético.
- Se caracterizó el bioplástico obtenido de cada especie de banana, estudiando sus propiedades físicas como espesor, longitud y ancho y además también sus propiedades mecánicas. Tras analizar los datos del DCA se pudo evidenciar que existen ciertas propiedades aumentan o disminuyen según la cantidad de ácido acético en la elaboración del bioplástico.
- Se comparó las propiedades mecánicas y se evidenció que, de forma general, el bioplástico de banana roja posee mejores características como el desplazamiento máximo cuyo valor es de 7.4027 mm en contraposición a la de banana baby que tiene 6.0247 mm.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda seleccionar los frutos de cada especie de banana en estado verde previa a su extracción de almidón para conseguir un mayor rendimiento del mismo.
- Calibrar los equipos antes de usarlos cumpliendo con los estándares establecidos.
- Con respecto a la recolección del almidón, se recomienda usar el tamiz con luz de malla más adecuado para eliminar impurezas y cerciorarse que el almidón tenga aspecto de polvo fino libre de grumos.
- Obtener bibliografía actualizada del tema de estudio para comparar los resultados obtenidos de manera práctica.
- Se recomienda agregar la glicerina en forma líquida para evitar grumos y la gelatinización sea más sencilla.
- Se recomienda esparcir de manera uniforme la mezcla del bioplástico obtenido sobre el respectivo molde, esto con el fin de mantener un espesor uniforme en la lámina.
- Es muy importante que para la prueba de biodegradabilidad se mantenga la humedad constante para obtener mejores resultados.

BIBLIOGRAFÍA

ALMEIDA, Santiago. Tu Interfaz de Negocios. [En línea] 2017. [Citado el: 20 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://tuinterfaz.mx/articulos/12/92/empaques-peliculas-y-recubrimientos/>.

ASTM, D.-93, 1999. Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Films. ASTM International [en línea]. [Consulta: 18 noviembre 2021]. Disponible en: www.astm.org.

ASTM D882-18, 2018. Standard Test Method for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting. American Society for Testing and Materials [en línea]. [Consulta: 6 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.astm.org/d0882-18.html>.

BBC, M.” Hay tantos residuos de plástico en el mundo que podrían cubrir un país como Argentina”: la advertencia de un grupo científicos sobre la contaminación que acecha al nuestro planeta - *BBC News Mundo*. [en línea], 2017. 30(4), p.1 [Consulta: 2 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-40664725>.

CARPINTERO ANGULO, Alfredo. ¿Qué es la Glicerina y Para Qué Sirve? Usos y Beneficios [blog]. 2021. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <https://nutricionyfarmacia.es/blog/salud/compuestos-quimicos/que-es-la-glicerina-y-para-que-sirve-usos-y-beneficios/#:~:text=La%20glicerina%2C%20que%20tambi%C3%A9n%20se,sus%20propiedad es%20hidratantes%20y%20antibacterianas>.

CASTILLO, Fernando. Plátano rojo [blog]. 2017. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: <https://idard.org.do/catalogo/platanorojo/#:~:text=El%20pl%C3%A1tano%20rojo%20es%20mu y,o%20en%20ensaladas%20de%20frutas>.

CHARRO, Monica. Repositorio Digital Universidad Central del Ecuador. [En línea] 2015. [Citado el: 18 de octubre de 2021.] <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

GARCÍA, S. Referencias históricas y evolución de los plásticos. Rev. Iberoam. Polim. S.I. 2009.

GIRONI, F. y PIEMONTE, V. “Bioplastics and petroleum-based plastics: Strengths and weaknesses. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects* [en línea] 2011, vol. 33, no. 21, pp.1949-1959. [Consulta: 11 enero 2022]. ISSN 15567036. DOI 10.1080/15567030903436830. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/233135576_Bioplastics_and_Petroleum-based_Plastics_Strengths_and_Weaknesses.

