



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**ELABORACIÓN DE BIOPELÍCULA BIODEGRADABLE A
PARTIR DEL DESECHO INDUSTRIAL DE LA SEMILLA DE
AGUACATE (*Persea americana*), PARA SUSTITUIR
ALTERNATIVAMENTE MATERIALES OBTENIDOS DE
POLÍMEROS SINTÉTICOS**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: MERCEDES LUCÍA MENDOZA CHIPANTASI

DIRECTORA: ING. SILVANA PAOLA OCAÑA COELLO

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi

Se otorga la facultad de reproducir total o parcialmente, para fines normativos, por cualquier recurso o técnica, adjuntando el reconocimiento de autor mediante la documentación respectivamente citada y catalogada bibliográficamente.

Yo, **Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi**, declaro que el actual escrito de titulación pertenece a mi autoría y el espécimen resultante es legítimamente fidedigno. Las definiciones y enunciados presentado en el concerniente trabajo derivan de diferentes fuentes examinadas en esta investigación, oportunamente citadas bibliográficamente.

Como representante del existente trabajo de investigación adquiero la legalidad de cualquier anomalía o malversación referente a la temática expuesta en el actual proyecto de titulación; El patrimonio intelectual corresponde a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 17 de septiembre de 2021

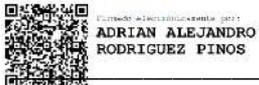
Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi
060432171-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**ELABORACIÓN DE BIOPELÍCULA BIODEGRADABLE A PARTIR DEL DESECHO INDUSTRIAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE (*Persea americana*), PARA SUSTITUIR ALTERNATIVAMENTE MATERIALES OBTENIDOS DE POLÍMEROS SINTÉTICOS**”, realizado por la señorita: **MERCEDES LUCÍA MENDOZA CHIPANTASI**, ha sido meticulosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que acata con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. / MSc. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2021-09-17
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2021-09-17
Ing. / PhD. Hannibal Lorenzo Brito Moina MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2021-09-17

DEDICATORIA

Dedico el proyecto de investigación presente a quien ha hecho posible la culminación de mis estudios en esta institución, quien me ha ayudado a seguir a pesar de todas las dificultades presentes en mi faceta universitaria, que ha creído fervientemente en que lograría alcanzar a obtener el símbolo que representa la forjada educación regida por un arduo trabajo confinado en cinco años de aprendizaje académico y profesional, quien siempre ha estado acompañándome en todas las etapas de mi vida, este trabajo se lo dedico a mi mamá Mónica Chipantasi.

Mercedes.

AGRADECIMIENTO

En agradecimiento a todos los maestros que fueron parte de este proceso que culmina con el presente trabajo de investigación, expreso total gratitud por las enseñanzas impartidas tanto académicas previas a mi formación profesional y las que se quedarán conmigo a nivel personal, a la ingeniera Paola Ocaña y al ingeniero Hannibal Brito por permitirme entrar a este grupo de investigación de nuestra prestigiosa institución y sin duda quienes he conocido en el camino, que sin tener un lazo familiar me han brindado el valor sincero de la amistad, caminando segura y fortalecida junto de su mano.

Agradezco a toda mi familia por apoyarme siempre en todo lo que hago y especialmente a mi mamá que es la persona a la que más quiero en esta vida

Mercedes.

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xvii
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
RESUMEN.....	xix
ABSTRACT	xx
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1. Identificación del Problema	2
1.2. Justificación de la Investigación	3
1.3. Antecedentes de la Investigación	3
1.4. Marco Teórico	8
1.4.1. <i>Hidratos de Carbono</i>	8
1.4.2. <i>Azúcares</i>.....	8
1.4.3. <i>Almidón</i>	9
1.4.3.1. <i>Componentes del Almidón</i>	9
1.4.3.2. <i>Propiedades fisicoquímicas del almidón</i>	9
1.4.3.3. <i>Propiedades funcionales del almidón</i>	10
1.4.4. <i>Reacciones dadas por exposición al medioambiente.</i>	10
1.4.4.1. <i>Pardeamiento enzimático</i>	10
1.4.4.2. <i>Retardo de Pardeamiento</i>	10
1.4.4.3. <i>Reacción de Maillard o Pardeamiento no enzimático</i>	10
1.4.5. <i>Degradación</i>	11
1.4.6. <i>Hidrólisis de almidón</i>	11
1.4.7. <i>Dextrinización</i>	11
1.4.8. <i>Gelatinización</i>	11
1.4.9. <i>Pruebas fisicoquímicas para la caracterización del almidón</i>	12
1.4.9.1. <i>Contenido de Cenizas</i>	12
1.4.9.2. <i>Determinación de Grasas</i>	12
1.4.9.3. <i>Extracción de Proteínas</i>	12
1.4.9.4. <i>Retrogradación</i>	12

1.4.10. Normalización para caracterizar el almidón.	12
1.4.10.1. Norma técnica ecuatoriana INEN-ISO 7971-1:2013 NORMA INEN 524:2013 harinas de origen vegetal determinación del almidón	12
1.4.10.2. Norma INEN 1456. reactivos para análisis. almidón soluble (para yodometría) métodos de ensayo.....	13
1.4.10.3. Almidones y féculas. determinación del contenido en humedad. método de deseccación en estufa (iso 1666:1996t).....	13
1.4.11. Reacciones inducidas en laboratorio para la modificación del almidón	13
1.4.11.1. Sustitución química.	13
1.4.11.2. Esterificación química.....	13
1.4.11.3. Acidificación química.....	14
1.4.11.4. Entrecruzamiento químico.....	14
1.4.12. Métodos para la modificación de almidones	14
1.4.12.1. Proceso de sustitución.....	14
1.4.12.2. Proceso de acidificación.....	14
1.4.12.3. Proceso de Esterificación.....	15
1.4.13. Almidones modificados	15
1.4.14. Polímeros	15
1.4.14.1. Polímeros Sintéticos.....	15
1.4.14.2. Tipos de reacciones de polimerización.....	16
1.4.15. Problemas ambientales de los plásticos	16
1.4.16. Biopolímeros	16
1.4.17. Producción de biopolímeros a partir del almidón de aguacate	17
1.4.17.1. Semilla de aguacate.....	17
1.4.17.2. Características taxonómicas de la semilla de aguacate.	17
1.4.17.3. Almidón de semilla de aguacate.....	17
1.4.17.4. Obtención del almidón de semilla de aguacate.....	18
1.4.17.5. Reforzamiento de almidón con ácido acético.....	19
1.4.17.6. Combinación del almidón con otros plastificantes.....	19
1.4.17.7. Degradación de materiales plásticos.....	19
1.4.17.8. Biodegradabilidad.....	19
1.4.17.9. Caracterización de biofilms mediante Normativas estándares.....	20

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	21
2.1. Objetivos	21

2.1.1.	<i>General</i>	21
2.1.2.	<i>Específicos</i>	21
2.2.	Hipótesis y Especificación de variables	22
2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	22
2.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	22
2.3.	Identificación de Variables	23
2.4.	Operacionalización de variables	25
2.5.	Matriz de Consistencia	27
2.6.	Tipo y Diseño de Investigación	30
2.6.1.	<i>Según su finalidad</i>	30
2.6.1.1.	<i>Predictiva</i>	30
2.6.1.2.	<i>Directiva</i>	30
2.6.1.3.	<i>Iluminativa</i>	30
2.6.2.	<i>Según el objetivo</i>	31
2.6.2.1.	<i>Aplicada</i>	31
2.6.3.	<i>Según los niveles de investigación</i>	31
2.6.3.1.	<i>Exploratoria</i>	31
2.6.3.2.	<i>Descriptiva</i>	31
2.6.4.	<i>Según los tipos de análisis</i>	31
2.6.4.1.	<i>Enfoque analítico</i>	31
2.6.5.	<i>Investigación para la acción</i>	32
2.6.6.	<i>Según la elección de respuestas a los problemas</i>	32
2.6.6.1.	<i>Investigación de evaluación</i>	32
2.6.7.	<i>Según el contenido estadístico</i>	32
2.6.7.1.	<i>Investigación cuantitativa</i>	32
2.6.7.2.	<i>Investigación no cuantitativa</i>	32
2.6.8.	<i>Según al elemento de tiempo</i>	32
2.6.8.1.	<i>Investigación descriptiva</i>	32
2.6.8.2.	<i>Investigación experimental</i>	33
2.7.	Unidad de Análisis	37
2.8.	Población de Estudio	37
2.9.	Tamaño de Muestra	37
2.10.	Selección de Muestra	37
2.11.	Materiales	38
2.12.	Reactivos	38
2.13.	Técnicas de Recolección de Datos	39

2.13.1.	<i>Técnicas para la extracción del Almidón de semilla de aguacate (Persea americana)</i>	39
2.13.2.	<i>Caracterización Física-Química del Almidón de Semilla de aguacate (Persea americana)</i>	40
2.13.2.1.	<i>Determinación de pH en el almidón obtenido</i>	40
2.13.3.	<i>Método para determinar la Temperatura de Gelatinización del almidón obtenido.</i>	40
2.13.4.	<i>Método para cuantificar la Solubilidad del almidón de semilla de aguacate</i>	41
2.13.5.	<i>Determinación de Densidad en la semilla de aguacate</i>	42
2.13.6.	<i>Determinación de Humedad en la muestra de almidón</i>	42
2.13.7.	<i>Determinación de Ceniza en la muestra de almidón</i>	43
2.13.8.	<i>Determinación de la Viscosidad en la muestra de almidón</i>	43
2.13.9.	<i>Método para determinar la Sensibilidad de la muestra de almidón obtenida</i>	44
2.13.10.	<i>Técnica de la obtención de biofilms de las semillas de aguacates</i>	44
2.13.11.	<i>Determinación de Parámetros de Calidad del biopolímero</i>	45
2.13.11.1.	<i>Determinación de la dureza del biofilms obtenido</i>	45
2.13.11.2.	<i>Flexibilidad de biofilms – Método</i>	45
2.13.11.3.	<i>Método para medir la Humedad de los biofilms obtenidos.</i>	46
2.13.11.4.	<i>Biodegradabilidad de biofilms</i>	46

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	47
3.1.	Datos obtenidos de los ensayos realizados	47
3.1.1.	<i>Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima</i>	47
3.1.2.	<i>Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima</i>	48
3.2.	Datos del peso obtenido del almidón en cada tratamiento en el diseño factorial 2K	48
3.3.	Datos preliminares a la obtención de bioplástico a partir de la semilla de aguacate.	52
3.3.1.	<i>Formulaciones para la obtención de un biopolímero completamente biodegradable</i>	52
3.3.1.1.	<i>Formulación con diferente concentración de almidón usando 5 ml de ácido acético</i>	52
3.3.1.2.	<i>Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a baja concentración</i>	53
3.3.1.3.	<i>Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a baja concentración</i>	53

3.3.1.4.	<i>Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a alta concentración</i>	54
3.3.1.5.	<i>Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a alta concentración</i>	55
3.3.1.6.	<i>Formulación final para la obtención de bioplástico</i>	56
3.4.	Caracterización de bioplástico	57
3.4.1.	Datos obtenidos para el análisis de Humedad	57
3.4.1.1.	<i>Peso Inicial del bioplástico para la caracterización de humedad del bioplástico a analizar</i>	57
3.4.1.2.	<i>Peso Final del bioplástico para la caracterización de humedad del bioplástico a analizar</i>	58
3.4.2.	Datos obtenidos para el análisis de Solubilidad	58
3.4.2.1.	<i>Peso Inicial del bioplástico para la caracterización de Solubilidad del bioplástico a analizar</i>	58
3.4.2.2.	<i>Peso Final del bioplástico para la caracterización de Solubilidad del bioplástico a analizar</i>	58
3.4.2.3.	<i>Datos para el cálculo de la permeabilidad del bioplástico obtenido</i>	59
3.4.2.4.	<i>Datos para el cálculo de la biodegradabilidad en agua, aire y suelo de las muestras de los biopolímeros.</i>	60
3.5.	Cálculos	61
3.5.1.	Humedad	61
3.5.2.	Solubilidad	61
3.5.3.	Transmisión de vapor en agua	62
3.5.4.	Biodegradabilidad	63
3.6.	Marco de resultados y discusión de los resultados	64
3.6.1.	Porcentaje de rendimiento de almidón extraído de la semilla de aguacate con el tratamiento químico utilizado	64
3.6.2.	Resultados del análisis físico, químico proximal y microbiológico del almidón obtenido de la semilla de aguacate	65
3.6.3.	Resultados formulación biopelículas biodegradables a partir de almidón obtenido de la semilla de aguacate	66
3.6.3.1.	<i>Pruebas preliminares para la elaboración de las biopelículas biodegradables a partir de almidón obtenido de la semilla de aguacate</i>	66
3.6.3.2.	<i>Determinación del tiempo de secado de la biopelícula de almidón extraído de semillas de aguacate</i>	67
3.6.4.	Resultados formulación biopelículas biodegradables a partir de almidón obtenido	

	<i>de la semilla de aguacate ensayos físicos y mecánicos</i>	67
3.6.5.	<i>Resultados biodegradabilidad</i>	72
3.6.3.	<i>Resultados análisis sensorial</i>	74
3.7.	Prueba de hipótesis	74
3.7.1.	<i>Determinación de las características óptimas de la biopelícula biodegradable para uso en embalaje de alimentos</i>	74
3.7.2.	<i>Determinación de la eficiencia de la utilización del método químico para la obtención de almidón de semillas de aguacate</i>	75
3.7.2.1.	<i>Determinación de la eficiencia de la utilización del método químico para la obtención de almidón de semillas de aguacate</i>	75
3.7.2.2.	<i>Determinación de la evaluación de los 4 tratamiento para la extracción de almidón de semillas de aguacate</i>	76
3.8.	Discusión de los resultados	76
	CONCLUSIONES	78
	RECOMENDACIONES	79
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Caracterización fisicoquímica del almidón se semilla de aguacate (<i>Persea americana</i>)	5
Tabla 2-1: Ensayos preliminares de bioplástico de semilla de aguacate con reforzamiento de celulosa cristalina.	6
Tabla 3-1: Análisis de bioplástico según su reforzamiento con almidón de semilla de aguacate reforzado con semillas de Durian y Jackfruit.	7
Tabla 4-1: Clasificación taxonómica de la semilla de aguacate.	17
Tabla 1-2: Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate ...	23
Tabla 2-2: Identificación de Variables en la caracterización de almidón de semilla de aguacate	23
Tabla 3-2: Identificación de Variables en la obtención de bioplástico de almidón de semilla de aguacate	24
Tabla 4-2: Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate ...	24
Tabla 5-2: Variables identificadas en la extracción de almidón de semilla de aguacate	25
Tabla 6-2: Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate ...	26
Tabla 7-2: Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate ...	26
Tabla 8-2: Matriz de consistencia	27
Tabla 9-2: Técnicas de extracción de almidón de semilla de aguacate (<i>Persea americana</i>)	39
Tabla 10-2: Método para medición de pH.....	40
Tabla 11-2: Método para la medición de Temperatura de Gelatinización	40
Tabla 12-2: Método para medición de Solubilidad.....	41
Tabla 13-2: Método para medición de Densidad.....	42
Tabla 14-2: Método para medición de Humedad	42
Tabla 15-2: Método para medición de Ceniza.....	43
Tabla 16-2: Determinación de la Viscosidad en la muestra de almidón	43
Tabla 17-2: Método para medición de Sensibilidad	44
Tabla 18-2: Proceso para la obtención de biopolímero biodegradable	44
Tabla 19-2: Determinación de dureza de plástico obtenido.....	45
Tabla 20-2: Método para medición de Flexibilidad de los biofilms obtenidos.	45
Tabla 21-2: Método para medición de Humedad	46
Tabla 22-2: Método para calcular la biodegradabilidad del bioplástico	46
Tabla 1-3: Datos preliminares de la materia prima a trabajar	48
Tabla 2-3: Datos obtenidos de la extracción de almidón mediante el diseño factorial 2K	49

Tabla 3-3: Porcentaje de rendimiento de almidón extraído de la semilla de aguacate	51
Tabla 4-3: Formulación con diferentes concentraciones de almidón para la obtención al bioplástico	52
Tabla 5-3: Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a baja concentración	53
Tabla 6-3: Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a baja concentración	53
Tabla 7-3: Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a alta concentración	54
Tabla 8-3: Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a alta concentración	55
Tabla 9-3: Formulación final para la obtención de bioplástico con ácido acético a baja concentración.	56
Tabla 10-3: Formulación final para la obtención de bioplástico con ácido acético a alta concentración.	56
Tabla 11-3: Tiempo de secado de la biopelícula de almidón extraído a partir de semillas de aguacate	57
Tabla 12-3: Peso inicial del bioplástico a analizar su humedad	57
Tabla 13-3: Peso final del bioplástico utilizando el método de determinación de la Humedad.	58
Tabla 14-3: Peso inicial de bioplástico para analizar su solubilidad.....	58
Tabla 15-3: Peso Final obtenido del bioplástico en la caracterización de Solubilidad.....	58
Tabla 16-3: Datos experimentales de los pesos en g tomados en el proceso de Transmisión de vapor en agua hasta obtener pesos constantes.	59
Tabla 17-3: Datos para el cálculo de la biodegradabilidad en agua, aire y suelo de las muestras de los biopolímeros.....	60
Tabla 18-3: Valores medios y desviación estándar del rendimiento de almidón de semilla de aguacate.....	64
Tabla 19-3: Prueba de múltiples rangos	65
Tabla 20-3: Resultados del análisis físico, químico proximal y microbiológico del almidón obtenido de la semilla de aguacate.....	65
Tabla 21-3: Tiempo se cado de biopelículas a partir de semilla de aguacate.....	67
Tabla 22-3: Valores medios y desviación estándar del espesor de las biopelículas a base de almidón extraído de semillas de aguacate	68
Tabla 23-3: Características físicas con respecto a su textura, comparando entre tratamientos.	70
Tabla 24-3: Resultados de humedad, solubilidad y permeabilidad de las muestras de bioplásticas analizadas.....	71

Tabla 25-3: Valores medios y desviación estándar de los parámetros: humedad, solubilidad y permeabilidad comparando entre tratamientos.	72
Tabla 26-3: Análisis sensorial	74

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Diseño Factorial 2k para la obtención de almidón.	33
Figura 2-2: Diseño Factorial 2k para la obtención de almidón	34
Figura 3-2: Caracterización del almidón obtenido.....	35
Figura 4-2: Diseño Factorial 2k para la obtención de almidón.	36
Figura 1-3: Recolección de materia prima.	47
Figura 2-3: Extracción de almidón semilla de aguacate sin tratamiento químico	48

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Análisis espesor	70
Gráfico 2-3: Análisis de parámetros humedad, solubilidad y permeabilidad comparando entre tratamientos.	72
Gráfico 3-3: Biodegradación en agua.....	73
Gráfico 4-3: Biodegradación en aire.....	73
Gráfico 5-3: Biodegradación en suelo	74

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Preparación de materia prima previa a la obtención de almidón de semilla de aguacate

ANEXO B: Medición de materia prima previa a la obtención de almidón de semilla de aguacate.

ANEXO C: Proceso de licuado de materia prima para la obtención de almidón de semilla de aguacate.

ANEXO D: Proceso de decantado y secado

ANEXO E: Molienda y tamizado de almidón extraído de semilla de aguacate

ANEXO F: Valoración de rendimiento de almidón de semilla de aguacate con tratamiento químico y sin este.

ANEXO G: Almacenamiento de almidón obtenido

ANEXO H: Caracterización del almidón extraído mediante pruebas fisicoquímicas obtenidas en el laboratorio

ANEXO I: Preparación de materiales para la obtención de biopelículas a partir del almidón de semillas de aguacate.

ANEXO J: Ensayos preliminares bajo diferentes concentración de almidón para obtener bioplástico

ANEXO K: Proceso de producción de bioplástico

ANEXO L: Bioplástico obtenido a partir de diferentes ensayos preliminares

ANEXO M: Proceso de secado y desmoldamiento de bioplástico

ANEXO N: Obtención de bioplástico a diferentes formulaciones

ANEXO Ñ: Pesaje de muestras de bioplástico para su posterior caracterización

ANEXO O: Control de procesos en el laboratorio

ANEXO P: Pruebas de humedad, solubilidad y permeabilidad

ANEXO Q: Pruebas de biodegradabilidad

ANEXO R: Informe prueba de probeta del tratamiento 1.

ANEXO S: Informe prueba de probeta del tratamiento 2.

ANEXO T: Informe prueba de probeta del tratamiento 3.

ANEXO U: Informe prueba de probeta del tratamiento 4.

ANEXO V: Análisis microbiológicos

ANEXO Y: Análisis de amilosa del almidón de semilla de aguacate

RESUMEN

El presente trabajo tiene como finalidad la obtención de biopelículas biodegradables a partir de almidón extraído de semillas de aguacate, en búsqueda de materiales más amigables con el medio ambiente. Para el desarrollo de la misma se llevó un método experimental y se realizó la extracción del almidón de semillas de aguacate. Posteriormente se realiza la caracterización del almidón y su formulación (RPM 1: 10, revolución alta por 10 minutos, tiempo de secado 71h, RPM 1: 12, revolución alta por 12 minutos, tiempo de secado 70h, RPM 2: 10, revolución media por 10 minutos tiempo de secado 74h, RPM 2: 12 revolución alta por 12 minutos, tiempo de secado 72h). Después del análisis se estableció variables para determinar el espesor, permeabilidad, biodegradación, pH, temperatura. Buscando el cumplimiento con varias Normas estandarizadas como la ASTM D882 y la ISO 20200:2004. Logrando elaborar una película biodegradable a partir del almidón de la semilla de aguacate, materia prima óptima debido a que es un residuo no utilizado con resultados positivos en el rendimiento, permeabilidad y biodegradabilidad puesto que la semilla de aguacate alrededor del 15 al 18 % del peso total equivalen a la semilla en la cual se encuentra el 70% de los aminoácidos, y su alto contenido de almidón. Se recomienda que al momento del secado del bioplástico tratar de no utilizar una temperatura alta ya que el bioplástico se romperá.

Palabras claves: <BIOPOLÍMERO> <ALMIDÓN> <AGUACATE> <BIOPELÍCULA>
<BIODEGRADABLE>

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=060276697
4, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.08.23 11:59:52
-05'00'



1619-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The present work aims to obtain biodegradable biofilms from starch extracted from avocado seeds, searching for more environmentally friendly materials. For its development, an experimental method was applied and the extraction of starch from avocado seeds was carried out. Subsequently, the starch characterization and its formulation were carried out (RPM 1: 10, high revolution for 10 minutes, drying time 71h, RPM 1: 12, high revolution for 12 minutes, drying time 70h, RPM 2: 10, medium revolution for 10 minutes, drying time 74h, RPM 2: 12 high revolutions for 12 minutes, drying time 72h). After the analysis, variables were established to determine thickness, permeability, biodegradation, pH, and temperature. Seeking compliance with various standardized Norms such as ASTM D882 and ISO 20200: 2004. It was possible to produce a biodegradable film from the avocado seed starch, an optimal raw material because it is an unused waste with positive results in performance, permeability and biodegradability, due to the fact that the avocado seed around 15 to 18% of total weight are equivalent to the seed, in which a 70% of the amino acids, and its high starch content are found. It is recommended not to use a high temperature when drying the bioplastic since it will break.

