



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL
AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) PARA EMBALAJE DE
ALIMENTOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: MARIA ALICIA CURAY TOAINGA

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Maria Alicia Curay Toinga**

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

Yo, MARIA ALICIA CURAY TOAINGA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi auditoria y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 05 de mayo de 2022.






Maria Alicia Curay Toinga

180448341-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular: Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS**, realizado por la señorita: **MARIA ALICIA CURAY TOAINGA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular. El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-05-05
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-05-05
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-05-05

DEDICATORIA

El éxito de la culminación de este trabajo de titulación es el resultado del sacrificio de la meta a alcanzar en mi plano profesional, por lo cual está dedicado con amor y respeto a Dios. A mi madre, luchadora, virtuosa que fue un puntal primordial en mi vida quien estuvo en cada logro alcanzado el cual me hizo idealizar en grande y jamás rendirme. A mi padre quien con esfuerzo y dedicación me transmitió valores éticos, es mi apoyo incondicional. A mis hermanos y hermanas por confiar en mí, por todo el amor que desprenden en mí y por compartir este momento de felicidad.

Alicia

AGRADECIMIENTO

A Dios, por las bendiciones que ha derramado en mi vida. A mi familia que, con su amor, comprensión me han socorrido con palabras de aliento y motivación han hecho posible conseguir esta meta anhelada. Gracias a mis amigos que me han acompañado durante todos estos años los cuales se han convertido en mi apoyo emocional que con tardes de alegrías y de arduo trabajo en equipo hicieron que sea más fructífero el aprendizaje. A mi tutor Ing. Hannibal Brito y asesora Ing. Paola Ocaña y docentes que han compartido cada paso que doy al igual que sus conocimientos.

Alicia

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xvii
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	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.....	2
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. <i>General</i>	3
1.3.2. <i>Específicos</i>	3

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	4
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	4
2.2. Marco Conceptual.....	5
2.2.1. <i>Definición</i>	5
2.2.2. <i>Amaranto (Amaranthus caudatus)</i>	5
2.2.2.1. <i>Morfología del amaranto</i>	6
2.2.2.2. <i>Taxonomía</i>	6
2.2.2.3. <i>Características Físico -Químico</i>	7
2.2.3. <i>Plásticos</i>	7
2.2.3.1. <i>Propiedades del plástico</i>	7
2.2.3.2. <i>Constitución del plástico</i>	8
2.2.4. <i>Bioplástico</i>	8
2.2.4.1. <i>Clasificación de los biopolímeros</i>	9

2.2.4.2.	<i>Uso del bioplástico</i>	9
2.2.5.	Almidón	10
2.2.5.1.	<i>Envase y embalaje fabricados de almidón</i>	10
2.2.5.2.	<i>Amilopectina</i>	10
2.2.5.3.	<i>Polimerización</i>	10
2.2.6.	Propiedades poliméricas del almidón	11
2.2.7.	Producción de polímeros de almidón	11
2.2.8.	Plastificantes poliméricos	11
2.2.8.1.	<i>Glicerol</i>	11
2.2.8.2.	<i>Ácido acético</i>	11
2.3.	Planteamiento de la Hipótesis	12
2.3.1.	Hipótesis General	12
2.3.2.	Hipótesis Específicas	12
2.4.	Identificación de variables	12
2.5.	Operación de variables	13
2.5.1.	Operacionalización de las variables para la obtención de almidón	13
2.6.	Matriz de Consistencia	14
2.7.	Tipo y diseño de Investigación	15
2.7.1.	Diseño de la investigación	15
2.7.2.	Diseño factorial 2^k	16
2.7.2.1.	<i>Diseño factorial en la extracción del almidón de Amaranto</i>	16
2.7.2.2.	<i>Diseño factorial en la elaboración de bioplástico</i>	16
2.8.	Tipo de Investigación	16
2.9.	Unidad de Análisis	17
2.10.	Población de Estudio	17
2.11.	Tamaño de Muestra	17
2.12.	Selección de muestra	18
2.13.	Técnicas de Recolección de Datos	18
2.13.1.	Obtención del almidón	18
2.13.1.1.	<i>Técnica de extracción del almidón</i>	18
2.13.1.2.	<i>Técnica para la caracterización del almidón</i>	20
2.13.2.	Obtención de la Biopelícula	25
2.13.2.1.	<i>Técnicas de formulación y caracterización de la biopelícula</i>	25

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	30
3.1.	Análisis correspondientes del grano de amaranto	30
3.1.1.	<i>Análisis sensorial del grano de amaranto</i>	30
3.1.2.	<i>Análisis físicos del grano de amaranto</i>	30
3.2.	Ensayos físico – químico del grano de amaranto	31
3.2.1.	<i>Análisis de Humedad y materia seca del grano de amaranto</i>	31
3.2.1.1.	<i>Resultado de humedad</i>	31
3.2.1.2.	<i>Resultado de Materia Seca del grano de amaranto</i>	31
3.2.2.	<i>Análisis de residuos por calcinación del grano de amaranto</i>	32
3.2.3.	<i>Análisis de solubilidad en agua del grano de amaranto</i>	33
3.2.4.	<i>Análisis pH</i>	33
3.2.5.	<i>Análisis de densidad</i>	34
3.2.5.1.	<i>Densidad Suelta</i>	34
3.2.5.2.	<i>Densidad Compacta</i>	35
3.2.6.	<i>Caracterización Físico químico del grano de Amaranto</i>	36
3.3.	Ensayos físico-químicos y microbiológicos del almidón de amaranto	36
3.3.1.	<i>Análisis organolépticos del almidón a partir de amaranto</i>	36
3.3.2.	<i>Rendimiento del almidón a partir de amaranto</i>	37
3.3.2.1.	<i>Datos del rendimiento del almidón de amaranto</i>	37
3.3.2.2.	<i>Cálculos realizados para el rendimiento del almidón</i>	37
3.3.2.3.	<i>Resultados del rendimiento del almidón a partir de amaranto</i>	39
3.3.2.4.	<i>Análisis de varianza ANOVA del almidón de amaranto</i>	39
3.3.2.5.	<i>Análisis de Tukey</i>	40
3.4.	Datos, resultados y análisis de la caracterización físico -químico del almidón	40
3.4.1.	<i>Ensayo de Lugol</i>	40
3.4.2.	<i>Análisis de pH</i>	41
3.4.3.	<i>Análisis de humedad y materia seca del almidón de amaranto</i>	41
3.4.3.1.	<i>Cálculo de Humedad</i>	41
3.4.3.2.	<i>Resultado de base húmeda del almidón de amaranto</i>	42
3.4.3.3.	<i>Cálculo de Materia Seca</i>	42
3.4.3.4.	<i>Resultado de Materia seca del almidón de amaranto</i>	42
3.4.3.5.	<i>Resultado de residuos por calcinación del almidón de amaranto</i>	43
3.4.3.6.	<i>Calculo y resultado de residuos por calcinación del almidón de amaranto</i>	43
3.4.4.	<i>Análisis de Temperatura de Gelatinización</i>	44
3.4.5.	<i>Análisis de la viscosidad</i>	44
3.4.6.	<i>Análisis de índice de absorción en agua</i>	45

3.4.6.1.	<i>Cálculo y resultado del Índice de absorción en agua</i>	45
3.4.7.	<i>Análisis de Índice de solubilidad en agua</i>	46
3.4.7.1.	<i>Cálculo y resultado del Índice de solubilidad en agua</i>	46
3.4.8.	<i>Análisis de poder de hinchamiento</i>	47
3.4.8.1.	<i>Cálculo del Poder de Hinchamiento</i>	47
3.4.9.	<i>Porcentaje de amilosa y amilopectina</i>	48
3.5.	Ensayos realizados a la biopelícula	48
3.5.1.	<i>Análisis sensorial de la biopelícula</i>	48
3.5.2.	<i>Análisis de varianza ANOVA de biopelícula</i>	50
3.6.	Ensayo físico- químico y mecánicos de la biopelícula	50
3.6.1.	<i>Formulación de la biopelícula</i>	50
3.6.2.	<i>Análisis de Humedad de la biopelícula a partir del almidón de amaranto</i>	51
3.6.2.1.	<i>Datos de Humedad de la biopelícula</i>	51
3.6.2.2.	<i>Cálculo de Humedad de la biopelícula</i>	51
3.6.2.3.	<i>Resultados de Humedad de la biopelícula</i>	52
3.6.2.4.	<i>Análisis de Humedad biopelícula</i>	52
3.6.3.	<i>Análisis de Solubilidad en agua de la biopelícula a partir del almidón de amaranto</i>	53
3.6.3.1.	<i>Datos de Solubilidad en agua de la biopelícula</i>	53
3.6.3.2.	<i>Cálculo de Solubilidad en agua de la biopelícula</i>	53
3.6.3.3.	<i>Resultados de Solubilidad en agua de la biopelícula</i>	54
3.6.3.4.	<i>Análisis de Solubilidad en agua de la biopelícula</i>	54
3.6.4.	<i>Análisis de Permeabilidad de la biopelícula</i>	55
3.6.4.1.	<i>Datos de Permeabilidad de la biopelícula</i>	55
3.6.4.2.	<i>Cálculos de Permeabilidad de la biopelícula</i>	56
3.6.4.3.	<i>Resultado de Permeabilidad de la biopelícula</i>	56
3.6.4.4.	<i>Análisis de Permeabilidad de la biopelícula</i>	57
3.6.5.	<i>Análisis de Ensayos de Tracción o Mecánica</i>	57
3.6.5.1.	<i>Datos de Ensayo de Tracción</i>	57
3.6.5.2.	<i>Cálculos de Ensayo de Tracción</i>	58
3.6.5.3.	<i>Resultado de Ensayo de Tracción</i>	59
3.6.5.4.	<i>Análisis de ensayo de Tracción</i>	59
3.7.	Análisis de Biodegradabilidad de la biopelícula	59
3.7.1.	<i>Biodegradabilidad en el Ambiente</i>	59
3.7.1.1.	<i>Datos de Biodegradabilidad al Ambiente</i>	59
3.7.1.2.	<i>Cálculos de Biodegradabilidad al Ambiente</i>	59

3.7.1.3.	<i>Resultados de biodegradabilidad al Ambiente</i>	60
3.7.1.4.	<i>Análisis de Biodegradabilidad al Ambiente</i>	60
3.7.2.	<i>Biodegradabilidad en el Agua</i>	60
3.7.2.1.	<i>Datos de Biodegradabilidad en el Agua</i>	60
3.7.2.2.	<i>Cálculos de Biodegradabilidad en el Agua</i>	61
3.7.2.3.	<i>Resultados de Biodegradabilidad en el Agua</i>	61
3.7.2.4.	<i>Análisis de Biodegradabilidad en el Agua</i>	61
3.7.3.	<i>Biodegradabilidad en el Suelo</i>	62
3.7.3.1.	<i>Datos de Biodegradabilidad al en el Suelo</i>	62
3.7.3.2.	<i>Cálculos de Biodegradabilidad en el Suelo</i>	62
3.7.3.3.	<i>Resultados de biodegradabilidad en el Suelo</i>	62
3.7.3.4.	<i>Análisis de Biodegradabilidad en el Suelo</i>	63
3.8.	Prueba de Hipótesis	64
3.8.1.	<i>Hipótesis 1</i>	64
3.8.2.	<i>Hipótesis 2</i>	64
3.8.3.	<i>Hipótesis 3</i>	64
3.8.4.	<i>Hipótesis 4</i>	64
 CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Taxonomía del amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>)	6
Tabla 2-2:	Valor Nutricional del amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>)	7
Tabla 3-2:	Variables de la identificación del almidón	12
Tabla 4-2:	Variables de la identificación del bioplástico	13
Tabla 5-2:	Operacionalización de variables para la obtención de almidón.....	13
Tabla 6-2:	Matriz de Consistencia	14
Tabla 7-2:	Tamaño de la muestra.....	17
Tabla 8-2:	Extracción del almidón de amaranto por vía húmeda.....	18
Tabla 9-2:	Técnica de prueba de Lugol.....	20
Tabla 10-2:	Técnica de determinación de pH	20
Tabla 11-2:	Técnica de extracción de almidón de amaranto.....	21
Tabla 12-2:	Técnica de residuos por calcinación.....	22
Tabla 13-2:	Técnicas de la temperatura de gelatinización	22
Tabla 14-2:	Técnica de la viscosidad Brookfield.....	23
Tabla 15-2:	Técnica de Índice de absorción, solubilidad en agua y poder de hinchamiento...	24
Tabla 16-2:	Técnica de humedad de la biopelícula.....	25
Tabla 17-2:	Técnica de la solubilidad en agua en la biopelícula	26
Tabla 18-2:	Espesor	26
Tabla 19-2:	Técnica de permeabilidad al vapor de agua.....	27
Tabla 20-2:	Técnica de ensayo de tracción	28
Tabla 21-2:	Técnica de biodegradabilidad del plástico.....	29
Tabla 22-3:	Análisis sensorial del grano de amaranto	30
Tabla 23-3:	Análisis físicos del grano de amaranto	30
Tabla 24-3:	Datos para la Humedad y materia seca del grano de amaranto	31
Tabla 25-3:	Resultado de Humedad del grano de amaranto	31
Tabla 26-3:	Resultado de Materia Seca del grano de amaranto.....	31
Tabla 27-3:	Resultados de residuos por calcinación del grano de amaranto	32
Tabla 28-3:	Datos de solubilidad en agua del grano de amaranto	33
Tabla 29-3:	Resultado de solubilidad en agua del grano de amaranto.....	33
Tabla 30-3:	Datos y resultados del pH del grano de amaranto	33
Tabla 31-3:	Datos del análisis de densidad suelta del grano de amaranto	34
Tabla 32-3:	Resultado de densidad suelta del grano de amaranto	34
Tabla 33-3:	Datos densidad compacta del almidón de amaranto.....	35
Tabla 34-3:	Resultado de densidad compacta.....	35

Tabla 35-3: Caracterización físico químico del grano de Amaranto	36
Tabla 36-3: Análisis organoléptico del almidón de amaranto.....	36
Tabla 37-3: Variables.....	37
Tabla 38-3: Resultados del rendimiento obtenido del almidón de amaranto.....	38
Tabla 39-3: Rendimiento del almidón de amaranto.....	39
Tabla 40-3: Resultado ANOVA.....	39
Tabla 41-3: Análisis Tukey	40
Tabla 42-3: Datos y resultados de pH del almidón de amaranto	41
Tabla 43-3: Datos de Humedad y materia seca del almidón de amaranto	41
Tabla 44-3: Resultado de base húmeda del almidón de amaranto	42
Tabla 45-3: Resultado de base seca del almidón de amaranto.....	42
Tabla 46-3: Datos y resultado de calcinación del almidón de amaranto.....	43
Tabla 47-3: Resultado de la Temperatura del almidón de amaranto.....	44
Tabla 48-3: Resultado de Viscosidad del almidón de amaranto	44
Tabla 49-3: Datos y Resultados del Índice de absorción en agua.....	45
Tabla 50-3: Datos y Resultados de Índice de solubilidad en agua.....	46
Tabla 51-3: Datos y resultados del poder de hinchamiento	47
Tabla 52-3: Análisis sensorial de la biopelícula	48
Tabla 53-3: Determinación del espesor de la biopelícula	49
Tabla 54-3: Análisis de varianza ANOVA.....	50
Tabla 55-3: Formulación de la biopelícula	50
Tabla 56-3: Datos de Humedad de la biopelícula	51
Tabla 57-3: Resultado de Humedad de la biopelícula	52
Tabla 58-3: Datos de Solubilidad en agua de la biopelícula	53
Tabla 59-3: Resultado de Solubilidad en agua de la biopelícula	54
Tabla 60-3: Datos de Permeabilidad de la biopelícula.....	55
Tabla 61-3: Datos de Área de la biopelícula.....	55
Tabla 62-3: Resultados de tasa de transmisión de vapor de agua	56
Tabla 63-3: Resultado de transmisión de vapor de agua.....	56
Tabla 64-3: Datos de Ensayo de tracción.....	57
Tabla 65-3: Resultados de Ensayo de Tracción	59
Tabla 66-3: Datos de Biodegradabilidad al Ambiente	59
Tabla 67-3: Resultado de Biodegradabilidad al Ambiente	60
Tabla 68-3: Datos de Biodegradabilidad en el Agua	60
Tabla 65-3: Resultado de Biodegradabilidad en el Agua.....	61
Tabla 67-3: Datos de Biodegradabilidad en el Suelo.....	62

Tabla 68-3: Resultado de Biodegradabilidad en el Suelo	62
---	----

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2: Clasificación de los biopolímeros	9
Gráfico 2-2: Ventajas del uso del bioplástico	9
Gráfico 3-2: Diagrama del diseño factorial en la extracción de almidón de amaranto	16
Gráfico 4-2: Diagrama del diseño factorial del bioplástico a partir del amaranto	16
Gráfico 5-3: Base húmeda del grano de amaranto	31
Gráfico 6-3: Análisis en base seca del grano de amaranto.....	32
Gráfico 7-3: Análisis de residuo por calcinación del grano de amaranto	32
Gráfico 8-3: Análisis de solubilidad en agua del grano de amaranto.....	33
Gráfico 9-3: Análisis de solubilidad en agua del grano de amaranto.....	34
Gráfico 10-3: Análisis de densidad suelta del grano de amaranto	34
Gráfico 11-3: Análisis de densidad compacta del grano de amaranto	35
Gráfico 12-3: Rendimiento del almidón de amaranto.....	39
Gráfico 13-3: Análisis de pH del almidón de amaranto.....	41
Gráfico 14-3: Análisis en base húmeda del almidón de amaranto	42
Gráfico 15-3: Análisis en base seca del almidón de amaranto.....	43
Gráfico 16-3: Análisis en base seca del almidón de amaranto.....	43
Gráfico 17-3: Temperatura de Gelatinización del almidón de amaranto	44
Gráfico 18-3: Viscosidad del almidón de amaranto.....	45
Gráfico 19-3: Índice de absorción de en agua del almidón de amaranto	45
Gráfico 20-3: Índice de solubilidad en agua del almidón de amaranto.....	46
Gráfico 21-3: Índice de solubilidad en agua del almidón de amaranto.....	47
Gráfico 22-3: Resultado de Humedad.....	52
Gráfico 23-3: Resultado de Solubilidad.....	54
Gráfico 24-3: Permeabilidad al Vapor de Agua.....	57
Gráfico 25-3: Biodegradabilidad al Ambiente.....	60
Gráfico 26-3: Biodegradabilidad en el Agua	61
Gráfico 27-3: Biodegradabilidad en el Suelo.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Planta de Amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>).....	5
Figura 4-2:	Estructura de la polimerización.....	10
Figura 3-2:	Diagrama de flujo de la extracción de almidón de amaranto.....	19
Figura 4-2:	Ensayo de Tracción Biopelícula	28
Figura 5-3:	Prueba cuantitativa de Lugol en el almidón de amaranto	40

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Cálculo del Porcentaje de Humedad del almidón a partir de amaranto	21
Ecuación 2-2:	Porcentaje de Materia Seca del Almidón de amaranto	21
Ecuación 3-2:	Residuos de calcinación de contenido de cenizas del almidón de amaranto ...	22
Ecuación 4-2:	Índice de absorción de agua.....	24
Ecuación 5-2:	Índice de solubilidad en agua.....	24
Ecuación 6-2:	Poder de hinchamiento	24
Ecuación 7-2:	Humedad.....	25
Ecuación 8-2:	Porcentaje de solubilidad de la biopelícula.....	26
Ecuación 9-2:	Tasa de transmisión de vapor de agua	27
Ecuación 10-2:	Permeabilidad al vapor de agua	27
Ecuación 11-2:	Biodegradabilidad.....	29
Ecuación 12-3:	Rendimiento del almidón a partir de amaranto.....	37
Ecuación 13-3:	Formula del Área	58
Ecuación 14-3:	Formula Longitud Inicial de la Probeta	58
Ecuación 15-3:	Formula de Esfuerzo.....	58
Ecuación 16-3:	Formula de Elongación.....	58

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN A PARTIR DE AMARANT
ANEXO B:	TRATAMIENTO DE LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE AMARANTO
ANEXO C:	OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN DE AMARANTO
ANEXO D:	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE AMARANTO
ANEXO E:	CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE AMARANTO
ANEXO F:	FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA
ANEXO G:	CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA
ANEXO H:	PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA
ANEXO I:	ALMILOSA DEL GRANO DE AMARANTO
ANEXO J:	ALMILOSA DEL ALMIDÓN DE AMARANTO
ANEXO K:	INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AMBIENTE
ANEXO L:	PUNTO MEDIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AMBIENTE
ANEXO M:	PUNTO FINAL DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AMBIENTE
ANEXO N:	INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AGUA
ANEXO O:	PUNTO MEDIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AGUA
ANEXO P:	PUNTO FINAL DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AGUA
ANEXO Q:	INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL SUELO
ANEXO R:	PUNTO MEDIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL SUELO
ANEXO S:	PUNTO FINAL DE BIODEGRADABILIDAD EN EL SUELO
ANEXO T:	ENSAYO DE TRACCIÓN TR1
ANEXO U:	ENSAYO DE TRACCIÓN TR2
ANEXO V:	ENSAYO DE TRACCIÓN TR3
ANEXO W:	ENSAYO DE TRACCIÓN TR4

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

A:	Área total de la Biopelícula
Fa:	Fracción de Almidón
Hb:	Humedad de la Biopelícula
H_{R1}:	Humedad Relativa en el interior de la celda
H_{R2}:	Humedad Relativa
ISA:	Índice de Solubilidad en Agua
Q:	Peso Ganado del Desecante de Vapor de Agua
Ha:	Humedad del Almidón
IAA:	Índice de Absorción en Agua
ISA:	Índice de Solubilidad en Agua
F_R:	Formulación
Kg:	Kilogramos
Mh:	Peso capsula más almidón
Mr:	Peso de capsula
Ms:	Peso de capsula más muestra seca
Ms:	Materia Seca
Mcc:	Peso crisol + muestra calcinada
Mcv:	Peso crisol vacío
Mcs:	Peso crisol + muestra seca
Ms:	Materia Seca
P.i.p:	Peso inicial del almidón
P.i.f:	Peso final del almidón
Pg:	Pego en Gel
PH:	Poder de Hinchamiento
ρ_S:	Densidad Suelta
ρ_E:	Densidad Empacada
RPM:	Revoluciones por minuto
t:	tiempo de la prueba en horas
V:	Volumen
WVTR:	Tasa de Transmisión de Vapor de Agua
WVTR:	Tasa de Transmisión de agua
e:	espesor

RESUMEN

El propósito de esta investigación fue la obtención de bioplástico a partir del amaranto (*Amaranthus caudatus*) para embalaje de alimentos. Inicialmente se realizó los diferentes análisis de la materia prima “grano de amaranto”, como por ejemplo sensorial (color, textura), físico (peso) y químico (ceniza, solubilidad, pH), posteriormente se efectuó la obtención del almidón por el método de extracción húmedo mediante el diseño factorial 2k, con dos variables independientes (velocidad y tiempo) y dependientes (peso y volumen), por el cual se obtuvo cuatro tratamientos, seguido de esto se realizó la caracterización físico-químico de acuerdo a la guía de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), los cuales fueron realizados a nivel de laboratorio, anexo a esto se realizó estudios en laboratorios externos como por ejemplo Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) el cual determino la amilosa y humedad existente en el almidón y en el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC) se realizaron ensayos proximales y microbiológicos. Posterior a ello se llevó a cabo cuatro formulaciones para la elaboración de la biopelícula en la cual se emplea variables independientes como el volumen de glicerina (2 a 4 mL), peso de almidón (3 a 6 gramos), posterior a esto se realizó la caracterización tal como: humedad, permeabilidad al vapor de agua, solubilidad, ensayo de tracción y biodegradabilidad de manera que se verifico que la formulación TR4-A es la más eficaz. En conjunto con la investigación bibliográfica se cotejo técnicas, ensayos y estudios equivalentes que contribuyeron a la factibilidad de la elaboración de la película biodegradable óptima. Por ello es recomendable que las diferentes empresas de bioplásticos se basen en esta norma NTE-INEN 2643 para evitar la contaminación al medio ambiente.