GUAMÁN BRAVO, Jenny Marcela. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial (Trabajo de titulación) (Pregrado). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador, 2018. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

INFINITA. Biodegradación de un producto: Análisis y normativa [blog]. 2021. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/biodegradacion-de-un-producto-analisis-y-normativa/>

INFOAGRO. El cultivo del plátano (banano) [blog]. 2018. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_platano__banano_.asp

INIAP. Características de una planta de banano orito [blog]. 2018. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: <https://elproductor.com/2018/02/caracteristicas-de-una-planta-de-banano-orito/>

KUMAR, Anil; et al. Biointensive Integrated Pest Management for Horticultural Crops [en línea]. India: CRC Press, 2022. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=TttKEAAAQBAJ&pg=PA57&dq=banana+baby+\(musa+sp.\)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiVqvaIxxqH3AhXeQjABHcQqCvEQ6AF6BAGKEAI#v=onepage&q=banana%20baby%20\(musa%20sp.\)&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=TttKEAAAQBAJ&pg=PA57&dq=banana+baby+(musa+sp.)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiVqvaIxxqH3AhXeQjABHcQqCvEQ6AF6BAGKEAI#v=onepage&q=banana%20baby%20(musa%20sp.)&f=false)

LEÓN MÉNDEZ, Glicerio; et al. “Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética”. *AVFT* [en línea], 2020, (Venezuela) 39(5). pp.620-626. [Consulta: 08 abril 2022]. ISSN 2610-7988. Disponible en: https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft_5_2020/17_modificacion.pdf

LI, Cheng; et al. “A combined action of amylose and amylopectin fine molecular structures in determining the starch pasting and retrogradation property”. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 2020, (China) vol.164, pp.2717-2725. [Consulta: 08 abril 2022].

ISSN 1879-0003. Disponible en: https://www.mendeley.com/catalogue/ccb1717d-3ace-3b93-b912-61615d10c963/?utm_source=desktop&utm_medium=1.19.4&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B9b00723b-257b-40d9-9754-5ce922ac12f4%7D.

LIM, T.K. *Edible Medicinal And Non Medicinal Plants* [en línea]. New York: Springer, 2012. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=uRHwIkQVS2QC&pg=PA531&dq=Banana+Roja+\(Musa+acuminata+%E2%80%9Cred+dacca%E2%80%9D\)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjhk5ug7qL3AhWTTTABHa-JBnIQuwV6BAgHEAk#v=onepage&q=Banana%20Roja%20\(Musa%20acuminata%20%E2%80%9Cred%20dacca%E2%80%9D\)&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=uRHwIkQVS2QC&pg=PA531&dq=Banana+Roja+(Musa+acuminata+%E2%80%9Cred+dacca%E2%80%9D)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjhk5ug7qL3AhWTTTABHa-JBnIQuwV6BAgHEAk#v=onepage&q=Banana%20Roja%20(Musa%20acuminata%20%E2%80%9Cred%20dacca%E2%80%9D)&f=false)

LUBIS, M., HARAHA, M., GINTING, H., MAYSARAH, S. y GANA, A. “Short communication: The effect of ethylene glycol as plasticizer against mechanical properties of bioplastic originated from jackfruit seed starch and cocoa pod husk”. *Nusantara Bioscience* [en línea] 2018, vol. 10, no. 2, pp.76-80. [Consulta: 6 enero 2022]. ISSN 2087-3956. DOI 10.13057/NUSBIOSCI/N100202. Disponible en: <https://smujo.id/nb/article/view/2654>.

MARTÍNEZ, Omar; et al. “Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador”. *Revista Colombiana de Química* [en línea], 2015, (Colombia) 44(2). pp.16-21. [Consulta: 09 abril 2022]. ISSN 0120-2804. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/3090/309044127003.pdf>

MENDOZA MARTÍNEZ, Germán David; et al. *Estructura del almidón* [en línea]. Argentina: Engormix, 2017. [Consulta: 08 abril 2022]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/150-Estructura_del_Almidon.pdf

MENESES, Juliana; et al. “Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca”. *Revista EIA* [en línea], 2007, (Antioquia) no.8. pp.70-77. [Consulta: 09 abril 2022]. ISSN 2463-0950. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006#:~:text=A1%20igual%20que%20el%20agua,del%20peso%20total%20%5B6%5D.