Keywords: <BIOPOLYMER> <AVOCADO> <STARCH> <BIOFILM>
<BIODEGRADABLE>

ANA GABRIELA REINOSO ESPINOSA
Firmado digitalmente
por ANA GABRIELA
REINOSO ESPINOSA
Fecha: 2021.12.10
12:51:31 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Este documento se centra en la búsqueda para solventar una problemática global que se desarrolla en el presente, a causa de la sobre generación de desechos contaminantes, que se ha convertido en un verdadero mal, por lo cual se centrará esta investigación en desarrollar materiales biodegradables que sean capaces de reemplazar a todos los materiales de origen fósiles los cuales tardan cientos de miles de años en descomponerse.

Para producir estos materiales biodegradables se ha escogido utilizar semilla de aguacate como materia prima, debido a que es la parte no utilizable del fruto de aguacate y que presenta un porcentaje de almidón de donde se obtendrá el biopolímero considerablemente vasto, siendo entonces que su utilización resuelve la problemática de la generación del desecho que este ocasiona. Rigíendose para la extracción de este la utilización de un diseño factorial 2K.

Entonces luego de este proceso se empezará a valorar física y químicamente, los parámetros que rigen su característica y comparar bibliográficamente si la extracción del biopolímero será eficiente con respecto a las investigaciones ya publicadas.

Siguiendo con la realización de varios ensayos preliminares para la obtención del bioplástico donde se ha de llegar a las formulaciones más convenientes para obtener el mejor tipo de bioplástico que se pueda producir y a estos se les aplicará un diseño factorial 2K.

Una vez aplicado los procesos se finalizará con resumir si obtuvimos lo que hipotéticamente nos hemos planteado.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del Problema

Actualmente nos encontramos rodeados por diferentes artefactos, productos y accesorios utilizados en la vida cotidiana, compuestos por diferentes materiales, como vidrio, madera, metal, algodón, etc., sin embargo, con el paso del tiempo, estos han sido suplantados en gran cantidad por polímeros sintéticos, debido a las principales cualidades que estos poseen, por su ligereza y fácil manejo, así como su costo más bajo respecto a los demás materiales, han hecho que su sobreproducción sea tal que ahora cualquier tipo de objeto esté compuesto de este material o que presenten en su estructura una combinación con polímeros sintéticos y demás materiales.

Consecuentemente, la extensa producción de este material ha potenciado abismales daños en el medio externo en el cual la habitamos, es por ello que no es suficiente comprender la magnitud de deterioro medioambiental a consecuencia del uso excesivo de este, si no de buscar suplantar este daño mediante el uso alternativo de polímeros biodegradables

Los polímeros derivados de fuentes no naturales es decir no biodegradables, tienen un elevado impacto ambiental por su alta afectando de esta manera a un sinnúmero de especies acuáticas, ya que es a su medio al cual desembocan en su mayoría estos desechos, ocasionando la muerte de estos animales que confunden con comida a estos desperdicios desembocados en este medio.

La descomposición de estos materiales genera diversas toxinas que intoxica a los animales marinos que al consumirlos repercute en nuestra salud. El escaso uso del desperdicio de semillas de aguacate ha permitido la búsqueda de nuevos vertederos para deshacerse de esta.

Se requiere entonces solventar la problemática causada por el consumo excesivo de plástico mediante el uso del desperdicio de la semilla de aguacate a través de la fabricación de biopolímeros biodegradables con esta semilla como materia prima, solventando conjuntamente estas problemáticas.

1.2. Justificación de la Investigación

Como se ha mencionado ya, la problemática causada por el escaso uso de la semilla de aguacate se tratará de solventar con la utilización de esta semilla como materia prima y su transformación en biopolímero, reemplazando de esta manera a los polímeros sintéticos y reparando la problemática causada por estos hacia el entorno.

Los biopolímeros contienen unidades monoméricas, enlazadas covalentemente, su dimensionamiento está definido estructuralmente, lo que las hace biodegradable es su origen proveniente de organismos vivos que les otorga la facilidad de degradarse completamente, su fuente proviene de plantas o árboles de los cuales se obtienen componentes orgánicos como almidón, azúcar, fibras naturales responsables de la fabricación de biopelículas biodegradables. La diferencia acentuada entre estos dos polímeros es su sostenibilidad y biodegradabilidad, estudios a más de demostrar que este material es completamente degradable, estatuye que este podría alentar la biodegradación de materiales que no poseen esta característica.

La degradación de biopolímeros se efectúa debido a que las bacterias presentes en el suelo las degradan, nuevos biopolímeros se descomponen completamente en un medio acuático o por diferentes abonos que reducen evidentemente la emisión de CO₂ cuando su degradación se ha dado por incineración convencional.

Bastan razones justifican incentivar nuevas investigaciones para la síntesis de biopolímeros que sustituyan a los polímeros derivados de fuentes fósiles que son muy difíciles de degradarse y su persistencia causa un sinnúmero de prejuicios medioambientales.

El presente trabajo de investigación previo a la obtención del título académico será realizado en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con el aporte y cooperación del grupo de investigación GIADE como aporte al proyecto de investigación institucional “Obtención de bio-plástico a partir de productos agrícolas del Ecuador” de la Facultad de Ciencias.

1.3. Antecedentes de la Investigación

La producción colosal que ha ocasionado el consumo masivo de plástico; cuyo material es el componente principal en diferentes tipos de artículos básicos utilizados diariamente, se ha convertido en un severo problema medioambiental, del porcentaje total de la producción de

plástico fabricado, solo una pequeña parte se recicla, es decir la mayor parte de estos artículos desembocan en vertientes hídricas, volviendo a esta situación cada vez más crítica.

La descomposición polimérica es altamente tardía, el plástico de poliestireno tarda en torno a millares de años en su extinción, lo cual hace a su descomposición completamente imposible a corto plazo, sin intervención de una degradación forzada.

Estudios piloto han demostrado que se han encontrado partículas de micro plástico dentro de las heces de humanos, esto debido a que es que este material al verterse en las diversas cuencas hidrográficas llega a formar parte de la dieta humana por medio del consumo de los animales habitantes del medio acuático.

Causándose así la intoxicación por medio de la ingesta de dichos alimentos, la preocupación crece más, tratar de solventar este problema medioambiental ha despertado nuevos procesos innovadores que usen material biodegradable para la sustitución de los materiales sintetizados por polímeros artificiales.

Años de investigación se han realizado para lograr la síntesis de biopolímeros biodegradables, como a su vez el estudio para validar el grado de efectividad que estos sugieren para poder ser utilizados como sustituyentes del plástico y así mermar el efecto que ha ocasionado la sobreproducción de este.

En México se ha alcanzado lo ideal, producir a escala industrial biopolímeros degradables a partir de la semilla de aguacate, el cual es un tipo de desperdicio transformado en productos, como; empaques, cubiertos y otros utensilios cuyo uso es alto.

La elección de esta materia prima es óptima con respecto a otra, debido a que proviene del desperdicio del fruto del aguacate, siendo esta la parte no utilizable, desechándola sin darle ningún valor comercial, así que al usarse esta como sustituyente al plástico, se da solución al problema común que causan los desperdicios y además se sustituye a los plásticos que su uso masivo se ha vuelto muy desfavorable. A diferencia, de otro tipo de materia prima requiere de grandes hectáreas exclusivamente para su cultivo y su transformación en bioplástico, razón por la que esta no es una opción ecológica, del mismo modo que económicamente implicaría un gran gasto.

Tabla 1-1: Caracterización fisicoquímica del almidón de semilla de aguacate (*Persea americana*)

<ul style="list-style-type: none"> • Título: Propiedades fisicoquímicas del almidón de semilla de aguacate (Molino <i>Persea americana</i>) 	
<ul style="list-style-type: none"> • Autor: Danilo Martins dos Santos Diego Palmiro Ramirez Ascheria Andrea de Lacerda Bukzem Cleiber Cintra Morais Carlos Wanderlei Piler Carvalho José Luis Ramírez Ascheri 	
<ul style="list-style-type: none"> • Año de publicación: 2016 	<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de publicación: Anápolis, Brasil
<p>Resumen: 70 frutos de aguacate fueron escogido al azar en su etapa de madurez, aún el fruto presentaba un cierto grado de rigidez, se los llevó entonces a un sitio propicio para alcanzar un grado de madurez más alto y hasta que presentaron una consistencia blanda al comprimirse, para extraer a sus semillas.</p> <p>El proceso efectuado para la obtención de almidón de la semilla de aguacate, se utilizó la metodología señalada por Ascheri et al. (2010). Inicialmente el proceso consiste en expulsar la cáscara delgada y oscura encontrada en la cubierta de las semillas de aguacate. Una vez ya extraída la cáscara y lista la semilla, se tiene preparada una solución que contiene metabisulfito de sodio, se requiere introducir por cada litro de agua, 5 gramos de este reactivo, por cada Kg de semillas de <i>Persea americana</i> se requiere emplear dos litros de esta solución, es decir; (1: 2 p / v). , en este diseño experimental el corte fue realizado por una máquina cortadora MA-580, el corte fue de 1mm y se filtró en una malla de poliéster cuya abertura es de 100 μm, luego se continuó con el enjuague consecutivo con el fin de retirar completamente el almidón faltante, se deja en decantación durante 24 horas, seguido de una filtración al vacío y un secado a 40°C por un tiempo de 12 h. Una vez obtenido el almidón se evalúa el rendimiento.</p> <p>El rendimiento de almidón de semilla de aguacate se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación, a partir de granulado.</p> <p>El contenido de humedad de la semilla de aguacate fue del 66,3% y el rendimiento de almidón fue del 14,2% (base húmeda). La fracción de almidón presentó un color más oscuro (rosado) que el conocido color blanco característico. Sobre una base seca, la muestra de almidón presentó 0.09% de grasa, 0.38% de ceniza, 0.07% de proteína y</p>	

0.14% de fibra cruda. Estos resultados indican que la extracción de almidón del grano fue exitosa, particularmente debido al bajo contenido de proteínas y grasas.

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 2-1: Ensayos preliminares de bioplástico de semilla de aguacate con reforzamiento de celulosa cristalina.

<ul style="list-style-type: none"> • Título: Producción de bioplástico a partir de almidón de semilla de aguacate reforzado con celulosa microcristalina de fibras de palma de azúcar 	
<p>Autor: MAULIDA LUBIS MARA BANGUN HARAHAP MUHAMMAD HENDRA S. GINTING MORA SARTIKA HIDAYATUL AZMI</p>	
<ul style="list-style-type: none"> • Año de publicación: 2018 	<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de publicación: Indonesia
<ul style="list-style-type: none"> • Resumen: El proceso consistió en tomar una muestra de 100g de semilla de aguacate y triturarla, luego de lavarla y pelarla, se mezcló con 100 ml de agua, esperando que se forme una suspensión de almidón, para luego trasladar esta suspensión a un tanque para su sedimentación, después de una hora se separó el sedimento de la suspensión, prosiguiendo al enjuague con agua destilada, se repitió tres veces, hasta obtener el sedimento de almidón y secarlo en una estufa a 60°C. Prosiguiendo con el tamizado con malla 100 para la obtención de almidón de volumen homogéneo. Se tomó al almidón seco de semilla de aguacate y se disolvió en agua destilada; en una relación 1:10 (p / v), esta solución fue calentada en una hornilla eléctrica durante 10 minutos, luego se le añadió glicerol como plastificador en 0,1; 0,2; 0,3 y 0,4 ml / g de masa de almidón. Una vez que se formó la nueva mezcla con el plastificante se calentó a 70 ° C. La celulosa microcristalina obtenida de la palma de azúcar se la disolvió en una solución de Hidróxido de Sodio al 5% (p / v). Para la formación de la biopelícula se tomó la solución de almidón mezclándolo con celulosa microcristalina obtenida de la palma de azúcar en las siguientes proporciones; 	

6: 4, 7: 3, 8: 2 y 9:1. Las propiedades mecánicas del bioplástico se determinaron mediante análisis de resistencia a la tracción y alargamiento en la rotura, donde se da que la mejor condición de los bioplásticos obtenidos a partir de una relación 7: 3 con 0,2 (v / p) de glicerol añadido, que es 2,74 MPa para resistencia a la tracción y 3,16% para elongación a la rotura. El análisis FT-IR mostró los grupos funcionales de los bioplásticos, la mayoría de los grupos O-H, que se encontraron a partir de la adición de celulosa microcristalina que representaba enlaces de hidrógeno sustanciales. (Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fibers, 2018)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 3-1: Análisis de bioplástico según su reforzamiento con almidón de semilla de aguacate reforzado con semillas de Durian y Jackfruit.

<ul style="list-style-type: none"> • Título: Preparación y caracterización de bioplásticos a base de algas mezclado con polisacáridos derivados de varias semillas de Aguacate, Jackfruit y Durian 	
<ul style="list-style-type: none"> • Autor: Y Yusmaniar D I Syafe M Arum E Handoko 	
<ul style="list-style-type: none"> • Año de publicación: 	<ul style="list-style-type: none"> • Lugar de publicación: Indonesia
<ul style="list-style-type: none"> • Resumen: El propósito de esta investigación se realizó con la finalidad de aprovechar abundantemente los desechos de frutas tropicales que se consumen en Indonesia, como semillas de aguacate, yaca y durian. Se realizó una solución de carbonato de calcio (1 g / L) por 12 horas y luego fueron enjuagadas con agua destilada, la semilla de aguacate y yaca se las licuó hasta formar una suspensión, se filtró y se dejó sedimentar durante 24 horas, transcurrido este tiempo se recogió el sedimentado y se secó en un horno 65 °C durante 24 horas, una vez las partículas secas obtenidas se trituraron y tamizaron hasta formar un polvo homogéneo Las biopelículas se obtuvieron mezclando el polisacárido de almidón de las algas con el almidón de aguacate, yaca y durian respectivamente, una vez obtenidas las láminas biodegradables, se realizó diferentes pruebas de resistencia a la tracción, según la ASTM D638, para las cuales se utilizó un tamaño de muestra de 60 mm x 20 mm, dando como resultado que la biopelícula compuesta por durian tuvo la mayor resistencia respecto a las demás, con un porcentaje de extensión de rendimiento y alargamiento de 	

2.02%, debido a que tiene un menor porcentaje de amilosa respecto a las otras, ya que mientras más alto el contenido de amilosa contenga el biopolímero la lámina será menos elástica, se realizó una prueba de solubilidad mediante la Norma ASTM D570-98 sumergiendo una porción de biopelícula de 20 mm x 20 mm en un vaso de precipitación de 50 ml de agua destilada a temperatura ambiente, luego retirándola del agua, secándola con papel filtro para posteriormente medir el peso hasta obtener un valor constante de esta cantidad, siendo la biopelícula compuesta por durian la que ha resistido con más fortaleza a la degradación por agua debido a su estructura polisacárida no polar presente en esta semilla.

De la misma manera se llevó a cabo una prueba de biodegradabilidad por descomposición de microorganismos, se enterraron las biopelículas en el suelo durante 14 días sumergiéndolas a 20 mm de profundidad, así se calculó el porcentaje de pérdida de peso restando el peso inicial y el peso seco obtenido finalmente de la degradación por el contacto directo a los microorganismos encontrados en el suelo, durian es la semilla que mayor resistencia presentó en la mayoría de pruebas, es así entonces que la semilla que presenta mejores características para la producción de un biopolímero biodegradable. (Preparation and characterization of Seaweed based Bioplastic, 2020)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

1.4. Marco Teórico

1.4.1. Hidratos de Carbono

La particularidad que presenta la conglomeración atómica que resulta ser estos macronutrientes es que están presentes de forma ubérrima en la naturaleza, se derivan de acetonas y también pueden ser aldehídos, consecuentemente la forma en que reaccionan pertenece a la funcionalidad de estos grupos, estos cuenta con la capacidad de retención de un almacenamiento calórico, que otorga a las células el sustento necesario para desempeñar sus funciones debido al almacenamiento de energía generado por estos, son altamente solubles en agua (Phillipi, 1974).

1.4.2. Azúcares

Estos compuestos pertenecen al grupo anteriormente mencionado, aquellos que poseen una sola molécula de estos son monosacáridos, si aumentan una unidad molecular antecede el prefijo di en lugar de mono y si posee varias moléculas son polisacáridos (Phillipi, 1974).

1.4.3 Almidón

Su clasificación se sitúa dentro de estos grupos, estos forman parte de tegumentos vegetales, como en cereales y legumbres, iniciando con su molienda o triturado, la extracción de este compuesto se obtiene por arrastre de agua, aprovechando la diferenciación de densidad presente en los gránulos de almidón con respecto a la fibra y proteínas de los vegetales. (Phillipi, 1974)

1.4.3.1. Componentes del Almidón

Estos se constituyen de amilosa y amilopectina; dependiendo de la fuente que se extraiga, el porcentaje de esto dos varía en diferentes proporciones. Su degradación se ve afectada por el grado de polimerización y ramificación mostrado. (Díaz, 2004)

❖ *Amilosa*

Esta presenta una fracción de 1 en 5 generalmente contenida en diferentes muestras de almidón, las ramas que se conectan progresivamente hasta lograr una red, forman un camino recto o lineal, la dilución de ellas en agua presentan el mayor porcentaje respecto al otro componente de almidón, el tipo de unión que enlaza a estos azúcares es alfa-D (1-4), la cantidad de glucosa bordea entre doscientos y dos mil unidades, su forma es de hélice.

En la terminación de la molécula, la glucosa conlleva el carbono quiral libre que hace este extremo reductor, el otro lado final de la molécula es de carácter no reductor, el OH perteneciente al carbono quiral forma parte del enlazamiento glucosídico (Díaz, 2004).

❖ *Amilopectina*

Su presencia en almidón equivale a 4 fracciones entre 5, aquí los glucósidos se conectan entre sí por alfa-D-(1-6), su estructura presenta una ramificación, su polimerización asciende a 1×10^4 y 1×10^5 , está no se hidroliza (Díaz, 2004).

1.4.3.2. Propiedades fisicoquímicas del almidón

Los que distinguen a estos entre sí es la composición que se obtiene de las muestras de las que se ha extraído de diferentes fuentes, como fibra, amilosa, proteína, sus color, tamaño y forma de gránulo también lo caracteriza. (Díaz, 2004)

1.4.3.3. Propiedades funcionales del almidón

Las propiedades presentes, se dan entre la correlación de amilosa y amilopectina esto da lugar a texturas diferentes, mayor o menor solubilidad entre sí, alta o baja gelatinización, un mayor grado de poder de hinchamiento, retrogradación, viscosidad, consistencia, retención al corte, su emulsificación, entre otros, los factores genéticos son predominantes para la cuantificación de esta relación, que es la responsable de las propiedades descritas, al igual de otros factores que influyen de la misma manera, como edad de la planta, madurez, fecundidad, etc. (Díaz, 2004)

1.4.4. Reacciones dadas por exposición al medioambiente.

1.4.4.1. Pardeamiento enzimático

Frecuentemente las frutas y verduras se enfrentan a este problema, es un tipo de reacción enzimática que se produce rápidamente, cuando el tejido de la célula vegetal se pone en contacto con el oxígeno, las enzimas que se encuentran en este tejido catalizan al oxígeno y se puede observar el deterioro que debe prevenirse para obtener el almidón. (Myron Bender, 1997)

1.4.4.2. Retardo de Pardeamiento.

Para evitar el pardeamiento de los tejidos vegetales, se tiene diferentes alternativas, estas son:

- Sumergir en una solución de metabisulfito de sodio o en sulfitos y bisulfitos a los tejidos vegetales que hayan sido peladas o troceadas, para impedir que el oxígeno entre a los tejidos.
- Envase al vacío para eliminación del oxígeno. (Myron Bender, 1997)

1.4.4.3. Reacción de Maillard o Pardeamiento no enzimático

La conexión de carbonos mediante dobles enlaces presentes en aldosas o cetosas tiene la capacidad de reaccionar con grupos amino libres, que al perder una molécula de agua forman una molécula de imina, convirtiéndose en una configuración cíclica, formando una glicosilamina o un N-glicósido.

Las aldosilaminas y las cetosilaminas, se convierten en 1-amino-1-desoxicetosa y 2-amino-2-desoxialdosas, por medio de la transposición de Amadori y Heinz, respectivamente. Estos

compuestos reaccionan complejamente con otras sustancias, para producir saborizantes, aromatizantes y pigmentos color pardo (Myron Bender, 1997).

1.4.5. Degradación

Las cadenas pueden hendirse a cadenas menos largas, reduciéndose a monómeros, a causa de hidrólisis, de oxidación o mediante temperaturas controladas, es así que se modifican también los almidones, mediante conversión ácida y dextrinas, para mantener un bajo nivel de viscosidad ocasionado una rápida fluidez (Carlos H. Herrera R., 2003).

1.4.6. Hidrólisis de almidón

Dependerá del grado de amilopectina que este contenga ya que esta es la responsable de otorgarle la solubilidad a dicho polímero.

1.4.7. Dextrinización

Las dextrinas se producen mediante la escisión parcial del almidón obtenidas por calentamiento, mediante el aprovechamiento de catalizadores o sin estos, mediante ruptura hidrolítica, se produce un reordenamiento de moléculas y despolimerización. El calor desune las uniones 1-4 del almidón y eleva las uniones 1-6, es así que se aminora la longitud de las cadenas moleculares, al tiempo que se incrementa la ramificación (Carlos H. Herrera R., 2003).

1.4.8. Gelatinización

La gelatinización empieza cuando el agua se disperse en la primera fase por la parte menos estructurada de los gránulos de almidón, lo que produce una inflación de los mismo que puede revertirse, en la etapa de cocción, la porción soluble empieza a llevar a cabo esta actividad, se inicia la faceta continua, enriquecida de amilosa y otra fase dispersa de amilopectina que produce el hinchamiento de los gránulos de almidón (Carlos H. Herrera R., 2003).

1.4.9 Pruebas fisicoquímicas para la caracterización del almidón

1.4.9.1. Contenido de Cenizas

La cantidad de cenizas representa el contenido total de minerales en los alimentos. La determinación del contenido de cenizas puede ser importante ya que, este revela el tipo de refinamiento y molienda.

1.4.9.2. Determinación de Grasas

El porcentaje encontrado en los almidones varía entre el 0.5 y 1% ya que estos esencialmente carecen de esta macromolécula, se requiere de solventes (Carlos H. Herrera R., 2003).

1.4.9.3. Extracción de Proteínas

Para la cuantificación de esta macromolécula su extracción difiere entre, albúminas que se solubilizan en agua, globulinas en soluciones salinas y prolaminas en soluciones alcohólicas y glutelinas (solubles en álcali diluido) según los reactivos utilizados se obtendrá este diferente tipo de proteína (Carlos H. Herrera R., 2003).

1.4.9.4. Retrogradación

Una vez gelatinizado el almidón al pasar el tiempo se reasocia la estructura y su rigidez se eleva al igual que su firmeza, la retención de agua disminuye, también se da lugar a la cristalización de geles cuando el porcentaje de amilopectina va entre 10-80%. (Carlos H. Herrera R., 2003)

1.4.10. Normalización para caracterizar el almidón.

1.4.10.1. Norma técnica ecuatoriana INEN-ISO 7971-1:2013 NORMA INEN 524:2013 harinas de origen vegetal determinación del almidón.