Palabras clave: <AMILOSA>, <AMILOPECTINA>, <BIODEGRADABILIDAD>, <BIOPELÍCULA>, <DISEÑO FACTORIAL>, <PERMEABILIDAD>, <RENDIMIENTO FACTORIAL>.

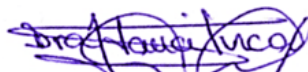


1121-DBRA-UTP-2022
13-06-2022

ABSTRACT

The purpose of this research was to obtain bioplastic from amaranth (*Amaranthus caudatus*) for food packaging. Initially, the different analyzes of the raw material "*amaranth grain*" were carried out, such as sensory (color, texture), physical (weight) and chemical (ash, solubility, pH), later the starch was obtained by the method of wet extraction through the 2k factorial design, with two independent variables (speed and time) and dependent variables (weight and volume), for which four treatments were obtained, followed by the physical-chemical characterization according to the guide of the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), which were carried out at the laboratory level, annexed to this, studies were carried out in external laboratories such as the National Institute of Agricultural Research (INIAP) which determined the amylose and existing humidity in the starch and in the laboratory of Chemical and Microbiological Analytical Services (SAQMIC) proximal and microbiological tests were carried out. After that, four formulations were carried out for the elaboration of the biofilm in which independent variables are used such as the volume of glycerin (2 to 4 mL), weight of starch (3 to 6 grams), after this the characterization such as: humidity, water vapor permeability, solubility, tensile test and biodegradability so that it was verified that the TR4-A formulation is the most effective. Together with the bibliographical research, techniques, tests and equivalent studies were compared that contributed to the feasibility of the elaboration of the optimal biodegradable film. For this reason, it is recommended that the different bioplastic companies base themselves on this NTE-INEN 2643 standard to avoid contamination of the environment.

Keywords: <AMYLOSE>, <AMYLOPECTIN>, <BIODEGRADABILITY>, <BIOFILM>, <FACTORIAL DESIGN>, <PERMEABILITY>, <FACTORIAL YIELD>.


060 292 6719

INTRODUCCIÓN

La expresión plástico se refiere a la síntesis química a partir del petróleo, así que al hablar de polímeros se define como macromoléculas orgánicas formadas por una sucesión de moléculas más pequeñas denominado monómeros que tienen estructuras lineales y tridimensionales. Los plásticos tienen propiedades resistentes, moldeables, ligeros y a los productos químicos; aislantes eléctricos; pueden ser transparentes, translúcidos u opacos (Fernández, y Jiménez, 2017, p. 4). Al provenir de una fuente no renovable y no ser biodegradables, los desechos plásticos permanecen como contaminantes en la superficie terrestre durante largos periodos de tiempo.

Según Pesantez, (2019) nos dice que el proyecto de Ley de Crecimiento Económico, entro en debate ya que una funda plástica, tipo camiseta, tiene una vida útil de 12 minutos promedio. A nivel global, se usa alrededor de 500000 millones de bolsas anualmente las cuales causan la muerte de 100000 mamíferos marinos por efecto de contaminación. Ecuador se suma a esta ley de cobro de un impuesto para gravar las fundas plásticas. En el transcurso de los últimos años las investigaciones basadas en la elaboración de bioplásticos que son hechos a partir de almidón de alimentos; por esto se han incrementado las líneas de investigación como alternativa para contrarrestar la contaminación ambiental, el bioplástico tiene características similares a los plásticos convencionales como por ejemplo rigidez y resistencia, una diferencia que enmarca a estos dos tipos de plásticos, es su tiempo de degradación ya que al ser expuesto al ambiente, agua y suelo donde los microorganismos presentes van a degradarlos y este proceso dura alrededor de 6 meses (Brito, Basantes y Huacho, 2020, p. 7). Por lo que se ha implementado el uso de materias primas de mercados agrarios económicos como es el caso del amaranto (*Amaranthus caudatus*) que es distribuido en el trópico y algunas especies se han adaptado y extendido hasta las regiones templadas por esta variedad de alimentos que contienen almidón se ha impulsado a la exploración de biopolímeros elaborados a partir de recursos renovables como una alternativa para disminuir el impacto ambiental que encamina al uso de plásticos. Los polímeros biodegradables son un tipo específico de polímeros que se descompone después de cumplir su propósito para resultar en subproductos naturales como gases y sales inorgánicas. Sus propiedades y mecanismo de ruptura de polímeros biodegradables (Brito, 2000).

Los bioplásticos se fabrican a partir de recursos renovables de origen natural como el almidón, ya que se considera actualmente uno de los principales materiales biodegradables con mayor aplicación, el principal carbohidrato de almacenamiento de energía en las plantas que se encuentra en la naturaleza (Käser, 2010).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

En la actualidad tenemos un sinnúmero de objetos fabricados y prefabricados de distintos materiales como es la madera, algodón, vidrios los cuales hacen de satisfacer nuestras necesidades como, por ejemplo; electrodomésticos, transportes, ordenadores. Además de estos objetos se han ido modificando debido a los avances tecnológicos lo que nos ha permitido sustituir diferentes materiales uno de ellos son los plásticos derivados del petróleo que por su costo y maleabilidad se han convertido en uno de los favoritos en los mercados que depende de la utilización de estos por lo cual el uso del plástico se incrementó luego de la Segunda Guerra Mundial hasta la presente fecha (Geographic, 2018).

De esta manera se ha incrementado su producción la cual ha prolongado toneladas de basura en el entorno acuático, lo que ha conllevado al estudio de nuevas líneas de investigación para reemplazar el plástico convencional por un plástico que sea amigable con el ambiente. El plástico se ha posicionado como uno de los compuestos principales en la elaboración de empaques, fundas y otros objetos. Sin embargo, el uso de las fundas y embalaje para alimentos ha tenido una gran acogida en el mercado alimenticio. En nuestro país han tenido un efecto nocivo hacia el ambiente. Según (Moran, 2020) y los datos recogidos del INEC en 2018 dieron como resultado la proliferación de residuos de basura diaria de 12739 toneladas de las cuales un 11,43% era plástico.

1.2. Justificación de la investigación

La producción de plástico derivado del petróleo se da a nivel mundial. Ya que su beneficio y utilidad con lleva a la contaminación ambiental, debido a la duración de vida, una vez que un plástico es utilizado este se desecha y pasa a formar parte de las 200000000 toneladas año de desechos producidos mundialmente. Al provenir de una fuente no renovable y no ser biodegradables, los desechos plásticos permanecen como contaminantes en la superficie terrestre durante largos periodos de tiempo. Esto ha impulsado a la exploración de biopolímeros elaborados a partir de recursos renovables como una alternativa para disminuir el impacto ambiental que encamina al uso de plásticos. Los polímeros biodegradables son un tipo específico de polímeros que se descompone después de cumplir su propósito para resultar en subproductos naturales como gases y sales inorgánicas. Sus propiedades y mecanismo de ruptura de polímeros biodegradables.

Los bioplásticos se fabrican a partir de recursos renovables de origen natural como el almidón. El almidón se considera actualmente uno de los principales materiales biodegradables con mayor aplicación. Y el principal carbohidrato de almacenamiento de energía en las plantas que se encuentra en la naturaleza. También es uno de los componentes más abundantes de la biomasa residual en la agroindustria después de la celulosa. Es el motivo que se plantea la **“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS** “con el fin de obtener alternativas sustentables en beneficio del medio ambiente.

El proyecto se desarrollará en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo el mismo que se encuentra a cargo del grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo (GIADE) en la **“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR”**, aprobado con resolución administrativa No. 002-ESPOCH-2020 del Plan Operativo Anual de la ESPOCH, con fecha de inicio del 2020/01/07 y fecha de finalización 2022/11/04.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General

- Obtener una biopelícula a partir del amaranto (*Amaranthus caudatus*) para embalaje de alimentos.

1.3.2. Específicos

- Realizar la caracterización físico-química y microbiológica de la materia prima y almidón del amaranto utilizando los métodos de ensayos correspondientes.
- Determinar el porcentaje de rendimiento del almidón de amaranto mediante los valores de velocidad y tiempo de trituración.
- Elaborar biopelículas de diferentes formulaciones a partir del almidón de amaranto.
- Realizar la caracterización de las biopelículas sintetizadas y así determinar las mejores formulaciones

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

El plástico se ha convertido en un producto muy comercial ya sea en el sector automotriz, industrial y alimenticia lo cual su incremento su producción dando como resultado una problemática que es la generación de residuo contaminantes ya que su promedio de vida útil es relativamente corto y tiene un factor adverso al ambiente porque tarde 150 años en descomponerse. Debido a esto se han creado líneas de investigación en los últimos años ya que existen diversas aplicaciones ya sean en proceso como en productos dependiendo de cada materia orgánica a investigarse.

En el Ecuador se ha integrado temas de investigación la cual es una alternativa para la producción de plástico de biodegradable. A partir del almidón de cualquier materia prima se puede fabricar productos como por ejemplo el alcohol, ácido láctico, sorbitol lo cual hace que esta fuente de abastecimiento casi indefinida ya que son elaborados a partir de sustancias orgánicas los cuales es usada en la industria alimenticia, textil y en la de polímeros (Torres Pérez, 2006). En la extracción del almidón se elabora una serie de procesos secuenciales obteniendo un rendimiento del almidón del 4,61 % de tasa de extracción en cada género dependiendo el tamaño de la raíz, tubérculos y del tamaño de los partículas de almidón (Torres Pérez, 2006).

Para la elaboración del plástico biodegradable uno de los principales componentes es el almidón como por ejemplo el almidón de melloco que está compuesta por un 80 % de líquido y un 20 % de masa solida de cuales el 81 % de carbohidratos y 1,75 % lípidos. También contiene minerales como el K con un contenido del 2 % en masa y en cantidades mínimas de sodio y un 90 % de proteína (Brito, Huacho y Rodríguez, 2021).

La investigación de ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta crantz*), trazó como objetivo la elaboración de biopelículas a partir del almidón de mandioca o yuca a escala de laboratorio, las cuales tuvieran propiedades muy similares a las de los films procedentes de polietileno. En el capítulo III se detalló la metodología para la elaboración de las biopelículas, así como los procedimientos para realizar pruebas de caracterización. Los resultados reportan que las mejores biopelículas de almidón/plastificante son aquellas con una relación de almidón: plastificante entre 1:0.5 a 1:0.625 y la mejor relación (A: P), en este capítulo también se comprobó que el glicerol es un buen plastificante para ser usado con el almidón de yuca, porque brinda brillo, transparencia y flexibilidad a las biopelículas (Buensuceso, 2010).

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Definición

El amaranto es una fuente de proteínas y minerales y otros nutrientes necesarios para la alimentación del ser humano. También puede ser utilizado en variedades de productos, como ejemplos cereales, galletas, bebidas y confiterías. Tiene una tasa alto de valor nutricional para mantener una buena salud (Mapes, 2015, p. 5).



Figura 1-2: Planta de Amaranto (*Amaranthus caudatus*)

Fuente: (Mapes, 2015, p. 4).

Características:

- Tiene 55 semillas por metro cuadrado
- Su siembra es a tan solo 2 cm de profundidad en tierras húmedas que son aptas para la producción sin dificultades.
- Se lo mantiene en un semillero hasta alcanzar los 20 cm luego se lo realiza un trasplante a un jardín con una distancia de aproximadamente 70 cm (Fuentes, 2016).

2.2.2. Amaranto (*Amaranthus caudatus*)

Es una clase de amaranto la cual tiene un contenido bajo en aceite ya que sus semillas son muy pequeñas Por otro lado este aceite tiene una proporción muy elevada de escualeno la cual tiene muchos beneficios para la piel también contiene lípidos que ayudan a su regeneración y otro de ellos es la absorción de radios UV, es un antioxidante muy eficaz debido a su alto contenido en tocoferoles también es inflamatorio (Käser, 2010).

2.2.2.1. Morfología del amaranto

Planta

La planta de amaranto es un tipo arbustivo bajo hasta ejemplares de dos metros de altura, con o sin ramas, rastreras, erectas y coloreadas del verde oscuro al magenta. Su parte foliar está constituida por hojas elípticas de extremo agudo y base cuneada, de tamaño diverso dentro de una misma especie. Producen semillas cuyo aspecto es similar al sorgo (INIAP, 2008).

Semilla

Son pequeñas, Lenticulares, de aproximadamente un mm de diámetro, con más de mil semillas por gramo de producto, totalizadas desde el amarronado pálido hasta el negro por el contenido de pigmentos en el tegumento de la semilla. Típicamente las especies cultivadas para obtener el grano poseen semillas de color claro, en tanto que los amarantos cuyo uso es foliar tienen semillas más oscuras (Resio y Nilda, 1999, p. 22).

2.2.2.2. Taxonomía

Tabla 1-2: Taxonomía del amaranto (*Amaranthus caudatus*)

REINO	Plantae
DIVISIÓN	Magnoliophyta
SUBDIVISIÓN	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
ORDEN	Caryophyllales
FAMILIA	Amaranthaceae
SUBFAMILIA	Amaranthaceae
TRIBU	Amarantheae
GÉNERO	Amaranthus L.
SUBGÉNERO	Acnida y Amaranthus
SECCIÓN	Amaranthus
ESPECIE	A. caudatus
NOMBRE COMÚN	amaranto
NOMBRE CIENTIFICO	Amaranthus

Fuente: (Mapes, 2015, p. 15).

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

2.2.2.3. Características Físico -Químico

Tabla 2-2: Valor Nutricional del amaranto (*Amaranthus caudatus*)

Energía (kcal)	439.90
Proteínas (g)	17.9
Fibra (g)	2.2
Grasa (g)	7.7
Hidratos de Carbono (g)	57.0
Vitamina A (µg ER)	304
Vitamina B1 (mg)	1,45
Vitamina E (mg)	1,19
Calcio (mg)	159.0
Fósforo (mg)	600
Magnesio (mg)	344.0
Hierro (mg)	7.61
Potasio (mg)	508.0
Zinc (mg)	2,87
Grasa total (g)	7.02
Sodio (mg)	4

Fuente: (Suckling,Baker,y Salehi, 2009, p. 45)

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

2.2.3. Plásticos

El plástico es un material de origen orgánico de elevado peso molecular, y se caracteriza por su propiedad maleable que le permite adoptar diversidad de formas. La palabra plástico deriva del griego *plastikos*, que significa moldeable (Peláez, 2012, p. 42).

2.2.3.1. Propiedades del plástico

Conductividad eléctrica. _ Los plásticos son malos conductores de la electricidad, por lo que se pueden emplear como aislantes eléctricos. Por ejemplo, en el recubrimiento de cables (Pascual, 2020).

Conductividad térmica. _ Los plásticos tienen una baja conductividad térmica. Suelen ser materiales aislantes, es decir, transmiten el calor muy lentamente. Por ejemplo, en los mangos de la batería de cocina (Pascual, 2020).

Resistencia mecánica. _ Teniendo en cuenta lo ligeros que son los plásticos, resultan muy resistentes. Esto explica por qué se usan junto a las aleaciones metálicas para construir aviones. Por ejemplo, los juguetes están hechos de algún tipo de plástico (Pascual, 2020).

Resistencia química. _ Es una de las propiedades que ha generado una producción masiva de plásticos. Casi todos resisten muy bien el ataque de agentes químicos, como los ácidos, que alteran los materiales, en especial a la mayoría de los metales (Nordberg, et al., 2001, p. 23).

Combustibilidad. _ La mayoría de los plásticos arde con facilidad, ya que se componen de carbono e hidrógeno. Por ejemplo, las bolsas de basura (Nordberg, et al., 2001, p. 35).

Plasticidad. _ Muchos plásticos se reblandecen con el calor y, sin llegar a fundir, son fácilmente moldeables. Esto permite fabricar con ellos piezas de formas complicadas (Gobierno de Andalucía, 2017).

2.2.3.2. *Constitución del plástico*

Los plásticos son materiales que contienen como elemento fundamental sustancias de elevado peso molecular. Son sólidos en estado final y en alguna etapa de su fabricación han podido ser sometidos a un flujo. Se trata de materiales orgánicos sintéticos que se pueden hacer más blandos mediante el calor durante alguna etapa de transformación, adoptando una nueva forma que se conserva permanente o semipermanente (Gobierno de Andalucía, 2017).

2.2.4. *Bioplástico*

La más comúnmente aceptada hoy en día dice que un bioplástico es un material de origen biológico y biodegradable. Y de polímeros naturales que se hacen sin productos petroquímicos: por ejemplo, a base de celulosa, almidón y materiales a base de caucho natural. Algunos son totalmente biodegradables y requieren menos energía para producir que los polímeros sintéticos (ZEAplast, 2021).

2.2.4.1. Clasificación de los biopolímeros

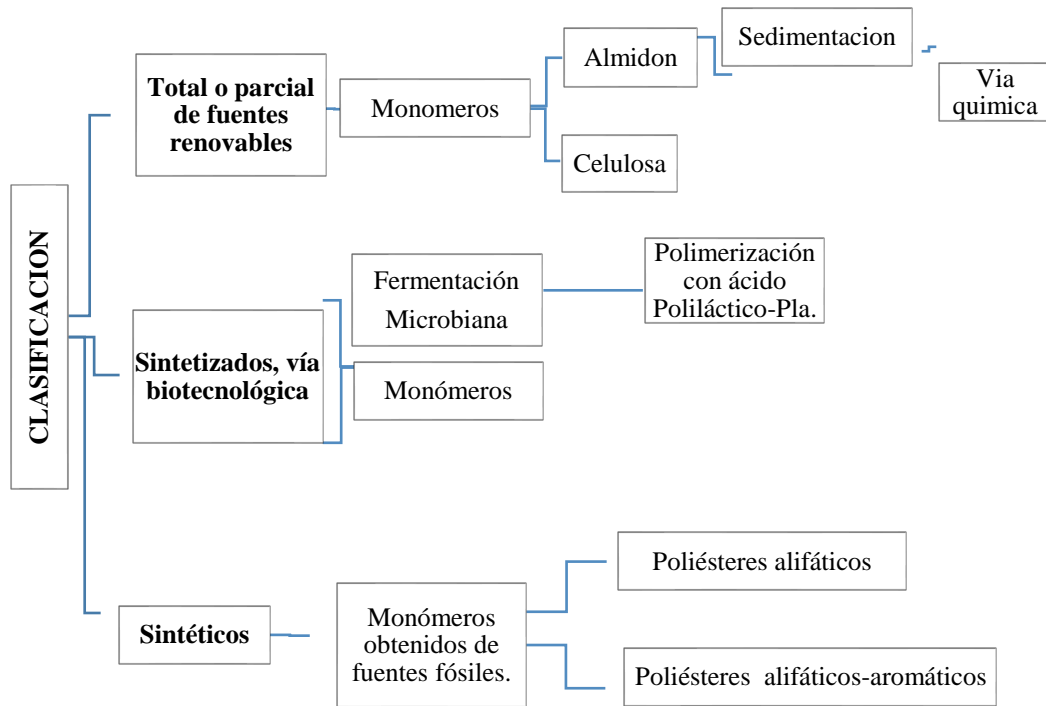


Gráfico 1-2: Clasificación de los biopolímeros

Fuente: (ZEAplast, 2021)

2.2.4.2. Uso del bioplástico

Uso de bioplásticos, que consisten en conseguir polímeros naturales a partir de residuos agrícolas, celulosa o almidón de patata o amaranto. Son 100% degradables, igual de resistentes y versátiles, y ya se usan en sectores como agricultura, industria textil, medicina y sobre todo en el mercado de embalajes y envases (ZEAplast, 2021).

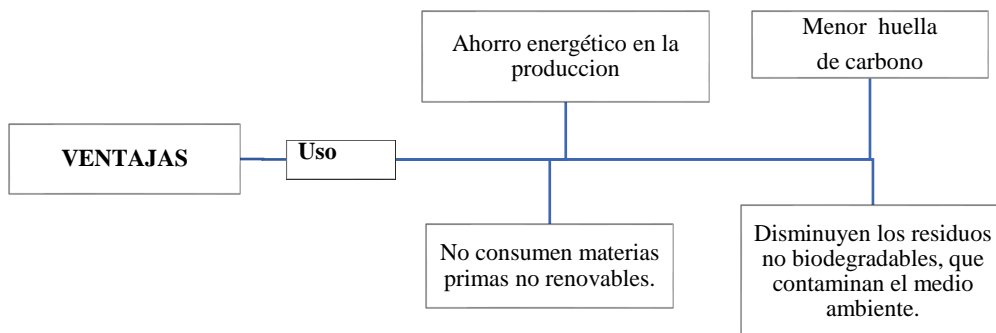


Gráfico 2-2: Ventajas del uso del bioplástico

Fuente: (ZEAplast, 2021).

2.2.5. Almidón

Todos los almidones están constituidos por α -D-glucopiranosas en cadenas lineales con enlaces α (1,4) en la amilosa, o en cadenas ramificadas por el enlace α (1,6) sobre cadenas α (1,4) en la amilopectina (Juárez, 2013).

2.2.5.1. Envase y embalaje fabricados de almidón

La base de la sustitución en la industria del envase radica por una parte en mejora de nuevos materiales con propiedades mejoradas, más sostenibles y económicamente viables, que a su vez sigan cumpliendo con los requerimientos necesarios para realizar la función básica del envase: contener, conservar, informar y facilitar su distribución (Meneses,Corrales,y Valencia, 1979, p. 9).

2.2.5.2. Amilopectina

Tanto la amilosa como la amilopectina influyen de manera determinante en las propiedades sensoriales y reológicas de los alimentos, principalmente mediante su capacidad de hidratación y gelatinización. En ciertos casos, cuando una de estas fracciones está en exceso, puedes traer consigo algunos inconvenientes; esto se observa en el arroz cocido, cuya calidad mejora cuando se reduce el contenido de amilopectina, pues resulta menos pegajoso (Juárez, 2013).

2.2.5.3. Polimerización

Es un proceso químico por el que los reactivos, monómeros (compuestos de bajo peso molecular) se agrupan químicamente entre sí, dando lugar a una molécula de gran peso, llamada polímeros, bien una cadena lineal o una macromolécula tridimensional (Clayden, 2013).