MÜLLER, C., TOWNSEND, K. y MATSCHULLAT, J. “Experimental degradation of polymer shopping bags (standard and degradable plastic, and biodegradable) in the gastrointestinal fluids of sea turtles”. *Science of The Total Environment* [en línea] 2012, 36(1), pp. 464-467. [Consulta: 16 diciembre 2021]. ISSN 0048-967. DOI 10.1016/J.SCITOTENV.2011.10.069. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969711012630>.

NARANJO, V. El Telégrafo - Noticias del Ecuador y del mundo - Lo cotidiano está ligado a los plásticos. Lo cotidiano está ligado a los plásticos. [en línea] 2019. [Consulta: 2 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/sociedad/6/plasticos-contaminacion-ecuador>.

NARAYANA, C.K. Phytochemicals in fruits and their therapeutic properties [en línea]. India: CRC Press, 2022. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: [https://books.google.com.ec/books?id=woFGEAAAQBAJ&pg=PT64&dq=banana+baby+\(musa+sp.\)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiVqvaIqxH3AhXeQjABHcQqCvEQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=banana%20baby%20\(musa%20sp.\)&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=woFGEAAAQBAJ&pg=PT64&dq=banana+baby+(musa+sp.)&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiVqvaIqxH3AhXeQjABHcQqCvEQ6AF6BAgJEAI#v=onepage&q=banana%20baby%20(musa%20sp.)&f=false)

NJHEALTH. Hoja Informativa sobre Sustancias Peligrosas: Ácido acético [en línea]. 2016. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <https://www.nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/0004sp.pdf>

ONDARSE ÁLVAREZ, Dianelys. Agua destilada [blog]. 2021. [Consulta: 10 abril 2022]. Disponible en: <https://concepto.de/agua-destilada/>

PILLA, S. Handbook of Bioplastics and Biocomposites Engineering Applications. S.l.: John Wiley & Sons. ISBN 978 0-470-62607-8. 2011

QUINTERO NOVOA, Daniel Felipe; & RAMÍREZ RUEDA, Jeferson Armando. Estudio del mecanismo de gelatinización del almidón de yuca (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad de Los Andes, Carrera de Ingeniería Química. Bogotá-Colombia, 2013. pp.05-06. [Consulta: 09 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25051/u627276.pdf?sequence=1>

RODRÍGUEZ SANDOVAL, Eduardo; et al. “Evaluación de la retrogradación del almidón en harina de yuca precocida”. *Revista Colombiana de Química* [en línea], 2017, (Colombia) 36(1).

pp.42-48. [Consulta: 09 abril 2022]. ISSN 2357-3791. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042007000100002

ROMERO YAURI, Amalia Gaby; & GUTIÉRREZ GAVILÁN, Martha María. Efecto de la harina de Musa Acuminata “red dacca” (plátano rojo) en la fase de engorde en cuyes (*Cavia porcellus*) (Trabajo de Titulación) (Pregrado). [En línea] Universidad Inca Garcilaso de la Vega, Facultad de Ciencias Farmacéuticas y Bioquímica. Lima-Perú, 2019. pp.23-24. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en:
http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/4292/TESIS_ROMERO_GUTIERREZ.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SINAVIMO. Musa acuminata [blog]. 2020. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en:
<https://www.sinavimo.gob.ar/cultivo/musa-acuminata>

ZOUNGRANAN, Y., LYNDIA, E., DOBI-BRICE, K.K., TCHIRIOUA, E., BAKARY, C. y YANNICK, D.D. Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea] 2020, vol. 8, no. 5, pp.1. [Consulta: 3 septiembre 2021]. ISSN 22133437. DOI 10.1016/j.jece.2020.104396. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343720307454>.