Una vez procesado la harina de diferentes orígenes vegetales, mediante esta normativa se analizará el contenido de almidón encontrado en esta. Se requiere el reactivo cloruro de calcio, siguiendo las lecturas contenidas que indican el uso del polarímetro o sacarímetro (Normalización, 2014).

1.4.10.2. Norma INEN 1456. reactivos para análisis. almidón soluble (para yodometría). métodos de ensayo.

Mediante esta se puede evaluar diferentes parámetros como la concentración de iones hidrógenos, restos por la carbonización, la capacidad de disolución, los componentes reductores (Normalización, 2012).

1.4.10.3. Almidones y féculas. determinación del contenido en humedad. método de desecación en estufa (iso 1666:1996t)

Para cuantificar el contenido de humedad en almidones se requiere llevar a la muestra al desecador mediante una estufa a 130°C, a presión ambiente, esto es aplicable a almidones que no contengan sustancias inestables (NORMA TÉCNICA ECUATORIANA, 2014).

1.4.11. Reacciones inducidas en laboratorio para la modificación del almidón

La modificación química del almidón está directamente relacionada con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón. Reacciones vía éter, formación de ésteres, oxidación y la hidrólisis de los grupos hidroxilos, son algunas modificaciones químicas aplicables al almidón (Valderrama, 1994).

1.4.11.1. Sustitución química.

Una de las modificaciones del almidón se da por medio de la sustitución de cada unidad de anhídrido glucosa por grupos OH que pueden ser tres de estos por cada unidad (León-Méndez, y otros, 2020).

1.4.11.2. Esterificación química

Consiste en la entrada de un grupo éster dentro del almidón, atacando directamente el carácter hidrofílico, que influye en la caracterización mecánica y térmica.

La reacción se fomenta por la donación de acilo anhídrido o acilos clorados acompañado de solventes orgánicos, junto con catalizadores comunes como la piridina.

Otro tipo de esterificación radica en emplear ácido fórmico mediante la transformación del almidón en gel, continuando con la incorporación de grupos acilo clorados.

1.4.11.3. Acidificación química

Se requiere emplear ácidos clorados tomados de aceites recuperados y ácidos clorados tomados de una variedad de compuestos.

Este tipo de modificación atribuye características que permiten actuar a estos almidones modificados como adhesivos (Oscar Iván Peñaranda Contreras, 2008).

1.4.11.4. Entrecruzamiento químico

Reside en la reacción de grupo hidrofílicos con reactivos como el oxiclورو de fósforo, el trimetafosfato de sodio agentes reticulantes y la combinación de anhídrido acético y anhídrido acético, conjunto llevado a cabo para reticular el almidón, que otorga la mejora en resistencia de pH, entre otros. (ENTRECRUZAMIENTO DE UN ALMIDÓN COMERCIAL, 2005)

1.4.12. Métodos para la modificación de almidones

1.4.12.1 Proceso de sustitución

Basta volúmenes de 50 microlitros. Adicionando ácido acético glacial y anhídrido acético mezclándolos mediante calentamiento con almidón, con temperatura entre 160 °C a 180 °C el tiempo varió entre 2 a 10 min de reacción, lográndose obtener un grado de sustitución entre 0.5 a 2.5. (Oscar Iván Peñaranda Contreras, 2008)

1.4.12.2. Proceso de acidificación

Se usa un reactor a temperatura y presión requerida para la mezcla con ácidos orgánicos, el uso de microondas para desempeñar el calentamiento de la reacción o el uso de una extrusora, modificando al almidón en su resistencia.

Comúnmente es calentando el almidón con anhídrido acético a 180 °C a una presión de 5 bares por 30 minutos.

1.4.12.3. Proceso de Esterificación

Se inicia la activación de grupos hidroxilos del almidón con tetrahidrofurano durante media hora, la agitación debe ser constante y continua, mientras se agrega el ácido láctico para llegar a la obtención del éster del respectivo almidón (Oscar Iván Peñaranda Contreras, 2008).

1.4.13. Almidones modificados

Las partículas de almidón se modifican a nivel químico, físico y biológico, ya que ocasionan la desintegración molecular ocasionando la pérdida de ciertas propiedades como la aglutinación, su estabilidad a diferentes niveles de concentrados de ionización de hidrógenos, mientras destacan otro tipo de propiedades como la gelificación, su disgregación o el nivel de fluidez (Oscar Iván Peñaranda Contreras, 2008).

1.4.14. Polímeros

Son macro compuestos cuya estructura se compone de unidades repetidas en maxi escala, estos se los identifican como naturales y sintéticos, los primeros pueden ser el ADN, aminoácidos o tejidos animales, mientras que los sintéticos son fabricados por mano de obra.

El porcentaje encontrado de estos materiales cada vez incrementa, el uso por su demanda al presentarse en un sinnúmero productos de consumo por muchas décadas acumuladas ha ocasionado un verdadero problema para deshacerse de estos.

De apenas el 52% que se recicla de esta cantidad el 65% para en basureros comunales, 35% para sanitarios, sin embargo, muy pocas son las industrias particulares que se dedican a reciclar, únicamente el estado se dedica a reciclar estos residuos (Gomis, 2012).

1.4.14.1. Polímeros Sintéticos

Estos son producidos por invención humana y provienen de bases petroquímicas, generan una cantidad de alrededor de 1.5 millones de puestos de trabajo y cerca de 17 millones de dólares en todo el mundo.

Al comienzo los polímeros encontrados naturalmente fueron sometidos a procesos de sulfatación incluyendo al caucho.

A estos compuestos naturales en siglos anteriores se los modificó con caucho mediante procesos de sulfatación, fue entonces que en siglo veinte se fabricaron los primeros completamente sintéticos, su transformación dio lugar a diferentes tipos de plástico como el policloruro de vinilo (PVC), tereftalato de polietileno (PET), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliestireno (PS), poliuretano (PU), etc. (Beltrán, 1990).

1.4.14.2. Tipos de reacciones de polimerización.

- a): Polímero lineal de adición PVC;
- b): Polímero cíclico de adición POE;
- c) Polímero de condensación Poliamida a partir de Diaminas y ácidos carboxílicos.

Sus características y propiedades difieren entre si debido a los diferentes materiales que se usan para la producción de estos (Marcilla, M. Beltrán y A., 2011).

1.4.15. Problemas ambientales de los plásticos

A medida que se han ido mejorando estos compuestos diferentes características han influido directamente en el daño ambiental, como la resistencia que genera una lenta biodegradabilidad que a corto plazo es imposible de lograrla, ocasionando su existencia material se extienda por miles de años, evidentemente el medio acuático es el que contiene una elevada carga de desechos de estos compuestos, la inadecuada erradicación de los mismos ha desatado una aglomeración ocasionando un efecto devastador para las especies habitantes en este punto, en su proceso de descomposición se liberan sustancias tóxicas que atacan la vida acuática y repercute en la salud humano ya que al incluir en su dieta a estos animales generan daños severos.

1.4.16. Biopolímeros

Frente a los problemas destacados en la actualidad se ha impulsado la creación de materiales que sustituyan a los compuestos que generan los desperdicios a escala colosal, por ello los polímeros que provienen de fuentes naturales han sido una extraordinaria opción para situarlos como reemplazo de estos, se biodegradan de una forma exponencialmente más rápida, reduciendo significativamente los problemas mencionados (Ambientum, 2019).

1.4.17. Producción de biopolímeros a partir del almidón de aguacate.

1.4.17.1. Semilla de aguacate

La semilla de aguacate es la parte que se desecha del fruto de aguacate sin darse un valor comercial a este, lo que conlleva a darse un mal manejo de este desperdicio de estos y genere.

La semilla de aguacate tiene un bajo uso industrial, pocas veces se lo utiliza, razón por la cual usar este endocarpio de este fruto es una innovación importante y que se dirige hacia un futuro sustentable, donde cada vez los materiales tienen una característica más ecológica, que mediante esto se está solo dando una alternativa más ecológica para cambiar materiales que afectan negativamente al planeta, sino que también se está dando solución a otra problemática, es decir que los desperdicios generados por el desecho de esta semilla se están solucionando para dar una alternativa ecológica, contribuyendo así a un mundo que avanza con un mejor desarrollo.

1.4.17.2. Características taxonómicas de la semilla de aguacate.

Tabla 4-1: Clasificación taxonómica de la semilla de aguacate.

No.	CARACTERÍSTICAS DE LA SEMILLA DE AGUACATE	
1	REINO	Plantae
2	DIVISIÓN	Magnoliophyta
3	CLASE	Magnoliopsida
4	SUBCLASE	Commelinidae
5	ORDEN	Lurales
6	FAMILIA	Lauraceae
7	SUBFAMILIA	Panicoideae
8	TRIBU	Persea
9	GÉNERO	Perseae
10	ESPECIE	<i>Persea americana</i>
11	SUBESPECIE	<i>No especificada</i>

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

1.4.17.3. Almidón de semilla de aguacate

- Se extrae este biopolímero por diferentes métodos de extracción, sin embargo, la semilla tiende a oxidarse rápido, ocasionando que ocurra una reacción de despolimerización afectando a su estructura y por ende a la estabilidad del plástico producido a partir de este.

1.4.17.4. Obtención del almidón de semilla de aguacate

❖ *Método de Loos, Hood y Graham*

- Las semillas se deberán lavar.
- Retirar la cáscara de la semilla de aguacate.
- Las semillas se las deberá cortar en trozos pequeños.
- Se tendrá lista una solución de metabisulfito de sodio al 0,2% (v / v)
- Se las triturarán en una licuadora doméstica de 900 W de potencia durante 10 minutos con la solución preparada.
- Una vez licuado se filtra en una tela gasa
- El bagazo obtenido se lo lava con agua destilada para arrastrar el resto de almidón retenido aquí
- Se decanta por 24 H, bajo refrigeración.
- Una vez obtenido el decantado, es decir retirando el agua de la suspensión, el almidón deberá volver a ser insertado en agua destilada por una hora.
- Se centrifuga durante 12 minutos la nueva suspensión y se elimina el agua luego de la centrifugación, es decir se elimina el sobrenadante.
- Una vez obtenido el biopolímero se procede a la eliminación del agua sobrante en un horno a 40°C durante 12 horas.
- Se obtiene el almidón seco y se lo muele en un cuenco de porcelana, para luego tamizarlo a través de malla 60 (0,250 mm).
- Finaliza con el almacenamiento de este en un recipiente limpio y seco a temperatura ambiente o en fundas Ziploc.

❖ *Método por Vía Húmeda-Factorial 2K*

El proceso factorial 2K consiste en aplicar 2 variables, el tiempo y la velocidad, como antecedente se tiene que el proceso para obtener almidón de semilla de aguacate es el de Loos, Hood y Graham, donde utiliza un tiempo de licuado de 10 minutos, es decir en este modelo factorial se empleará un tiempo de licuado de 10 y 12 minutos con una velocidad alta y media de la licuadora Oster motor reversible BRLY07-Z00, respectivamente.

❖ *Método por Vía Seca.*

- Las semillas se deberán lavar y retirar la cáscara

- Se deja secando al sol por 24 horas o hasta que esté completamente seco.
- Se lo tritura en un molino industrial.
- Esta materia obtenida se la pesa para luego hacer los cálculos de rendimiento.

1.4.17.5. Reforzamiento de almidón con ácido acético

Una vez obtenido el almidón se lo modifica con ácido acético para mejorar y reforzar su estructura, así como su estabilidad, para posteriormente producir bioplástico a partir de este.

1.4.17.6. Combinación del almidón con otros plastificantes

1.4.17.6.1. Glicerol

Este es el plastificante más común utilizado en la fabricación de plástico a partir de almidón, se utiliza con la finalidad de otorgarle un mayor moldeo y movimiento a la película de plástico, su uso común se debe a que los grupos OH contenidos en su estructura son compatibles con la estructura del almidón para así formar plástico de mejor calidad (Macarulla, 2007).

1.4.17.7. Degradación de materiales plásticos

En este proceso las funcionalidades del plástico empiezan a disminuir, sin embargo, en materiales plásticos comunes que se obtienen de materiales derivados del petróleo su degradación es extremadamente larga, se tardan años en descomponerse, (Castells, 2012) es por eso que es tan importante centrarse en materiales que reemplacen a estos para vivir en un ecosistema menos perjudicial para las especies que habitan en este.

1.4.17.8. Biodegradabilidad

Los materiales que se biodegradan en condiciones ambientales sin necesidad de un proceso externo deben tener un porcentaje bajo de emisión de CO₂ para que no sean perjudiciales para el medioambiente (Valencia, 2019)

El proceso de degradación se puede dar en presencia o ausencia de O₂, dando como resultado final productos de agua, dióxido de carbono, biomasa y metano, el último se produce por la descomposición de este material por medio de microorganismos.

1.4.17.9. Caracterización de biofilms mediante Normativas estándares

- ❖ *Norma INEN 2644:2013. guía para la exposición y ensayo de plásticos que se degradan en el ambiente por una composición de oxidación y biodegradabilidad.*

Esta norma describe el proceso que ha de seguirse para la comprobación de biodegradabilidad de nuestros bioplástico.

- ❖ *Norma NTE INEN-ISO 527-2. método de ensayo para las propiedades tracción de láminas plásticas delgadas.*

Según esta norma se caracteriza los parámetros de tracción de las láminas a analizar.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. General

- Elaborar una biopelícula biodegradable a partir del desecho industrial de la semilla de aguacate (*persea americana*), para sustituir alternativamente materiales sintetizados a partir de polímeros sintéticos

2.1.2. Específicos

- Determinar el método de extracción por el cual se obtenga el máximo rendimiento de almidón de semilla de aguacate (*Persea americana*).
- Calcular el porcentaje de rendimiento de almidón extraído de la semilla de aguacate con el tratamiento químico utilizado.
- Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas fisicoquímicas mediante la Norma INEN 146 la que establece determinar solubilidad, pH, etc y mediante un análisis cualitativo y cuantitativo determinar si cumple el almidón con los parámetros de estandarización regidos por esta normativa.
- Justificar que la selección de semilla de aguacate es óptima frente a otro tipo de materia prima utilizada en la obtención de biopolímeros biodegradables.
- Avalar según la estandarización normativa ASTM D882 e ISO 20200:2004 las propiedades presentes de la biopelícula obtenida de resistencia a la tracción y biodegradabilidad respectivamente para caracterizar la calidad final del producto obtenido y concluir si será capaz de reemplazar a materiales fabricados de polímeros sintéticos

2.2. Hipótesis y Especificación de variables/

2.2.1. Hipótesis General

- ¿La biodegradabilidad y resistencia de la biopelícula obtenida a partir de la semilla de aguacate se podrá equiparar con las de un polímero sintético al punto de poder reemplazarlo?

2.2.2. Hipótesis Específicas

- Mediante una exhaustiva investigación analítica se espera comprender la teoría que abarca el presente tema y a través de esta poder elegir correctamente el método experimental más conveniente que permita obtener el biopolímero con las mejores características deseadas.
- Se estima obtener un porcentaje de rendimiento de extracción de almidón al mezclar la muestra a analizar con una solución de bisulfito de sodio mayor con respecto a una muestra sin mezclar esta solución.
- Se espera obtener un almidón de alta calidad que cumpla con la Norma Inen 1456.
- Se prevé obtener una cantidad de almidón considerablemente factible de la materia prima utilizada que sugiera que ha sido esta una elección afable y sustentable para obtener la biopelícula biodegradable esperada y que esta es estrechamente amigable con el medio ambiente, diferenciándose así de la obtención de otros biopolímeros que requieren áreas de cultivo extensas para su producción que contrarrestan el aprovechamiento de su biodegradabilidad.
- Mediante diferentes tipos de pruebas mecánicas de resistencia a la tracción y biodegradabilidad realizadas según las *NORMA INEN 2644:2013* y *NTE INEN-ISO 527-2* respectivamente, se espera que al ser comparado con el biopolímero sintético los resultados de estas propiedades se equiparen entre sí y la calidad sea proporcionalmente similar para que su utilización se óptima.

2.3. Identificación de Variables

Tabla 1-2: Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE (Persea americana)			
VARIABLE INDEPENDIENTE	UNIDAD	VARIABLE DEPENDIENTE	UNIDAD
Pesaje de materia prima	Kg	Tiempo de secado semilla de aguacate	Horas
		Cantidad de Reactivos utilizados	Kg
Velocidad de Trituración	rpm	Tiempo sumergido en reactivos	Horas
		Tiempo de molienda	Horas
		Volumen de agua requerido para la extracción de almidón.	ml
Temperatura	°C/K	Tiempo de filtración	Horas
		Tiempo de sedimentación	
		Tiempo de decantación	
		Tiempo de secado	
		Tiempo de tamizado	

Fuente: (Gonzalez, 2003)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 2-2: Identificación de Variables en la caracterización de almidón de semilla de aguacate

CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE (Persea americana)			
Método de extracción de almidón de semilla de aguacate	Método	Porcentaje de rendimiento de extracción del almidón	%
	Seco/	pH	0-14 %
	Húmedo	Cenizas	%
		Amilosa	%
		Amilopectina	%
		Solubilidad	%
		Humedad	%

Fuente: (Gonzalez, 2003)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 3-2: Identificación de Variables en la obtención de bioplástico de almidón de semilla de aguacate

CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULA A PARTIR DEL ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA)			
VARIABLE DEPENDIENTE	UNIDAD	VARIABLE DEPENDIENTE	UNIDAD
Grosor de película	cm	Resistencia a la Tracción	
Color de película	cm	Humedad	
		Flexibilidad	
		Biodegradabilidad	
		Permeabilidad	
		Dureza	

Fuente: (Gonzalez, 2003)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 4-2: Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate

VARIABLE INDEPENDIENTE	UNIDAD	VARIABLE DEPENDIENTE	UNIDAD
Moldeamiento	Dimensión de bandejas (m)	Cantidad de reactivos para la mezcla con el almidón (Plastificantes)	Kg/V
		Temperatura de calentamiento	°C/K
		Temperatura de enfriamiento	°C/K
		Tiempo secado	h
		Tiempo almacenamiento	h

Fuente: (Gonzalez, 2003)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.4. Operacionalización de variables

Tabla 5-2: Variables identificadas en la extracción de almidón de semilla de aguacate

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA)			
VARIABLES	ESPECIFICACIONES	INSTRUMENTOS	INDICADORES
Peso de materia prima	Es necesario saber la cantidad de materia que se ocupa para obtener el biopolímero para saber si es factible utilizarla.	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Digital 	Kg
Temperatura	Esta variable se mide para regular la temperatura a la que se está secando la solución que contiene la macromolécula hasta obtener polvo homogéneo	<ul style="list-style-type: none"> • Secador • Termómetro 	Kg
Reactivos	Son variables indispensables para obtener un porcentaje de almidón más alto según el método de extracción utilizado	<ul style="list-style-type: none"> • Metabisulfito de sodio • Agua destilada 	Kg/L
Velocidad de Trituración	Se requiere triturar, moler o licuar para poder extraer el almidón de la semilla de aguacate	<ul style="list-style-type: none"> • Trituradora • Licuadora • Máquina cortadora • Molino 	rpm

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 6-2. Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate

CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA)			
<p>Pruebas fisicoquímicas del Almidón:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Almidón • Nitrógeno • Humedad • Ceniza • Sólidos Totales • pH • Gelatinización • Temperatura • Tamaño de tamiz 	<p>Se requiere realizar la caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón de la semilla de aguacate mediante la Norma INEN 1456 (Reactivos para análisis)</p> <p>Métodos físicos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Centrífuga • Agitador magnético • Espectrofotómetro • Equipo Kjeldahl • Desecador/Mufla 	<p>%</p> <p>%</p> <p>%</p> <p>°K, °C</p> <p>Kg/L</p>

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 7-2: Identificación de Variables en la extracción de almidón de semilla de aguacate

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULA A PARTIR DE ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE (PERSEA AMERICANA)			
<p>Resistencia a la tracción</p> <p>Resistencia de alargamiento</p> <p>Permeabilidad al vapor</p> <p>Humedad</p> <p>solubilidad en agua</p> <p>Biodegradabilidad</p>	<p>Los resultados obtenidos de estas pruebas o variables se comparan con las normas: ASTM D882 ISO 20200:2004</p> <p>Según el resultado se determina si cumple los estándares de calidad y así concluir si es factible obtener biopelículas de la materia prima seleccionada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor • Propiedades de tracción • Permeabilidad al vapor • Humedad y solubilidad en agua • Biodegradabilidad 	<p>Kg/ cm²</p> <p>Kg</p> <p>%</p>

Fuente: (Gonzalez, 2003)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.5. Matriz de Consistencia

Tabla 8-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema general		Objetivo general		Hipótesis general
<p>Hemos llegado al punto en que la contaminación en la cual la sobreproducción de plástico se ha convertido en un problema a tratar a nivel mundial, es tal la contaminación por todo tipo de materiales sintetizados a base de polímero sintéticos, estudios demuestran que ya se ha encontrado en nuestra ingesta un porcentaje de micro plástico, utilizar un desecho industrial de la semilla de aguacate es la opción más ecológica para solventar esta problemática ya que aprovechar un desecho para reducir el consumo de otro es una idea sustentable.</p>		<p>Elaborar una biopelícula biodegradable a partir del desecho industrial de la semilla de aguacate (<i>Persea americana</i>), para sustituir alternativamente materiales sintetizados a partir de polímeros sintéticos</p>		<p>¿La biodegradabilidad y resistencia de la biopelícula obtenida a partir de la semilla de aguacate se podrá equiparar con las de un polímero sintético al punto de poder reemplazarlo?</p>
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables de las hipótesis específicas	Técnicas de recolección de datos
<p>Es importante conocer cuál es el método por el cual se obtiene un mayor rendimiento de extracción de almidón, por lo cual se requiere investigar y en base al mejor resultado experimental seleccionar el método óptimo.</p>	<p>Determinar el método más adecuado para la obtención de la biopelícula de la semilla de aguacate.</p>	<p>Mediante una exhaustiva investigación analítica se espera comprender la teoría que abarca el presente tema y a través de esta poder elegir correctamente el método experimental más conveniente que permita obtener el</p>	<p>Máquina para triturar o licuar la materia prima. Tiempo de molienda o triturado</p>	<p>Recolección de semilla de aguacate. Obtener un granulado de diferente tamaño e investigar su influencia en la extracción.</p>

		biopolímero con las mejores características deseadas.		Moler o licuar las semillas de aguacate Variación de velocidad en las máquinas que se triturará o licuará las semillas de aguacate.
Se requiere comprobar que el rendimiento de la extracción de almidón con metabisulfito de sodio, reactivo que retarda el pardeamiento enzimático es más efectivo con respecto a la extracción sin este.	Comparar el porcentaje de rendimiento de extracción de almidón utilizando una solución de bisulfito de sodio en su extracción y el porcentaje de rendimiento de almidón sin la adición de esta solución.	Se estima obtener un porcentaje de rendimiento de extracción de almidón al mezclar la muestra a analizar con una solución de bisulfito de sodio mayor con respecto a una muestra sin mezclar esta solución.	Utilización de diferentes reactivos que retarden el pardeamiento enzimático que afecta la extracción del almidón Diferencia de concentración de reactivos.	Cálculo del rendimiento la extracción de almidón, con tratamiento químico y sin este.
Se desconoce las concentraciones óptimas de almidón de malanga y como agente plastificante la glicerina para la producción óptima de biopolímeros.	Caracterizar el almidón obtenido mediante pruebas fisicoquímicas mediante la Norma INEN 1456 la que establece determinar solubilidad, pH, solubilidad, etc y mediante un análisis cualitativo y cuantitativo determinar si cumple el almidón con los parámetros de estandarización regidos por esta normativa	Se espera obtener un almidón de alta calidad que cumpla con la Norma INEN 1456	Caracterización mediante Norma INEN del almidón	Se requiere una correcta utilización de esta Normativa, será esta la que nos dirija con los resultados correctos.