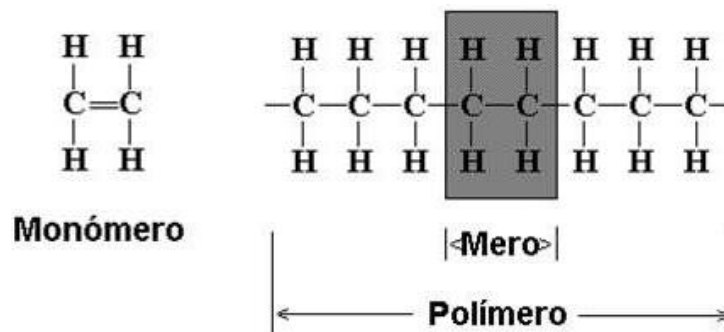


Figura 2-2: Estructura de la polimerización

Fuente: (Clayden, 2013)

2.2.6. *Propiedades poliméricas del almidón*

El almidón es un polímero natural cuyos gránulos consisten en estructuras macromoleculares ordenadas en capas y cuyas características. Donde se observa que tiene capas externas de amilopectina y capas internas de amilosa, variable dependiendo del producto que se obtiene el almidón. Su composición química es la de un polisacárido formado únicamente por unidades glucosídico (Duran, 2009). Otras propiedades de barrera frente a gases como el oxígeno o el dióxido de carbono son moderadamente buenas. Finalmente, estos polímeros son biodegradables, sin embargo, un contenido muy alto de copolímero puede afectar adversamente dicha biodegradabilidad (Resio, and Nilda, 1999).

2.2.7. *Producción de polímeros de almidón*

El almidón es un polímero natural cuyos gránulos consisten en estructuras macromoleculares ordenadas en capas y cuyas características en cuanto a composición, cantidad y forma varían de acuerdo con el tipo de fuente de la que provenga (Delgado, 2018).

2.2.8. *Plastificantes poliméricos*

2.2.8.1. *Glicerol*

Es un polialcohol de una cadena carbonada de tres átomos de carbono y tres grupos hidroxilos ($\text{CH}_2\text{OH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$). Reaccionan con facilidad debido a los grupos alcohólicos (primario y secundario) que pueden ser reemplazados por otros grupos funcionales. Un líquido incoloro, inodoro, de baja toxicidad ambiental, soluble en agua y otros disolventes polares, insoluble en hidrocarburos, hidrocarburos clarinados y éteres, no se considera un líquido volátil. Tiene un pH neutro, es de fácil manejo solo reacciona cuando está en contacto con agentes oxidantes y Posee un alto punto de ebullición y viscosidad. Se puede utilizar en diferentes ámbitos (Aguilar, et al., 2016).

2.2.8.2. *Ácido acético*

Es un líquido incoloro con un olor a vinagre (hielo) su peso molecular es 60, en cuanto a la solubilidad este es inmisible en agua. Es utilizado en la de acetato de vinilo la cual es usada para emulsiones tales para pinturas, adhesivos, la elaboración de fármacos, plásticos, aditivos e insecticida. Donde también utilizan en alimentos dando lugar a la conservación de embutidos, coagulación del látex (Trenton, 2017).

2.3. Planteamiento de la Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

H_G: El plástico biodegradable obtenido a partir del almidón de amaranto (*caudatus*), servirá como material para el embalaje de alimentos efectuando características análogas al del plástico convencional siendo una sustitución eficaz al adquirir el producto

2.3.2. Hipótesis Específicas

H₁: Selección del método apto de extracción del almidón a partir del amaranto (*caudatus*) utilizando el método húmedo.

H₂: Evaluar las RPM (revoluciones por minuto) y el tiempo de trituración (s) que influyen en el proceso de extracción y rendimiento del almidón por método húmedo.

H₃: Identificación y caracterización del almidón de amaranto extraído utilizando métodos de ensayos pertinentes.

H₄: Elaboración del plástico biodegradable adicionando glicerina como plastificante y obteniendo formulaciones semejantes con características distintas.

2.4. Identificación de variables

Tabla 3-2: Variables de la identificación del almidón

VARIABLE	Extracción de almidón	Secado	Tamizado
Independiente	Muestra del almidón	Temperatura	Rendimiento
Dependiente	Porcentaje de obtención del almidón	Humedad Rendimiento Tiempo de degradación Tiempo de secado	Ceniza Humedad Rendimiento de secado Espesor Solubilidad Gelatinización

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Tabla 4-2: Variables de la identificación del bioplástico

VARIABLE	Bioplástico
Independiente	Temperatura
Dependiente	Elasticidad
	Resistencia
	Solubilidad
	Tiempo de secado

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

2.5. Operación de variables

2.5.1. Operacionalización de las variables para la obtención de almidón

Tabla 5-2: Operacionalización de variables para la obtención de almidón

Categoría			
Elaborar una biopelícula a partir del almidón de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) para embalaje de alimentos			
Descripción			
Las biopelículas es un conjunto de biopolímeros que sufren una descomposición por acción enzimática de microorganismos.			
Objetivos	VARIABLES	Indicadores	Escala de medición
Realizar la caracterización física, química y microbiológica de la materia prima y almidón del amaranto utilizando los métodos de ensayo correspondientes.	Densidad aparente Humedad pH Solubilidad Fibra Proteínas Grasa Temperatura de Gelatinización Viscosidad Coliformes Totales	g/ml % - - % % % % °C - UFC/g UFC/g	Pruebas Físico-químicas y microbiológicas INEN 1456
Determinar los valores óptimos de velocidad y tiempo de trituración en la extracción de almidón por vía	Revoluciones por minutos Tiempo de secado Contenido de almidón obtenido	RPM s %	Licudadora Balanza

húmeda a partir de amaranto			
Obtener biopelículas en base a diferentes formulaciones a partir del almidón de amaranto.	Contenido de almidón Porcentaje de plastificante Composición de los reactivos Temperatura Tiempo de secado	% % Kg ° C s	
Realizar la caracterización de las biopelículas sintetizadas y así determinar las mejores formulaciones.	Solubilidad Permeabilidad Pruebas Mecánicas		Ensayos Mecánicos

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

2.6. Matriz de Consistencia

Tabla 6-2: Matriz de Consistencia

“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS	
Problema	El consumo masivo de los plásticos convencionales h generado un excesivo cumulo de desechos los cuales hacen que se contamine los diferentes ecosistemas.
Objetivos	
Objetivos General	Elaborar una biopelícula a partir del almidón de amaranto (<i>Amaranthus caudatus</i>) para embalaje de alimentos
Objetivos Especifico	Realizar la caracterización física, química y microbiológica de la materia prima y almidón del amaranto utilizando los métodos de ensayo correspondientes.

	<p>Determinar los valores óptimos de velocidad y tiempo de trituración en la extracción de almidón por vía húmeda a partir de amaranto.</p> <p>Obtener biopelículas en base a diferentes formulaciones a partir del almidón de amaranto.</p> <p>Realizar la caracterización de las biopelículas sintetizadas y así determinar las mejores formulaciones.</p>
Hipótesis	
General	Específico
<p>H_G: El plástico biodegradable obtenido a partir del almidón de amaranto (<i>caudatus</i>), servirá como material para el embalaje de alimentos efectuando características análogas al del plástico convencional siendo una sustitución eficaz al adquirir el producto.</p>	<p>H₁: Selección del método apto de extracción del almidón a partir del amaranto (<i>caudatus</i>) utilizando el método húmedo y seco.</p> <p>H₂: Evaluar las RPM (revoluciones por minuto) y el tiempo de trituración (s) que influyen en el proceso de extracción y rendimiento del almidón por método húmedo.</p> <p>H₃: Identificación y caracterización del almidón de amaranto extraído utilizando métodos de ensayos pertinentes.</p> <p>H₄: Elaboración del plástico biodegradable adicionando glicerina como plastificante y obteniendo formulaciones semejantes con características distintas.</p>

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

2.7. Tipo y diseño de Investigación

2.7.1. Diseño de la investigación

Por ende, se elabora la parte experimental bajo la proposición del diseño factorial 2k (donde: 2= volumen de agua y glicerina; k= número de repeticiones) lo que conlleva esto a un impacto y generación de dos límites (*bajo* y *alto*) y así poder fijar los niveles de factores que afecten a la formación de la biopelícula.

2.7.2. Diseño factorial 2^k

2.7.2.1. Diseño factorial en la extracción del almidón de Amaranto

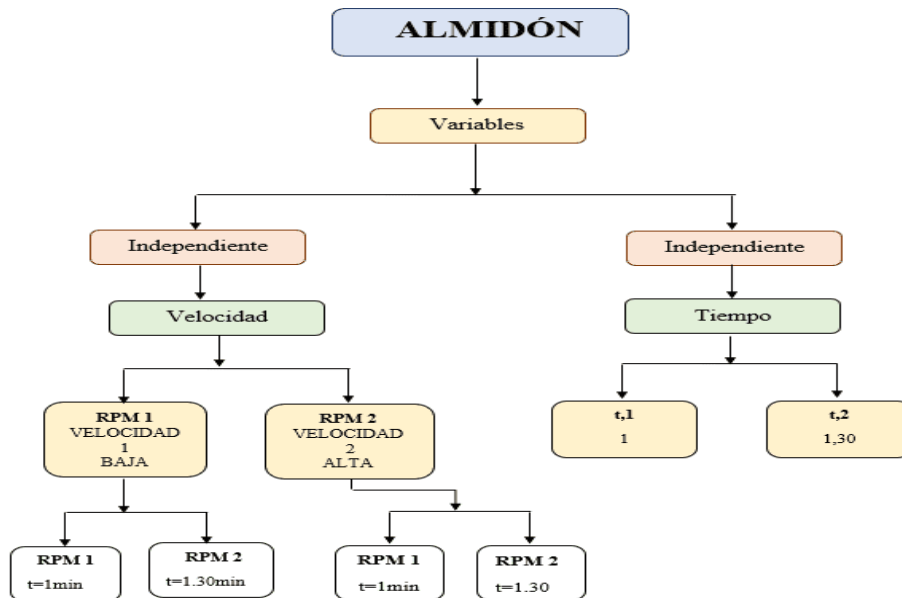


Gráfico 3-2: Diagrama del diseño factorial en la extracción de almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

2.7.2.2. Diseño factorial en la elaboración de bioplástico

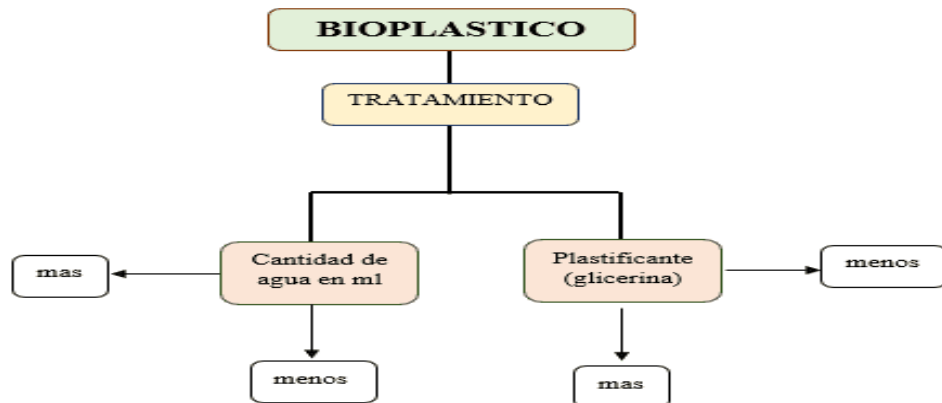


Gráfico 4-2: Diagrama del diseño factorial del bioplástico a partir del amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

2.8. Tipo de Investigación

La presente investigación es de carácter teórico - práctico ya que la recolección de datos obtenidos es a nivel de laboratorio dando un resultado de la investigación y experimentación lo que conlleva a buscar variables que partan desde la extracción de almidón de amaranto (*caudatis*) y subsiguiente la elaboración del plástico biodegradable.

2.9. Unidad de Análisis

Este análisis se basa en la obtención del almidón a partir de amaranto continuando con los análisis pertinentes como son el proximal: formulación de los diferentes tratamientos para la elaboración de las biopelículas considerando los contenidos de almidón y plastificante y para finalizar se realiza los análisis correspondientes para dar validez a la efectividad de esta.

2.10. Población de Estudio

El estudio de esta investigación pertenece al muestreo de la semilla de amaranto (*caudatis*) el cual se recolecto de las bodegas de San Alfonso, Riobamba en donde se selecciona el mejor producto que cumple con características organolépticas

2.11. Tamaño de Muestra

Tabla 7-2: Tamaño de la muestra

N.º	Composición	Concentración de Plastificante	Materia Prima (amaranto)
1	1	1.1	1
2		1.2	2
3		1.3	3
4		1.4	4
1	2	2.1	1
2		2.2	2
3		2.3	3
4		2.4	4
1	3	3.1	1
2		3.2	2
3		3.3	3
4		3.4	4
1	4	4.1	1
2		4.2	2
3		4.3	3
4		4.4	4

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

2.12. Selección de muestra

La selección de la muestra de la semilla de amaranto se realizará, en el mercado San Alfonso del cantón Riobamba. Las muestras recogidas son de un mismo centro de acopio las cuales tendrá una variación mínima las cuales hacen que se obtenga diferentes condiciones de operación (*variables*) como son de tiempo de secado, temperatura. Por lo tanto, se produce cuatro composiciones diferentes en donde se obtiene cuatro repeticiones por cada tratamiento dando un resultado de dieciséis biopelículas, que serán valoradas mediante la determinación de porcentaje de humedad y valoración mediante pruebas mecánicas como la elongación, flexión, permeabilidad al agua, temperatura de gelatinización, densidad y Norma ASTM D1653-93.

2.13. Técnicas de Recolección de Datos

2.13.1. Obtención del almidón

Se lo realiza por el método de Vía Húmeda, la que cumple con parámetros concretos como por ejemplo la velocidad de triturado y tiempo, asimismo se realizó cuádruple de tratamientos.

2.13.1.1. Técnica de extracción del almidón

Tabla 8-2 Extracción del almidón de amaranto por vía húmeda

Vía Húmeda	
Equipos	Materiales
Balanza	Mortero y pistilo
Licuada casera	Papel aluminio
Reactivos	
Agua Destilada	
Metabisulfito de sodio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)	
Procedimiento	
- Lavar, pelar, y trocear el amaranto, sumergirlos en solución al 0,5% de agua destilada y metabisulfito de sodio por aproximadamente 15 min.	
- Filtrar los residuos de la materia prima y así obtener una suspensión	
- Dejar reposar 12 horas para que se forme un sedimento y pesar el sedimento (<i>almidón húmedo</i>) obtenido.	
- Con los residuos separados se repite dos veces el proceso de filtrado.	

- Secar el sedimento a una temperatura de 60 °C, se distribuye en las bandejas procurando que sea de forma homogénea.
- Pesar las muestras cada 60 min hasta que alcance un peso cte. moler con mortero y pistilo hasta una granulometría de 63 µm y al final se almacena en recipientes herméticos y se mantiene a una temperatura de 20 °C.

Fuente: (De la Prada, 2011), con modificaciones.

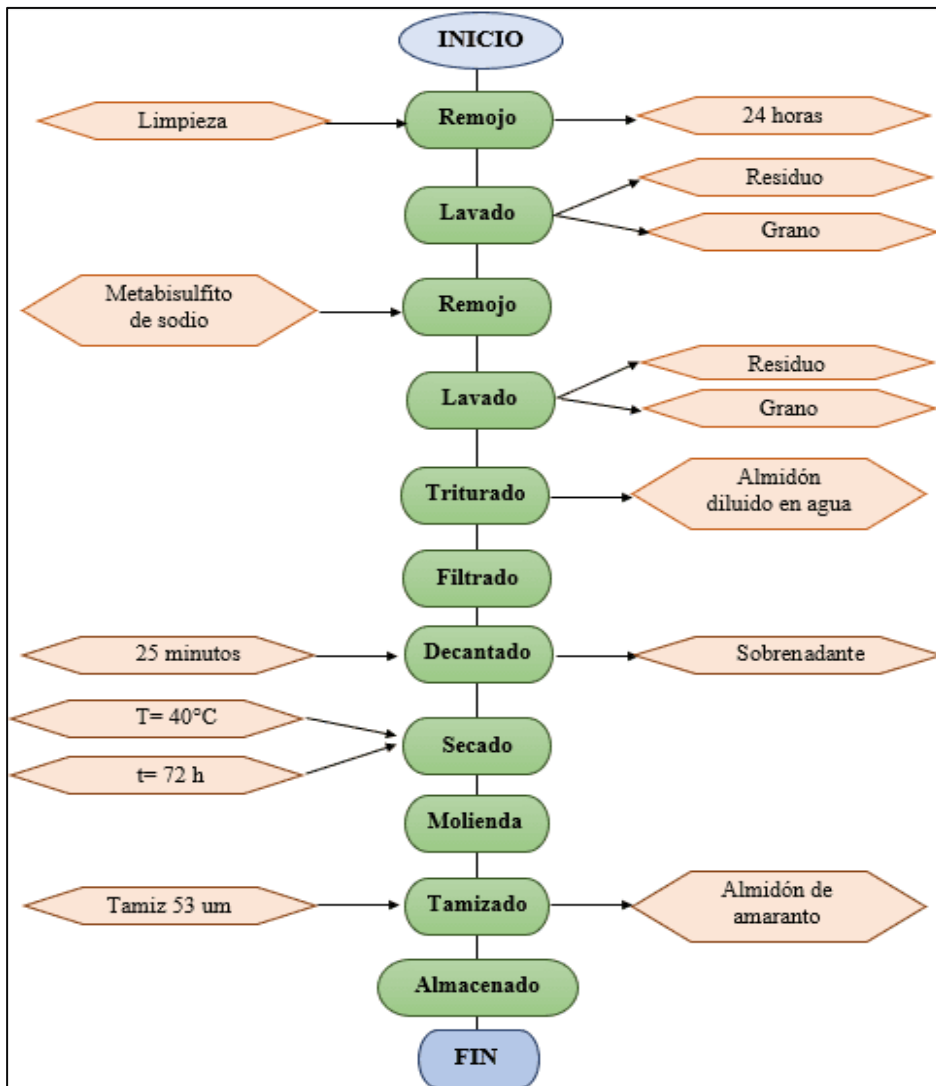


Figura 3-2: Diagrama de flujo de la extracción de almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

2.13.1.2. Técnica para la caracterización del almidón

Técnica de Prueba de Lugol

Tabla 9-2: Técnica de prueba de Lugol

PRUEBA DE LUGOL	
Materiales	Sustancias
Tubo de Ensayo	Agua destilada Almidón de amaranto Solución de Lugol
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> - 2 mL de solución Agua-Almidón 1:1 en un tubo de ensayo - Adicionar 5 gotas de solución Lugol - Observar la coloración 	
Cálculos	
Medición Cualitativa Debe tornarse con una coloración azul-violeta oscuro para que sea positivo en presencia de almidón	
Fuente: (Aguiar, et al., 2014).	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Técnica de la determinación de pH

Tabla 10-2: Técnica de determinación de pH

DETERMINACIÓN DE pH	
Equipos	Materiales
pH metro Agitador Magnético	Agua Destilada Almidón a partir de amaranto
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> - Limpiar el electrodo del pH metro con agua destilada para evitar cualquier interferencia. - Secar con papel absorbente - Preparar la solución 1:5 de almidón / agua Destilada - Agitar la Solución por 30 minutos a 100 RPM en el agitador magnético - Introducir el electrodo en esta solución 	

- Tomar la lectura del pH metro
NOTA:
• <i>Ensayo por triplicado</i>
Resultados
Se encuentra correcto si está dentro del rango de 5,0-7,0 como requerimiento.
Fuente: (NTE INEN 1456, 2012).p.1.
Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Técnica del contenido de humedad y materia seca

Tabla 11-2: Técnica de extracción de almidón de amaranto

CONTENIDO DE HUMEDAD Y MATERIA SECA	
Materiales y sustancia	Equipos
Almidón de amaranto	Estufa
Cápsula	Desecador
	Balanza Analítica
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> - Tarar previamente las capsulas - Pesar los capsulas Tarados - Pesar 2 gramos del almidón que se obtiene a partir de amaranto y colocar en la capsula - Colocar en la estufa durante 24 horas a 105⁰C - Enfriar las cápsulas en el desecador y pesar - Repetir los 3 pasos anterior hasta obtener un peso constante 	
NOTA:	
• <i>Ensayo por triplicado</i>	
Cálculos	
Ecuación 1-2: Cálculo del Porcentaje de Humedad del almidón a partir de amaranto	
$\%Ha = \frac{[(Mh - Ms)(g)]}{[(Ms - Mr)(g)]} * 100$	
Ecuación 2-2: Porcentaje de Materia Seca del Almidón de amaranto	
$\%Mseca = 100 - \%Ha$	
Valor de referencia	
El porcentaje de materia seca debe estar dentro del rango 87-90%	
Fuente: FAO, 2010, p.62. con modificaciones.	
Realizado por: Curay, Alicia. 2022.	

Técnica del contenido de residuos por calcinación

Tabla 12-2: Técnica de residuos por calcinación

RESIDUOS POR CALCINACIÓN	
Materiales	Equipos
Almidón obtenido a partir del amaranto Crisoles	Mufla Balanza Analítica
<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tarar los crisoles - Pesar 2 gramos de almidón - Colocar el crisol con la sustancia carbonizada en la mufla a 550 °C alrededor de 6 horas. - Enfriar en el desecador el crisol - Obtener un peso constante y tomar lectura - Pesar <p>NOTA</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ensayo por triplicado</i> 	
<p>Cálculos</p> <p>Ecuación 3-2: Residuos de calcinación de contenido de cenizas del almidón de amaranto</p> $\% \text{ ceniza} = \left(\frac{\text{masa muestra calcinada} - \text{masa del crisol vacío}}{\text{masa muestra seca} - \text{masa del crisol vacío}} \right) * 100$	
<p>Valores de referencia</p> <p style="text-align: center;">No deberá exceder el 0,12%</p>	
<p>Fuente: (Aristizábal, and Sánchez, 2007).</p> <p>Realizado por: Curay, Alicia. 2022.</p>	

Técnica de la temperatura de gelatinización

Tabla 13-2: Técnicas de la temperatura de gelatinización

TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN	
Materiales	
Termómetro	Probeta
Vasos de precipitación	Malla de asbesto
Reverbero	

<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Pesar 5 gramos del almidón a partir de amaranto - Mezclar con agua destilada hasta que dicha solución llegue a 50 mL - Calentar a baño María - Agitar constantemente e ir tomando la temperatura hasta el punto exacto que se forme una pasta - Leer dicha temperatura de Gelatinización <p>NOTA</p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Ensayo por triplicado</i>
<p>Cálculos</p> <p>La temperatura de gelatinización tomada directamente del termómetro. Según (Canalupe, 2021), nos dice que para los cereales existe un rango de gelatinización como por ejemplo el centeno de 57-70°C, maíz 62-74°C y arroz 68-78°C.</p> <p>Fuente: (Aristizábal, y Sánchez, 2007, p.72).</p> <p>Realizado por: Curay, Alicia. 2022.</p>

Técnica de la viscosidad Brookfield

Tabla 14-2: Técnica de la viscosidad Brookfield

VISCOSIDAD BROOKFIELD	
Equipo	
Termómetro	Varilla de Agitación
Reverbero	Vasos de precipitación
Viscosímetro Brookfield DV- 1	Caja de Agujas
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> - Añadir 25 gramos de almidón de amaranto y disolverlo con agua destilada hasta completar 50 mL - La suspensión es colocada en un vaso de precipitación de 1000 mL hasta su ebullición por 15 minutos sin dejar de agitar. - Enfriar hasta alcanzar una temperatura de 25C - Medir la Viscosidad con 10 RPM de velocidad con la aguja SPL 2. 	
NOTA	
<i>Ensayo por triplicado</i>	
Cálculos	
La viscosidad se debe obtiene en centipoise (cP), la cual tiene un rango de 840 -1 500 cP.	
Fuente: (Aristizábal, y Sánchez, 2007, p.66).	
Realizado por: Curay, Alicia. 2022.	