ANEXOS

ANEXO A : MATERIA PRIMA

a)



b)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henryrry Paúl </p>	CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO		
<p>a) Banana baby b) Banana roja</p>	<p> <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar </p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/06/30

ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN POR EL MÉTODO DE VÍA HÚMEDA.

a)



b)

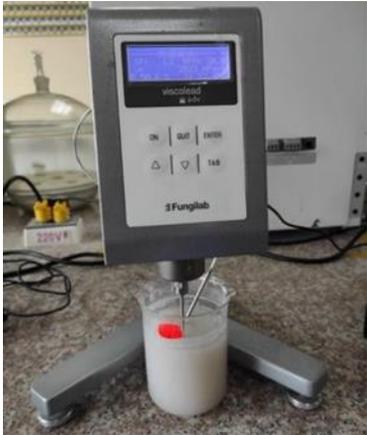


c)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henryrri Paúl	CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO		
a) Precipitación del almidón por vía húmeda. b) Almidón de banana roja. c) Almidón de banana baby.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/06/30

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN.

<p>a)</p> 	<p>b)</p> 	<p>c)</p> 	<p>d)</p> 						
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henry Paúl</p>	<p>CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO</p>						
<p>a) pH. b) Ceniza. c) Viscosidad. d) Fibra.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1516 1043 1684 1098">LÁMINA</th> <th data-bbox="1684 1043 1861 1098">ESCALA</th> <th data-bbox="1861 1043 2045 1098">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1516 1098 1684 1343">1</td> <td data-bbox="1684 1098 1861 1343">1:1</td> <td data-bbox="1861 1098 2045 1343">2022/06/30</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2022/06/30
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	2022/06/30							

ANEXO D: DETERMINACIÓN DE AMILOSA PARA BANANA BABY

	ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS	
	Panamericana Sur Km. 1. Cutugagua Tlfs. 2900691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340	

INFORME DE ENSAYO No: 21-0157

**NOMBRE PETICIONARIO:	Sr. Henry Pérez	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Riobamba	**ATENCIÓN:	Sr. Henry Pérez
FECHA DE EMISIÓN:	25/06/2022	FECHA DE RECEPCIÓN:	22/06/2022
FECHA DE ANÁLISIS:	23/06/2022	HORA DE RECEPCIÓN:	15h00
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	24.6	Almidón de banana baby
21-0894	0,81		

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente



Fuente de identificación por:
IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MALGUA

Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME



Fuente de identificación por:
BLADIMIR
EFRAIN ORTIZ
RAMOS

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

ANEXO E: DETERMINACIÓN DE AMILOSA PARA BANANA ROJA



INFORME DE ENSAYO No: 21-0157

**NOMBRE PETICIONARIO:	Sr. Henry Pérez	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Riobamba	**ATENCIÓN:	Sr. Henry Pérez
FECHA DE EMISIÓN:	25/06/2022	FECHA DE RECEPCIÓN:	22/06/2022
FECHA DE ANÁLISIS:	23/06/2022	HORA DE RECEPCIÓN:	11h00
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	Almidón de banana roja
21-0894	0,81	30,21	

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente



Fuente electrónicamente por:
IVAN RODRIGO
SAMANIEGO
MANGUA

Dr. MSc. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME



Fuente electrónicamente por:
BLADIMIR
EFRAIN ORTIZ
RAMOS

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibida. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos

**ANEXO F: CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ALMIDÓN DE BANANA
BABY**

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



ANÁLISIS SOLICITADO POR: *Henry Pérez*
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: *01/07/2022*
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: *07/07/2022*
LOCALIDAD: *Riobamba*

Tipo de muestra: Almidón de banana baby

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
<i>Aerobios mesófilos</i>	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.



saqmic

LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
ASOCIACIÓN DE MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ANÁLISIS SOLICITADO POR: *Henry Pérez*
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: *01/07/2022*
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: *07/07/2022*
LOCALIDAD: *Riobamba*

Tipo de muestra: Almidón de banana baby

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
<i>Aerobios mesófilos</i>	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.