<p>La problemática que abarca la utilización de otro tipo de materia prima se basa en que para la producción de esta se requiere el cultivo de grandes cantidades de hectáreas creando problemas medioambientales, se idealiza sintetizar biopolímeros con la opción más ecológica y se requiere comprobar que la selección de la semilla de aguacate para este proceso experimental es la opción óptima.</p>	<p>Justificar que la selección de semilla de aguacate es óptima frente a otro tipo de materia prima utilizada en la obtención de biopolímeros biodegradables.</p>	<p>Se prevé obtener una cantidad de almidón considerablemente factible de la materia prima utilizada que sugiera que ha sido esta una elección afable y sustentable para obtener la biopelícula biodegradable esperada y que esta es estrechamente amigable con el medio ambiente, diferenciándose así de la obtención de otros biopolímeros que requieren áreas de cultivo extensas para su producción que contrarrestan el aprovechamiento de su biodegradabilidad.</p>	<p>Calidad de almidón obtenida con respecto a otra materia prima</p>	<p>Interpretación de los análisis de las pruebas realizadas del almidón que direccionarán la efectividad del proceso.</p>
	<p>Avalar según la estandarización normativa ASTM D882 e ISO 20200:2004 las propiedades presentes de la biopelícula obtenida de resistencia a la tracción y biodegradabilidad respectivamente para caracterizar la calidad final del producto obtenido y concluir si será capaz de reemplazar a materiales fabricados de polímeros sintéticos.</p>	<p>Mediante diferentes tipos de pruebas mecánicas de resistencia a la tracción y biodegradabilidad realizadas según las Normas ASTM D882 e ISO 20200:200 respectivamente, se espera que al ser comparado con el biopolímero sintético los resultados de estas propiedades se equiparen entre sí y la calidad sea proporcionalmente similar para que su utilización se óptima.</p>	<p>Resultados del biopolímero obtenido, según las Normas mencionados, para realizar la calificación de la calidad del biopolímero obtenido</p>	<p>Terminado el proceso, llega la parte más importante es la interpretación de los resultados, por los cuales se determinará si es viable realizar este proceso.</p>

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.6. Tipo y Diseño de Investigación

La presente investigación se realiza mediante un proceso experimental, basándose en diferentes postulados científicos que sustentan una eficaz obtención de lo requerido, se han descrito diferentes variables anteriormente; unas de estas se mantendrán constantes y harán que el otro tipo de variables se modifiquen en el transcurso de proceso, esta investigación básicamente se la puede describir como experimental ya que se efectúan diferentes pruebas de laboratorio para investigar lo que se precisa obtener.

Es imprescindible un análisis minucioso de los cambios en las variables dependientes debido a la manipulación de las variables independientes, para comparar las hipótesis planteadas con los resultados obtenidos y verificar si se llegó a obtener lo esperado, descartando de esta forma hipótesis falsas y enfocándose en las más consistentes; que puedan incluso ayudar a futuras investigaciones para seguir desarrollando diversos materiales innovadores que contribuyan a un desarrollo sustentable que no sean solamente una fuente de recursos ecológicos sino también de recursos económicos para todo el país.

2.6.1. Según su finalidad

2.6.1.1. Predictiva

Esta investigación según esta categoría se clasifica en predictiva, ya que según la teoría de los ensayos ya realizados en la producción de bioplástico predeciremos el comportamiento futuro de las variables investigadas con la finalidad de controlarlas y reorientarlas para mejor

2.6.1.2. Directiva

Todos los hallazgos que abordan nuestro tema son quienes direccionarán nuestra investigación, por lo cual se entenderá lo que se debe hacer por los hallazgos previamente analizados.

2.6.1.3. Iluminativa

Es iluminativa porque infiere en la interacción de los componentes de la variable que se investiga.

2.6.2. Según el objetivo

2.6.2.1. Aplicada

En una investigación aplicada se resuelven ciertos problemas empleando teorías y principios bien conocidos y aceptados. La mayor parte de la investigación experimental, los estudios de casos y la investigación interdisciplinaria son esencialmente investigación aplicada. La investigación aplicada es útil para la investigación básica. Una investigación cuyo resultado tiene una aplicación inmediata también se denomina investigación aplicada. Esta investigación es de utilidad práctica para la actividad actual.

2.6.3. Según los niveles de investigación

2.6.3.1. Exploratoria

La investigación exploratoria puede implicar una búsqueda bibliográfica o la realización de entrevistas a grupos focales. La exploración de nuevos fenómenos de esta manera puede ayudar al investigador a tener una mejor comprensión, puede probar la viabilidad de un estudio más extenso o determinar los mejores métodos que se utilizarán en un estudio posterior. Por estas razones, la investigación exploratoria tiene un enfoque amplio y rara vez proporciona respuestas definitivas a problemas de investigación específicos.

2.6.3.2. Descriptiva

Pertenece a esta subclasificación ya que se estudia la relación de las variables.

2.6.4. Según los tipos de análisis

2.6.4.1. Enfoque analítico

Este tipo de investigación es aplicada ya que al experimentar el proceso hasta obtener lo que queremos producir, observamos fenómenos que van surgiendo a lo largo del proceso, donde se verificará a través de mecanismos que pueden ser estadísticos y dan la validación de los mismos. Esta investigación tiene un enfoque analítico ya que involucra aplicar consecutivamente los procesos del método científico en los problemas a solucionar.

2.6.5. Investigación para la acción

Aquí es donde aplicamos diferentes pasos y procesos que así indica el método científico para solucionar la problemática planteada.

Es decir, se tratará de resolver un problema específico dado que se llega al alcance que requiere esta investigación.

2.6.6. Según la elección de respuestas a los problemas

2.6.6.1. Investigación de evaluación

Se centra en identificar que el desarrollo del proceso sea más adecuado que el disponible según la evaluación de cada uno

2.6.7. Según el contenido estadístico

2.6.7.1. Investigación cuantitativa

Se requiere del uso de estadística inferencial para determinar los resultados del estudio de nuestra investigación.

2.6.7.2. Investigación no cuantitativa

También pertenece a este tipo, porque requiere además de cálculos un análisis y una perspectiva que no sea cuantitativa donde tenga un enfoque cualitativo que avale lo que se ha obtenido en resultados según las diferentes fuentes utilizadas para conseguirlo.

2.6.8. Según al elemento de tiempo

2.6.8.1. Investigación descriptiva

Describe el tema de investigación, así como los fenómenos que se centran en el estudio, sin embargo, esta manera de investigación no explica el porqué del trabajo, sino solo una descripción de este.

2.6.8.2. Investigación experimental

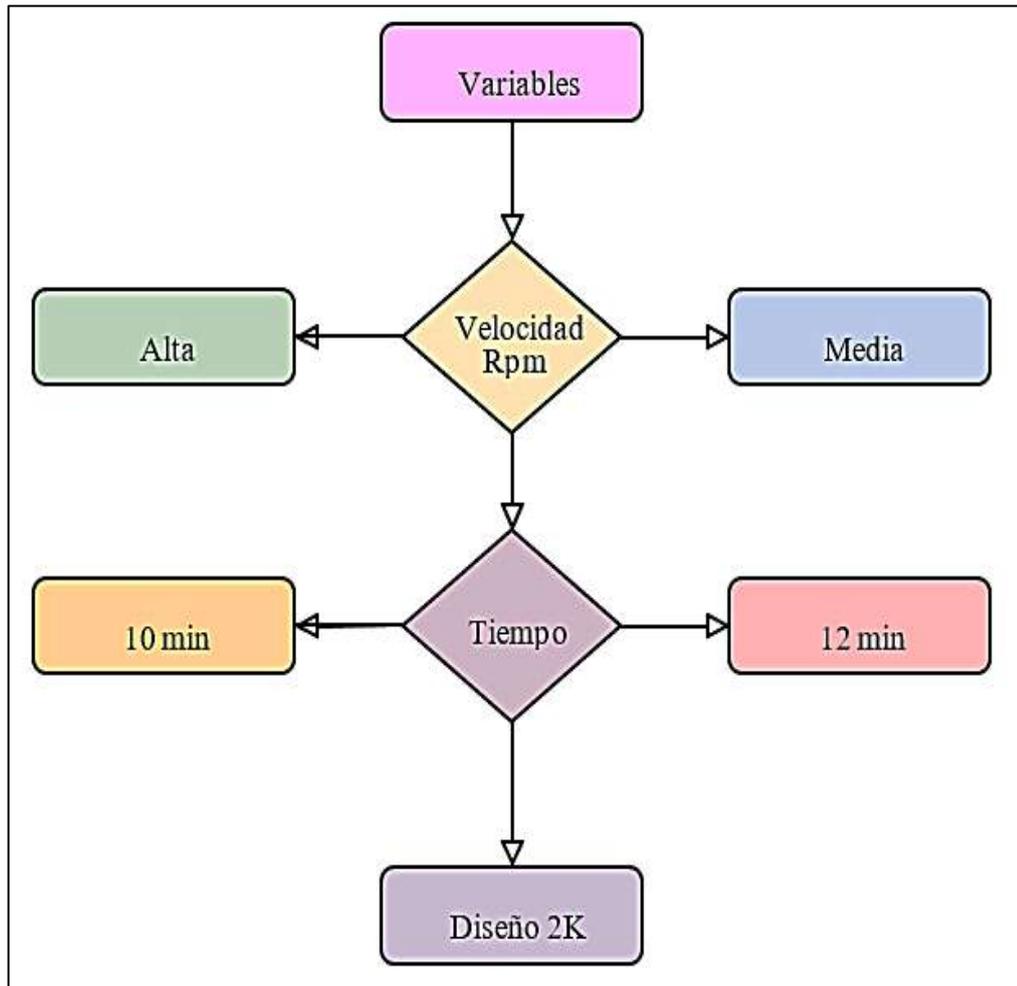


Figura 1-2. Diseño Factorial 2k para la obtención de almidón.

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Experimentalmente se utilizará un diseño factorial 2k consistiendo así esto en que las variables que cambiarán en el proceso serán la velocidad que se utilizarán de la Licuadora Oster BRLY07-Z00 con un tiempo de 10 minutos como así lo indica la metodología de Loos, Hood y Graham que se ha explicado en el primer capítulo.

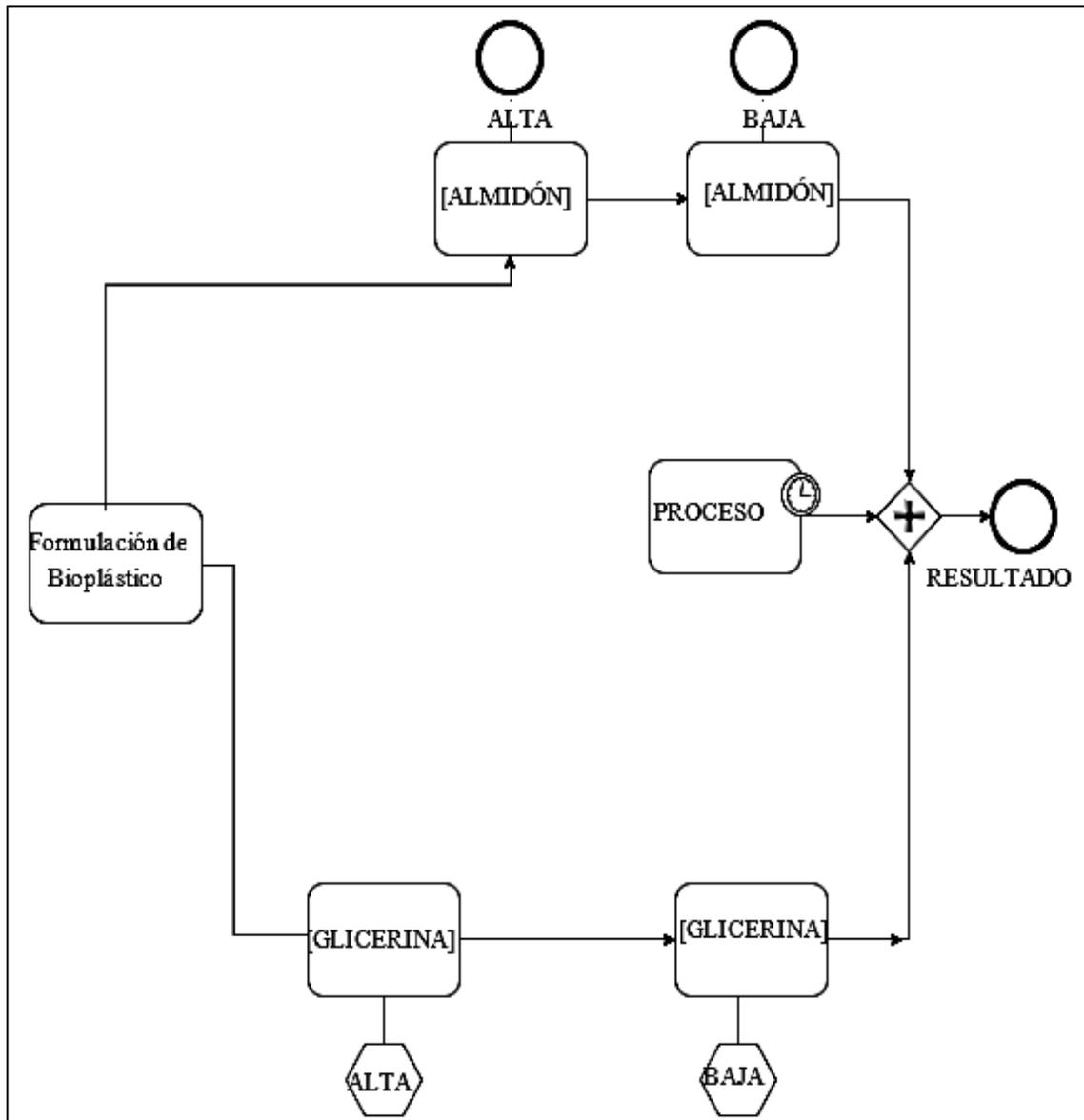


Figura 2-2. Diseño Factorial 2k para la obtención de almidón.

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

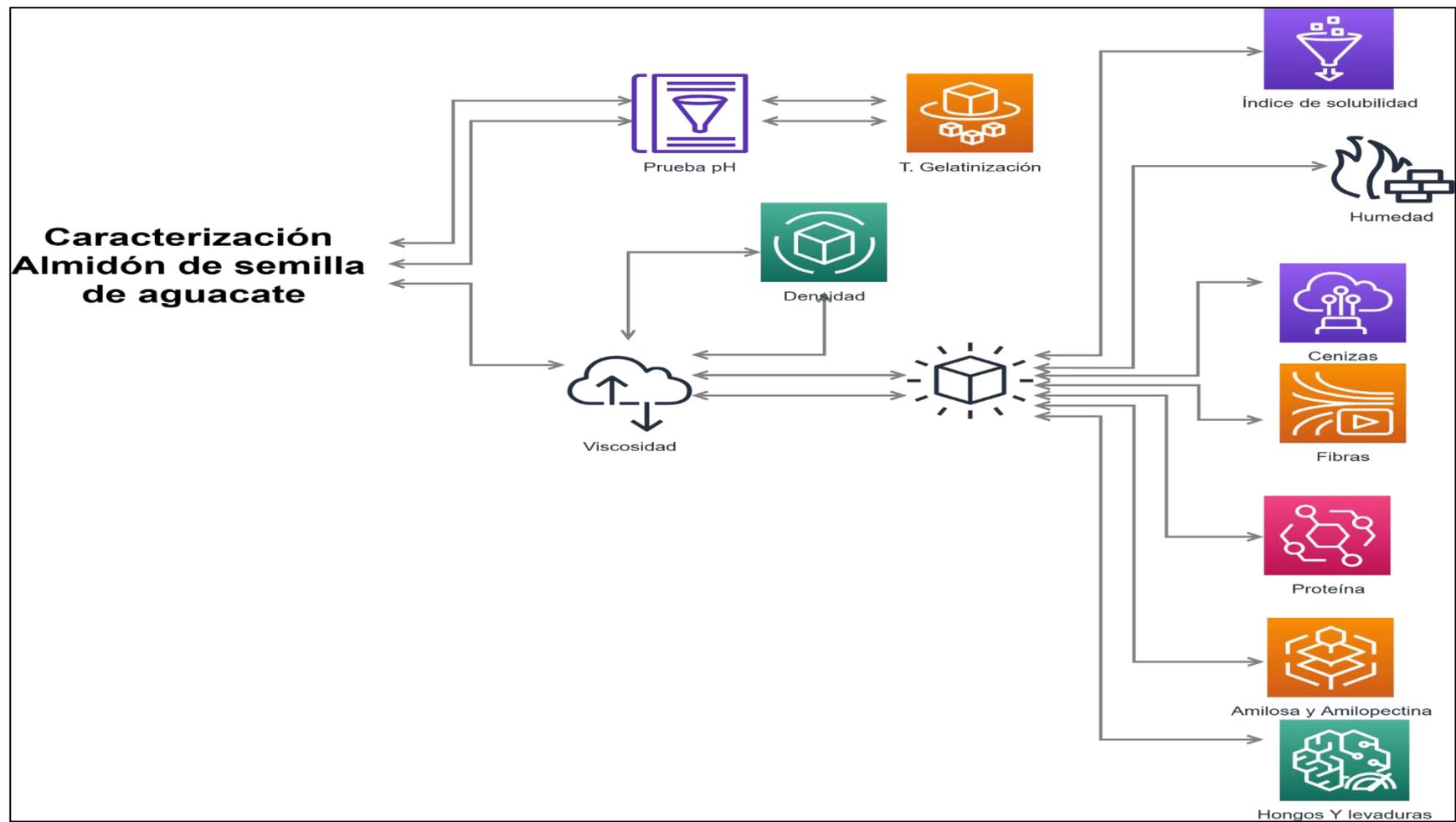


Figura 3-2. Caracterización del almidón obtenido.

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

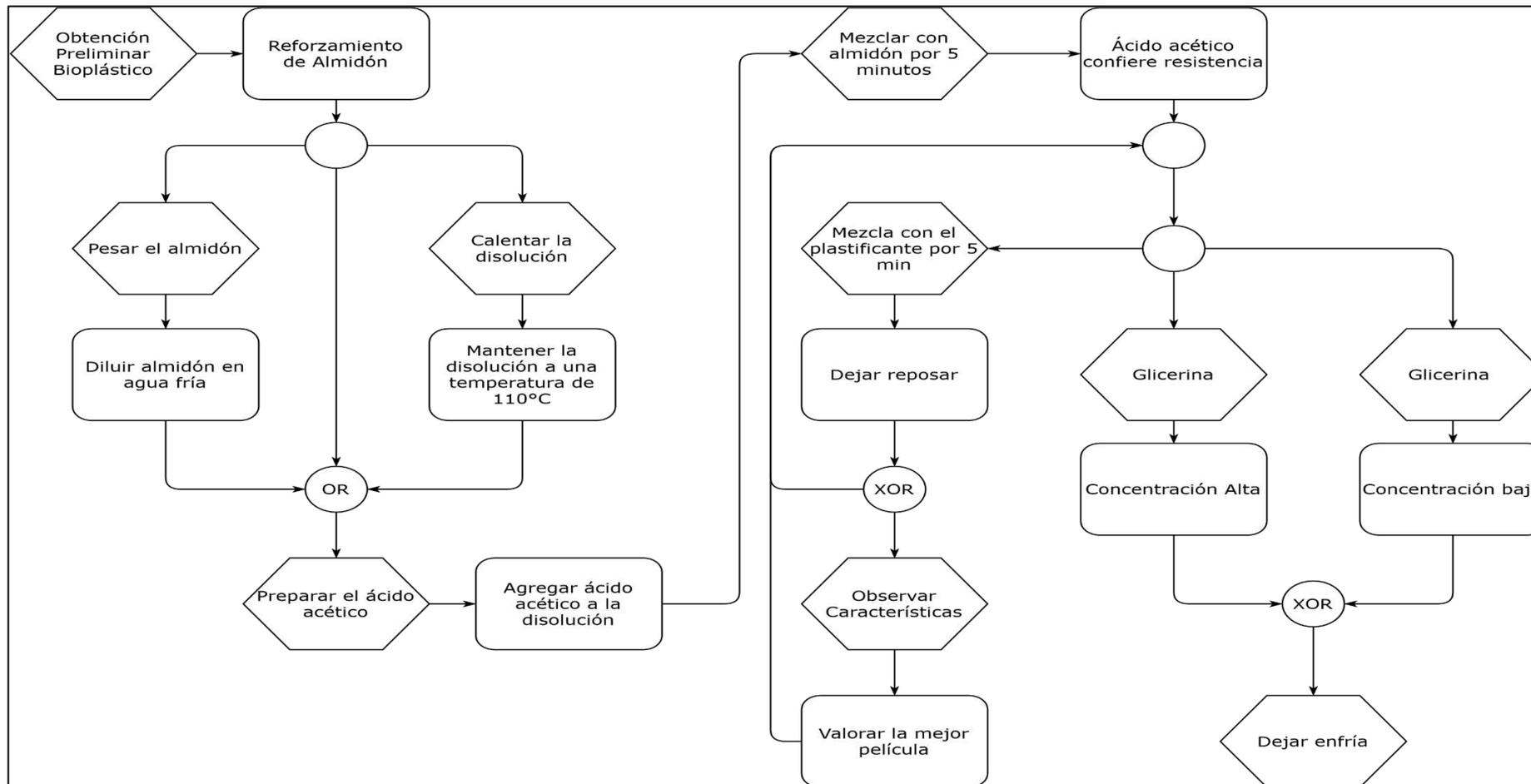


Figura 4-2. Diseño Factorial 2k para la obtención de almidón.

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.7. Unidad de Análisis

Se estima comenzar con la extracción almidón de semilla de aguacate a través del mejor método experimental que se analizará consecutivamente al efectuar diversos tratamientos, para luego transformarlo en biopelícula biodegradable e identificar que las características de esta cumplan con varias Normas estandarizadas como la ASTM D882 y la ISO 20200:2004, probando así la resistencia de tracción y biodegradabilidad, respectivamente.

Por tanto, el principal objeto de estudio se basa en el análisis de las características resultantes, obtenidas a partir de variables particulares que se han de modificar hasta obtener la biopelícula con la más alta calidad y mediante la caracterización de esta poder comprobar si cumple con los parámetros estandarizados, concluyendo si los resultados obtenidos son los más eficaces.