Técnica del índice de absorción, solubilidad en agua y poder de hinchamiento

Tabla 15-2: Técnica de Índice de absorción, solubilidad en agua y poder de hinchamiento

ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA, ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA Y PODER DE HINCHAMIENTO		
Equipos y Materiales		
Balanza		
Tubos de centrifuga		
Vasos de precipitación		
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> - Pesar los tubos de centrifuga - Colocar 1,2 gramos de almidón de papa "Santa Isabel" y agregar 30 mililitros de agua destilada y agitar - Baño María a 60 C por 30 minutos agitando cada 10 minutos - Centrifugar por 30 minutos a temperatura ambiente a 4900 RPM. - Decantar el sobrenadante y el volumen resultante medir - En un vaso de precipitación ya medido colocar 10 mililitros de sobrenadante - Introducir en la estufa este vaso de precipitación por toda la noche a 70C. - Pesar el gel que se encuentra en el tubo de centrifuga. - Pesar el Vaso de precipitación con el resultante del sobrenadante, parte insoluble. - <i>Ensayo por triplicado</i> 		
Cálculos		
Ecuación 4-2: Índice de absorción de agua		
$IAA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{\text{P muestra (g)}}$		
Ecuación 5-2: Índice de solubilidad en agua		
$ISA = \frac{\text{Peso soluble(g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra b.s.(g)}}$		
Ecuación 6-2: Poder de hinchamiento		
$PH = \frac{\text{Peso gel(g)}}{\text{Peso muestra b.s.(g)} - \text{Peso soluble (g)}}$		
Valor de referencia		
IAA 0,82 g gel / g muestra	ISA 0,27-12,32 %	pH 0,79 y 15,45
Fuente: (Aristizábal, y Sánchez, 2007, p.73).		
Realizado por: Curay, Alicia. 2022.		

2.13.2. Obtención de la Biopelícula

Para la elaboración de la biopelícula se realizó mediante la descripción de la Figura 6.2, que es un diseño factorial 2² donde se toma como variables el volumen de agua y cantidad de plastificante (*glicerina*) y como K son las duplicidades donde da como resultado 16 experimentos de los cuatros tratamientos primarios, para su posterior caracterización pruebas físico-químicas y mecánicas de tracción de láminas de bioplástico.

2.13.2.1. Técnicas de formulación y caracterización de la biopelícula

Técnica de Humedad

Tabla 16-2: Técnica de humedad de la biopelícula

HUMEDAD	
Materiales	Equipo
Crisol Biopelícula	Estufa
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> - Se toma el peso inicial de cada una de las biopelículas a partir de amaranto - Se colocan en crisoles cada una y someterlas a la estufa durante 24 horas a 105 °C. - Tomar el peso final 	
NOTA	
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Ensayo por triplicado</i> 	
Cálculos	
Ecuación 7-2: Humedad	
$\% \text{Humedad} = \frac{\text{Peso inicial biopelícula} - \text{Peso final biopelícula}}{\text{Peso inicial biopelícula}} \times 100$	
Fuente: (Guamán, 2019, p.35).	
Realizado por: Curay, Alicia. 2022.	

Técnica de solubilidad en agua

Tabla 17-2: Técnica de la solubilidad en agua en la biopelícula

SOLUBILIDAD EN AGUA
Materiales Agua Destilada Biopelícula
Procedimiento <ul style="list-style-type: none">- Cortar las películas en dimensiones de 3cm x 3 cm- Colocar las películas secas en frascos pequeños y colocar 80 ml de agua destilada, con una agitación de 100 RPM durante 1 hora- Posteriormente filtrar y colocar las películas en una estufa a 40°C, hasta que se seque y luego a 105°C hasta que obtengan peso constante
NOTA <i>Ensayo por triplicado</i>
Cálculos Ecuación 8-2: Porcentaje de solubilidad de la biopelícula $\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$
Fuente: (Moreno, Garay y Guerrero, 2016. p.35).

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Espesor

Tabla 18-2: Espesor

ESPESOR
Materiales Pie de Rey Biopelícula
Procedimiento Tomar una lámina de 3x3 cm de la biopelícula Tomar las medidas
NOTA <i>Ensayo por Triplicado</i>
Fuente: (INEN NTE 2635, 2012, p.1.)

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

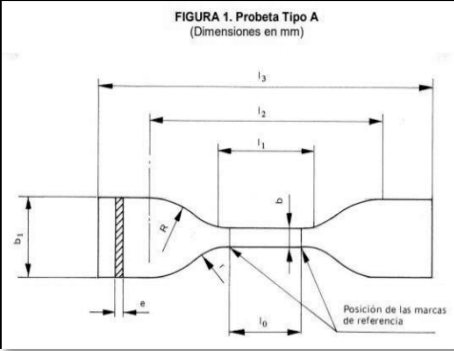
Técnica de permeabilidad al vapor de agua

Tabla 19-2: Técnica de permeabilidad al vapor de agua

PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA
Materiales Biopelícula
Procedimiento <ul style="list-style-type: none">- Se empleó el método desecante, el cual utiliza sílica gel previamente activada a 200°C por 24 horas.- Posterior a ello, se llenaron los tubos de ensayo de 15cm de altura y 20mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílica gel durante cada pesado. Las películas se cortaron en cuadrados de 3cm² para cada muestra, luego se colocaron en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y un pedazo de cinta scotch. Colocar o guardar en una gradilla.- Una vez sellados los tubos, fueron pesados y luego colocados en un desecador equilibrado con un ambiente de una HR 60 - 65% que se obtuvo colocando una solución saturada de Cloruro de sodio (NaCl) y una temperatura de 26 - 29°C. Se esperó 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio.- Las muestras fueron pesadas el primer día cada hora, durante 6 horas consecutivas. NOTA <i>Ensayo por Triplicado</i>
Cálculos Ecuación 9-2: Tasa de transmisión de vapor de agua $WVTR = \frac{\left(\frac{Q}{t}\right)}{A}$ Ecuación 10-2: Permeabilidad al vapor de agua $WVP = \frac{WVTR}{S(HR2 - HR1)}$
Fuente: (Guamán, Jenny, 2019, p. 40). Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Técnica de ensayo de tracción

Tabla 20-2: Técnica de ensayo de tracción

ENSAYO DE TRACCIÓN	
Materiales	
Máquina Universal de Ensayos- WAW600B.	
Probeta tipo A especificada en la (NTE INEN 2043:2013, 2013, p. 4)	
Probetas de Bioplástico a partir de almidón de amaranto	
Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none">- Colocar las probetas de ensayo en las mordazas de las máquinas de ensayo.- Apretar las mordazas uniforme y firmemente para minimizar el deslizamiento de la prueba durante el ensayo	
	
Figura 4-2: Ensayo de Tracción Biopelícula Fuente: NTE INEN 2 542 et al., 2010, p. 4	
l3 = Longitud total mínima 115	
b1 = Anchura en los extremos 25 ± 1	
l1 = Longitud de la parte calibrada 33 ± 2	
b = Anchura de la parte calibrada $6 \pm 0,4$	
r = Radio menor 14 ± 1	
R = Radio mayor 25 ± 2	
lo = Longitud de referencia $25 \pm 0,25$	
l2 = Distancia inicial entre mordazas 80 ± 5	
NOTA	
<i>Ensayo por Triplicado</i>	
Realizado por: Curay, Alicia. 2022.	

Técnica de biodegradabilidad del bioplástico

Tabla 21-2: Técnica de biodegradabilidad del plástico

BIODEGRADABILIDAD
Materiales Biopelículas de los Tratamientos T _{RA-1} , T _{RA-2} T _{RA-3} T _{RA-4} . Agua Tierra Envases
Procedimiento <ul style="list-style-type: none">- Cortar Biopelículas en dimensiones de 3x3 cm medidos a continuación en IMAGEJ- En un contenedor tomar Tierra- Las biopelículas deben estar introducidas en la tierra a una profundidad de 2 cm- Al paso de 45 días sacar las biopelículas y volver a tomar sus dimensiones en IMAGEJ
Cálculos Ecuación 11-2: Biodegradabilidad $\% \text{Biodegradabilidad} = \frac{\text{Area Inicial} - \text{Area Final}}{\text{Area inicial}} \times 100$

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Análisis correspondientes del grano de amaranto

3.1.1. Análisis sensorial del grano de amaranto

En la Tabla 22-3 se refleja las características importantes de esta materia prima la cual será el compuesto primario en la elaboración de la película biodegradable. El grano de amaranto tiene una diversidad de colores debido a las diferentes especies como, por ejemplo: blanco, amarillo claro, dorado, marrón y negro

Tabla 22-3: Análisis sensorial del grano de amaranto

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS				
	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA I	TEXTURA E
AMARANTO	ROSA- ROJIZO	HIERBA	INODORO	LISO	GRANULOSO

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.1.2. Análisis físicos del grano de amaranto

Tabla 23-3: Análisis físicos del grano de amaranto

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS		
	PESO (g)	LONGITUD (mm)	DIÁMETRO (mm)
AMARANTO	0,0001	1,0000	1,0100
	0,0009	0,9800	1,0483
	0,0001	0,9540	0,9853
	0,0009	1,0000	1,0258
	0,0009	1,0000	1,3250
	0,0006	0,9868	1,0789

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Según Cecilia, (2007, p. 23.) nos dice que para la calidad del grano se debe tener elementos específicos que hacen que sus propiedades se mantenga e incluso su rendimiento sea elevado. Por ende, el diámetro del grano de amaranto tiene un rango 1,013 a 1,347.

3.2. Ensayos físico – químico del grano de amaranto

3.2.1. Análisis de Humedad y materia seca del grano de amaranto

Tabla 24-3: Datos para la Humedad y materia seca del grano de amaranto

N°	capsula vacía (g)	Peso Húmedo (g)	Repeticiones		
			1	2	3
1	77,4496	79,601	79,440	79,438	79,437

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.2.1.1. Resultado de humedad

Tabla 25-3: Resultado de Humedad del grano de amaranto

Repeticion	1	8,09	Promedio
	2	8,20	
	3	8,25	
	TOTAL	8,18	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

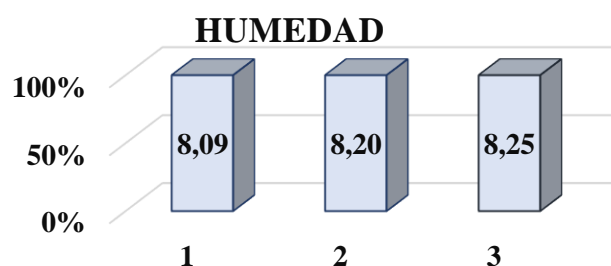


Gráfico 5-3: Base húmeda del grano de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.2.1.2. Resultado de Materia Seca del grano de amaranto

Tabla 26-3: Resultado de Materia Seca del grano de amaranto

Repeticion	1	91,91	Promedio
	2	91,80	
	3	91,75	
	TOTAL	91,82	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

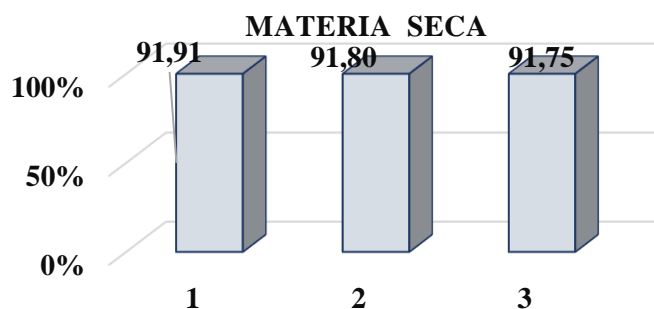


Gráfico 6-3: Análisis en base seca del grano de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

En la Tabla 25-3 se realizó por triplicado la cantidad de humedad existente en el grano de amaranto (*Amarantus caudatus*) este tipo de granos luego de ser cosechados se someten a un proceso de secado reduciendo así su humedad en base seca, ya que Huamán Castilla, et al., (2016) dice que la cantidad del grano debe ser menor o igual al 12%, mediante cual cumple con el rango.

3.2.2. Análisis de residuos por calcinación del grano de amaranto

Tabla 27-3: Resultados de residuos por calcinación del grano de amaranto

crisol vacía (g)	Peso Húmedo (g)	Peso Final	Total	Promedio
37,879	39,875	37,876	0,15	0,10
34,842	36,845	34,841	0,05	
40,688	42,691	40,686	0,10	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

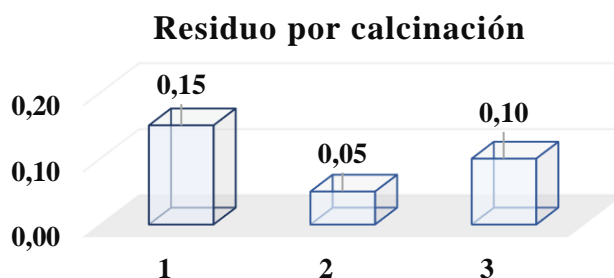


Gráfico 7-3: Análisis de residuo por calcinación del grano de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Se observa en la Tabla 27-3 el porcentaje total promedio de ceniza obtenido la cual se encuentra dentro de la norma establecida de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (Aristizábal, y Sánchez, 2007, p. 91).

3.2.3. Análisis de solubilidad en agua del grano de amaranto

Tabla 28-3: Datos de solubilidad en agua del grano de amaranto

Nº	Peso muestra	Volumen retirado	Peso soluble	V
1	1,25	27	0,02	10
2	1,25	27	0,02	10
3	1,25	27	0,02	10

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Tabla 29-3: Resultado de solubilidad en agua del grano de amaranto

Promedio			
Repetición	1	4,10	3,64
	2	3,26	
	3	3,54	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

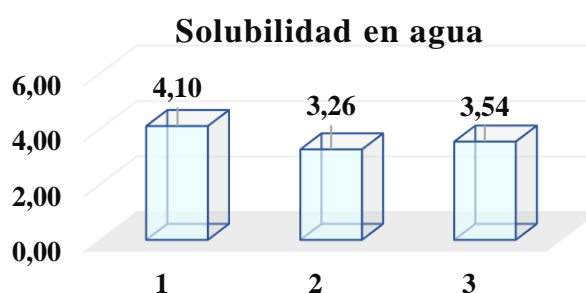


Gráfico 8-3: Análisis de solubilidad en agua del grano de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Según Calzetta (1999, p.55) mediante el experimento determina el índice de la solubilidad en una repetición triplicada en un rango de temperatura dado, se muestra los datos correspondientes a estos índices se indica en la Tabla 29-3 donde el porcentaje debe ser 0.85-15.52 está en los rangos establecido.

3.2.4. Análisis pH

Tabla 30-3: Datos y resultados del pH del grano de amaranto

Repeticiones			Promedio
1	2	3	6,25
6,26	6,26	6,24	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

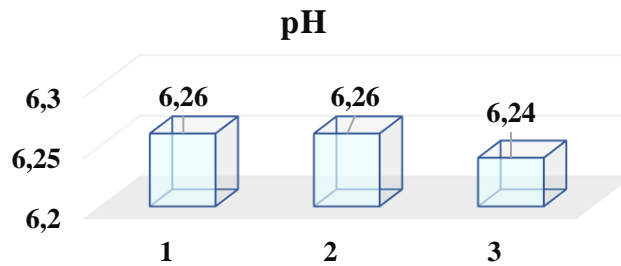


Gráfico 9-3: Análisis de solubilidad en agua del grano de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Se muestra en la Tabla 30-3 la evaluación por triplicado para la medición del pH la cual se encuentra en el rango 7 y está en los parámetros (Acosta, García, y Ramírez, 2014, p.3)

3.2.5. Análisis de densidad

3.2.5.1. Densidad Suelta

Tabla 31-3: Datos del análisis de densidad suelta del grano de amaranto

Repeticiones				
1	2	3	V	P.p. v
92,114	87,001	86,008	50	49,319

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Tabla 32-3: Resultado de densidad suelta del grano de amaranto

		Promedio
1	0,87	0,78
2	0,75	
3	0,73	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

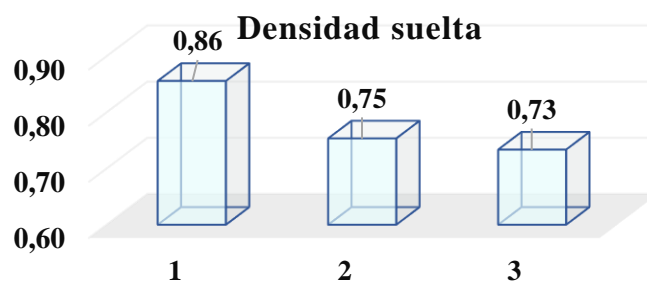


Gráfico 10-3: Análisis de densidad suelta del grano de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.2.5.2. Densidad Compacta

Tabla 33-3: Datos densidad compacta del almidón de amaranto

REPETICIONES				
1	2	3	V	P.p. v
65,175	67,404	68,742	35	41,399

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Tabla 34-3: Resultado de densidad compacta

<u>Promedio</u>		
1	0,679	0,73
2	0,743	
3	0,781	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

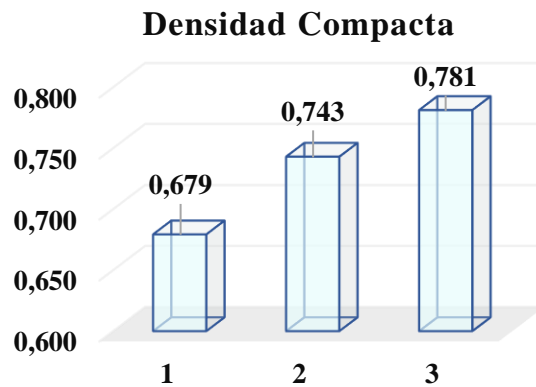


Gráfico 11-3: Análisis de densidad compacta del grano de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

En la Tabla 32-2 y 34-3 se muestra los valores de densidad donde los resultados estuvieron dentro del rango 1,560g/ml donde se determina la densidad aparente con la relación entre una masa grano y volumen total ocupado por el almidón de amaranto menor será la densidad (Nancy, y Szoichet , 2012, p.8)

3.2.6. Caracterización Físico químico del grano de Amaranto

Tabla 35-3: Caracterización físico químico del grano de Amaranto

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
1	Humedad	%	8,18	11,52	CINIAP
2	Ceniza		0,10	≤0,12	FAO
3	Solubilidad	%	3,64	0,27-12,52	INEN 1456
4	pH		6,25	6,00-7,00	INEN 1456
5	Fibra	%	5,49		SAQMIC
6	Proteína	%	12,86		SAQMIC
7	Viscosidad		ND		
8	Temperatura de gelatinización	°C	ND		
10	Amilosa	%	8,92		CINIAP
11	Amilopectina	%	91,08		CINIAP
12	Hongos	UFC/g	0		SAQMIC
13	Levaduras y mohos	UFC/g	0		SAQMIC

Realizado por: Curay, Alicia.2022.

3.3. Ensayos físico-químicos y microbiológicos del almidón de amaranto

3.3.1. Análisis organolépticos del almidón a partir de amaranto

Tabla 36-3: Análisis organoléptico del almidón de amaranto

ALMIDÓN DE AMARANTO	
Características	
Olor	Inodoro
Sabor	Insípido
Color	Hueso
Textura	Granuloso

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.3.2. Rendimiento del almidón a partir de amaranto

3.3.2.1. Datos del rendimiento del almidón de amaranto

Tabla 37-3: Variables

VARIABLES		
Revoluciones por minuto (RPM)	Alto	Bajo
Tiempo (Segundo)	1.30	60

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.3.2.2. Cálculos realizados para el rendimiento del almidón

Ecuación 12-3: Rendimiento del almidón a partir de amaranto

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{P.i.a}{P.i.p} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{15,787 \text{ gr}}{150 \text{ gr}} \times 100$$

$$\mathbf{R = 10,525}$$

Tabla 38-3: Resultados del rendimiento obtenido del almidón de amaranto

Producto	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen agua (mL)	Peso (g)			Rendimiento (%)		Tiempo secado (H)	
					Producto	Almidón		R	PROMEDIO		
						R	PROMEDIO				TOTAL
AMARANTO	T _{R1-A}	RPM 2: 60	R1	250	150	15,787	13,3180	53,2720	10,525	8,879	36
			R2			11,306			7,537		
			R3			13,566			9,044		
			R4			12,613			8,409		
	T _{R2-A}	RPM 3: 90	R1			26,326	23,6003	94,4010	17,551	15,734	48
			R2			22,820			15,213		
			R3			18,464			12,309		
			R4			26,791			17,861		
	T _{R3-A}	RPM 2: 60	R1			22,833	23,7353	94,9410	15,222	15,824	36
			R2			30,260			20,173		
			R3			17,583			11,722		
			R4			24,265			16,177		
	T _{R4-A}	RPM 3: 90	R1			25,467	23,0893	92,3570	16,978	15,393	48
			R2			26,250			17,500		
			R3			21,698			14,465		
			R4			18,942			12,628		

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Para la extracción del almidón de amaranto se basó en el método según (Jokassta y Astudillo, 2020, p.9.) Como se presenta en la Tabla 26-3, los rendimientos para los diferentes tratamientos son: T_{R1-A} 8,87%; T_{R2-A} 15,73%; T_{R3-A} 15,82 % y T_{R4-A} 15,39%. Estos rendimientos se obtuvieron mediante el método factorial 2K donde se obtuvieron 4 tratamientos con 4 repeticiones, siendo el tratamiento tres el más óptimo con 15,82%, Según (Quiroga, 2008), los cereales como el amaranto poseen un cierto grado de dureza es por ello que para la obtención de una mayor rendimiento de almidón se debería aumentar considerablemente los tiempos de trituración.

3.3.2.3. Resultados del rendimiento del almidón a partir de amaranto

Tabla 39-3: Rendimiento del almidón de amaranto

No.	TRATAMIENTO	PESO (g)		RENDIMIENTO (%)
		AMARANTO	ALMIDÓN	
1	T _{R1-A}	600	53,272	8,879
2	T _{R2-A}	600	94,401	15,734
3	T _{R3-A}	600	94,941	15,824
4	T _{R4-A}	600	92,357	15,393

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Rendimiento del almidón de amaranto

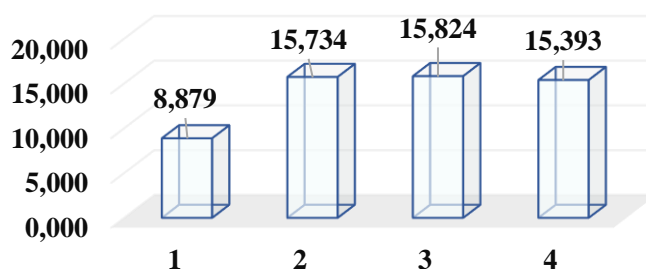


Gráfico 12-3: Rendimiento del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.3.2.4. Análisis de varianza ANOVA del almidón de amaranto

Tabla 40-3: Resultado ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	43,6150174	1	43,6150174	6,86251816	0,02239975	4,74722535
Columnas	41,2699174	1	41,2699174	6,49353306	0,02554821	4,74722535
Interacción	53,0785103	1	53,0785103	8,35153262	0,0135786	4,74722535
Dentro del grupo	76,2664952	12	6,35554127			
Total	214,22994	15				

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

De acuerdo con Loor y Moran, (2017, p.32) indica el contraste que tiene cada tratamiento, el rango de error permitido de 0,05 y en el análisis realizado a partir del almidón de amaranto se tiene una probabilidad de **0,0135786** la cual está en el rango lo que significa que el RPM y el tiempo de licuado son óptimos por ende la F calculada es mayor a la F crítica.