El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE ALMIDÓN DE BANANA ROJA

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO



ANÁLISIS SOLICITADO POR: *Henry Pérez*

FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: *01/07/2022*

FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: *07/07/2022*

LOCALIDAD: *Riobamba*

Tipo de muestra: Almidón de banana roja

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
<i>Aerobios mesófilos</i>	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia

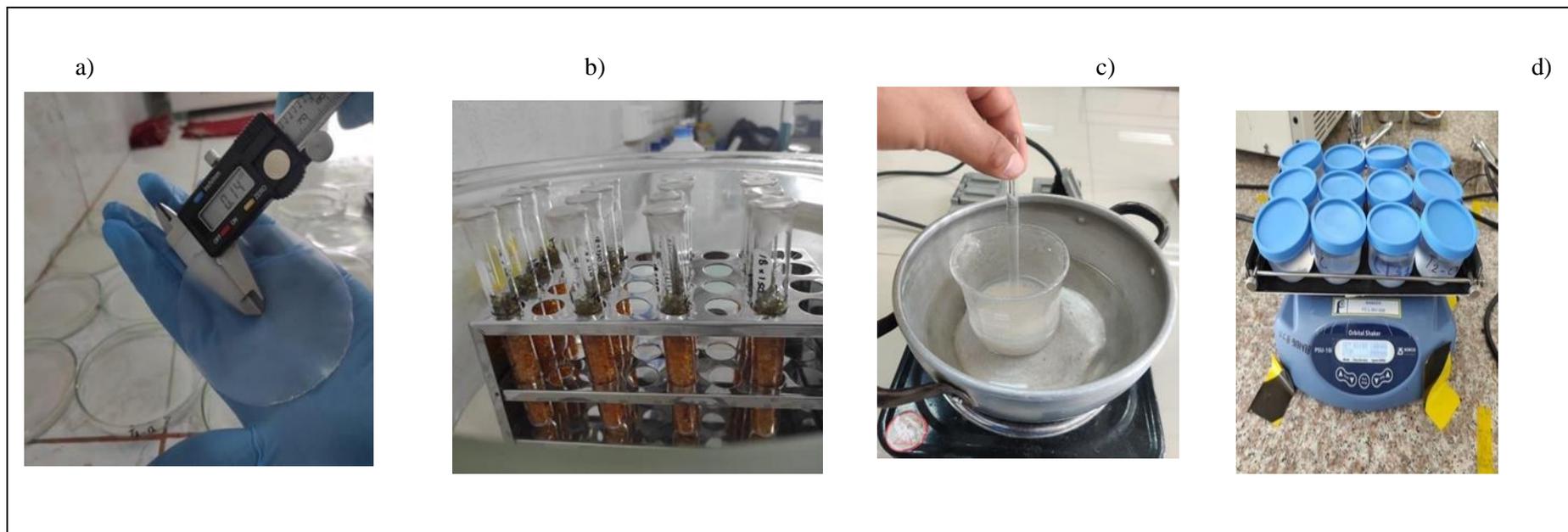
RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.



El informe sólo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previo autorización de los responsables.

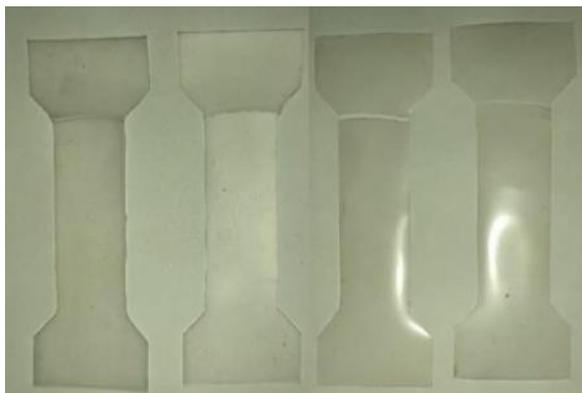
ANEXO H: CARACTERIZACIÓN DEL BIOMATERIAL.