2.8. Población de Estudio

Se estudiará las características presentes en las semillas del fruto de aguacate desechado por diferentes sitios de comida ubicados en la ciudad de Riobamba, se replicará el procedimiento también con la semilla de aguacate (Fuerte), ya que esta variedad es predominantemente comercializada en esta metrópoli, adquirida en varios mercados principales de la urbe; estos son, mercado Mayorista, mercado san Alfonso, mercado Santa Rosa, mercado La Merced, Plaza Dávalos, quienes abastecen en gran magnitud el consumo de alimentos no perecederos a la ciudad de Riobamba.

2.9. Tamaño de Muestra

La presente investigación se realizará con 25 Kg de semillas de aguacate (*Persea americana*)

2.10. Selección de Muestra

La selección de muestra necesaria para llevar a cabo la presente investigación se precisa obtener de la mayor cantidad de desechos generados de diferentes sitios de comida que comercializan su menú con el fruto de aguacate; ya que este tipo de comercialización genera desechos masivos, adicionándose a los daños medioambientales generados por los diferentes tipos de residuos que contribuyen al deterioro de diferentes recursos naturales que cada vez entran en una decadencia mayor en la época actual.

El método experimental efectuado en esta investigación se realizará a escala de laboratorio, por lo tanto, la obtención de muestras recolectadas (semillas de aguacates) en diferentes restaurantes que en su menú presenten comidas típicas que contengan este fruto, serán suficiente para abastecer los análisis requeridos y concluir así con el nivel de factibilidad que bordea la utilización de este tipo de materia prima en la producción del biopolímero biodegradable que se precisa obtener.

- Balanza analítica digital,
- Estufa,
- Mufla,
- Viscosímetro.
- pH-metro con precisión para aplicaciones específicas de pH, rango: -2.00 a 16.00.
- Licuadora

2.11. Materiales:

- Probetas de 10 ml, 50 ml, 100 ml.
- Vasos de precipitación de vidrio de 100 ml, 400 ml, 600 ml.
- Tubos de ensayo
- Gradillas
- Vidrio Reloj
- Pinzas
- Estufa
- Tamiz N°106
- Estilete
- Cajas Petri
- Fundas Herméticas

2.12. Reactivos:

- Semilla de aguacate.
- Lugol
- Agua destilada

2.13. Técnicas de Recolección de Datos

2.13.1. Técnicas para la extracción del Almidón de semilla de aguacate (*Persea americana*)

Tabla 9-2: Técnicas de extracción de almidón de semilla de aguacate (*Persea americana*)

Extracción de semilla de aguacate por el método de Loos, Hood, Graham y Hood		
Reactivos	Procedimiento	
	Inicio	Final
<ul style="list-style-type: none"> • Semilla de aguacate • Sol. Metabisulfito de sodio 2% (v/v) • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar cada muestra (200g) • Lavar • Pelar • Insertar/solución • Licuar/10min • Cernir • Dejar reposar 	<ul style="list-style-type: none"> • Secar al ambiente (78h) • Pesar el almidón obtenido • Moler • Tamizar • Conservar en recipientes sellados • Repetir • Este tratamiento con las variables: <ul style="list-style-type: none"> Velocidad <ul style="list-style-type: none"> ➤ Alta ➤ Media Tiempo <ul style="list-style-type: none"> ➤ 10 min ➤ 12 min
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Balanza Analítica • Cernidor • Tamiz • Recipiente 	Medio <ul style="list-style-type: none"> • Decantar/24h • Eliminar/sobrenadante • Reinsertar en agua por 1h • Centrifugar • Eliminar/sobrenadante • Recoger el polímero 	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.2. Caracterización Física-Química del Almidón de Semilla de aguacate (*Persea americana*)

2.13.2.1. Determinación de pH en el almidón obtenido

Tabla 10-2: Método para medición de pH

pH	
Reactivos	Procedimiento
5 g de almidón de semilla de aguacate Agua destilada	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar la muestra de almidón diluir en 30 mL de agua destilada • Llevar al Shaker por 30 min • Esperar hasta que esté homogenizado • Medir el pH
Materiales Balanza analítica Vidrio reloj Vaso de precipitación 50 ml pH metro Shaker	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.3. Método para determinar la Temperatura de Gelatinización del almidón obtenido.

Tabla 11-2. Método para la medición de Temperatura de Gelatinización

Temperatura de Gelatinización del almidón de semilla de aguacate		
Reactivos	Procedimiento	Materiales y Equipos
Almidón de semilla de aguacate Agua destilada	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar la muestra de 5 gramos de semilla de aguacate preparada. • Diluir la muestra de almidón en 50mL de agua fría destilada. • Disolver en el agua fría • Una vez disuelta y obtenida una muestra homogénea. • Se calienta a baño maría. • Se espera a que se haga gel. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Reverbero • Termómetro • Probeta • Vidrio Reloj • Vaso de precipitación 100 mL

	<ul style="list-style-type: none"> • Se mide progresivamente la temperatura hasta obtener la consistencia deseada. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación 400 mL • Varilla de agitación
--	---	--

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.4 Método para cuantificar la Solubilidad del almidón de semilla de aguacate

Tabla 12-2: Método para medición de Solubilidad.

Temperatura de Gelatinización del almidón de semilla de aguacate		
Reactivos	Procedimiento	Materiales y Equipos
<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de semilla de aguacate • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se toma una muestra de 2 gramos de almidón de semilla de aguacate. • Se coloca la muestra en un vaso de precipitación. • Se agrega agua destilada 35 mL. • Se disuelve con el agua fría. • Se calienta a la disolución homogénea a baño María hasta alcanzar 60°C. • Colocar la solución un tubo de ensayo. • Agitar por 10 minutos. • Llevar a la centrifuga por 20 minutos más. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Reverbero • Termómetro • Probeta • Vidrio Reloj • Vaso de precipitación 100 mL • Vaso de precipitación 400 mL • Varilla de agitación

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.5 Determinación de Densidad en la semilla de aguacate

Tabla 13-2: Método para medición de Densidad

Densidad	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">• 5 g de almidón de semilla de aguacate• Agua destilada	<ul style="list-style-type: none">• Tomar el peso inicial de la probeta• Agregar almidón en la probeta hasta los 100 mL si presionar.• Pesar y presionar hasta que quede compactado.• Agregar agua.• Medir el volumen.
Materiales <ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Vidrio reloj• Probeta	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.6 Determinación de Humedad en la muestra de almidón

Tabla 14-2: Método para medición de Humedad

Humedad	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">• 10 g de almidón de semilla de aguacate• Agua potable	<ul style="list-style-type: none">• Tomar el peso inicial de la probeta• Agregar almidón en la probeta hasta los 100 mL si presionar.• Pesar y presionar hasta que quede compactado.• Agregar agua.• Medir el volumen.
Materiales <ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Vidrio reloj• Crisol• Mufla• Pinzas	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.7 Determinación de Ceniza en la muestra de almidón

Tabla 15-2: Método para medición de Ceniza

Ceniza	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de semilla de aguacate 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar el peso inicial de la probeta • Agregar almidón en la probeta hasta los 100 mL si presionar. • Pesar y presionar hasta que quede compactado. • Agregar agua. • Medir el volumen.
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Mufla • Desecador • Vidrio reloj • Crisol • Pinzas 	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.8 Determinación de la Viscosidad en la muestra de almidón.

Tabla 16-2: Determinación de la Viscosidad en la muestra de almidón

Viscosidad	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de semilla de aguacate 	<ul style="list-style-type: none"> • Preparar una muestra de 15 gramos de almidón de semilla de aguacate. • Colocar en 500mL de agua dentro de un vaso de precipitados. • Colocar la solución en un baño María. • Esperar a que hierva. • Enfriar al ambiente. • Medir la viscosidad
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Vidrio reloj • Vasos de precipitación • Termómetro • Varilla de agitación 	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.9 Método para determinar la Sensibilidad de la muestra de almidón obtenida

Tabla 17-2: Método para medición de Sensibilidad

Sensibilidad	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> Almidón de semilla de aguacate 	<ul style="list-style-type: none"> Preparar una solución 0,1N de yoduro de potasio Se prepara en una muestra de 1g de almidón Colocar a la muestra de almidón 5 ml de agua Hervir a baño María la solución Enfriar el producto. Una vez que el almidón ha llegado a una temperatura ambiente se agrega a este 5 ml de la solución de yoduro de potasio
Materiales <ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Vidrio reloj Vasos de precipitación Termómetro Varilla de agitación 	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021

2.13.10. Técnica de la obtención de biofilms de las semillas de aguacates

Tabla 18-2: Proceso para la obtención de biopolímero biodegradable

Obtención de biopolímero biodegradable	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> Almidón de semilla de aguacate 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar 10g de semilla de aguacate Colocar la muestra de almidón en 100 mL Disolver en agua fría Calentar el almidón a 110°C por 10 minutos Utilizar 7mL de una solución de ácido acético 5% v/v Añadir glicerina como plastificante por 5 minutos Enfriar el producto Repetir el proceso con diferentes concentraciones.
Materiales <ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Vidrio reloj Vasos de precipitación Termómetro Varilla de agitación Probeta Pipeta 10 mL Pinzas Piseta Pera de succión 	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.11. Determinación de Parámetros de Calidad del biopolímero

2.13.11.1. Determinación de la dureza del biofilms obtenido

Tabla 19-2: Determinación de dureza de plástico obtenido

Dureza	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">• Bioplástico de semilla de aguacate	Esta se mide en shores, mediante la caída de un cabezal bulón de 250mm, midiéndose por sus rebotes por cada 177 mm de rebote se miden 100 shores, que corresponden a la cuantificación de dureza del plástico
Materiales <ul style="list-style-type: none">• Durómetro Tipo A-2 shore	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.11.2. Flexibilidad de biofilms – Método

Tabla 20-2: Método para medición de Flexibilidad de los biofilms obtenidos.

Flexibilidad	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">• Bioplástico de semilla de aguacate	<ul style="list-style-type: none">• Llevar a un punto de congelación el bioplástico en un vidrio reloj.• Controlar mediante dispositivo los cambios sufridos.
Materiales <ul style="list-style-type: none">• Nevera• Cronómetro• Vidrio reloj	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.11.3. Método para medir la Humedad de los biofilms obtenidos.

Tabla 21-2: Método para medición de Humedad

<i>Humedad</i>	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Bioplómero 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pesa la muestra inicial • Se lo mete en un crisol en una estufa a 40°C durante 24h • Se lleva a un desecador por 1 hora. • Se pesa la muestra final
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Balanza de humedad 	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

2.13.11.4. Biodegradabilidad de biofilms

Tabla 22-2: Método para calcular la biodegradabilidad del bioplástico

<i>Biodegradabilidad</i>	
Reactivos	Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Biopolímero • Tierra orgánica • Agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Se pesa la muestra inicial • Se lo mete en un crisol en una estufa a 40°C durante 24h • Se lleva a un desecador por 1 hora. • Se pesa la muestra final
Materiales <ul style="list-style-type: none"> • Balanza de humedad 	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1 Datos obtenidos de los ensayos realizados

Se tomó una muestra de 200g de semillas de aguacate, siendo el peso de cada semilla de aproximadamente alrededor de 50g, tomándose 4 muestras diferentes, para cada tratamiento, con un total de 16 muestras tomadas, cerciorándose que el margen de precisión en cada medición del peso tomado en cada muestra sea mínimo con respecto al referencial, para que los cálculos presenten la menor cantidad de error posible.



Figura 1-3. Recolección de materia prima.

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Se requiere satisfacer la mejor obtención de almidón comparándola con los dos métodos más comunes para la extracción de este polímero, mediante el método húmedo y seco.

3.1.1 Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima

Los datos se obtuvieron moliendo cada 200g de semillas de aguacate después de haberlas secado completamente al sol, hasta obtener el granulado parejo entre todos.

Sin embargo, el color de la molienda fue un marrón oscuro que indica que estas semillas sufrieron un fuerte pardeamiento, que al oxidarse los grupos hidroxilos presentes en la cadena del

almidón se carboxilaron, lo que desconfiguró la estructura del almidón, es decir deja de ser este polímero y, por ende, no se puede lograr la extracción de almidón. Indicándonos que este método no es factible para extraer almidón de semilla de aguacate.



Figura 2-3. Extracción de almidón semilla de aguacate sin tratamiento químico

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.1.2. Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima

Tabla 1-3: Datos preliminares de la materia prima a trabajar

No.	SEMILLA DE AGUACATE		
	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)
1	51,203	4,80	4,800
2	50,506	5,40	4,600
3	53,102	5,30	3,900
4	51,106	5,50	3,400
5	52,101	5,60	4,180
PROMEDIO	51,636	5,32	4,176

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.2. Datos del peso obtenido del almidón en cada tratamiento en el diseño factorial 2K

Se tomaron cuatro muestras de 200g de semillas de aguacate utilizando el tratamiento químico en su proceso de extracción de almidón, aplicando el diseño factorial 2K que consiste en variar tanto

la velocidad como el tiempo, el primer diseño implica la utilización de una velocidad alta con un tiempo de licuado de 10 minutos, el segundo implica utilizar una velocidad baja de licuado con un tiempo de 10 minutos, la tercera implica utilizar una velocidad alta de licuado con un tiempo de 12 minutos y la última consiste en utilizar una velocidad de licuado baja con un tiempo de 12 minutos, a continuación se detalla los datos experimentales luego de aplicar cada diseño factorial.

Tabla 2-3: Datos obtenidos de la extracción de almidón mediante el diseño factorial 2K

TRATAMIENTOS	ENSAYOS	PESO DE LA MATERIA PRIMA	PESO DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO
T1	E1	200,05	28,520
	E2	200,07	32,730
	E3	200,02	29,500
	E4	200,01	25,790
	Promedio	200,03	29,135
T2	E1	200,03	31,250
	E2	200,04	28,730
	E3	200,01	27,740
	E4	200,02	26,960
	Promedio	200,02	28,670
T3	E1	200,03	28,520
	E2	200,03	29,040
	E3	200,08	28,460
	E4	200,09	19,420
	Promedio	200,05	26,360
T4	E1	200,07	28,330
	E2	200,04	27,350
	E3	200,03	27,850
	E4	200,01	24,330
	Promedio	200,03	26,965

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Los datos experimentales demuestran que el mejor rendimiento se ha obtenido del primer diseño factorial, lo que sugiere que para la obtención del almidón de semilla de aguacate se requiere aplicar una velocidad alta a 10 minutos, sin embargo, se detallará el comportamiento estadístico en la sección de resultados, para posteriormente discutir estos resultados obtenidos a partir de los datos experimentales detallados en la siguiente tabla.

Tabla 3-3: Porcentaje de rendimiento de almidón extraído de la semilla de aguacate

Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (ml)	Peso (g)			Rendimiento (%)		Tiempo secado (h)	
				Producto	Almidón		r	Promedio		
					Peso	Promedio				Total
t1	rpm 1: 10	r1	375	200	28,52	29,14	116,54	14,26	27,93	71
		r2			32,73			16,37		
		r3			29,50			14,75		
		r4			25,79			12,90		
t2	rpm 1: 12	r1			31,25	28,67	114,68	15,63	28,11	70
		r2			28,73			14,37		
		r3			27,74			13,87		
		r5			26,96			13,48		
t3	rpm 2: 10	r1			28,52	28,86	115,44	14,26	27,71	74
		r2			29,04			14,52		
		r3			28,46			14,23		
		r4			29,42			14,71		
t4	rpm 2: 12	r1			28,33	26,97	107,86	14,17	28,28	72
		r2			27,35			13,68		
		r3			27,85			13,93		
		r4			24,33			12,17		

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.3. Datos preliminares a la obtención de bioplástico a partir de la semilla de aguacate.

3.3.1. Formulaciones para la obtención de un biopolímero completamente biodegradable

Una vez obtenido el almidón esta investigación basándose en sus objetivos se centra en obtener el bioplástico que resalte diferentes características que sean capaces de reemplazar al plástico común, para ello se realizó varias pruebas preliminares donde se detalla la composición que se utilizó para su obtención y a breves rasgos caracterizar cualitativamente si alguna de estas presentan una composición similar a la comparada, para ellos la caracterización cualitativa pretendió analizar si con la composición de reactivos utilizados forma o no una biopelícula, si su estructura es resistente o quebradiza y si tiene un fácil moldeo, todo lo descrito actualmente se presenta en las siguientes tablas.

3.3.1.1. Formulación con diferente concentración de almidón usando 5 ml de ácido acético

Tabla 4-3: Formulación con diferentes concentraciones de almidón para la obtención al bioplástico

Almidón (g)	Glicerol (ml)	Estabilidad	Estructura de película	Transparencia	Fácil Moldeo
1	3	No hay estabilidad	Formación de grietas	Si	No
1,25	3	No hay estabilidad	Formación de grietas	Si	No
1,5	3	No hay estabilidad	No forma películas	Si	No
1,75	3	No hay estabilidad	No forma películas	Si	No
2	3	No hay estabilidad	No forma películas	Si	No
2,25	3	No hay estabilidad	No forma películas	Si	No

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.3.1.2. *Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a baja concentración*

Tabla 5-3: Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a baja concentración

Almidón (g)	Ácido acético (ml)	Glicerol (ml)	Estabilidad	Película Estructura	Transparencia	Fácil Moldeo
1,00	5	0,5	Ausente	No	Si	No resiste manipulación
1,25	5	0,5	Ausente	No	Si	No resiste manipulación
1,50	5	0,5	Baja	Espacios en la lámina	Si	Se quiebra
1,75	5	0,5	Ligera	Espacios en la lámina	Si	Se quiebra
2,00	5	0,5	Ligera	Espacios en la lámina	Si	Más resistente, pero sigue frágil
2,25	5	0,5	No hay cambio	Espacios en la lámina	Si	Más resistente, pero sigue frágil

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.3.1.3. *Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a baja concentración*

Tabla 6-3: Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a baja concentración

% Almidón	Ácido acético (ml)	Glicerol (ml)	Estabilidad	Película Estructura	Transparencia	Fácil Moldeo
1	20	0,5	Estable	Lisa	Si	Se puede manipular
1,25	20	0,5	Estable	Lisa	Si	Se puede manipular

1,5	20	0,5	Ligera	Resistente	Si	Fácil manipulación
1,75	20	0,5	Alta	Resistente	Si	Buena manipulación
2	20	0,5	Alta	Resistente	Si	Buena manipulación
2,25	20	0,5	Alta	Uniforme	Si	Buena manipulación

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.3.1.4. Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a alta concentración

Tabla 7-3: Formulación con ácido acético a baja concentración y plastificante a alta concentración

% Almidón	Ácido acético (ml)	Glicerol (ml)	Estabilidad	Película Estructura	Transparencia	Fácil Moldeo
1	5	5	Ligeramente firme	Agrietamiento en láminas	Si	Frágil
1,25	5	5	Ligeramente firme	Agrietamiento en láminas	Si	Frágil
1,5	5	5	Ligeramente firme	Agrietamiento en láminas	Si	Se puede manipular
1,75	5	5	Ligeramente firme	Ligeramente uniforme	Si	Se puede manipular
2	5	5	Firme	Ligeramente uniforme	Si	Secreta aceite, difícil

						manipulación
2,25	5	5	Firme	Ligeramente uniforme	Si	Secreta aceite, difícil manipulación

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.3.1.5. Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a alta concentración.

Tabla 8-3: Formulación con ácido acético a alta concentración y plastificante a alta concentración

% Almidón	Ácido acético (ml)	Glicerol (ml)	Estabilidad	Película Estructura	Transparencia	Fácil Moldeo
1,00	20	5	Estable	Lisa	Si	Se puede manipular
1,25	20	5	Estable	Lisa	Si	Se puede manipular
1,50	20	5	Ligera	Grasosa	Si	No
1,75	20	5	Alta	Grasosa	Si	No
2,00	20	5	Alta	Grasosa	Si	No
2,25	20	5	Alta	Grasosa	Si	No

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Se utiliza diferentes composiciones tanto de ácido acético y plastificante, ya que, hipotéticamente basándose en bibliografía acorde al tema analizado, la variación de estas difiere potencialmente en la estructura de las biopelículas, es por ello que obtener la formulación más apta implica realizar un alto número de combinaciones hasta lograr lo requerido.

El bioplástico llegó a variar proporcionalmente según su formulación, por lo cual en esta fase preliminar se tomaron las formulaciones más acertadas para un último análisis de las cuales se aplicó un nuevo diseño factorial para valorar su comportamiento y los resultados finales.

3.3.1.6. Formulación final para la obtención de bioplástico

Tabla 9-3: Formulación final para la obtención de bioplástico con ácido acético a baja concentración.

N°	% Almidón	Glicerina	Ácido acético	Agua	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	10	3	8	50	No	No	Si	Media
2	10	5	8	50	No	No	Si	Media
3	10	3	8	50	No	No	Si	Media
4	10	5	8	50	No	No	Si	Media
5	15	5	8	50	No	Si	Si	Si
6	15	3	8	50	No	Si	Si	Si
7	15	5	8	50	No	Si	Si	Si
8	15	3	8	50	No	Si	Si	Si

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

La prevaloración del bioplástico obtenido a partir de diferentes formulaciones con ácido acético a baja concentración se descarta a pesar de que hay formación de bioplástico, no llega tener una característica suficientemente buena lo que nos sugiere avanzar hasta lograr una formulación más acertada

Tabla 10-3: Formulación final para la obtención de bioplástico con ácido acético a alta concentración.

N°	% Almidón	Glicerina	Ácido Acético	Agua	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	10	3	25	50	Si	Si	Si	Si
			20	50	No	Si	Si	Quebradizo
2	10	5	25	50	Si	Si	Si	Si
			20	50	No	Si	Si	Quebradizo
3	15	3	25	50	Si	Si	Si	Si
			20	50	Si	No	Si	No
4	15	5	25	50	Si	Si	Si	Si
			20	50	Si	No	Si	No

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Se hizo una última valoración descartando las biopelículas que presentaron una resistencia menor

Tabla 11-3: Tiempo de secado de la biopelícula de almidón extraído a partir de semillas de aguacate

N°	% Almidón	Glicerina	Ácido Acético	Agua	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	10	3	25	50	Si	Si	Si	Si
			25	50	Si	Si	Si	Si
2	10	5	25	50	Si	Si	Si	Si/Aceitoso
			25	50	Si	Si	Si	Si/Aceitoso
3	15	3	25	50	Si	Si	Si	Si
			25	50	Si	Si	Si	Si
4	15	5	25	50	Si	Si	Si	Si/Aceitoso
			25	50	Si	Si	Si	Si/Aceitoso

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.4. Caracterización de bioplástico

3.4.1. Datos obtenidos para el análisis de Humedad

3.4.1.1 Peso Inicial del bioplástico para la caracterización de humedad del bioplástico a analizar

Tabla 12-3. Peso inicial del bioplástico a analizar su humedad

Peso Inicial del plástico para la caracterización de humedad				
VA:10	0,6806	0,7236	0,7346	0,9506
VA:12	1,0235	1,1261	0,8749	1,1742
VM:10	0,8907	0,8497	1,1027	1,1245
VM:12	1,1503	1,1645	0,9978	1,0137

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.4.1.2. *Peso Final del bioplástico para la caracterización de humedad del bioplástico a analizar*

Tabla 13-3: Peso final del bioplástico utilizando el método de determinación de la Humedad.