3.3.2.5. Análisis de Tukey

Tabla 41-3: Análisis Tukey

	TR1-A	TR2-A	TR3-A	TR4-A
TR1-A		6,85	6,94	6,51
TR2-A			0,09	0,34
TR3-A				0,43
TR4-A				
	Si hay diferencia significativa entre			
	No hay diferencia significativa entre			

HSD	5,29
Multiplicador	4,20
Mse	6,35
n	4

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

El análisis Tukey nos sirve para verificar que existan diferencia significativa entre cada tratamiento, así como Bautista, (2020, p.22.) nos cita que Tukey se valora bajo un nivel de significancia de $P \leq 0,05$ los datos recogidos son tabulados en el programa Microsoft Excel 2019.

3.4. Datos, resultados y análisis de la caracterización físico -químico del almidón

3.4.1. Ensayo de Lugol

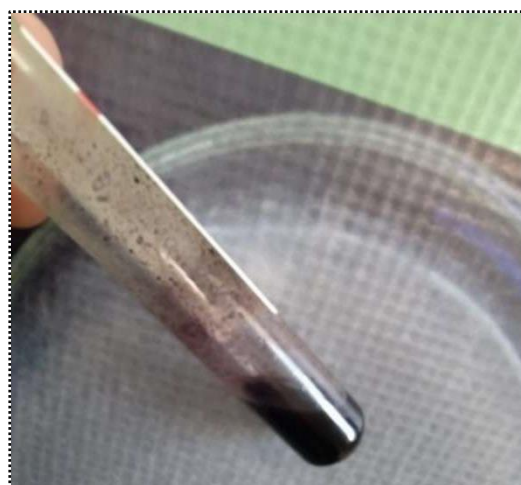


Figura 5-3: Prueba cuantitativa de Lugol en el almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

De acuerdo Martín, Martiny Pinto, (2013, p. 5.) el Lugol reacciona en presencia del almidón ya que al mezclarse absorbe yodo el cual hace que el almidón se torne en una coloración azul intensa, así mismo que se desvanece su color al contacto con el calor ya que se separa la estructura, pero a temperatura ambiente se recobra su color. En cierto caso se puede reemplazar este reactivo con algún medicamento que contengan yodo.

3.4.2. Análisis de pH

Tabla 42-3: Datos y resultados de pH del almidón de amaranto

Repeticiones			Promedio
1	2	3	6,05
6,03	6,05	6,06	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

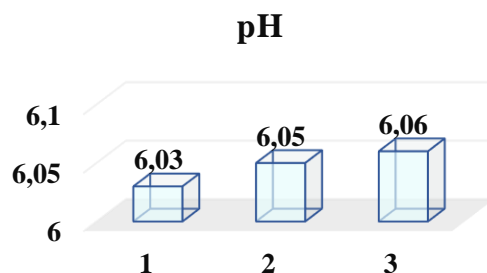


Gráfico 13-3: Análisis de pH del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

En la siguiente Tabla 42-3 muestran valores que se realizó por triplicado, mediante el cual se observa que el resultado obtenido es 6,05 y está dentro del rango especificado que debe ser menor o igual a 7, mediante el cual se obtuvo un almidón de calidad para la elaboración del bioplástico (Pérez y Luzuriaga, 2017, p.10).

3.4.3. Análisis de humedad y materia seca del almidón de amaranto

Tabla 43-3: Datos de Humedad y materia seca del almidón de amaranto

N°	capsula vacía (g)	Peso Húmedo (g)	Repeticiones		
			1	2	3
1	77,4496	79,346	79,178	79,213	79,225

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.4.3.1. Cálculo de Humedad

A partir de la Ecuación

$$\%Ha = \frac{[(Mh - Ms)(g)]}{[(Ms - Mr)(g)]} \times 100$$

$$\%Ha = \frac{(79,346 - 79,178)}{(79,178 - 77,4496)} \times 100$$

$$\underline{\underline{Ha = 9,72\%}}$$

3.4.3.2. Resultado de base húmeda del almidón de amaranto

Tabla 44-3: Resultado de base húmeda del almidón de amaranto

Repetición	Total	Promedio
1	9,72	8,03
2	7,54	
3	6,82	
TOTAL	8,03	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

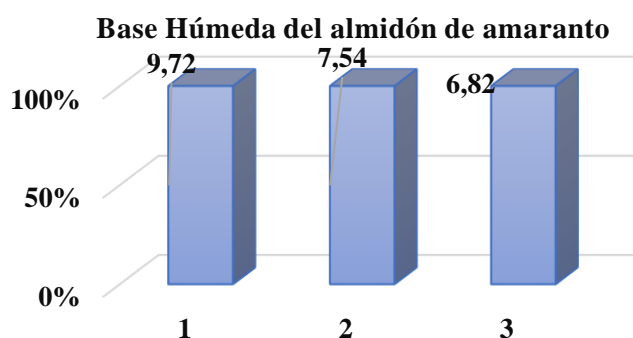


Gráfico 14-3: Análisis en base húmeda del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.4.3.3. Cálculo de Materia Seca

A partir de la Ecuación 2-2

$$\%Mseca = 100 - \%Ha$$

$$\%Mseca = 100 - 9,72\%$$

$$Mseca = 90,28\%$$

3.4.3.4. Resultado de Materia seca del almidón de amaranto

Tabla 45-3: Resultado de base seca del almidón de amaranto

Repetición	1	90,28	Promedio
	2	92,46	91,97
	3	93,18	
	TOTAL	91,97	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

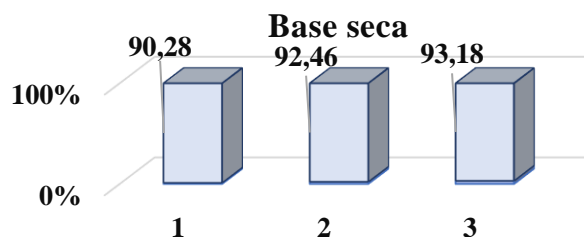


Gráfico 15-3: Análisis en base seca del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Se evalúa valores obtenidos por triplicado en el cual se colocó a una estufa de temperatura 110°C por 24 horas donde se obtuvieron datos que se muestra en la Tabla 45-3. Según Nancy (2017, p.22), deduce que valores que están en el rango establecido menor o mayor a 90% cumple con la norma.

3.4.3.5. Resultado de residuos por calcinación del almidón de amaranto

Tabla 46-3: Datos y resultado de calcinación del almidón de amaranto

crisol vacía (g)	Peso Húmedo (g)	Peso Final	Total	Promedio
37,879	39,879	37,875	0,2000	0,12
34,842	36,842	34,840	0,1000	
40,688	42,688	40,687	0,0500	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.4.3.6. Calculo y resultado de residuos por calcinación del almidón de amaranto

A partir de la Ecuación 3-2

$$\% \text{ ceniza} = \left(\frac{\text{masa muestra calcinada} - \text{masa del crisol vacio}}{\text{masa muestra seca} - \text{masa del crisol vacio}} \right) * 100$$

$$\% \text{ ceniza} = \left(\frac{37,875 - 37,879}{39,879 - 37,8790} \right) * 100$$

$$\text{Ceniza} = \mathbf{0,200\%}$$

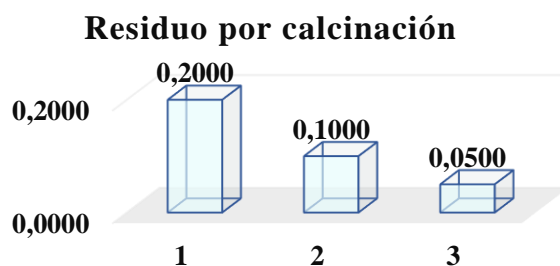


Gráfico 16-3: Análisis en base seca del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

De acuerdo a la Tabla 46-3 se realizó ensayo por triplicado la calcinación del almidón donde se obtuvo valores constante y se encuentra menor o mayor 0,12 como nos indica la (FAO, 2010, p.32).

3.4.4. Análisis de Temperatura de Gelatinización

Tabla 47-3: Resultado de la Temperatura del almidón de amaranto

Repeticiones			Promedio
1	2	3	74,7
74	75	75	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

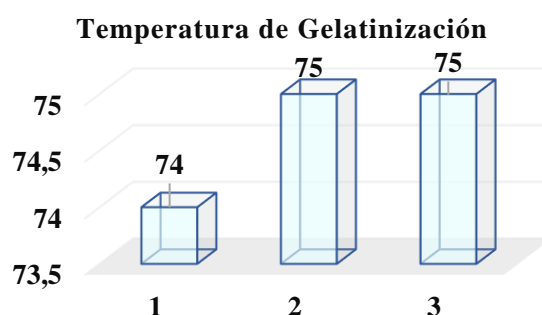


Gráfico 17-3: Temperatura de Gelatinización del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Según Aristizábal, y Sánchez (2007, p.87) dice que la temperatura de gelatinización es un punto primordial para proceder a la elaboración del plástico. Mediante el cual se realizó el ensayo por triplicado obteniendo así una solución homogénea y se coloca sobre un reverbero hasta llegar a una temperatura adecuada y se procedió a medir con un termómetro donde nos indica el valor exacto de gelatinización 30-100°C como se muestra en la Tabla 47-3 el valor obtenido se encuentra dentro de la norma establecida .

3.4.5. Análisis de la viscosidad

Tabla 48-3: Resultado de Viscosidad del almidón de amaranto

Repeticiones			Prom
1	2	3	977,63
1286,1	1000,6	646,2	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

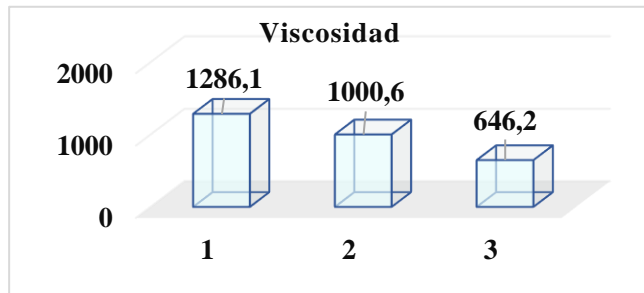


Gráfico 18-3: Viscosidad del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

El análisis de viscosidad se realizó por triplicado mediante el cual se observa en la Tabla 47-3 los resultados obtenidos, según Aristizábal, y Sánchez, (2007, p.8) se encuentra dentro de rango establecido.

3.4.6. Análisis de índice de absorción en agua

Tabla 49-3: Datos y Resultados del Índice de absorción en agua

Nº	Peso Gel	Peso Muestra (bs)	Total	Prom
1	5,417	1,25	4,33	4,36
2	5,193	1,25	4,15	
3	5,758	1,25	4,61	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.4.6.1. Cálculo y resultado del Índice de absorción en agua

A partir de la Ecuación 4-2

$$IAA = \frac{\text{Peso gel (g)}}{P \text{ muestra (g)}}$$

$$IAA = \frac{5,417g}{1,25g}$$

$$IAA = 4.33$$

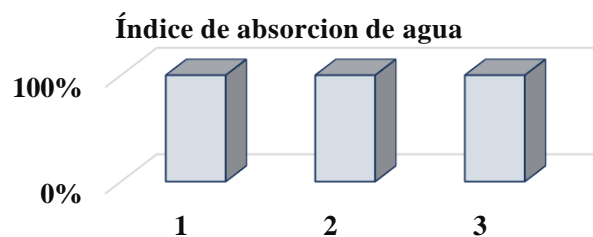


Gráfico 19-3: Índice de absorción de en agua del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Hevia, et al., (2002) menciona que son usados como indicadores de la retención de agua o humedad en el almidón de amaranto (*Amaranto Caudatus*). Comparando con varias pruebas realizadas al almidón por triplicado como se evalúa en la Tabla 48-3 se observar los resultados obtenidos que cumple con el rango establecido.

3.4.7. Análisis de Índice de solubilidad en agua

Tabla 50-3: Datos y Resultados de Índice de solubilidad en agua

N°	Peso muestra	Volumen retirado	Peso soluble	V mL	Total	Prom
1	1,25	26	0,0309	10	6,43	7.64
2	1,25	25	0,0399	10	7,98	
3	1,25	25	0,0425	10	8,50	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.4.7.1. Cálculo y resultado del Índice de solubilidad en agua

A partir de la Ecuación 5-2

$$ISA = \frac{\text{Peso soluble}(g) \times V \times 10}{\text{Peso muestra } b.s(g)}$$

$$ISA = \frac{0,0309g \times 26mL \times 10}{1,25 g}$$

$$ISA = 6,43$$

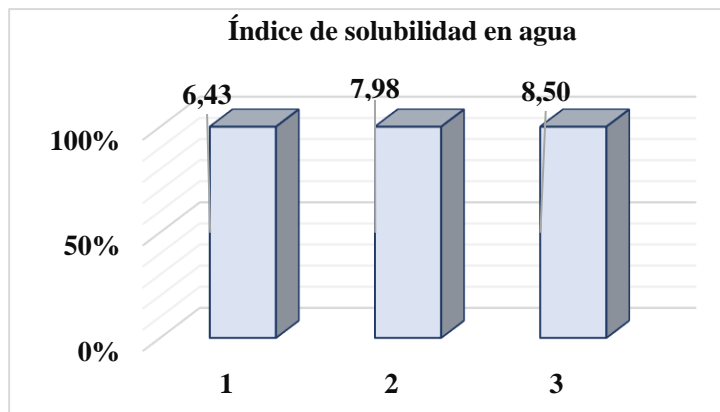


Gráfico 20-3: Índice de solubilidad en agua del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Hevia, et al (2002) se realizó por triplicado como se muestra en la Tabla 49-3 el índice de solubilidad es un indicador para determinar el porcentaje de agua que obtiene el almidón que debe estar menor o igual 0,27-12,32 en la cual se encuentra dentro del rango como señala el autor.

3.4.8. Análisis de poder de hinchamiento

Tabla 51-3: Datos y resultados del poder de hinchamiento

N°	Peso Gel	Peso Muestra (bs)	Peso Soluble	Total	Prom
1	5,417	1,25	0,0309	4,44	4,50
2	5,193	1,25	0,0399	4,29	
3	5,758	1,25	0,0425	4,77	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.4.8.1. Cálculo del Poder de Hinchamiento

A partir de la Ecuación 6-2

$$PH = \frac{\text{Peso gel}(g)}{\text{Peso muestra b. s.}(g) - \text{Peso soluble}(g)}$$

$$PH = \frac{5,417 g}{(1,25 - 0,0309)g}$$

$$\underline{PH = 4,44}$$

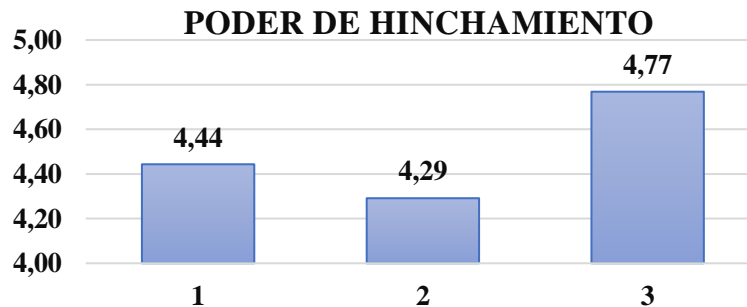


Gráfico 21-3: Índice de solubilidad en agua del almidón de amaranto

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

En la Tabla 50-3 se muestra los resultados de las pruebas realizadas por triplica donde se compara mediante Calzetta,(1999, p.62) que el poder de hinchamiento es un indicador del porcentaje de agua absorbida en el granulo del almidón la cual muestra que está en el rango de 0,79-15.45 después de realizar todas los tratamientos.

3.4.9. *Porcentaje de amilosa y amilopectina*

Se muestra en la Tabla 51-3 el análisis del amilosa que se encuentra en un porcentaje donde se observa mientras menor es la amilosa tiende a tener mayor solubilidad y poder de hinchamiento por que conduce al granulo del almidón mientras mayor es la amilosa inhibe el poder de hinchamiento del grano del almidón (Konishi, Arnao Salas, y Calixto Cotos, 2006, p.4)

3.5. **Ensayos realizados a la biopelícula**

Habiendo ya realizado los ensayos pertinentes al almidón se procede a la elaboración de la biopelícula basado en el diseño factorial 2k.

3.5.1. *Análisis sensorial de la biopelícula*

Tabla 52-3: Análisis sensorial de la biopelícula

Tratamiento	Moldeo	Forma Película	Transparencia	Estabilidad
T _{R1-A}	Circular	Cuadrado 3x3	No	Poco Resistente
T _{R2-A}			No	No Resistente
T _{R3-A}			Si	Resistente
T _{R4-A}			Si	Muy Resistente

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Tabla 53-3: Determinación del espesor de la biopelícula

TRATAMIENTO	VARIABLE	REPETICIÓN	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (min)		SECADO			ÁREA (cm ²)	PESO (g)		ESPESOR (mm)
				ELABORACIÓN	LUGAR	MÉTODO	TEMPERATURA (°C)	TIEMPO (H)		R	Prom	
T _{R1-A}	C _{A1} : C _{G1}	R ₁	70	6	LABORATORIO INVESTIGACIÓN	Ambiente	25	36	9	1,228	1,25	0,19
		R ₂					25	36		1,390		0,2
		R ₃					25	36		1,230		0,2
		R ₄					25	36		1,170		0,18
T _{R2-A}	C _{A1} : C _{G2}	R ₁					25	36	9	1,355	1,45	0,18
		R ₂					25	36		1,283		0,15
		R ₃					25	36		1,785		0,2
		R ₄					25	36		1,397		0,2
T _{R3-A}	C _{A2} : C _{G1}	R ₁					25	36	9	1,227	1,17	0,19
		R ₂					25	36		1,172		0,2
		R ₃					25	36		1,064		0,18
		R ₄					25	36		1,231		0,175
T _{R4-A}	C _{A2} : C _{G2}	R ₁					25	36	9	1,170	1,09	0,19
		R ₂					25	36		1,100		0,18
		R ₃					25	36		1,066		0,17
		R ₄					25	36		1,011		0,2

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.5.2. Análisis de varianza ANOVA de biopelícula

Tabla 54-3: Análisis de varianza ANOVA

ANÁLISIS DE VARIANZA						
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
				11,5098		4,74722
Muestra	0,201691	1	0,20169	9	0,0053420	5
						4,74722
Columnas	0,012916	1	0,01292	0,73710	0,4074152	5
						4,74722
Interacción Dentro del grupo	0,082283	1	0,08228	4,69564	0,0510735	5
	0,210279	12	0,01752			
	0,507169					
Total	3	15				

Realizado por: Curay, Alicia. 2022

3.6. Ensayo físico- químico y mecánicos de la biopelícula

3.6.1. Formulación de la biopelícula

Tabla 55-3: Formulación de la biopelícula

Formulación	Características			
	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Agua (mL)	Ácido acético (mL)
T _{R1-A}	5,5	2,5	90	3
T _{R2-A}	6	2,5	90	3
T _{R3-A}	6	3,5	90	3
T _{R4-A}	5,5	3,5	90	3

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.2. Análisis de Humedad de la biopelícula a partir del almidón de amaranto

3.6.2.1. Datos de Humedad de la biopelícula

Tabla 56-3: Datos de Humedad de la biopelícula

Tratamiento	Peso inicial	Peso final
T_{R1-A}	0,158	0,1257
	0,167	0,1378
	0,184	0,1138
T_{R2-A}	0,147	0,114
	0,231	0,177
	0,225	0,173
T_{R3-A}	0,09	0,07
	0,09	0,08
	0,10	0,07
T_{R4-A}	0,12	0,09
	0,13	0,10
	0,14	0,11

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.2.2. Cálculo de Humedad de la biopelícula

Se realizó el cálculo de la humedad a partir del equipo de una balanza infrarroja. donde se calibra a una temperatura de 120°C, para un tiempo de 15 minutos y se tara. Colocando 2 gr, luego se cierra la tapa la balanza, después de transcurrir el tiempo necesario, se lee el % de humedad de la muestra analizada que marca la balanza.

3.6.2.3. Resultados de Humedad de la biopelícula

Tabla 57-3: Resultado de Humedad de la biopelícula

Tratamiento	Total	Promedio
T_{R1-A}	21,145	20,39
	20,00	
	20,01	
T_{R2-A}	24,113	22,81
	23,561	
	20,755	
T_{R3-A}	19,32	16,31
	12,99	
	16,64	
T_{R4-A}	21,74	18,24
	17,35	
	15,63	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.2.4. Análisis de Humedad biopelícula

Humedad

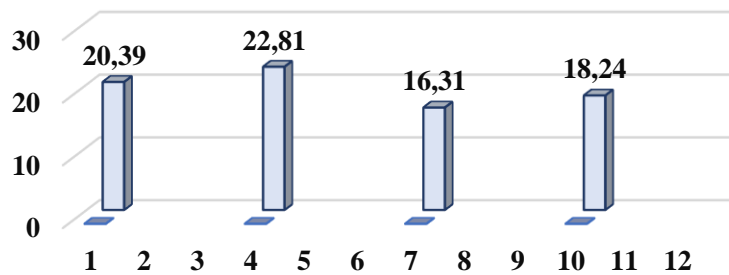


Gráfico 22-3: Resultado de Humedad

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

La Tabla 57-3 señala valores obtenidos de los diferentes tratamientos realizados, el T_{R3-A} - T_{R4-A} la cual indica un porcentaje menor de húmeda. Donde Alejandra, y Arias , (2017) deduce q es importante que la humedad debe tener menor porcentaje para proceder a la realización de los análisis próximos para la elaboración de la biopelícula. Alvarenga, et al., (2018) menciona que al ser elaborado de almidón son mejores recubrimientos debido a que esto ayuda a la barrera de migración de agua hacia los alimentos.