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henry Paúl	CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO		
a) Espesor	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
b) Permeabilidad del vapor de agua.			1	1:1	2022/06/30
c) Elaboración del biomaterial					
d) Solubilidad en agua.					

ANEXO I: PRUEBAS MECÁNICAS PARA LOS BIOMATERIALES

a)

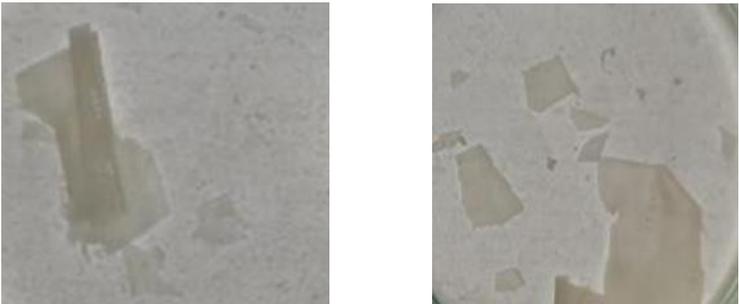
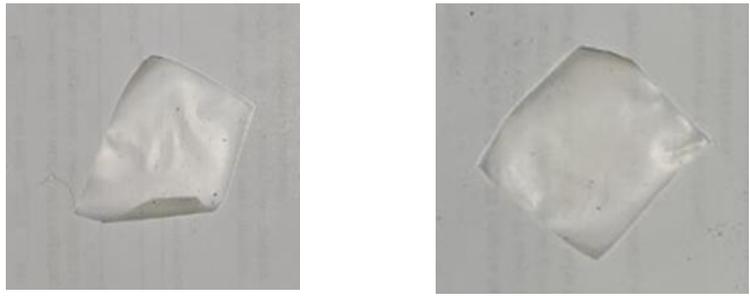


b)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henry Paúl	CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO		
a) Preparación de probetas. b) Máquina Universal	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/06/30

ANEXO J: DEGRADACIÓN DE LOS BIOMATERIALES

<p>a)</p> 		<p>b)</p> 				
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henry Paúl	CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO			
a) Biodegradación en agua b) Biodegradación en aire	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA	
			1	1:1	2022/06/30	

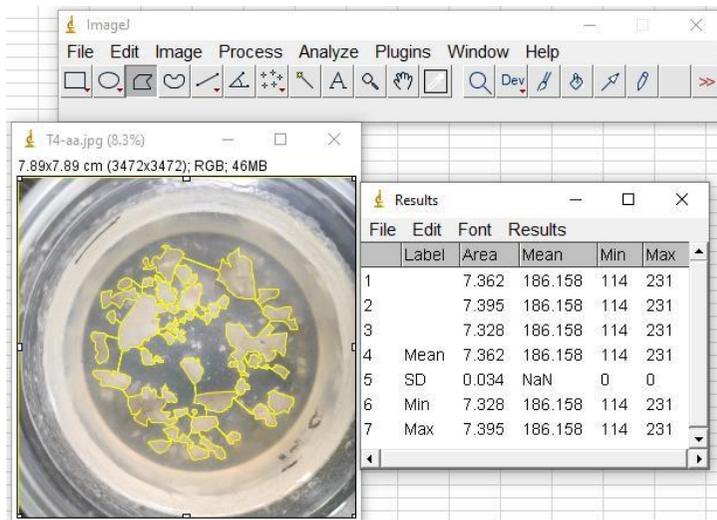


c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henry Paúl	CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO		
c) Biodegradación en suelo	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/06/30

ANEXO K: DEGRADACIÓN DE LOS BIOMATERIALES (CONTINUACIÓN)

a)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Pérez Machado Henry Paúl	CONSTRUCCIÓN DEL BIOFILTRO		
a) Uso del software Image J para determinar biodegradación	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2022/06/30



esPOCH

**Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje**

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 18 / 02 / 2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Henry Paúl Pérez Machado
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Saltos Hidalgo

2135-DBRA-UPT-2023