Peso Final del plástico para la caracterización de humedad				
VA:10	0,5564	0,5998	0,6023	0,7821
VA:12	0,8761	0,9560	0,7550	1,0133
VM:10	0,7626	0,7357	0,9341	0,9475
VM:12	1,00	1,0166	0,08461	0,1613

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.4.2. *Datos obtenidos para el análisis de Solubilidad*

3.4.2.1 *Peso Inicial del bioplástico para la caracterización de Solubilidad del bioplástico a analizar*

Tabla 14-3: Peso inicial de bioplástico para analizar su solubilidad

Peso Inicial del plástico para la caracterización de Solubilidad				
VA:10	0,5564	0,5998	0,6023	0,7821
VA:12	0,8761	0,9560	0,7550	1,0133
VM:10	0,7626	0,7357	0,9341	0,9475
VM:12	1,00	1,0166	0,0846	0,1613

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.4.2.2. *Peso Final del bioplástico para la caracterización de Solubilidad del bioplástico a analizar*

Tabla 15-3: Peso Final obtenido del bioplástico en la caracterización de Solubilidad

Peso Final del plástico para la caracterización de Solubilidad				
VA:10	0,3023	0,3175	0,3387	0,4334
VA:12	0,407	0,4388	0,3465	0,4737
VM:10	0,4438	0,4366	0,5505	0,556
VM:12	0,4366	0,4539	0,0363	0,0148

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.4.2.3. Datos para el cálculo de la permeabilidad del bioplástico obtenido

Tabla 16-3: Datos experimentales de los pesos en g tomados en el proceso de Transmisión de vapor en agua hasta obtener pesos constantes.

Tiempo (horas)	TRATAMIENTO															
	TP1				TP2				TP3				TP4			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
1	1,1320	1,0160	1,1357	1,0176	1,1179	1,2146	1,1138	1,1546	1,1179	1,2146	1,1104	1,1138	1,1034	1,1141	1,1326	1,1240
	1,1322	1,0180	1,1359	1,0176	1,1180	1,2152	1,1141	1,1558	1,1180	1,2152	1,1109	1,1142	1,1046	1,1159	1,1345	1,1263
2	1,1326	1,0249	1,1362	1,0185	1,1183	1,2157	1,1146	1,1578	1,1183	1,2157	1,1115	1,1152	1,1058	1,1176	1,1362	1,1274
	1,1354	1,0486	1,1396	1,0192	1,1182	1,2183	1,1159	1,1586	1,1182	1,2183	1,1126	1,1169	1,1098	1,1185	1,1384	1,1285
3	1,1386	1,0594	1,1423	1,0201	1,1929	1,1295	1,1183	1,1993	1,1929	1,1295	1,1137	1,1175	1,1103	1,1196	0,1395	1,1291
	1,1395	1,0879	1,1443	1,0216	1,1206	1,2060	1,1197	1,1604	1,1206	1,2008	1,1149	1,1189	1,1114	1,1209	1,1408	1,1306
4	1,1405	1,0937	1,1496	1,0248	1,1235	1,2186	1,1226	1,1614	1,1235	1,2014	1,1163	1,1196	1,1125	1,1213	1,1415	1,1312
	1,1412	1,1005	1,1514	1,0267	1,1247	1,2206	1,1244	1,1618	1,1247	1,2019	1,1168	1,1202	1,1129	1,1226	1,1423	1,1326
5	1,1428	1,1123	1,1536	1,0289	1,1254	1,2235	1,1248	1,1625	1,1254	1,2028	1,1172	1,1209	1,1132	1,1235	1,1426	1,1337
	1,1430	1,1236	1,1540	1,0295	1,1256	1,2256	1,1250	1,1648	1,1256	1,2189	1,1179	1,1216	1,1136	1,1241	1,1429	1,1340
6	1,1431	1,1248	1,1543	1,0297	1,1258	1,2260	1,1252	1,1659	1,1179	1,2146	1,1104	1,1138	1,1034	1,1141	1,1326	1,1240
	1,1432	1,1265	1,1547	1,0298	1,1297	1,2261	1,1254	1,1663	1,1260	1,2226	1,1187	1,1219	1,1137	1,1248	1,1431	1,1344

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.4.2.4. Datos para el cálculo de la biodegradabilidad en agua, aire y suelo de las muestras de los biopolímeros.

Tabla 17-3: Datos para el cálculo de la biodegradabilidad en agua, aire y suelo de las muestras de los biopolímeros.

BIODEGRADACIÓN EN AGUA													
N°	Área	5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
RPM 1: 10	9	6,43	28,56	4,15	53,89	3,77	58,11	2,56	71,56	1,95	78,33	0,77	91,44
RPM 1: 12	9	6,97	22,56	4,42	50,89	4,16	53,78	3,5	61,11	2,12	76,44	0,69	92,33
RPM 2: 10	9	6,1	32,22	4,36	51,56	3,99	55,67	2,92	67,56	2,17	75,89	0,78	91,33
RPM 2: 12	9	7	22,22	4,52	49,78	3,45	61,67	2,67	70,33	2,03	77,44	0,88	90,22
BIODEGRADACIÓN EN AIRE													
		5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
RPM 1: 10	9	8,82	2	8,27	8,11	7,76	13,78	6,28	30,22	5,86	34,89	4,43	50,78
RPM 1: 12	9	8,85	1,67	8,21	8,78	7,21	19,89	6,25	30,56	5,86	34,89	4,35	51,67
RPM 2: 10	9	8,91	1	8,38	6,89	7,84	12,89	6,79	24,56	5,88	34,67	4,56	49,33
RPM 2: 12	9	8,94	0,67	8,44	6,22	7,87	12,56	6,81	24,33	5,93	34,11	4,58	49,11
BIODEGRADACIÓN EN SUELO													
		5	%	10	%	15	%	20	%	25	%	30	%
RPM 1: 10	9	6,92	23,11	5,93	34,11	4,45	50,56	3,98	55,78	3,09	65,67	0,84	90,67
RPM 1: 12	9	6,99	22,33	5,88	34,67	4,37	51,44	3,86	57,11	2,99	66,78	0,74	91,78
RPM 2: 10	9	6,94	22,89	5,95	33,89	4,47	50,33	3,94	56,22	3,12	65,33	0,86	90,44
RPM 2: 12	9	6,97	22,56	5,98	33,56	4,52	49,78	3,99	55,67	3,13	65,22	0,87	90,33

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.5. Cálculos

3.5.1. Humedad

$$\frac{P2 - P1}{P1} \times 100 = \% \text{Humedad}$$

Donde:

- P1 es el peso inicial de la muestra a analizar la humedad
- P2 es el peso obtenido después de aplicar la metodología para la obtención de la caracterización

$$\frac{0,6806 - 0,5564}{0,6806} = \% \text{Humedad}$$

$$\frac{0,1242}{0,6806} = 18,2\%$$

Ejemplo de el porcentaje de humedad obtenido del primer bioplástico del primer tratamiento.

3.5.2. Solubilidad

$$\frac{P2 - P1}{P1} \times 100 = \% \text{Solubilidad}$$

Donde:

- P1 es el peso inicial de la muestra de bioplástico a analizar la solubilidad, este es el peso final obtenido después de secarlo en el ensayo de humedad
- P2 es el peso obtenido después de aplicar la metodología para la obtención de la caracterización.

$$\frac{0,5564 - 0,3023}{0,5564} = \% \text{Solubilidad}$$

$$\frac{0,3023}{0,5564} = 45,67\%$$

3.5.3. Transmisión de vapor en agua

$$WVTR = \frac{\left(\frac{Q}{t}\right)}{A}$$

Donde:

- **WVTR** es la tasa de transmisión de vapor de agua
- **Q** es el total de peso ganado por la película a través del descante
- **t** es el tiempo transcurrido en el proceso
- **A** es el área que ocupa la película de bioplástico

$$WVP = \frac{WVTR * e}{\Delta p}$$

$$\Delta p = s'(HR2 - HR1)$$

Donde:

- **WVP** = es la permeabilidad al vapor de agua en ($g \cdot h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot MPa^{-1}$).
- **e** = es el espesor de la biopelícula
- **s'** es la presión de vapor de agua a una temperatura de 60°C en Pa
- **HR2** = es la humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada
- (HR2 = 75%).
- **HR1** = es la humedad relativa en el interior de la celda (HR1 = 0%).

$$Q = (1,1432 - 1,320)g$$

$$Q = 0,0112g$$

$$t = 6 h$$

$$A = 2,5cm \times 2,5cm = 6,25cm^2$$

$$A = 6,25cm^2 = 0,000625m^2$$

$$WVTR = \frac{\left(\frac{0,0112g}{6h}\right)}{0,000625m^2}$$

$$WVP = \frac{224}{75} g/hm^2$$

$$e = 1,10mm$$

$$e = 1,10x^{-3}m$$

$$s' = 0,01991836184 MPa$$

$$HR2 - HR1 = 75 - 0 = 75$$

$$WVP = \frac{47,146 \frac{g}{hm^2} * 0,0011m}{0,01991836184 * 75}$$

$$WVP = 0,00219$$

3.5.4. Biodegradabilidad

$$\frac{P2 - P1}{P1} X 100 = \% \text{ Degradabilidad}$$

Donde:

- P1 es el peso inicial seco
- P2 es el peso final seco

$$\frac{9 - 6,43}{9} X 100 = 28,55\%$$

3.6. Marco de resultados y discusión de los resultados

3.6.1. Porcentaje de rendimiento de almidón extraído de la semilla de aguacate con el tratamiento químico utilizado

Para la determinación del rendimiento de almidón extraído de la semilla se siguió la técnica de extracción de almidón de semilla con un agente químico como el metabisulfito de sodio donde se sumergió la semilla de limpia durante 24h en esta solución. Los resultados de los valores obtenidos de la extracción del almidón de semilla de aguacate con cuatro tratamientos RPM 1: 10 (rpm 1: revolución alta por 10 minutos, tiempo de secado 71h), RPM 1: 12 (rpm 1: revolución alta por 12 minutos, tiempo de secado 70h), RPM 2: 10 (rpm 1: revolución media por 10 minutos tiempo de secado 74h), RPM 2: 12 (rpm 1: revolución alta por 12 minutos, tiempo de secado 72h), como se observan en la Tabla 3-3.

Una vez obtenidos los valores fueron analizados con un ANOVA simple, y representado en la siguiente tabla

Tabla 18-3: Valores medios y desviación estándar del rendimiento de almidón de semilla de aguacate

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación	
			Estándar	
RPM 1: 10	4	14.5700	1.432640	
RPM 1: 12	4	14.3375	0.935499	
RPM 2: 10	4	14.4300	0.227596	
RPM 2: 12	4	13.4875	0.900828	
Total	16	14.2063	0.974254	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Se realizó un aprueba de múltiples rangos para determinar si existen o no diferencias significativas, con una prueba de Tukey ($P > 0,05$), para este análisis no existieron diferencias significativas con respecto al rendimiento de la extracción de almidón de semilla de aguacate, como se puede observar en la Tabla 3.

Tabla 19-3: Prueba de múltiples rangos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	2.86483	3	0.954942	1.01	0.4231
Intra grupos	11.3728	12	0.947729		
Total (Corr.)	14.2376	15			

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.6.2. Resultados del análisis físico, químico proximal y microbiológico del almidón obtenido de la semilla de aguacate

Una vez obtenido el almidón de semilla de aguacate se procedió a caracterizarlo, realizando un análisis físico químico, proximal y microbiológico del almidón obtenido de la semilla de aguacate como se presenta en la Tabla 20-3, determinado valores relativos con respecto a parámetros de humedad, ceniza, solubilidad, fibra, proteína, carbohidratos totales, amilosa, amilopectina, valores físicos como pH, temperatura, solubilidad, viscosidad y valores microbiológicos de hongos, coliformes totales, levaduras y mohos.

Como se observa en la tabla al almidón extraído de la semilla de aguacate presento un alto porcentaje de carbohidratos con un 77,3 %, es decir presenta una gran cantidad de almidón en su estructura obtenida. Observando parámetros físicos este almidón presenta altos porcentajes de solubilidad, lo que podría ser un inconveniente al momento de realizar biopolímeros biodegradables.

Tabla 20-3: Resultados del análisis físico, químico proximal y microbiológico del almidón obtenido de la semilla de aguacate

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Humedad	%	9,70	09-15%	NTE INEN-ISO 1666
2	Ceniza	%	1,94	0,12-0,82%	NTE INEN-ISO 3593
3	Solubilidad	%	50,00	11,50-12,32%	FAO (Anderson,1969)
4	pH		5,50	5.5-6.0	NTE INEN 1456:1986
5	Fibra	%	2,15	12 ± 1,30	NTE INEN 2725
6	Proteína	%	9,2	8.80 ± 1.00	
7	Viscosidad		2976,08	840-1500cP	FAO (Smith,1997)
8	Temperatura de gelatinización	°C	69,00	57,5-70°C	FAO (Grace,1977)

9	Carbohidratos Totales	%	77,3	70-80%	Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO) NTE INEN-ISO 6647-1
10	Amilosa	%	26,3	25-30%	
11	Amilopectina	%	73,7	70-75%	
12	Hongos	UPC/g	0	<10	Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO)
13	Levaduras y mohos	UPC/g	1.1×10^7	1000-5000	
14	Coliformes totales	UPC/g	0	-	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Con respecto al cumplimiento de las normativas vigentes el almidón extraído de la semilla de aguacate se encuentra dentro de los parámetros expuestos por cada una de las normativas, excepto en el parámetro de solubilidad donde que excede con casi el doble del porcentaje admitido por la FAO (Anderson,1969). Como se observa el almidón de semilla de aguacate presenta altos porcentajes de almidón por lo q sería una nueva opción para la utilización de biopelículas biodegradables a partir de este subproducto, por lo que se discutirá con otros autores con respecto a sus características presentadas.

3.6.3. Resultados formulación biopelículas biodegradables a partir de almidón obtenido de la semilla de aguacate

3.6.3.1. Pruebas preliminares para la elaboración de las biopelículas biodegradables a partir de almidón obtenido de la semilla de aguacate

Una vez obtenido el almidón se procedió a la obtención de las biopelículas realizando varias formulaciones preliminares detalladas en la sección de datos, sin embargo, luego de un largo proceso para seleccionar la mejor formulación para la obtención de bioplástico, se aplicó un diseño factorial para la obtención de bioplástico, es decir se varió la concentración de almidón con respecto a la concentración de glicerina, es decir se ocupó un porcentaje del 10% con una concentración de 3ml de glicerina y un porcentaje de 15% de almidón con 5 ml de glicerina, y luego entrecruzando las variables es decir una concentración de 10% de almidón con 5mL de glicerina y por último una concentración de 15% de almidón y 3mL de glicerina para luego de aplicar el diseño factorial valorar de forma estadística su caracterización regida por diferentes Normas INEN.

3.6.3.2 Determinación del tiempo de secado de la biopelícula de almidón extraído de semillas de aguacate

Los análisis de tiempo de secado en la elaboración de las biopelículas se presentan en la tabla 7, donde que se determina la mejor temperatura y tiempo de secado en 25 °C y un tiempo de secado de 48h.

Una vez caracterizado el almidón comenzó el proceso de formulación de biopelículas biodegradables a base de almidón extraído de semillas de aguacate, como se observa en la tabla 8, teniendo como variables RPM 1: 10 (rpm 1: revolución alta por 10 minutos, tiempo de secado 71h), CA1-CG1, CA1-CG2, CA2-CG1, CA2-CG2

Tabla 21-3: Tiempo se cado de biopelículas a partir de semilla de aguacate.

N°	% Almidón	Glicerina	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	10	3	25	48	Si	Si	Si	Si
			20	24	No	Si	Si	Quebrado
2	10	5	25	48	Si	Si	Si	Si
			50	24	No	Si	Si	Quebrado
3	15	3	25	48	Si	Si	Si	Si
			20	24	Si	No	Si	No
4	15	5	25	48	Si	Si	Si	Si
			50	24	Si	No	Si	No

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Indicándonos que su reestructuración se ve mejor reforzada por un leve aumento en su temperatura ya que ayuda a fortalecer la cohesión de su estructura.

3.6.4. Resultados formulación biopelículas biodegradables a partir de almidón obtenido de la semilla de aguacate ensayos físicos y mecánicos

Realizadas las formulaciones se realizó un ANOVA simple para comparar sus espesores obtenidos, en cada uno de los tratamientos. Como se observa en la tabla 9, que se presentan valores medios

comprando el espesor de las biopelículas biodegradables con su diferente formulación. Para el parámetro del espesor analizado en la prueba de múltiples rangos existieron diferencias significativas donde el tratamiento RPM 1: 12 obtuvo los mayores resultados y difiere significativamente con el tratamiento RPM 2: 10, esto no sucede con los otros dos tratamientos.

Tabla 22-3: Valores medios y desviación estándar del espesor de las biopelículas a base de almidón extraído de semillas de aguacate

Tratamiento	Recuento	Promedio	Desviación Estándar
RPM 1: 10	4	0.13	± 0.02 ^{ab}
RPM 1: 12	4	0.1575	± 0.009 ^a
RPM 2: 10	4	0.1125	± 0.009 ^b
RPM 2: 12	4	0.145	± 0.02 ^{ab}

^{a-b}Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 22-3A

No.	TRATAMIENT O	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA A (°C)	TIEMPO ELABORACIÓN N (min)	SECADO				ESPESOR R (mm)	
						LUGAR	MÉTODO	TEMPERATURA A (°C)	TIEMPO O (h)		
1	TP1	RPM 1: 10	R1	70	4	LABORATORIO O INVESTIGACIÓN	SECADO NATURAL	25	48	0,16	0,13
2			R2		4					0,13	
3			R3		4					0,12	
4			R4		4					0,11	
5	TP2	RPM 1: 12	R1		5					0,15	0,157 5
6			R2		5					0,15	
7			R3		5					0,17	
8			R4		5					0,16	
9	TP3	RPM 2: 10	R1		4					0,12	0,112 5
10			R2		4					0,11	
11			R3		4					0,12	
12			R4		4					0,1	
13	TP4	RPM 2: 12	R1		5					0,14	0,145
14			R2		5					0,18	
15			R3		5					0,13	
16			R4		5					0,13	

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

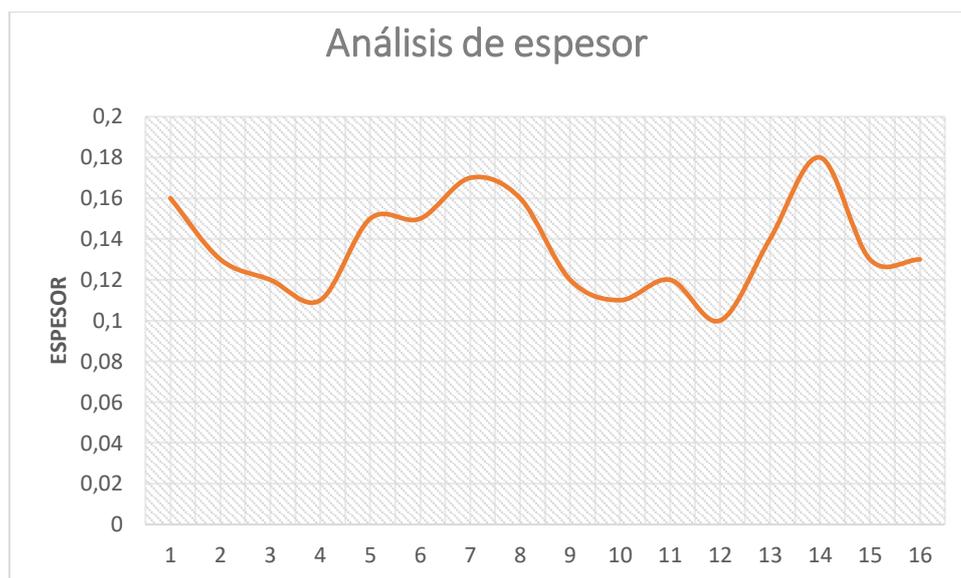


Gráfico 1-3. Análisis espesor

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Analizando las características de textura de las biopelículas biodegradables se pudo observar que para todos los tratamientos presentaron un aspecto Ligeramente opaco excepto el tratamiento RPM 1:12 que presentó un aspecto Poco opaco, en sus características de textura todos los tratamientos presentaron una textura lisa y una flexibilidad poco flexible, así mismo obtuvieron como resultado una resistencia débil, como se observa en la tabla 22-3 que se presentan las características físicas con respecto a su textura, comparando entre tratamientos.

Tabla 23-3: Características físicas con respecto a su textura, comparando entre tratamientos.

Formulaciones	Parámetros			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia
RPM 1: 10	Ligeramente opaco	Lisa	Poco Flexible	Débil
RPM 1: 12	Poco opaco	Lisa	Poco flexible	Débil
RPM 2: 10	Ligeramente opaco	Lisa	Poco Flexible	Débil
RPM 2: 12	Ligeramente opaco	Lisa	Poco Flexible	Débil

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

En la tabla 24-3, se presentan los valores medios de los parámetros humedad, solubilidad y permeabilidad comparando entre los diferentes tratamientos. Se puede observar que existe una gran

variabilidad con respecto a las diferencias significativas en cada uno de los parámetros. Con respecto al parámetro de humedad el tratamiento con mayor humedad fue RPM 1: 10 que difiere significativamente con el tratamiento RPM 2: 12, con respecto a los tratamientos, RPM 1: 12 y RPM 2: 10 no difieren significativamente. Al analizar el parámetro de solubilidad existen diferencias significativas en los cuatro tratamientos, es decir, que los cuatro tratamientos son completamente diferentes, tendido que el tratamiento con mayor solubilidad fue el tratamiento RPM 1: 12 y el tratamiento con menor solubilidad fue el tratamiento RPM 2: 10.

Tabla 24-3: Resultados de humedad, solubilidad y permeabilidad de las muestras de bioplásticas analizadas.

Tratamiento	Humedad	Solubilidad	Permeabilidad
T1	18,2	45,67	0,00219
	17,1	43,28	0,00217
	18	43,75	0,00215
	17,7	44,58	0,0022
T2	14,4	53,07	0,00232
	15,1	54,1	0,00229
	13,7	52,8	0,00227
	15,6	53,25	0,00231
T3	14,4	41,8	0,0016
	13,4	40,65	0,00158
	15,3	41,06	0,00162
	15,7	41,25	0,00159
T4	13	56,34	0,00203
	12,7	55,35	0,0021
	15,2	57,04	0,00207
	15,7	56,75	0,00204

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Tabla 25-3: Valores medios y desviación estándar de los parámetros: humedad, solubilidad y permeabilidad comparando entre tratamientos.

Tratamiento	Humedad	DE	Solubilidad	DE	Permeabilidad	DE
RPM 1: 10	17.75 ± 0.48	a	44.32 ± 1.05	b	0.0021 ± 0.000022	b
RPM 1: 12	14.7 ± 0.83	ab	53.31 ± 0.56	a	0.0023 ± 0.000022	b
RPM 2: 10	14.7 ± 1.02	ab	41.19 ± 0.48	c	0.0016 ± 0.000017	b
RPM 2: 12	14.15 ± 1.52	b	44.32 ± 0.74	b	0.0021 ± 0.000032	a

DE (desviación estándar);^{a-c} Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren significativamente (P<0,05)

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

Por otro lado, en el parámetro de permeabilidad, el tratamiento más permeable fue el tratamiento RPM 2: 12, el que difirió significativamente al compararlo con los otros tres tratamientos como se observa en la tabla 11.