3.6.3. Análisis de Solubilidad en agua de la biopelícula a partir del almidón de amaranto

3.6.3.1. Datos de Solubilidad en agua de la biopelícula

Tabla 58-3: Datos de Solubilidad en agua de la biopelícula

Tratamiento	Peso inicial	Peso final
T_{R1-A}	0,1157	0,0875
	0,1278	0,0946
	0,1038	0,0794
T_{R2-A}	0,0965	0,0746
	0,1473	0,1139
	0,1452	0,1118
T_{R3-A}	0,0689	0,0531
	0,0739	0,0567
	0,079	0,0614
T_{R4-A}	0,0938	0,0727
	0,1037	0,0803
	0,1104	0,0857

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.3.2. Cálculo de Solubilidad en agua de la biopelícula

A partir de la Ecuación 8-2

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \times 100$$

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{0,1157 - 0,0875}{0,1157} \times 100$$

$$\text{Solubilidad} = \underline{\underline{24,37 \%}}$$

3.6.3.3. Resultados de Solubilidad en agua de la biopelícula

Tabla 59-3: Resultado de Solubilidad en agua de la biopelícula

Tratamiento	Total	Promedio
T_{R1-A}	24,37	24,62
	25,98	
	23,51	
T_{R2-A}	22,69	22,79
	22,67	
	23,00	
T_{R3-A}	22,93	22,83
	23,27	
	22,28	
T_{R4-A}	22,49	22,48
	22,57	
	22,37	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.3.4. Análisis de Solubilidad en agua de la biopelícula

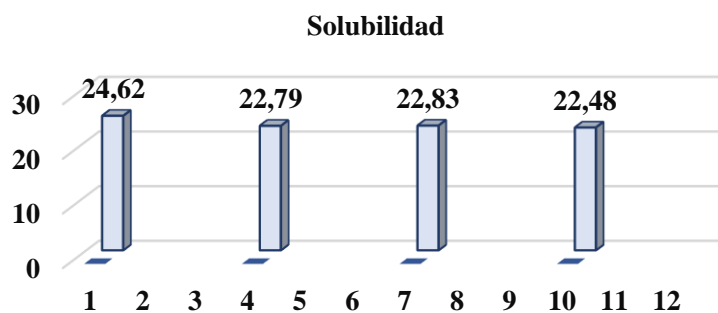


Gráfico 23-3: Resultado de Solubilidad

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

En la Tabla 59-3 se muestra los valores obtenidos mediante análisis de la biopelícula de los T_{R1-A} 24,62, T_{R2-A} 22,79, T_{R3-A} 22,83, T_{R4-A} 22,48 no varía los resultados, las cuales se puede decir que a una cantidad mínima de glicerina existe menor solubilidad en el agua debido que no se integra con el almidón, comparando con Trujillo, (2014, p. 14) que la solubilidad es importante para determinar si la biopelícula se descompone con facilidad, las cuales oscilan entre 14,84%-60,96% indicando que se encuentra en el rango establecido.

3.6.4. Análisis de Permeabilidad de la biopelícula

3.6.4.1. Datos de Permeabilidad de la biopelícula

Tabla 60-3: Datos de Permeabilidad de la biopelícula

T_{R1-A}							
	0	1	2	3	4	5	6
R₁	32,925	32,932	32,930	32,940	32,946	32,951	32,956
R₂	33,014	33,020	33,023	33,029	33,092	33,100	33,105
R₃	33,024	33,029	33,031	33,039	33,045	33,053	33,060
	32,988	32,994	32,995	33,003	33,027	33,035	33,040
T_{R2-A}							
	0	1	2	3	4	5	6
R₁	34,386	34,390	34,392	34,401	34,405	34,411	34,419
R₂	32,506	32,512	32,510	32,519	32,524	32,529	32,536
R₃	33,051	33,059	33,062	33,068	33,074	33,079	33,086
	33,314	33,320	33,321	33,329	33,334	33,340	33,347
T_{R3-A}							
	0	1	2	3	4	5	6
R₁	33,094	33,096	33,100	33,105	33,112	33,073	33,078
R₂	32,695	32,700	32,701	32,707	32,713	32,718	32,722
R₃	33,084	33,089	33,089	33,095	33,098	33,104	33,108
	32,958	32,962	32,963	32,969	32,974	32,965	32,969
T_{R4-A}							
	0	1	2	3	4	5	6
R₁	33,625	33,629	33,639	33,644	33,651	33,663	33,661
R₂	33,353	33,361	33,367	33,369	33,375	33,380	33,388
R₃	33,447	33,455	33,458	33,467	33,474	33,474	33,454
	33,475	33,482	33,488	33,493	33,500	33,506	33,501

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

Tabla 61-3: Datos de Área de la biopelícula.

Promedio	ÁREA			
	T_{R1-A}	T_{R2-A}	T_{R3-A}	T_{R4-A}
	0,000900	0,000900	0,000900	0,000900

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.4.2. Cálculos de Permeabilidad de la biopelícula

Tasa de Transmisión de vapor de agua biopelícula

A partir de la Ecuación 9-2

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

$$WVTR = \frac{\left(\frac{32,956 - 32,925}{6}\right)}{0,000900}$$

$$\underline{WVTR = 5,703704}$$

A partir de la Ecuación 9-2

$$WVP = \frac{WVTR}{S(HR2 - HR1)}$$

$$WVP = \frac{5,703704}{0,002339 * (75 - 0)}$$

$$\underline{WVP = 0,003901}$$

3.6.4.3. Resultado de Permeabilidad de la biopelícula

Tabla 62-3: Resultados de tasa de transmisión de vapor de agua

Tratamiento	Tasa de transmisión de vapor (WVTR)			
T_{R1-A}	0,005133	0,005833	0,006033	0,005667
	5,703704	6,481481	6,703704	6,296296
T_{R2-A}	0,005467	0,004933	0,005767	0,005389
	6,074074	5,481481	6,407407	5,987654
T_{R3-A}	0,004017	0,004450	0,004000	0,004156
	4,462963	4,944444	4,444444	4,617284
T_{R4-A}	0,006017	0,005833	0,001150	0,004333
	6,685185	6,481481	1,277778	4,814815

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

Tabla 63-3: Resultado de transmisión de vapor de agua

Transmisión de vapor de agua (WVP en g/h*Mpa*m)				
T_{R1-A}	T_{R2-A}	T_{R3-A}	T_{R4-A}	PROM
0,003901	0,003710	0,002861	0,002983	0,003364

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.4.4. Análisis de Permeabilidad de la biopelícula

Se realizó cuádruple repetición a cada tratamiento como se muestra en la Tabla 60-3, Tabla 61-3, Tabla 62-3, Tabla 63-3 los resultados obtenidos. Comparando (Brito, Chuiza y Rodríguez, 2020) y (Neira, 2015), mencionan que el promedio de la solubilidad es una de las propiedades más importantes, pues se correlaciona con la permeabilidad al vapor de agua, deducen si el valor de solubilidad supere al 70 % se considera como recubrimiento en la área de medicina, si es menor al 70% se utiliza para embalajes de alimentos. cómo se muestran en las tablas anteriores si está dentro del rango establecido menor a 70% si cumple.

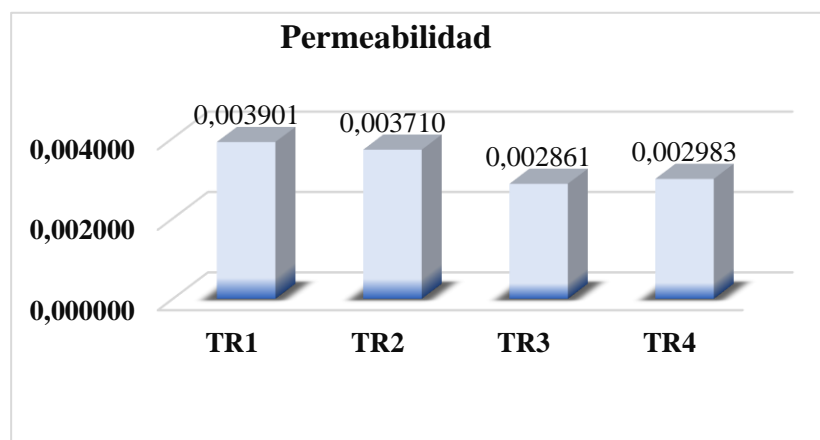


Gráfico 24-3: Permeabilidad al Vapor de Agua

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

3.6.5. Análisis de Ensayos de Tracción o Mecánica

3.6.5.1. Datos de Ensayo de Tracción

Tabla 64-3: Datos de Ensayo de tracción

N°	AREA cm ²			Medida Inicial Probeta	K
	ANCHO (mm)	calibre (mm)	AREA (mm ²)		
1	15	0,10	1,5	44,110	46
2	15	0,20	3	41,000	
3	15	0,20	3	44,110	
4	15	0,10	1,5	47,040	

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.5.2. Cálculos de Ensayo de Tracción

Ecuación 13-3: Formula del Área

$$A = \frac{\text{ancho (mm)}}{\text{espesor (mm)}}$$
$$A = \frac{15 \text{ (mm)}}{0,1 \text{ (mm)}}$$
$$\underline{A = 1,5 \text{ mm}^2}$$

Ecuación 14-3: Formula Longitud Inicial de la Probeta

$$L_0 = \sqrt{K + (L_0 + A)^2} - L_0$$
$$L_0 = \sqrt{14^2 + (1,4391 + 43)^2} - 44,11$$
$$\underline{L_0 = 2,48 \text{ mm}}$$

Ecuación 15-3: Formula de Esfuerzo

$$\sigma = \frac{F}{A}$$
$$\sigma = \frac{3,9 \text{ N}}{1,5 \text{ mm}^2}$$
$$\underline{\sigma = 2,6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}$$

Ecuación 16-3: Formula de Elongación

$$\varepsilon = \frac{L}{L_0} * 100\%$$
$$\varepsilon = \frac{9,46}{44,11}$$
$$\underline{\varepsilon = 21,45\%}$$

3.6.5.3. Resultado de Ensayo de Tracción

Tabla 65-3: Resultados de Ensayo de Tracción

TRATAMIENTO	MÓDULO ELASTICIDAD (Mpa)	CARGA DE FLUENCIA (N)	ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	CARGA MÁXIMA (N)	ESFUERZO MÁXIMO (Mpa)	ELONGACIÓN (%)
T _{R1-A}	6,61E+01	9,80	6,53	10,80	7,20	21,45
T _{R2-A}	7,48E+01	19,60	6,53	22,50	7,50	31,38
T _{R3-A}	2,41E+01	9,80	3,27	10,80	3,60	27,60
T _{R4-A}	8,17E+01	15,7	10,47	17,6	11,73	27,14

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.6.5.4. Análisis de ensayo de Tracción

En la Tabla 65-3 muestra valores obtenido de los experimentos realizados por triplicado por cada tratamiento demostrando un valor alto de elongación. Según (Ruano J, 2015) deduce que el porcentaje de elongación va de 25-65 % mientras mayor es la glicerina la elasticidad aumenta y el almidón ayuda en la fuerza, al comparar los valores de la tabla cumple con el porcentaje.

3.7. Análisis de Biodegradabilidad de la biopelícula

3.7.1. Biodegradabilidad en el Ambiente

3.7.1.1. Datos de Biodegradabilidad al Ambiente

Tabla 66-3: Datos de Biodegradabilidad al Ambiente

Nº	BIODEGRADACIÓN EN EL AMBIENTE													
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	35	40	45
T _{R1}	9	8,673	8,571	8,526	8,194	7,849	7,801	7,544	6,245	5,530	5,080	4,330	3,360	2,984
T _{R2}	9	8,527	8,547	8,332	7,786	7,562	7,361	7,151	6,017	5,923	5,473	4,723	3,753	2,915
T _{R3}	9	8,675	8,596	8,505	7,858	7,270	7,115	7,084	4,815	4,488	3,738	2,988	2,679	2,451
T _{R4}	9	8,476	8,495	7,971	7,930	7,521	7,397	7,153	4,570	4,967	4,517	3,767	2,227	1,948

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

3.7.1.2. Cálculos de Biodegradabilidad al Ambiente

A partir de la Ecuación 15-2

$$\%B = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$$

$$\%B = \frac{9 - 8,673}{9} \times 100$$

$$\%B = 3,63$$

3.7.1.3. Resultados de biodegradabilidad al Ambiente

Tabla 67-3: Resultado de Biodegradabilidad al Ambiente

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL AMBIENTE													
	Días													
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	35	40	45
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
T_{R1}	0	3,63	4,77	5,27	8,96	12,79	13,32	16,18	30,61	38,56	43,56	51,89	62,67	66,84
T_{R2}	0	5,26	5,03	7,42	13,49	15,98	18,21	20,54	33,14	34,19	39,19	47,52	58,30	67,61
T_{R3}	0	3,61	4,49	5,50	12,69	19,22	20,94	21,29	46,50	50,13	58,47	66,80	70,23	72,77
T_{R4}	0	5,82	5,61	11,43	11,89	16,43	17,81	20,52	49,22	44,81	49,81	58,14	75,26	78,36

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.7.1.4. Análisis de Biodegradabilidad al Ambiente

La degradación se da de forma lenta cuando el plástico es expuesto al ambiente debido a la atmosfera hace que su estructura cambie debido a su macromolécula donde este proceso se basa a la luz solar y oxidación y húmeda contenida. Es como se observa valores en la tabla 62-3 realizadas mediante el programa Image-J.

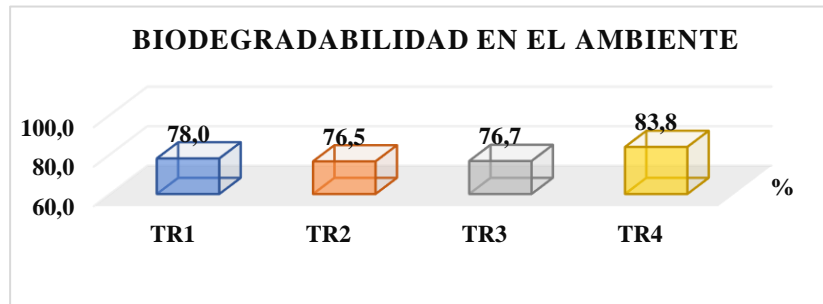


Gráfico 25-3: Biodegradabilidad al Ambiente

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.7.2. Biodegradabilidad en el Agua

3.7.2.1. Datos de Biodegradabilidad en el Agua

Tabla 68-3: Datos de Biodegradabilidad en el Agua

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL AGUA														
	0	3	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
T_{R1}	9	8,571	8,567	8,395	8,076	7,748	7,527	6,890	6,571	6,071	5,321	5,161	4,481	4,511	3,561
T_{R2}	9	8,600	8,488	7,988	7,713	7,678	7,000	6,848	6,609	6,159	5,709	5,259	4,809	4,359	3,909
T_{R3}	9	8,581	8,694	8,216	7,597	7,508	7,442	7,317	6,708	6,258	5,808	5,358	4,908	4,458	4,008
T_{R4}	9	8,675	8,600	8,476	8,233	8,089	7,698	7,695	7,000	6,550	6,100	5,650	5,200	4,750	4,300

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.7.2.2. Cálculos de Biodegradabilidad en el Agua

A partir de la Ecuación 15-2

$$\%B = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$$

$$\%B = \frac{9 - 8,571}{9} \times 100$$

$$\%B = \underline{\underline{4,77}}$$

3.7.2.3. Resultados de Biodegradabilidad en el Agua

Tabla 69-3: Resultado de Biodegradabilidad en el Agua

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL AGUA															
	Días															
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
T_{R1}	0	4,7	4,8	6,7	10,2	13,9	16,3	23,4	26,9	32,5	40,8	42,6	50,2	49,8	60,4	65,7
T_{R2}	0	4,4	5,6	11,2	14,3	14,6	22,2	23,9	26,5	31,5	36,5	41,5	46,5	51,5	56,5	61,5
T_{R3}	0	4,6	3,4	8,7	15,5	16,5	17,3	18,7	25,4	30,4	35,4	40,4	45,4	50,4	55,4	60,4
T_{R4}	0	3,6	4,4	5,8	8,5	10,1	14,4	14,5	22,2	27,2	32,2	37,2	42,2	47,2	52,2	57,2

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

3.7.2.4. Análisis de Biodegradabilidad en el Agua

La degradación del bioplástico ocurre por varios procesos como la pérdida de color, deterioro de las propiedades físicas, fragilidad y la fragmentación es como produce CH₄, CO₂ y biomasa bajo condiciones anaerobias. Mediante el cual se han obtenido valores que se muestran en la tabla 65-3 mediante el programa ImageJ.

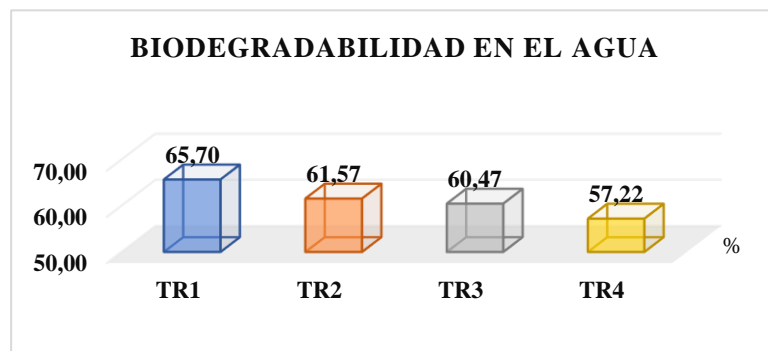


Gráfico 26-3: Biodegradabilidad en el Agua

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

3.7.3. Biodegradabilidad en el Suelo

3.7.3.1. Datos de Biodegradabilidad al en el Suelo

Tabla 70-3: Datos de Biodegradabilidad en el Suelo

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL SUELO															
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
T _{R1}	9	8,845	8,211	7,645	7,042	6,063	5,791	5,225	5,221	5,108	4,021	3,501	3,221	2,431	2,021	1,981
T _{R2}	9	8,467	7,593	7,284	7,014	6,095	6,011	5,658	5,274	4,908	4,758	4,408	2,868	2,458	2,418	2,114
T _{R3}	9	8,413	8,346	7,783	7,673	7,124	6,098	5,445	5,337	4,887	4,587	4,587	4,087	2,547	2,137	2,097
T _{R4}	9	8,541	7,488	7,351	7,149	6,051	5,783	5,294	5,235	4,485	4,143	3,985	2,445	2,035	1,995	1,457

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

3.7.3.2. Cálculos de Biodegradabilidad en el Suelo

A partir de la Ecuación 15-2

$$\%B = \frac{P.i.p - P.f.p}{P.i.p} \times 100$$

$$\%B = \frac{9 - 8,845}{9} \times 100$$

$$\%B = \underline{1,7}$$

3.7.3.3. Resultados de biodegradabilidad en el Suelo

Tabla 71-3: Resultado de Biodegradabilidad en el Suelo

N°	BIODEGRADACIÓN EN EL SUELO															
	Días															
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
T _{R1}	0,0	1,7	8,8	15,1	21,8	32,6	35,7	41,9	42,0	43,2	55,3	61,1	64,2	73,0	77,5	78,0
T _{R2}	0,0	5,9	15,6	19,1	22,1	32,3	33,2	37,1	41,4	45,5	47,1	51,0	68,1	72,7	73,1	76,5
T _{R3}	0,0	6,5	7,3	13,5	14,7	20,8	32,2	39,5	40,7	45,7	49,0	49,0	54,6	71,7	76,3	76,7
T _{R4}	0,0	5,1	16,8	18,3	20,6	32,8	35,7	41,2	41,8	50,2	54,0	55,7	72,8	77,4	77,8	83,8

Realizado por: Curay, Alicia., 2022.

3.7.3.4. Análisis de Biodegradabilidad en el Suelo

La descomposición de este tipo de plástico biodegradable en comparación con un plástico normal es menor ya que en un plástico derivado del petróleo su descomposición oscila entre 400 años y un plástico biodegradable empieza a descomponerse a los 18 meses a 36 meses que es un tiempo mínimo (Sanchez, 2018). Estos materiales que desenvuelven una descomposición biológica llamado compostaje producen dióxido de carbono, agua, compuestos inorgánicos y biomasa a una velocidad comparable con otros materiales compostables ya que regularmente se trata del reciclaje de una materia prima orgánica (PLASTIVIDA, 2007).

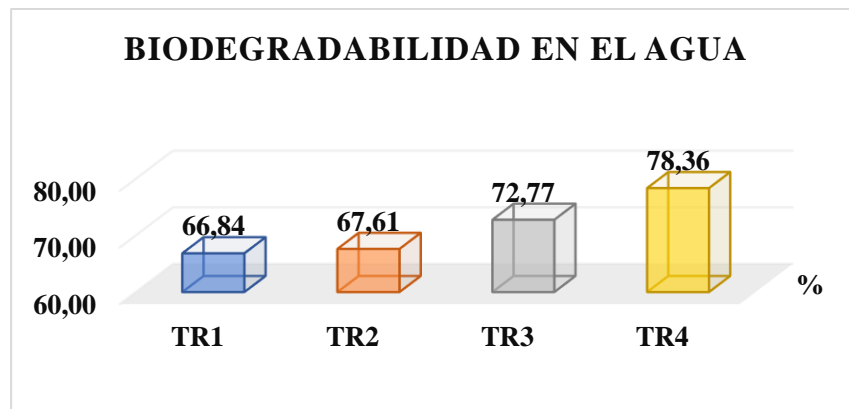


Gráfico 27-3: Biodegradabilidad en el Suelo

Realizado por: Curay, Alicia. 2022.

3.8. Prueba de Hipótesis

3.8.1. Hipótesis 1

A medida que se valuó los ensayos correspondientes al almidón de amaranto arrojaron valores favorables como por ejemplo la amilosa que tiene un 17,54 % y 82,46% es de amilopectina. Subsiguiente a esto se estableció variables para la formulación de la biopelícula, un aspecto importante es la gelatinización que influye en un incremento de temperatura este ensayo se encuentra basado en la norma asimismo se desarrollan otros ensayos para verificar el rendimiento y el tiempo de degradación de la misma

3.8.2. Hipótesis 2

Se aplico el método de extracción húmedo bajo el diseño factorial 2k que comprende de dos niveles y cada nivel dos subniveles, esto se pudo notar en las variables independientes de velocidad & tiempo y variables dependientes de volumen y peso de los cuales tuvo como resultado cuatro tratamientos diferentes con un mismo tamaño de muestra y un tiempo de secado.

3.8.3. Hipótesis 3

Se tomo variables de velocidad con RPM bajo de 27000 y alto de 37000 asimismo el tiempo de 1 minuto y 1;30 minuto y medio para el proceso de extracción del almidón como resultado de estas variables se obtuvo cuatro tratamientos diferentes dentro de ellos se matizó el tratamiento tres con un peso promedio de 94,9410 gramos y un rendimiento de 15.824 %.

3.8.4. Hipótesis 4

Al valorar los ensayos realizados al almidón de amaranto se determinó que tiene un porcentaje de amilosa promedio seguido de este ensayo se realizó la caracterización del almidón en donde al evaluar los resultados de índice de absorción (4,36), solubilidad en el agua (7,64) y el poder de hinchamiento (4,50) se constató que el almidón extraído es de calidad media ya que tiene una solubilidad alta y un bajo índice de absorción y poder de hinchamiento; y de la biopelícula un ensayo importante es de compostaje en ambiente, suelo y agua debido a que el plástico convencional se encuentra en los diferentes ecosistemas.

CONCLUSIONES

- Los tratamientos obtenidos a partir del almidón del amaranto (*Amaranthus caudatus*), en donde se los realizó bajo la premisa del método 2k que nos dio como resultado un tratamiento que sobresalía en sus análisis, caracterización y ensayos mecánicos, así también en compostaje que se realizó en tres ambientes diferentes adecuados.
- La caracterización de la materia prima se comprobó su calidad para utilizarse en la extracción del almidón de amaranto, mismo que obtuvo los siguientes valores: pH (6,05), solubilidad (7,64%), cenizas (0,12) bajo la NTE INEN 1456, humedad (8,03%), viscosidad (977,63 cP), temperatura de gelatinización (71°C) de acuerdo con la FAO, amilosa (17,54%), amilopectina (82,46%) con la técnica del INIAP y ausencia de coliformes totales, hongos, mohos y levaduras en SAQMIC.
- El porcentaje del rendimiento extraído del almidón de amaranto de los cuatro tratamientos realizados con el método factorial 2k fue de 13,96 % del cual el tratamiento tres tuvo el mejor rendimiento 15,82% con una velocidad de 27000 RPM y un tiempo de 60 segundos.
- El método más adecuado es el tratamiento tres la misma que se aplicó el almidón entre (5,5 y 6) gramos y glicerina (2,5 y 3,5) mL, manteniendo constante el agua destilada a 90 ml y vinagre 3 mL.
- El tratamiento tres cumple con los estándares establecidas de la norma INEN como los valores obtenidos del espesor (0,2 mm), humedad (18,24%), solubilidad (22,45%), permeabilidad al vapor de agua (0,0029 g/h.Mpa.m), porcentaje de elongación (27,14%).
- El tratamiento tres tiene mejor degradabilidad en el suelo (83,8%), ambiente (78,36 %) y agua (57,22%) en un tiempo de 45 días.