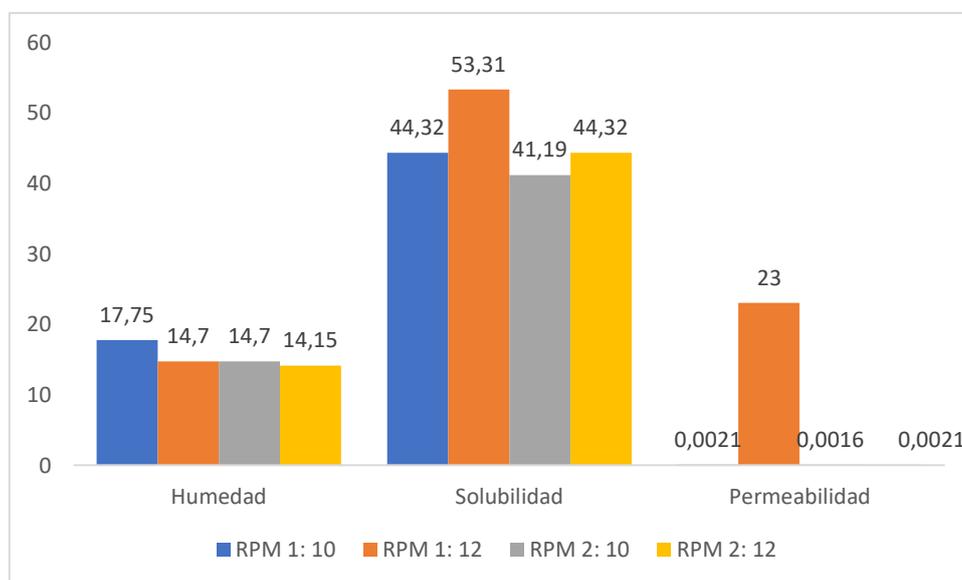


Gráfico 1-3. Análisis de parámetros humedad, solubilidad y permeabilidad comparando entre tratamientos.

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021.

3.6.5. Resultados biodegradabilidad

Para los ensayos de biodegradabilidad se desarrolló en tres diferentes escenarios analizados durante 30 días. La duración de las películas bajo condiciones de biodegradabilidad se las reviso cada cinco días y se realizó mediante el cálculo de área (3x3). Sus escenarios fueron: agua, aire y suelo, presentando

los siguientes valores como se muestran en la tabla 12, en la toma de muestra al día 5 las biopelículas ya presentan una disminución de su área en el análisis de biodegradación de agua y de suelo, donde se observan los porcentajes más altos, al transcurso que aumentan los días tenemos una mayor biodegradación debido a su proceso biológico de descomposición, llegando al análisis del día 30, donde la biodegradación de las biopelículas es más notorio en el escenario de agua y suelo, como se comenzaba a observar al día 5. Con respecto a que tratamiento presento una menor degradación fue el tratamiento RPM 2: 12 puesto que en los tres escenarios fue el que menos resultados obtuvo.

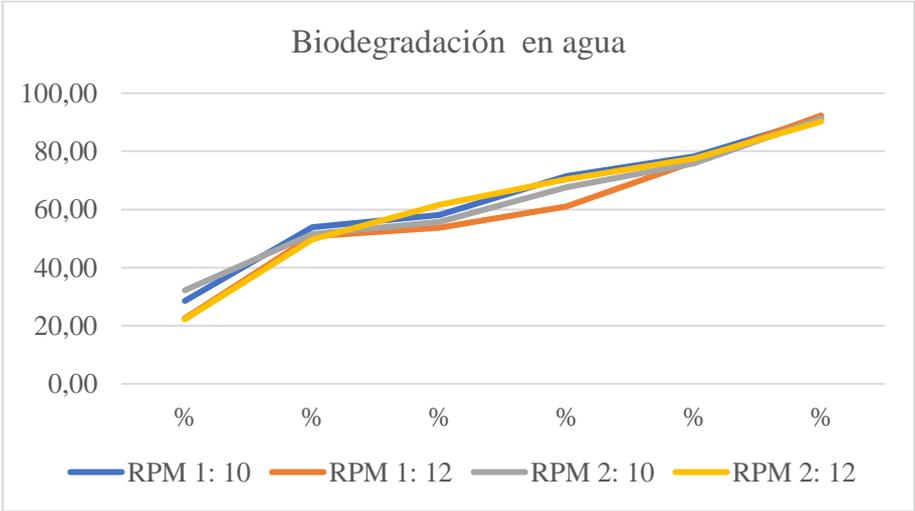


Gráfico 3-2. Biodegradación en agua

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021

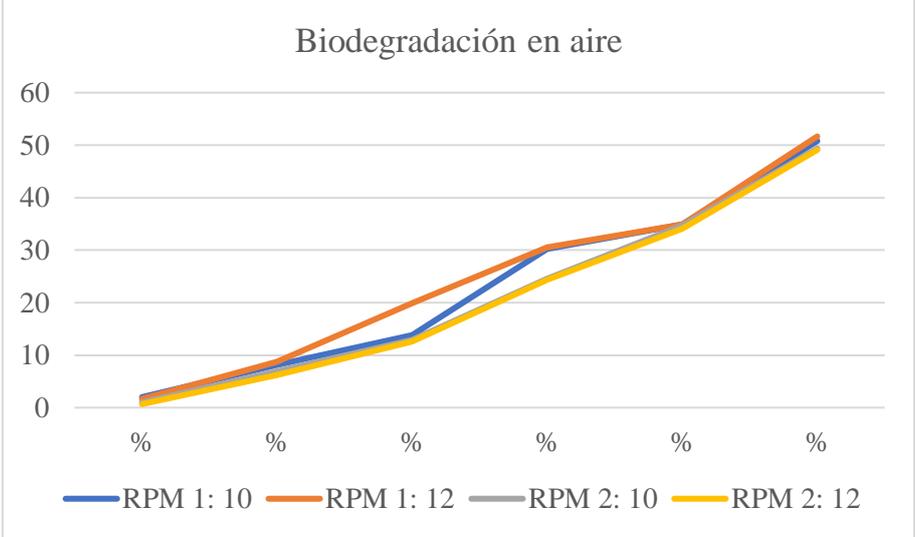


Gráfico 4-3. Biodegradación en aire

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021

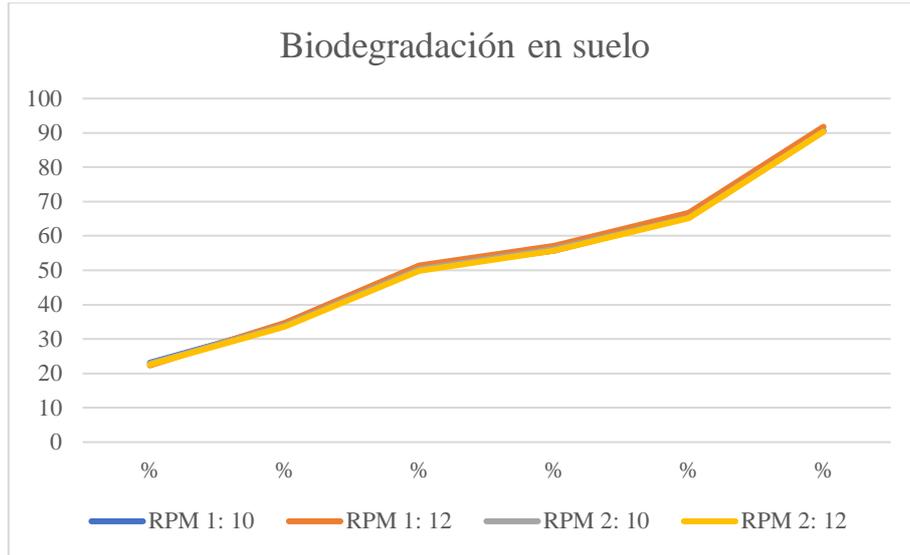


Gráfico 5-3. Biodegradación en suelo

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021

3.6.3 Resultados análisis sensorial

Para la determinación del análisis sensorial se determinó una fruta, cuál iba a ser envuelta con la biopelícula degradable. Los resultados podemos observar en la tabla 15. La fruta seleccionada fue la frutilla debido a que dicha fruta no absorbe sabores ni olores.

Tabla 26-3: Análisis sensorial

ANÁLISIS SENSORIAL				
Tipo de estudio	Textura	Sabor	Olor	Aspecto
Frutilla al ambiente	Áspera	Ácido	Rancio	Deshidratado
Frutilla con biopelícula	Duro	Agrio	Desagradable	Firme

Realizado por: Mendoza Chipantasi, Mercedes, 2021

3.7 Prueba de hipótesis

3.7.1 Determinación de las características óptimas de la biopelícula biodegradable para uso en embalaje de alimentos

El almidón extraído de semilla de aguacate mediante la utilización del método químico brindó mejores resultados y fue el único método por el cual se pudo obtener el almidón de la semilla de aguacate, por

lo tanto este método sería el adecuado, por lo que se realizó modificaciones en las condiciones como revoluciones por minuto y el tiempo, por lo que el método cumple con las características adecuadas para obtención y futura formulación de una biopelícula, por otro lado la caracterización del almidón determinó un contenido de amilopectina del 73,7% siendo un almidón adecuado debido a las características de cristalinidad que provee para desarrollar una biopelícula degradable. Debido a esto se afirma la hipótesis general planteada para la formulación de biopelículas a base de almidón obtenido de semilla de aguacate.

3.7.2 Determinación de la eficiencia de la utilización del método químico para la obtención de almidón de semillas de aguacate

Para determinar la eficiencia de la utilización del método químico en la extracción de almidón, se evaluó 4 tratamientos RPM 1: 10 (rpm 1: revolución alta por 10 minutos, tiempo de secado 71h), RPM 1: 12 (rpm 1: revolución alta por 12 minutos, tiempo de secado 70h), RPM 2: 10 (rpm 1: revolución media por 10 minutos tiempo de secado 74h), RPM 2: 12 (rpm 1: revolución alta por 12 minutos, tiempo de secado 72h), mediante el uso de un diseño factorial 2^2 , para la formulación de una biopelícula a base almidón extraído de las semillas de aguacate.

Las evidencias para afirmar el cumplimiento o no de las hipótesis específicas se analizará tomando en cuenta los siguientes aspectos:

3.7.2.1 Determinación de la eficiencia de la utilización del método químico para la obtención de almidón de semillas de aguacate

El único método que nos permitió extraer al almidón de las semillas de aguacate fue el método químico por lo tanto es el más adecuado para extraer almidón además que se obtuvo almidón con características adecuadas para la formulación de la biopelícula biodegradable, como fue el contenido de humedad que nos permitió compactar de mejor manera la biopelícula y evitar el quebrantamiento de la misma al momento de entrar en su proceso de secado, otro aspecto importante fue el rendimiento de almidón que se obtuvo con este método puesto que sería un factor importante al momento de elaborar la biopelícula el mismo que nos ayudara a identificar las mejores condiciones para futuras extracciones.

3.7.2.2 Determinación de la evaluación de los 4 tratamiento para la extracción de almidón de semillas de aguacate

Se realizó un diseño factorial 2^2 en el proceso de extracción del almidón tomando en cuenta la variable RPM con dos comportamientos (alta y media), y el tiempo de secado (71h, 70h, 74h y 72h) como se presentó en la Tabla 1. Para lo cual se llevó a cabo un ANOVA simple para determinar si existe o no diferencias al aplicar los distintos tratamientos de extracción de almidón de las semillas de aguacate, Al someter los tratamientos a un análisis estadístico como se observa en la Tabla 2 con niveles de significación ($P < 0,05$), los tratamientos no demostraron diferencias significativas, es decir, que los factores que fueron variados no interfieren dentro de los tratamientos, definiendo de esta manera que el rendimiento de almidón no depende directamente de estas variables (RPM y tiempo), por lo tanto para determinar el mejor tratamiento se tomó en cuenta aspectos referentes a la energía utilizada en cada uno de los tratamientos, seleccionando al tratamiento RPM 1: 10 el cual presenta las siguientes variables un rpm 1: revolución alta por 10 minutos, tiempo de secado 71h, el cual disminuirá el consumo de energía, haciendo una extracción más económica con el mismo rendimiento que los otros tratamientos. Por lo tanto, se seleccionó al tratamiento más adecuado RPM 1: 10 para la extracción del almidón que fue usado en la formulación de la biopelícula.

3.8. Discusión de los resultados

Para la determinación del rendimiento de almidón extraído de la semilla se siguió la técnica de extracción de almidón de semilla con un agente químico como el metabisulfito de sodio donde se sumergió la semilla de limpia durante 24h en esta solución. Los resultados de los valores obtenidos de la extracción del almidón de semilla de aguacate con cuatro tratamientos con un valor promedio de 14,5 como observamos en la tabla 2; Chapuel y Reyes, 2019 en su estudio “Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (persea americana mill) y banano (*Musa acuminata* AAA) para el recubrimiento de papaya”. analizaron el rendimiento del almidón obteniendo un valor de 7,64% de la semilla de aguacate utilizando el mismo compuesto (Metabisulfito de sodio) por 24 horas, en una licuadora a una sola velocidad, para posterior pasar por una tela filtrante, la suspensión obtenida se dejará decantar por 24 h para la sedimentación de los gránulos de almidón y se eliminará el sobrenadante. El almidón sedimentado se procedió a lavar con agua destilada para una nueva suspensión Se secará el almidón a 70 °C durante 6 horas en una estufa marca Memmert, se pesará y se tamizará en malla de 125 μm .

Observando parámetros físicos este almidón presenta altos porcentajes de solubilidad, Al analizar el parámetro mencionado existen diferencias significativas en cuatro tratamientos realizados, teniendo que el tratamiento con mayor solubilidad fue el tratamiento RPM 1: 12 con un valor de 53,31% y el tratamiento con menor solubilidad fue el tratamiento RPM 2: 10 con un valor de 41,19%; Sanchez,(2019). en su estudio “Propiedades químicas, morfológicas y funcionales de almidón de semilla de palta (Persea americana Mill.). Analizó el porcentaje de solubilidad en el almidón aislado de semilla de palta (aguacate) presento un incremento en el poder de hinchamiento (pH) y solubilidad a partir de los 60 °C y teniendo valores máximos de 12.65% de solubilidad a la temperatura de 95 °C, considerando que una gran diferencia es que estas suspensiones fueron centrifugadas a 5000 rpm

Mediante el análisis estadístico ANOVA se obtuvo los valores de espesor de cada uno de los tratamientos. Como se observa en la tabla 6, que se presentan valores medios comparando el espesor de las biopelículas biodegradables con sus diferentes formulaciones. Para el parámetro del espesor analizado en la prueba de múltiples rangos existieron diferencias significativas donde el tratamiento RPM 1: 12 obtuvo los mayores resultados 0,15% y difiere significativamente con el tratamiento RPM 2: 10 con 0,11%. Por otro lado, Chapuel y Reyes (2019) analizaron el espesor de la película biodegradable con, la formulación 1 (1,9% de aguacate 3,8% y resulto ser es más delgada al tener 0,1968 mm en relación con la formulación 2 formulación 2 (3,43% almidón de semilla de aguacate, 3,43% almidón de banano) que posee un espesor de 0,2264 mm, lo que conlleva a mejorar la protección de los alimentos.

Los análisis de biodegradabilidad se desarrollaron en tres diferentes escenarios analizados durante 30 días. La duración de las películas bajo condiciones de biodegradabilidad se las reviso cada cinco días y se realizado mediante el cálculo de área (3x3). Sus escenarios fueron: agua, aire y suelo, presentando los siguientes valores como se muestran en la tabla 9, en la toma de muestra al día 5 las biopelículas ya presentan una disminución de su área en el análisis de biodegradación de agua y de suelo, donde se observa n los porcentajes más altos, al transcurso que aumentan los días tenemos una mayor biodegradación debido a su proceso biológico de descomposición, llegando al análisis del día 30, donde la biodegradación de las biopelículas es más notorio en el escenario de agua y suelo , como se comenzaba a observar al día 5. Con respecto a que tratamiento presento una menor degradación fue el tratamiento RPM 2: 12 puesto que en los tres escenarios fue el que menos resultados obtuvo. Valores similares obtuvo Charro (2015) en su estudio de “Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata”, los ensayos de biodegradabilidad presentan curvas de pendiente ascendente que indican que la película se degrada con el pasar del tiempo. Estos ensayos se realizaron en dos condiciones anaerobia y aerobia. Se concluye que las películas se degradan mayormente en condiciones aerobias, por el contacto con el

aire y los microorganismos aerobios que ayudan a degradar la película con liberación de CO₂. Mientras que en condiciones anaerobias se libera metano como parte de la degradación.

CONCLUSIONES

- Se elaboró una película biodegradable a partir del almidón de la semilla de aguacate, materia prima óptima debido a que es un residuo no utilizado y se le otorga un valor agregado, siendo el sustituyente de materiales de polímeros sintéticos, de esta manera se pretende la utilización de este recurso para la solución de la problemática de contaminación provocada por el uso descontrolado plástico, introduciendo a este nuevo recurso en el área de una opción ecológica.
- En cuanto a la determinación del rendimiento de almidón extraído de la semilla se siguió la técnica de extracción de almidón de semilla con un agente químico como el metabisulfito de sodio, siendo el método más efectivo para la determinación de resultados de acuerdo a cada tratamiento.
- Mediante la Norma INEN 146 una vez obtenido el almidón de semilla de aguacate se procedió a caracterizarlo, realizando un análisis físico químico, proximal y microbiológico del almidón, obteniendo valores relativos con respecto a parámetros de humedad, ceniza, solubilidad, fibra, proteína, carbohidratos totales, valores físicos como pH, temperatura, solubilidad, viscosidad y valores microbiológicos de hongos, coliformes totales, levaduras y mohos concluyendo que cumple con los parámetros establecidos en la normativa.
- Se seleccionó la semilla del aguacate puesto que alrededor del 15 al 18 % del peso total equivalen a la semilla en la cual se encuentra el 70% de los aminoácidos, y su alto contenido de almidón además utilizamos un producto que es desechado reduciendo los niveles de contaminación con respecto a la industria alimentaria.
- Mediante diferentes tipos de pruebas de biodegradabilidad realizadas según las Normas ASTM D882 e ISO 20200:200 respectivamente, pudimos comparar ciertos parámetros en relación a la calidad y resistencia del producto como el espesor, la humedad, la solubilidad y la permeabilidad todos estos parámetros nos indican que a pesar de ser un recurso de calidad y óptimo aún necesita mejoramientos para la competencia en el mercado.

RECOMENDACIONES

- Es recomendable apenas extraer la semilla de aguacate colocarla en la solución con el metabisulfito de sodio para evitar el pardeamiento en la mayor cantidad posible.
- Al momento de licuar la semilla se requiere cortarla en pequeños trozos primero, para que el proceso sea más eficiente.
- Es recomendable tratar de asegurarse que haya la menor cantidad de impurezas dentro de las soluciones para la producción de almidón ya que alterarán la composición de su estructura.
- Al momento del secado del bioplástico tratar de no utilizar una temperatura alta ya que el bioplástico se romperá.
- Tratar de secar por convección al bioplástico ya que al secarse al ambiente no se obtendrá el mismo reforzamiento.
- Reconocer que formulación es la más acertada para la obtención del almidón.

BIBLIOGRAFÍA

ALCARAZ, Paula. *Definiciones de biodegradación* [en línea], 2017. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <https://docplayer.es/29292081-2-2-international-standards-organization-iso-472-1-definiciones-de-biodegradacion-1-1-1-polimeros-degradables.html>.

ALEXANDER, Maturana. *Diseño para obtener empaque Biodegradable. Proyecto de grado Universidad Eafit – Medellín-Colombia* [en línea], 2000. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.

AMBIENTUM. Datos sobre la contaminación que causa el plástico. *Ambientum · Portal de Medio Ambiente* [en línea], 2019. [Consulta: 17 de 02 de 2020.]. Disponible en: <https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/contaminacion-plastico.asp>.

ARISTIZÁBAL, Johanna. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea], 2007. [Consulta: 04 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

AVILÉS, Gladys R. *Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca* [en línea], 2005. [Citado el: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2

BELTRÁN, Aurelio. *Chemistry.* Humpreys, Baird, Robinson Gillespie. *Química.* Massachusetts : Editorial Reverté, 1990.

BRITO, Hannibal. *La ciencia al Servicio de la Salud y la Nutrición.* Ecuador: 2019, pág. 209.

CAMPUZANO, Juan F. *Normativas y regulaciones para polímeros biodegradables y compostables* [en línea], 2018. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <http://www.plastico.com/temas/Normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables+126663?pagina=2>.

Herrera, C; et al. *Química de Alimentos: Manuel de Laboratorio.* Costa Rica : Editorial de la Universidad de Costa Rica, 2003.

CASTELLS, Xavier. *Los plásticos residuales y sus posibilidades de valoración.* Madrid-España : Ediciones Dáaz de Santos, 2012.

DÍAZ, Antonio. *Bioquímica.* Ciudad de México : Editorial Limusa S.A. de C.V. Grupo Noriega Editores, 2004, p. 121.

EcuRed. *La Oca* [en línea], 2014. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: https://www.ecured.cu/La_Oca#Valor_Nutricional..

PÉREZ, Sandra; et al. *EL AGUACATERO (Persea americana Mill)*, vol.36, núm. 2, (2015), (La Habana- Cuba).

EMASEO. *Quito desecha 277 toneladas de plástico al día.* [en línea], 2018. [Consulta: 13 de Abril de 2020.]. Disponible en :<https://www.elcomercio.com/actualidad/desecho-diario-plastico-basura-quito.html>.

SABATIER, Juan. *Entrecruzamiento de un almidón comercial*, vol. 8 N.º 1, (2005), (Lima).

ESPINOSA, Mónica. *Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón* [en línea], 2015. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

GOMIS, Maribel; & MARCILLA, Antonio. *Tecnología de Polímeros.* Alicante : Universidad de Alicante, 2012.

GONZÁLEZ, Juan. *Extracción de almidón de malanga blanca, una alternativa socioambiental para la producción de bases poliméricas biodegradables* [en línea], 2020. <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/1263>.

GONZALEZ, Ma Pilar. *Prácticas de laboratorio y de aula. Prácticas de laboratorio y de aula.* [en línea] 2003. [Consulta: 10 de 01 de 2020.]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=l_o6kIbkLU0C&printsec=copyright&source=gbs_pub_info_r#v=onepage&q&f=false.

GoogleMaps. *Google Maps.* [en línea], 2020. Disponible en: <https://www.google.com.ec/maps/place/Curtiembre+Aldas/@-1.3220001,-78.5972299,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d3833da798501f:0xc64cc01c32edf579!8m2!3d-1.3220001!4d-78.5972299?hl=es>.

HEREDIA, Daniel. “*Comparación de dos métodos de extracción de almidón de colocasia esculenta (malanga blanca) para la obtención de un polímero biodegradable*” [en línea], 2019. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13256/1/156T0007.PDF>.

HERRERA, Carlos H. *Manual de Laboratorio.* Costa Rica : Editorial de la universidad de costa rica, 2003, pág. 40.

LA HORA. *La yuca un cultivo nacional* [en línea], 2006. [Consulta: 03 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <https://lahora.com.ec/noticia/476171/la-yuca-un-cultivo-nacional->.