RECOMENDACIONES

- El lavado adecuado de la materia prima y su remojo con metabisulfito de sodio con un tiempo promedio dependiendo de la materia prima.
- Para el triturado correcto se toma en cuenta el tiempo y la velocidad.
- Para obtener un almidón de buena calidad se debe filtrar correctamente con las debidas precauciones y limpieza, que al momento de realizar pruebas microbiológicas no contengan microorganismos que afecten a la muestra y se contamine.
- Es necesario realizar los análisis para comprobar la calidad de la biopelícula que se obtuvo al final.
- Verificar el bioplástico obtenido en las normas establecidas, por lo que es posible su aplicación en envolturas de frutas y verduras como se plantea en los prototipos dentro de esta investigación.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, E., GARCÍA, E & RAMÍREZ, J.,. Caracterización de suelos cultivados con amaranto y algunos aspectos agronómicos de la planta. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* [en línea], vol. 5, pp. 421–431. [Consulta: 10 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v5n3/v5n3a7.pdf#page=6&zoom=auto,-99,593>.

ARÉVALO, V, AZUCENA, G. & LAÍNEZ, S. “*Formulación y caracterización de una biopelícula comestible elaborada a partir de almidón de sorgo (Sorghum bicolor (L.) Moench) y yuca (Manihot esculenta)*” [en línea]: UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR. Salvador, 2018. pp 15-93 [Consulta: 15-05-2021]. Disponible en: [http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15440/1/Formulación y caracterización de una Biopelícula comestible elaborada a partir de Almidón de Sorgo \(Sorghum bicolor \(L.\) Moench\) y Yuca \(Manihot esculenta\).pdf](http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15440/1/Formulación_y_caracterización_de_una_Biopelícula_comestible_elaborada_a_partir_de_Amidón_de_Sorgo_(Sorghum_bicolor_(L.)_Moench)_y_Yuca_(Manihot_esculenta).pdf).

ARISTIZÁBAL, J. & SÁNCHEZ, T. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea] [Consulta: 18 mayo 2021]. 2007. Roma: s.n. ISBN 978-92-5-305677-4. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

BASILIO, J. “*OBTENCIÓN DE UNA MEZCLA ALIMENTICIA A PARTIR DE QUINUA (Chenopodium quinoa) Y KIWICHA (Amaranthus caudatus) EXTRUIDAS, Y TARWI (Lupinus mutabilis)*” [en línea]. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA: Perú. 2019. Ppp1-115 [Consulta: 15-05-2021]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/4498/basilio-atencio-jaime-eduardo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BRITO, Hannibal. *Texto básico de operaciones unitarias I* [en línea]. S.l.: s.n. 2000. [Consulta: 11 julio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673724_Texto_Basico_de_Operaciones_Unitarias_I.

BRITO, H., BASANTES, A.R. & HUACHO, I. Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (manihot esculenta crantz). *ResearchGate* [en línea], vol. 7, no. Febrero, pp. 228. [Consulta: 20 agosto 2021]. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701. Disponible en: [349214716_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_manihot_esculenta_crantz_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_Manihot_Esculenta_Crantz_Synthesis_of_a_biodegradable_polymer_b](https://www.researchgate.net/publication/349214716_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_manihot_esculenta_crantz_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_Manihot_Esculenta_Crantz_Synthesis_of_a_biodegradable_polymer_b).

BRITO, H., CHUIZA, M. & RODRÍGUEZ, A. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 6, no. 2, pp. 981–994. [Consulta: 20 agosto 2021]. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-p.

BRITO, H., HUACHO, I. & RODRÍGUEZ, A. Extracción de almidón del arroz de cebada por procesos físicos de separación. *Revista Alfa*, vol. 5, no. 14, pp. 319–330 [Consulta: 20 agosto 2021]. DOI 10.33996/revistaalfa.v5i14.120.

BUENSUCESO, V. “ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*MANIHOT ESCULENTA CRANTZ*)” [en línea]: INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL ,Mexico .pp 1-80.[Consulta: 2021-07-28]. Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/25079>.

CALZETTA, A. *Almidón de amaranto: Obtención y evaluación de sus características fisicoquímicas* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES:Argentina.1999[Consulta: 2021-07-17]. . Disponible en: http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_3242_CalzettaResio.pdf%0ACita.

FAO. Recetario de Platillos Tradicionales del Altiplano Marquense. *Infoagro.*, pp. 82. [Consulta: 20 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/4ffc5fa1-a9e3-4d80-81e5-91f2e5bcc8d5/>.

FERNÁNDEZ, I. & JIMÉNEZ. La mar de plástico. *Revista Mediterraneo economico* [en línea], vol. 33, no. 1, pp. 235–251. ISSN 1698-3726 [Consulta: 18 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.publicacionescajamar.es/publicacionescajamar/public/pdf/publicaciones>.

FUENTES, R. Amaranto. *PLANTAS* [en línea]. [Consulta: 19 junio 2021]. Disponible en: <https://www.flordeplanta.com.ar/plantas/amaranto-amaranthus-caudatus-caracteristicas-y-cultivo/#:~:text=Su raíz principal es corta,que se dirigen hacia abajo.&text=Las hojas del amaranto son,o morados en las nervaduras>.

GEOGRAPHIC, N. ¿Dónde usamos los plásticos en el día a día? [en línea]. [Consulta: 2 junio 2021]. Disponible en: https://www.nationalgeographic.com.es/mundo-ng/grandes-reportajes/donde-usamos-plasticos_12717.

HEVIA, F., BERTI, M., WILCKENS, R. & YÉVENES, C. CONTENIDO DE PROTEINA Y ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL ALMIDON EN SEMILLAS DE AMARANTO (AMARANTHUS SPP.) CULTIVADO EN CHILLAN, CHILE. *Agro Sur* [en línea], vol. 30, pp. 24–31. DOI 10.4206/agrosur.2002.v30n1-03 [Consulta: 2021-08-03]. Disponible en: <http://revistas.uach.cl/html/agrosur/v30n1/body/art03.htm>.

INIAP. EL ATACO, SANGORACHE O AMARANTO NEGRO (*Amaranthus Hybridus L.*) EN ECUADOR. [en línea]. QUITO: PUBLICACION MISCELANEA. 143, vol. 35, pp. 15-28. [Consulta: 2021-08-03]. Disponible en: <http://181.112.143.123/bitstream/41000/2827/1/iniapsc322est.pdf>.

KÄSER, H. Eco Verde. *Naturkosmetische Rohstoffe* [en línea]. [Consulta: 15 junio 2021]. Disponible en: <https://www.ecco-verde.es/info/ingredientes/amaranto>.

KONISHI, A. & SALAS, C. Caracterización del almidón de *Amaranthus caudatus* por barrido calorimétrico diferencial. *Revista de la Sociedad Química del petróleo* [en línea], vol. 72, pp. 12–18. ISSN 1810-634X. [Consulta: 2021-08-17]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-34X2006000100003&nrm=iso.

MAPES, E. El amaranto. *Instituto de Biología de la UNAM* [en línea], pp. 8–15. [Consulta: 2021-08-15]. Disponible en: http://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/66_3/PDF/Amaranto.pdf.

MENESES, J., CORRALES, C. & VALENCIA, M. SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA. *New Electron*, vol. 12, no. 5, [en línea], pp. 57–67. ISSN 00479624. [Consulta: 2021-08-28]. Disponible en:

NANCY, M. *Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD TECNICA DE AMBATO:Ambato.2017. pp. 5-18.[Consulta: 2021-08-12]. Disponible en: https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26312/1/AL_641.pdf.

NEIRA, O. *Evaluación de propiedades de transporte y mecánicas de biopelículas a base de almidón de jicama* [en línea]. UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA:México. [Consulta: 2021-08-27]. Disponible en: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/7679/T20666_NEIRA_ESPERICUETA%2C_OLGA_ESTEFANIA_63741.pdf?sequence=1.

PÉREZ, C. & LUZURIAGA, Ó. Caracterización de la Harina de Semillas de Amarantho *Amaranthus Caudatus* para Elaboración de Pan en Mezclas con Harina de Trigo. *Química Central* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 61–70. ISSN 1390-5562. DOI 10.29166/quimica.v1i1.1191.[Consulta: 2 septiembre 2021].. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/AppData/Local/Temp/wgtandazo,+caracterizacion-3.pdf>.

PESANTEZ, K. Ecuador consume 1,5 millones de bolsas plásticas al año. *PRIMICIAS* [en línea]. QUITO, 31 octubre 2019. pp. 1. [Consulta: 14 julio 2021]. Disponible en: <https://www.primicias.ec/noticias/economia/ecuador-consume-15-millones-bolsas-plasticas/>.

PLASTIVIDA. Degradación de los Materiales Plásticos. *El plástico a favor de la vida* [en línea], vol. 21, pp. 12.[Consulta: 22 junio 2021].Disponible en: ecoplas.org.ar/pdf/21.pdf.

QUIROGA, C.C. Los Almidones Resistentes y la Salud. *Centro De Investigaciones Agricolas y Agroindustriales Andinas*, vol. 142, no. 8, pp. 131–143. [Consulta: 28 junio 2021].Disponible en:

QUIROGA, C.LOS ALMIDONES RESISTENTES Y LA SALUD. *INVESTIGACION & DESARROLLO* [en línea], vol. 8, no. 1, pp. 130–141. ISSN 18146333. DOI 10.23881/idupbo.008.1-9i. [Consulta: 2021-08-02]. Disponible en: <http://www.upb.edu/revista-investigacion-desarrollo/index.php/id/article/view/91>.

ROBLES, A. *Aprovechamiento de almidón de amaranto (A . hypochondriacus) como almidón resistente.* [en línea]. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA: México. [Consulta: 18 junio 2021]. Disponible en: file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Aprovechamiento_de_almidon_de_amaranto_A.pdf.

RUANO, J. *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis spp.)* [en línea]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano: Honduras. [Consulta: 2021-08-21]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>.

SANCHEZ, J. *Cuánto tarda en degradarse el plástico biodegradable* [en línea]. 2018. Mexico: s.n. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/cuanto-tarda-en-degradarse-el-plastico-biodegradable-1272.html>.

SUCKLING, D.M., BAKER, G. & SALEHI, L. DETERMINE THE FEASIBILITY OF PRODUCE AND COMMERCIALIZE AN AMARANTH BASED CHOCOLATE FLAVORED DRINK IN BUCARAMANGA AND ITS METROPOLITAN AREA. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* [en línea]. Colombia: Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-016-3076-8>
<http://dx.doi.org/10.1080/02772248.2015.1031668>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.073>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.09.027>
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2009.02.022>

TORRES PÉREZ, A.V., 2006. *El estudio de métodos de extracción de almidón de melloco (Ullucus tuberosus)* [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD. Disponible en: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3356/1/P91 Ref.2980.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/3356/1/P91%20Ref.2980.pdf).

TRUJILLO RIVERA, C.T. " Obtención De Películas Biodegradables A Partir De Almidón De Yuca (Manihot Esculenta Crantz) Titulo De La Tesis : " Obtención De Películas Biodegradables A Partir De Almidón De Yuca (Manihot Escu / Enta Crantz) Doblemente Modificado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [en línea], pp. 121 [Consulta: 06 julio 2021].. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1>.

ANEXOS

ANEXO A: OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN A PARTIR DE AMARANTO

a)



b)



c)



d)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: María Alicia Curay Toinga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Recepción de la Materia Prima y pesaje	Aprobado <input type="checkbox"/>				
b) Licuado	Preliminar <input type="checkbox"/>				
c) Filtrado	Certificado <input type="checkbox"/>				
d) Decantado	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
	Información <input type="checkbox"/>		1	1:1	13/09/2021
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO B: TRATAMIENTO DE LA OBTENCIÓN DEL ALMIDÓN DE AMARANTO

e)



f)



g)



h)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toainga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”		
e) Almidón húmedo f) Peso Húmeda del almidón g) Peso Seco del almidón h) Almidón de amaranto			LÁMINA 2	ESCALA 1:1	FECHA 13/09/2021

ANEXO C: OBTENCIÓN DEL RENDIMIENTO DEL ALMIDÓN DE AMARANTO

i)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p align="center">ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p align="center">ELABORADO POR: María Alicia Curay Toaingá</p>	<p>“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”</p>							
i) Rendimiento del almidón de los cuatro tratamientos	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		<table border="1"> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td align="center">3</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">13/09/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	3	1:1	13/09/2021	
LÁMINA	ESCALA	FECHA								
3	1:1	13/09/2021								

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE AMARANTO

j)



k)



l)



m)



NOTAS:

- j) Humedad
- k) Ceniza
- l) Solubilidad
- m) pH

**CATEGORÍA DEL
DIAGRAMA**

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por Calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ELABORADO POR:
Maria Alicia Curay Toaingá**

**“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A
PARTIR DEL AMARANTO (*Amaranthus
caudatus*) PARA EMBALAJE DE
ALIMENTOS”**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
4	1:1	13/09/2021

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE AMARANTO

n)



o)



p)



q)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toinga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”					
n) Viscosidad o) Prueba de Lugol p) Temperatura de Gelatinización q) Tamizaje	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>					<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">5</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">13/09/2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA
LÁMINA	ESCALA	FECHA						
5	1:1	13/09/2021						

ANEXO F: FORMULACIÓN DE LA BIOPELÍCULA

r)



s)



t)



u)



v)



NOTAS:

- r) Formulación de bioplástico y pesado
- s) Tratamiento 1
- t) Tratamiento 2
- u) Tratamiento 3
- v) Tratamiento 4

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA

- Aprobado
- Preliminar
- Certificado
- Por aprobar
- Información
- Por Calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Maria Alicia Curay Toaingá

“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (*Amaranthus caudatus*) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”

LÁMINA	ESCALA	FECHA
6	1:1	13/09/2021

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE LA BIOPELÍCULA

w)

x)

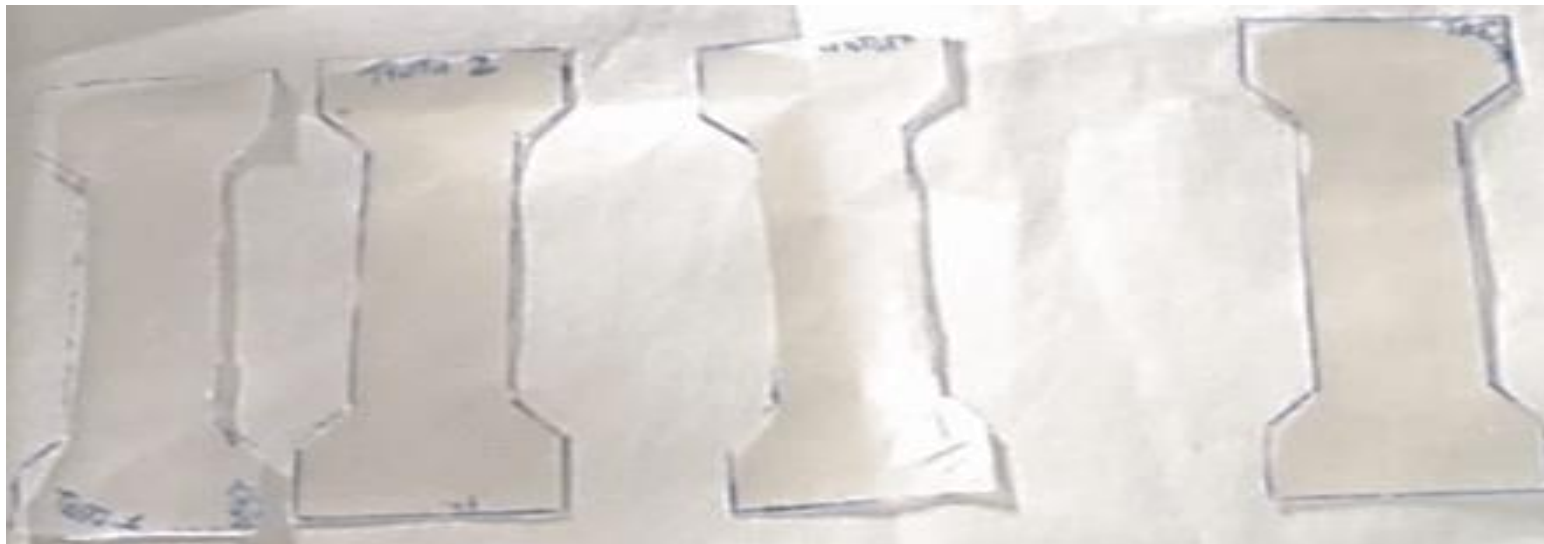
y)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toainga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”				
w) Humedad x) Solubilidad y) Permeabilidad			<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td align="center">7</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">13/09/2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	7
LÁMINA	ESCALA	FECHA					
7	1:1	13/09/2021					

ANEXO H: PRUEBAS MECÁNICAS DE LA BIOPELÍCULA




z)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A		
z) PRUEBAS	DIAGRAMA				
MECÁNICAS A LA	Aprobado <input type="checkbox"/>	FACULTAD DE CIENCIAS	<i>caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE		
BIOPELÍCULA	Preliminar <input type="checkbox"/>	ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ALIMENTOS”		
	Certificado <input type="checkbox"/>	ELABORADO POR:	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	Por aprobar <input type="checkbox"/>	Maria Alicia Curay Toainga	8	1:1	13/09/2021
	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO I: ALMILOSA DEL GRANO DE AMARANTO

aa)



MC-LSAIA-2201-06	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tifs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340																		
INFORME DE ENSAYO No: 21-0172																			
**NOMBRE PETICIONARIO: **DIRECCIÓN: FECHA DE EMISIÓN: FECHA DE ANÁLISIS:	Srta. María Alicia Curay Riobamba Juan Montalvo 26/08/2021 Del 23 al 26 de agosto del 2021	**INSTITUCIÓN: **ATENCIÓN: FECHA DE RECEPCIÓN.: HORA DE RECEPCIÓN: ANÁLISIS SOLICITADO:	Particular Srta. María Alicia Curay 23/08/2021 13h00 Amilosa																
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:15%;">ANÁLISIS METODO</th> <th style="width:15%;">HUMEDAD MO-L SAIA-01.01</th> <th style="width:15%;">AMILOSA^Ω MO-L SAIA-04</th> <th style="width:55%;">**IDENTIFICACION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>METODO REF.</td> <td>U. FLORIDA 1970</td> <td>Morrison y Laignelet 1983</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UNIDAD</td> <td>%</td> <td>%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>21-0985</td> <td>11,52</td> <td>8,92</td> <td align="center">Grano de Amaranto</td> </tr> </tbody> </table>	ANÁLISIS METODO	HUMEDAD MO-L SAIA-01.01	AMILOSA ^Ω MO-L SAIA-04	**IDENTIFICACION	METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983		UNIDAD	%	%		21-0985	11,52	8,92	Grano de Amaranto	Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca. OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente		
ANÁLISIS METODO	HUMEDAD MO-L SAIA-01.01	AMILOSA ^Ω MO-L SAIA-04	**IDENTIFICACION																
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983																	
UNIDAD	%	%																	
21-0985	11,52	8,92	Grano de Amaranto																
 Dr. MSc. Ivan Samaniego RESPONSABLE TÉCNICO	RESPONSABLES DEL INFORME		 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.																			

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: María Alicia Curay Toaingá	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS						
aa) Informe de Amilosa y Humedad del grano de amaranto	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width:33%;">LÁMINA</th> <th style="width:33%;">ESCALA</th> <th style="width:33%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td align="center">9</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">13/09/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	9	1:1	13/09/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
9	1:1	13/09/2021							

ANEXO J: ALMILOSA DEL ALMIDÓN DE AMARANTO

bb)

MC-LSAIA-2201-06

	INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1, Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-0144

**NOMBRE PETICIONARIO:	Srta. María Alicia Curay	**INSTITUCIÓN:	Particular
**DIRECCIÓN:	Riobamba Juan Montalvo	**ATENCIÓN:	Srta. María Alicia Curay
FECHA DE EMISIÓN:	29/06/2021	FECHA DE RECEPCIÓN.:	09/05/2021
FECHA DE ANÁLISIS:	Del 19 al 29 de julio del 2021	HORA DE RECEPCIÓN:	13h00
		ANÁLISIS SOLICITADO:	Amilosa

ANÁLISIS METODO	HUMEDAD	AMILOSA ^Q	**IDENTIFICACIÓN
	MO-L SAIA-01.01	MO-L SAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
21-0864	6,46	17,54	Almidón de amaranto

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


 Dr. MSc. Iván Samaniego
 RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME



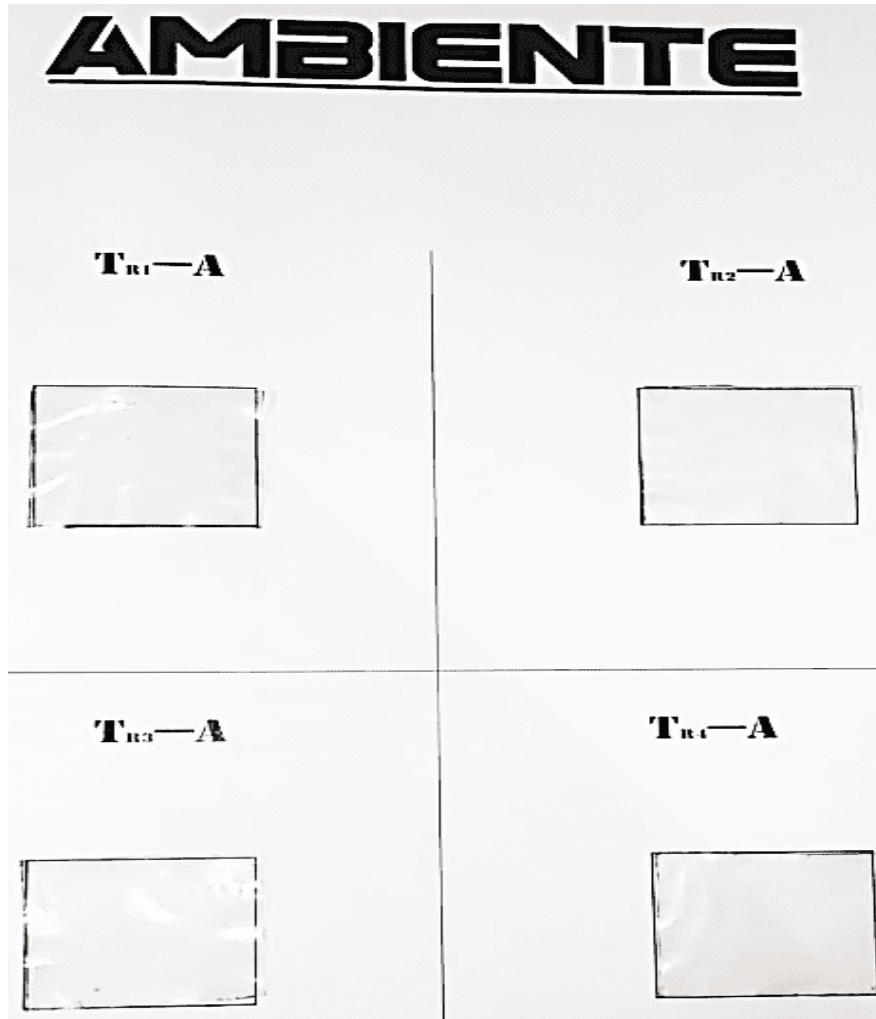

 Ing. Bladimir Ortiz
 RESPONSABLE CALIDAD

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

NOTAS: bb) Informe de Amilosa y Humedad del almidón de amaranto	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS						
			<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 25%;">LÁMINA</th> <th style="width: 25%;">ESCALA</th> <th style="width: 50%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td align="center">10</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">13/09/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	10	1:1	13/09/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
10	1:1	13/09/2021							