INFOAGRO. *El cultivo de la yuca* [en línea]. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <https://www.infoagro.com/hortalizas/yuca.htm>.

KLAGES, Federico. *Tratado de Química Orgánica.* Zaragoza : Editorial Reverté, S.A, 1968.

LEÓN-MÉNDEZ, Glicerio; et al. *Modificación química de almidones. Chemical modification of starches through esterification reactions and their potential use in* [en línea], 2020. [Consulta: 16 de 01 de 2021.]. Disponible en: https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft_5_2020/17_modificacion.pdf.

LÓPEZ GIL, Alberto. *Universidad Politécnica de Catalina* [en línea], 2012. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/16776>.

MACARULLA, José. *Biochemistry,* Sixth Edition. Barcelona : Editorial Reverté S.A, 2007.

MANI, Ramaswamy. *Properties of Injection Molded starch/Synthetic Polymer Blends-IV. Thermal and Morphological Properties* [En línea], 1998, vol 34, N° 10. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2.

MARCILLA, M. Beltrán; & A. *Estructura y propiedades de los polímeros* [En línea], 2011. [Consulta: 10 de 02 de 2021.]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16883/1/Tema_1._Estructura_y_propiedades_de_los_polimeros.pdf.

MARK; et al . *High Performance Biodegradable Materials from Oriented Starch- U.S patent 6,218,532 – Cincinnati-USA.* April 17, 2001 .

MYRON, Bender. *Catalysis and Enzyme.* Barcelona : Editorial Reverte S.A, 1997, p.86.

Narvez, María. *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón* [en línea], 2016. Disponible en: <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6299/1/129278.pdf>.

NTE INEN-ISO 1666. *Almidones y féculas. determinación del contenido en humedad. método de desecación en estufa (ISO 1666:1996, IDT).*

NTE INEN 1456:1986. *Norma inen 1456. reactivos para análisis. almidón soluble (para iodometría). metodos de ensayo.*

NTE INEN 524. *Harinas de origen vegetal determinación del almidón.*

FARRAS, James; et al. *Organic Chemistry, Structure and Reactivity.* Third Edition. Barcelona : Editorial Reverté, S., 2004.

OSCAR, Iván; et al. *A review of using organic acids to chemically modify starch* [en línea], 2008. [Consulta: 17 de 01 de 2021.]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/iei/v23n3/v28n3a06.pdf>.

PCE. *Explicación de la medición de dureza. Dureza Shore* [en línea], 2020. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/explicacion-dureza.htm>.

PHILLIPI, Jaime Eyzaguirre. *Química de los hidratos de Carbono.* Santiago de Chile : Andrés bello, 1974.

MORAIS, Cleiber Cintra. *Physicochemical properties of starch from avocado seed (Persea Americana mill).* [Cleiber Cintra Morais], 2016, p. 12.

YUSMANIAR, Y. *Preparation and characterization of Seaweed based Bioplastic.* [4th Annual Applied Science and Engineering Conference], 2020, p. 7.

GINTING, Muhammad H. *Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fibers.* [Journal of Engineering Science and Technology], 2018, pág. 13.

CASTILLO, Piedad; et al. *Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (Colocasia esculenta)* [en línea], 2013, pp. 52-61, [Consulta 21 de diciembre de 2020]. ISSN: 1794-4449. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=69529816007>

RODRÍGUEZ, Ariel. *Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], 2012. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplasticos.

ROSALES, Abigail de los Ángeles. *Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua* [en línea], 2016. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

RUIZ, Virginia Melo. *Bioquímica de los procesos Metabólicos.* México : Editorial Reverte, S.A, 2006, p. 62.

SOLORZANO, Virginia Buensuceso. *Elaborización y Caracterización de biopelículas a partir del almidón de yuca (Manihot Esculenta)* [en línea], 2010. [Consulta: 01 de Marzo de 2020.]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/25079/1/Elaboraci%C3%B3n%20y%20caracterizaci%C3%B3n%20de%20biopel%C3%ADculas%20a%20partir%20de%20almid%C3%B3n%20de%20yuca%20%28Manihot%20esculenta%20crantz%29.pdf>.

EL TELÉGRAFO. *En Urcuquí se impulsa la siembra de oca para rescatar la diversidad genética del tubérculo* [en línea], 2016. [Consulta: 03 de Marzo de 2020.]. Disponible en:

<https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/en-urcuqui-se-impulsa-la-siembra-de-oca-para-rescatar-la-diversidad-genetica-del-tuberculo>.

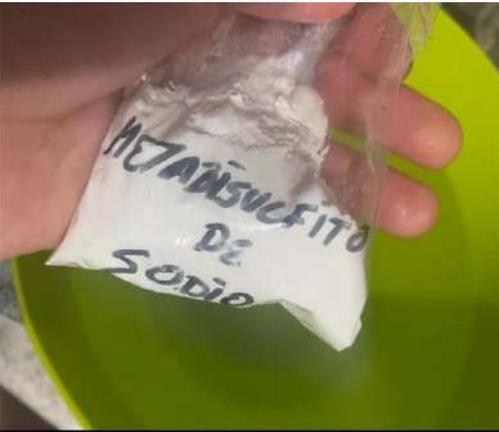
VALDERRAMA, José O. *Información Tecnológica* [en línea], 1994. [Consulta: 23 de 12 de 2020.]. Disponible en: <https://books.google.com.ec/books?id=5U67hX-xu7sC&pg=PA45&dq=ALMID%C3%93N+MODIFICADO&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwift4vGg7DvAhURwlkKHb-xDSoQuwUwAHoECAAQBg#v=onepage&q=ALMID%C3%93N%20MODIFICADO&f=false>.

VALDERRAMA, José. O. *Sumario Información Tecnológica*. Veracruz : Editorial del Norte, 1997, p. 170.

VALENCIA, Tania M. *Polímeros*. Popayán : Editorial Universidad del Cauca, 2019.

ANEXOS

ANEXO A: Preparación de materia prima previa a la obtención de almidón de semilla de aguacate.

a.	b.	c.							
									
<p style="text-align: center;">NOTAS</p>	<p style="text-align: center;">CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p style="text-align: center;">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p style="text-align: center;">PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA Y REACTIVOS PRELIMINAR A LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE</p>						
<p>a. Preparación de materia prima (aguacate)</p> <p>b. Extracción de semilla de aguacate, lavadas y peladas.</p> <p>c. Preparación de solución 2% (v/v) de metabisulfito de sodio</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	<p style="text-align: center;">Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="1480 1134 1709 1209">LÁMINA</th> <th data-bbox="1709 1134 1834 1209">ESCALA</th> <th data-bbox="1834 1134 1957 1209">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1480 1209 1709 1302" style="text-align: center;">1</td> <td data-bbox="1709 1209 1834 1302" style="text-align: center;">1:1</td> <td data-bbox="1834 1209 1957 1302" style="text-align: center;">2020/12/7</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2020/12/7
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	2020/12/7							

ANEXO B: Medición de materia prima previa a la obtención de almidón de semilla de aguacate.

d.



e.



f.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)		
d. Pesaje de materia prima tratada con solución química para evitar el pardeamiento. e. Pesaje de materia prima expuesta a un fuerte pardeamiento. f. Corte en pequeños trozos para su posterior licuado.	> > > > >		LÁMINA	ESCALA	FECHA
		Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	1	1:1	2020/12/7

ANEXO C: Proceso de licuado de materia prima para la obtención de almidón de semilla de aguacate.

g



h.



i.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)		
g. Licuado de semilla de aguacate con el tratamiento químico h. Licuado de semilla de aguacate sin el tratamiento químico i. Desecho de bagazo luego de semir.	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/12/7

ANEXO D: Proceso de decantado y secado.

<p>j.</p> 	<p>k.</p> 	<p>l.</p> 			
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)</p>		
<p>j. Decantado por 24h k. Inicio de secado de almidón l. Fin de secado de almidón</p>	<p>➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar</p>	<p>Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2020/12/7</p>

ANEXO E Molienda y tamizado de almidón extraído de semilla de aguacate.

m.	n.	o.	p.		
					
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)		
m. Almidón obtenido sin tratamiento químico. n. Almidón obtenido con tratamiento químico. o. Molienda de almidón p. Tamizado del almidón de semilla de aguacate.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/12/7

ANEXO F: Valoración de rendimiento de almidón de semilla de aguacate con tratamiento químico y sin este.

q.



r.



s



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN A PARTIR DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
q. Preparación de tratamientos para la obtención de almidón. r. Pesaje de almidón de la semilla de aguacate con tratamiento químico. s. Pesaje de almidón de la semilla de aguacate sin tratamiento químico.	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar Por verificar	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	1	1:1	2020/11/16

ANEXO G: Almacenamiento de almidón obtenido.

t.



u.



u.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ALMACENAMIENTO DE ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
t. Almidón de semilla con tratamiento químico.	➤ Aprobado	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	1	1:1	2020/11/16
u. Almidón de semilla sin tratamiento químico por vía húmeda	➤ Certificado				
v. Almidón de semilla sin tratamiento químico por vía seca	➤ Por aprobar				
	➤ Por calificar				
	➤ Por verificar				

ANEXO H: Caracterización del almidón extraído mediante pruebas fisicoquímicas obtenidas en el laboratorio

<p>w.</p> 	<p>x.</p> 	<p>y.</p> 	<p>z.</p> 		
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN OBTENIDO-PRUEBAS DE LABORATORIO</p>		
<p>w. Determinación de densidad x. Determinación de viscosidad y. Determinación de solubilidad. z. Determinación de pH</p>	<p>➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar</p>	<p>Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2021/01/25</p>

ANEXO I: Preparación de materiales para la obtención de biopelículas a partir del almidón de semillas de aguacate.

aa.



bb.

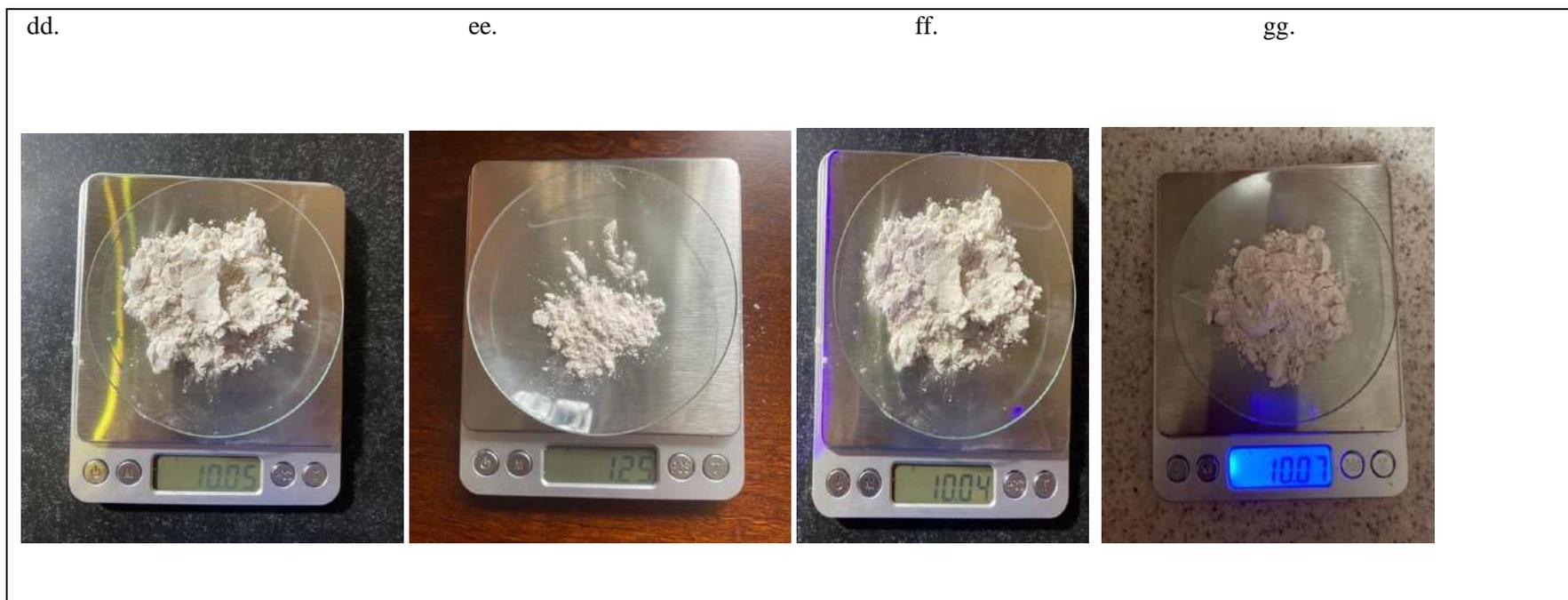


cc.



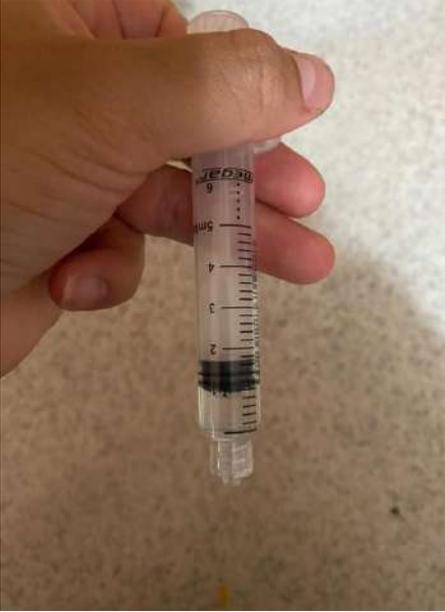
NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PREPARACIÓN DE REACTIVOS PRINCIPALES PARA LA OBTENCIÓN DE (<i>Persea americana</i>)		
Preparación de reactivos aa. Almidón de semilla de aguacate bb. Plastificantes cc. Pipetas, pera de succión.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2021/01/25

ANEXO J: Ensayos preliminares bajo diferentes concentraciones de almidón para obtener bioplástico



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYOS PRELIMINARES A LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
dd. Preparación de muestra para la Formulación 1. ee. Preparación de muestra para la Formulación 2. ff. Preparación de muestra para la Formulación 3. gg. Preparación de muestra para la Formulación 4.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	<p style="text-align: center;">Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>	1	1:1	2021/01/25

ANEXO K: Proceso de producción de bioplástico

hh.	ii.	jj.	kk.		
					
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>ENSAYOS PRELIMINARES A LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO DE SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)</p>		
			<p>hh. Dilución de almidón en agua destilada a temperatura ambiente. ii. Reforzamiento de almidón a 110°C jj. Acidificación ácido acético 5%(v/v) kk. Adición de plastificante según la formulación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	<p>Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>
			1	1:1	2020/11/16

ANEXO L: Bioplástico obtenido a partir de diferentes ensayos preliminares.

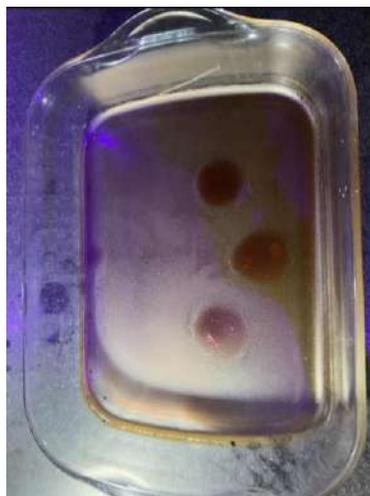
<p>II.</p> 	<p>mm.</p> 	<p>nn.</p> 			
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)</p>		
<p>II. Moldeamiento de bioplástico. mm. Secado de bioplástico. nn. Bioplástico a partir de la semilla de aguacate sin tratamiento químico y con tratamiento químico.</p>	<p> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar </p>	<p>Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>	<p>LÁMINA</p>	<p>ESCALA</p>	<p>FECHA</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>2020/11/16</p>

ANEXO M: Proceso de secado y desmoldamiento de bioplástico.

oo.



pp.



qq.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)		
oo. Bioplástico secado al ambiente pp. Bioplástico secado por convección. qq. Desmoldeamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/11/16

ANEXO N: Obtención de bioplástico a diferentes formulaciones.

<p>rr.</p> 	<p>ss.</p> 	<p>tt.</p> 							
<p>NOTAS</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p>	<p>OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea americana</i>)</p>						
<p>rr. Bioplástico obtenido a partir de diferentes formulaciones ss. Bioplástico en tiras obtenido a partir de diferentes formulaciones tt. Bioplástico obtenido de la mejor formulación</p>	<p>✔ Aprobado ✔ Certificado ✔ Por aprobar ✔ Por calificar ✔ Por verificar</p>	<p>Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1469 1161 1695 1238">LÁMINA</th> <th data-bbox="1695 1161 1821 1238">ESCALA</th> <th data-bbox="1821 1161 1960 1238">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1469 1238 1695 1331">1</td> <td data-bbox="1695 1238 1821 1331">1:1</td> <td data-bbox="1821 1238 1960 1331">2020/11/16</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2020/11/16
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	2020/11/16							

ANEXO Ñ: Pesaje de muestras de bioplástico para su posterior caracterización

uu.	ww.	xx.	yy.						
<p align="center">NOTAS</p>	<p align="center">CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p align="center"> ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA </p>	<p align="center"> CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea</i>) </p>						
<p>uu. Pesaje de la muestra 1 de bioplástico a analizar.</p> <p>vv. Pesaje de la muestra 2 de bioplástico a analizar.</p> <p>ww. Pesaje de la muestra 3 de bioplástico a analizar.</p> <p>xx. Pesaje de la muestra 4 de bioplástico a analizar.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	<p align="center">Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1476 1086 1697 1166">LÁMINA</th> <th data-bbox="1704 1086 1823 1166">ESCALA</th> <th data-bbox="1830 1086 1957 1166">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center" data-bbox="1476 1171 1697 1302">1</td> <td align="center" data-bbox="1704 1171 1823 1302">1:1</td> <td align="center" data-bbox="1830 1171 1957 1302">2020/11/16</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	2020/11/16
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
1	1:1	2020/11/16							

ANEXO O: Control de procesos en el laboratorio.

yy.



zz.



aaa.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea</i>)		
yy. Colocación de muestras en estufa. zz. Regulación de tiempo y temperatura en estufa. aaa. Activación de sílica gel por un día.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/11/16

ANEXO P: Pruebas de humedad, solubilidad y permeabilidad.

bbb.



ccc.



ddd.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea</i>)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
bbb. Preparación de muestras para analizar solubilidad. ccc. Proceso de determinación de solubilidad ddd. Proceso de análisis de transmisión de vapor de agua.	➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	1	1:1	2020/11/16

ANEXO Q: Pruebas de biodegradabilidad.

hhh.



NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE (<i>Persea</i>)		
eee. Biodegradabilidad en aire, suelo y agua.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprobado ➤ Certificado ➤ Por aprobar ➤ Por calificar ➤ Por verificar 	Elaborado por: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2020/11/16

ANEXO R: Informe prueba de probeta del tratamiento 1



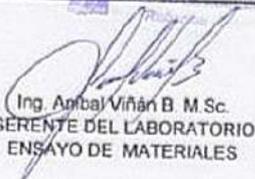
LenMaV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñán B. MSc

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 01	
SOLICITADO POR:	Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi
PROYECTO DE TESIS:	PROYECTO DE TESIS: OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL DESECHO INDUSTRIAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE. (Persea americana)
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA-ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	4-marzo-2021
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	5-abril-2021
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Trat # -1
CARACTERÍSTICA	CAFÉ TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.16
ANCHURA [mm]	9.67
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm ²]	1.55
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.246.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.62
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.05
CARGA MAXIMA [N]	1.73
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.12
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	114.78
OBSERVACIONES:	



Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

Calle Roma N°7 y Padua, Cdla Politécnica
Tel: 032924420 - Cel: 0987260955
email: jvinan54@lenma

#lobamba - Ec

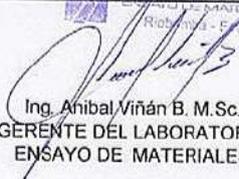
ANEXO S: Informe prueba de probeta del tratamiento 2



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL DESECHO INDUSTRIAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE (Persea americana)
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA-ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	4-marzo-2021
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	5-abril-2021
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Trat # - 2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.15
ANCHURA [mm]	9.38
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.94
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.388.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.45
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.55
CARGA MAXIMA [N]	2.16
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.30
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	33.58
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento

1/1

ANEXO T: Informe prueba de probeta del tratamiento 3



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL DESECHO INDUSTRIAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE (Persea americana)
DIRECCION:	
TIPO DE MATERIAL:	BIOPÉLÍCULA-ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	4-marzo-2021
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	5-abril-2021
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	Trat # - 3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPELOR [mm]	0.12
ANCHURA [mm]	8.71
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.05
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.732.E+02
CARGA DE FLUENCIA [N]	8.32
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	7.96
CARGA MAXIMA [N]	8.52
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	8.15
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	5.20
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cdla Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
Robamba - Ecuador

ANEXO U: Informe prueba de probeta del tratamiento 4



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE UN BIOPOLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL DESECHO INDUSTRIAL DE LA SEMILLA DE AGUACATE (Persea americana)
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPELÍCULA-ALMIDÓN DE SEMILLA DE AGUACATE
MATERIAL:	LAMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	4-marzo-2021
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	5-abril-2021
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	Trat # - 4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	9.48
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.23
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.464.E+02
CARGA DE FLUENCIA [N]	15.90
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	12.90
CARGA MAXIMA [N]	16.91
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	13.72
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	6.01
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:


 Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no es responsable por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO V: Análisis microbiológicos.



**RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA
DE ALMIDÓN**

NOMBRE: Mercedes Lucia Mendoza Chipantasi
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Semilla de aguacate (<i>Persea americana</i>)
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2020-01-13
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-02-19

Examen Físico

COLOR: Blanco
OLOR: Inodoro
ASPECTO: Polvo

Examen Microbiológico

Almidón de Semilla de aguacate			
Determinaciones	UNIDADES	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	200
Coliformes Fecales (<i>Escheichia coli</i>)	UFC/g	<10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	Ausencia

Valores de Referenciaa tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón (FAO)

Atentamente

Dra. Gina Álvarez Reyes
RESPONSABLE TECNICO

ANEXO W : Análisis de amilosa del almidón de semilla de aguacate.

MC-LSAIA-2201-03

	<p>INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-023

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Mercedes Mendoza
DIRECCIÓN: Riobamba
FECHA DE EMISIÓN: 3 de febrero de 2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 21 de enero al 3 de febrero

INSTITUCIÓN: Particular
ATENCIÓN: Srta. Mercedes Mendoza
FECHA DE RECEPCIÓN.: 21/01/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 08H48
ANALISIS SOLICITADO Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹²				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0235	15,54	42,01				Almidón de semilla de aguacate

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO



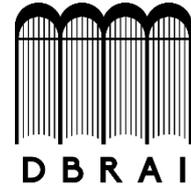

Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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 dirigido 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.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL
APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 08 / 23 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Mercedes Lucía Mendoza Chipantasi
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniero Químico
f. Analista de Biblioteca responsable:

**LUIS
ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente por
LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Nombre de
reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=060276697
4, cn=LUIS ALBERTO
CAMINOS VARGAS
Fecha: 2021.08.23 11:59:52
-05'00'



1619-DBRA-UTP-2021