ANEXO K: INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AMBIENTE

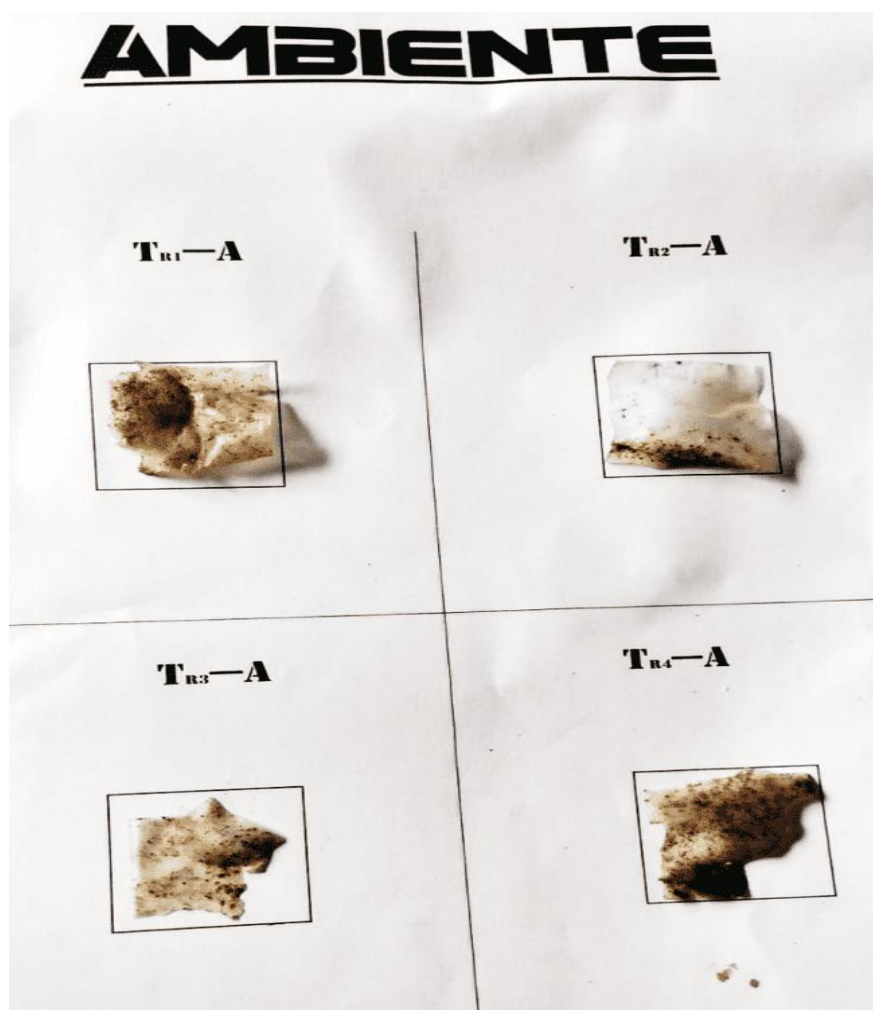
cc)



NOTAS: cc) Biodegradabilidad en el Ambiente	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toainga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			11	1:1	13/09/2021

ANEXO L: PUNTO MEDIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AMBIENTE

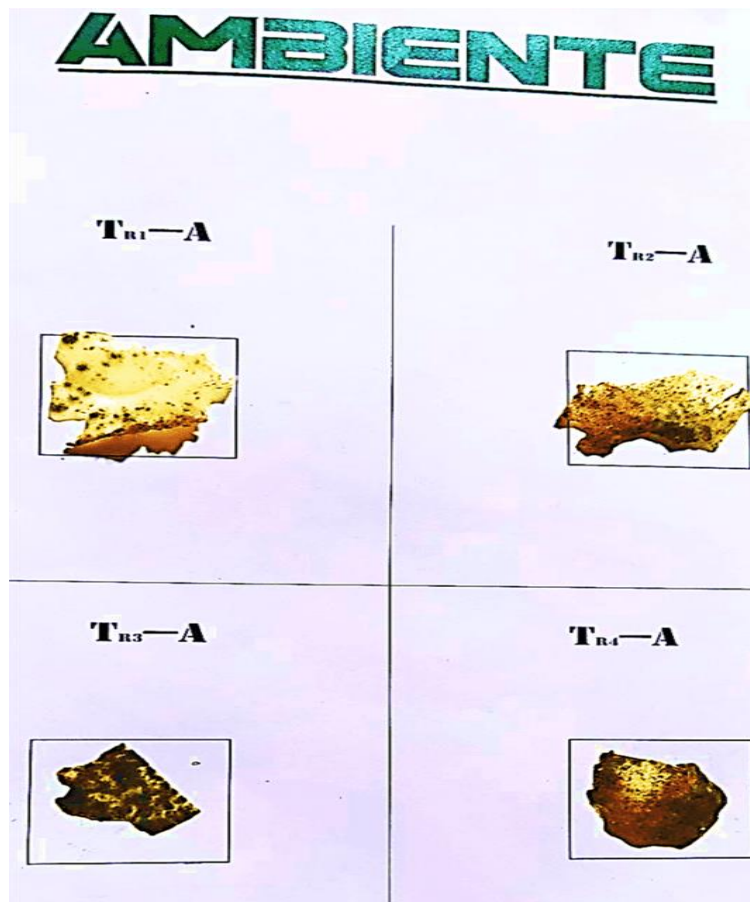
dd)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR:</p> <p>Maria Alicia Curay Toainga</p>	<p>“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS</p>		
dd) Biodegradabilidad en el Ambiente	<p>Aprobado <input type="checkbox"/></p> <p>Preliminar <input type="checkbox"/></p> <p>Certificado <input type="checkbox"/></p> <p>Por aprobar <input type="checkbox"/></p> <p>Información <input type="checkbox"/></p> <p>Por Calificar <input type="checkbox"/></p>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			12	1:1	13/09/2021

ANEXO M: PUNTO FINAL DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AMBIENTE

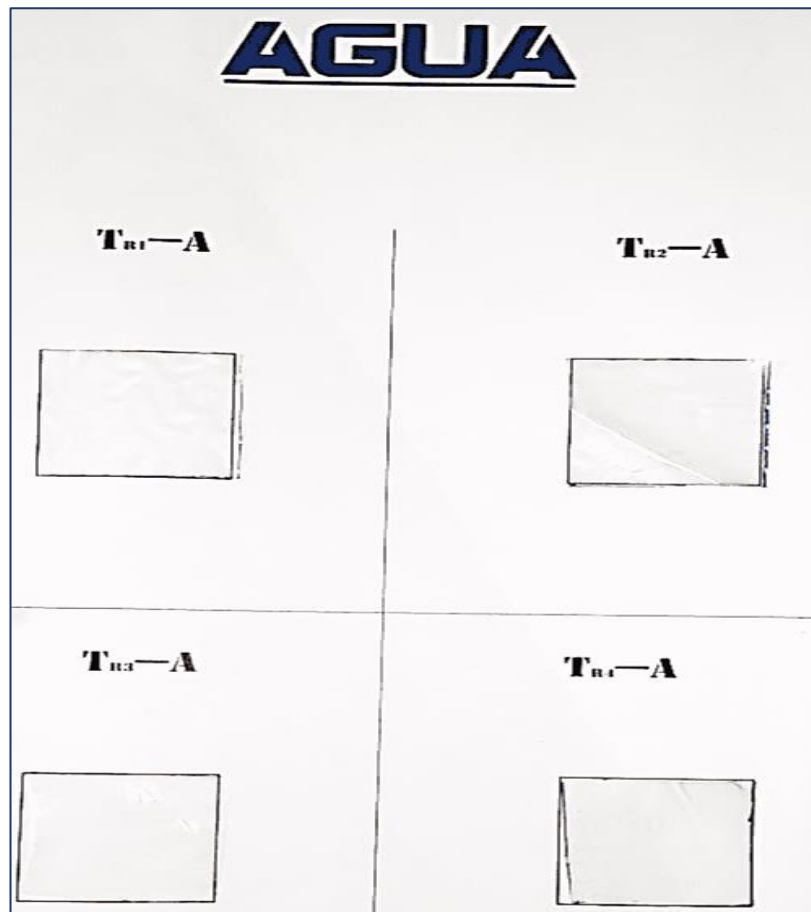
ee)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toainga</p>	<p>“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS</p>		
ee) Biodegradabilidad en el Ambiente	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>				
			12	1:1	13/09/2021

ANEXO N INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AGUA

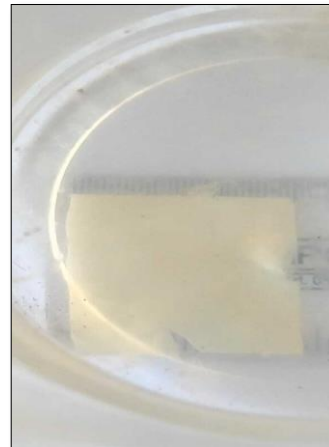
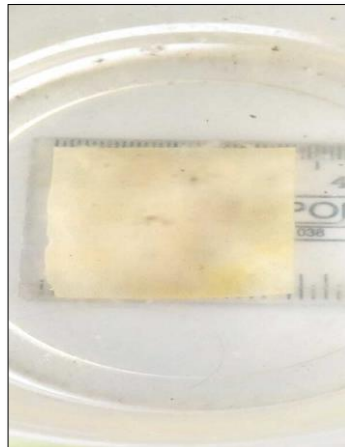
ff)



NOTAS: ff) Biodegradabilidad en el Agua	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toinga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			14	1:1	13/09/2021

ANEXO O: INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AGUA

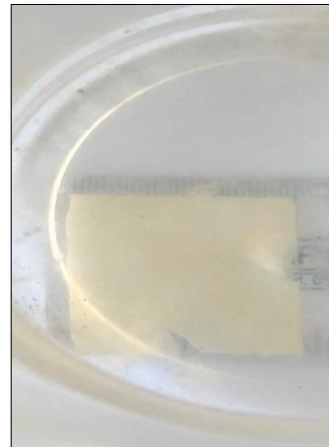
gg)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
gg) Biodegradabilidad en el Agua	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toainga	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			14	1:1	13/09/2021

ANEXO P: INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AGUA

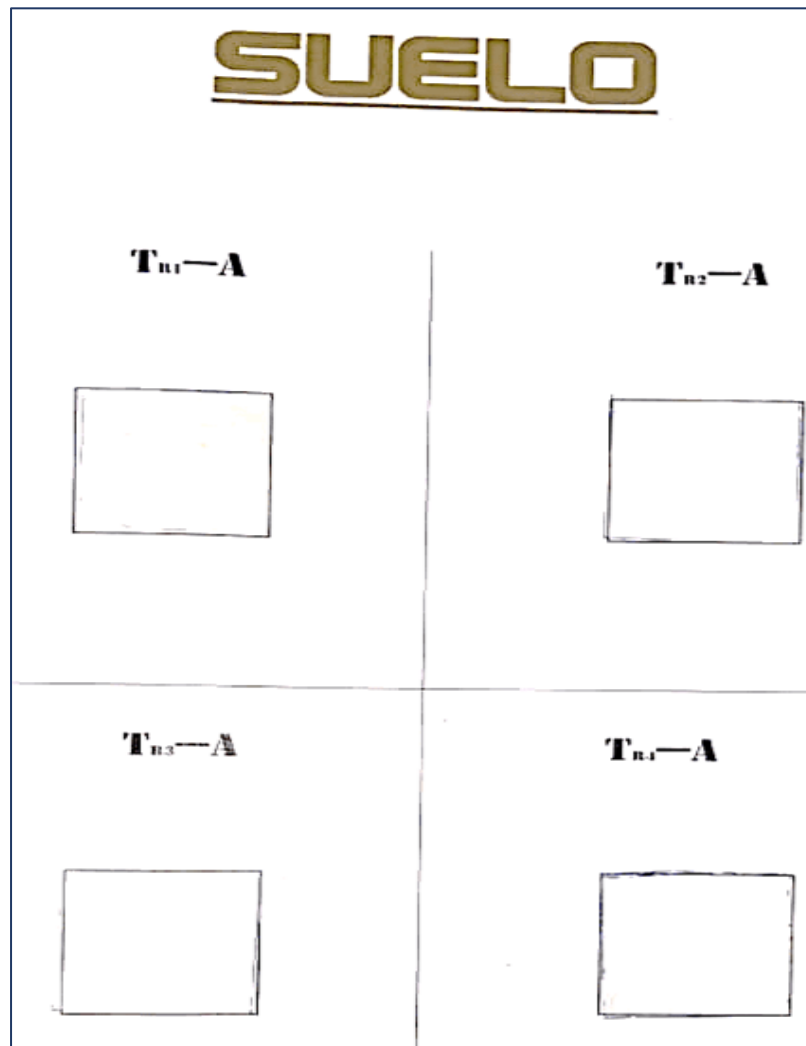
gg)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
hh) Biodegradabilidad en el Agua	Aprobado Preliminar Certificado Por aprobar Información Por Calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toainga	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			14	1:1	13/09/2021

ANEXO Q: INICIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL SUELO

ii)

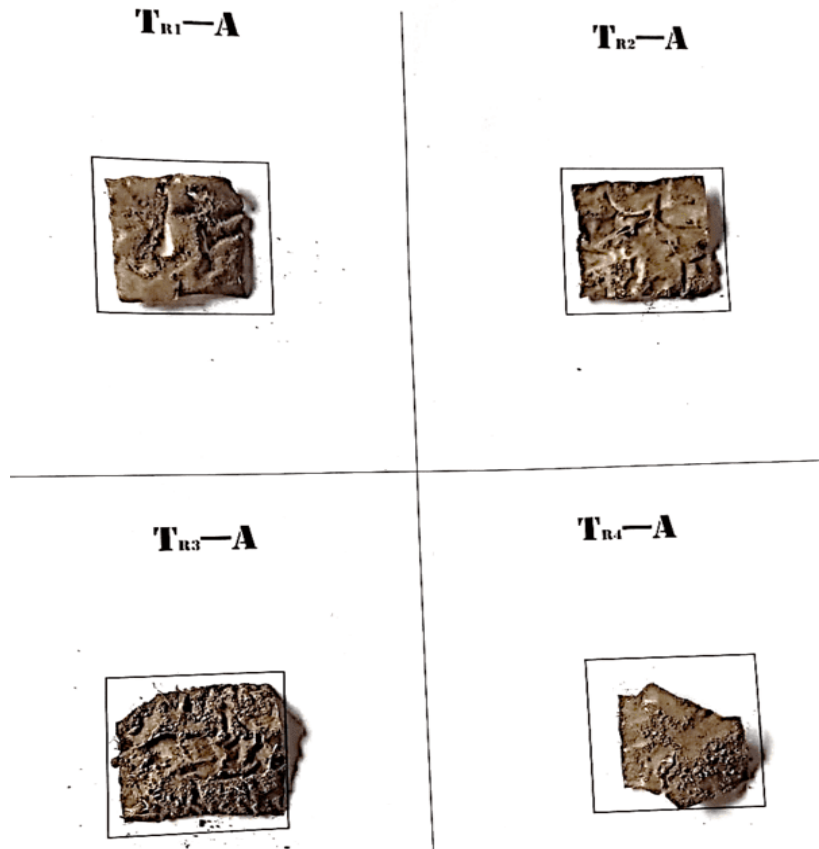


NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
ii) Biodegradabilidad en el suelo	Aprobado <input type="checkbox"/>	ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toanga	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	Preliminar <input type="checkbox"/>		17	1:1	13/09/2021
	Certificado <input type="checkbox"/>				
	Por aprobar <input type="checkbox"/>				
	Información <input type="checkbox"/>				
	Por Calificar <input type="checkbox"/>				

ANEXO R: PUNTO MEDIO DE BIODEGRADABILIDAD EN EL SUELO

jj)

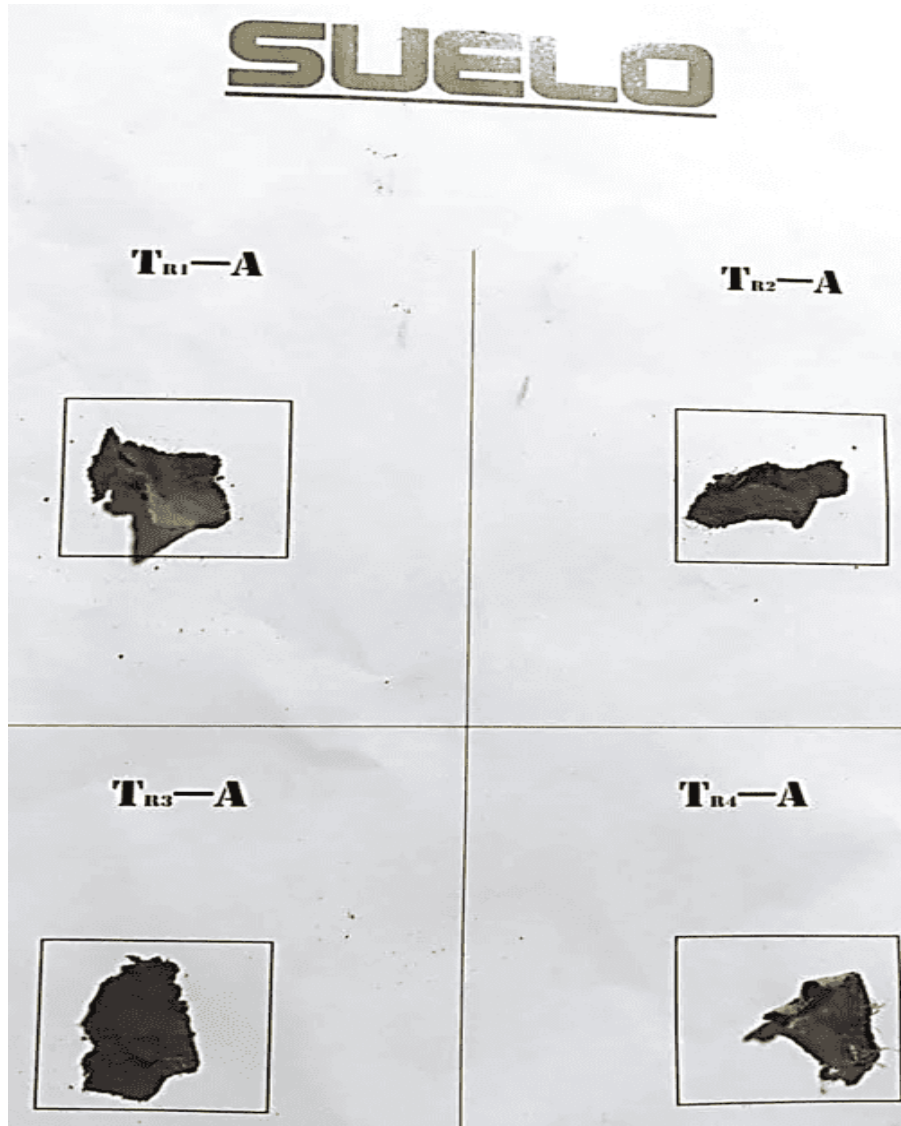
SUELO



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA		“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO		
jj) Biodegradabilidad en el suelo	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toinga	(Amaranthus caudatus) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			18	1:1	13/09/2021

ANEXO S: PUNTO FINAL DE BIODEGRADABILIDAD EN EL SUELO

kk)



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA				
kk) Biodegradabilidad en el suelo	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toinga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			9	1:1	13/09/2021

ANEXO T: ENSAYO DE TRACCIÓN TR1

II)



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N°1
REALIZADO POR	Maria Alicia Curay Toainga
PROYECTO DE TESIS	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-09-10
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Opaco
ESPESOR (mm)	0,1
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	1.50
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	6,61E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	9,80
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	6,53
CARGA MÁXIMA (N)	10,80
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	7,20
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	21,45

Aprobado por

JULIO CESAR
LLERENA
ZAMBRANO
Ing. Julio Llerena

Firmado digitalmente por JULIO
CESAR LLERENA ZAMBRANO
Fecha: 2021.09.15 12:27:57
-05'00'

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toainga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
II) Ensayo de tracción TR1	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		9	1:1	13/09/2021

ANEXO U: ENSAYO DE TRACCIÓN TR2

mm)



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº2
REALIZADO POR	Maria Alicia Curay Toinga
PROYECTO DE TESIS	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	2
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-09-10
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Opaco
ESPESOR (mm)	0,2
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	3,0
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	7,48E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	19,60
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	6,53
CARGA MÁXIMA (N)	22,50
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	7,50
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	31,38

Aprobado por

JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
Ing. Julio Llerena

Firmado digitalmente por
JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
Fecha: 2021.09.15 12:28:50 -05'00'

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toinga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
mm) Ensayo de tracción TR2	Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		9	1:1	13/09/2021

ANEXO V: ENSAYO DE TRACCIÓN TR3

00)



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N°3
REALIZADO POR	Maria Alicia Curay Toinga
PROYECTO DE TESIS	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	3
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-09-10
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Transparencia
ESPESOR (mm)	0,2
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	3,0
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	8,17E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	15,7
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	10,47
CARGA MÁXIMA (N)	17,6
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	11,73
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	27,14

Aprobado por

JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
Firmado digitalmente por JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
Fecha: 2021.09.15 12:30:42
+05'00'

Ing. Julio Llerena

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toinga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS		
nn) Ensayo de tracción TR3	Aprobado Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>		LÁMINA	ESCALA	FECHA
	9		1:1	13/09/2021	

ANEXO W: ENSAYO DE TRACCIÓN TR4

00)



INFORME DE RESULTADOS

ENSAYO DE TRACCIÓN	Nº4
REALIZADO POR	Maria Alicia Curay Toinga
PROYECTO DE TESIS	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS”
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	4
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-09-10
CARACTERÍSTICAS DE COLOR	Transparencia
ESPESOR (mm)	0,2
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	3,0
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	2,41E+01
CARGA DE FLUENCIA (N)	9,80
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	3,27
CARGA MÁXIMA (N)	10,80
ESFUERZO MÁXIMO(MPa)	3,60
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN %	27,60

Aprobado por

JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO
Firmado digitalmente por JULIO CESAR LLERENA ZAMBRANO Fecha: 2021.09.15 12:30:06 -05'00'
 Ing. Julio Llerena

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por Calificar <input type="checkbox"/>	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Maria Alicia Curay Toinga	“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL AMARANTO (<i>Amaranthus caudatus</i>) PARA EMBALAJE DE ALIMENTOS				
00) Ensayo de tracción TR4			<table border="1"> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td align="center">9</td> <td align="center">1:1</td> <td align="center">13/09/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	9
LÁMINA	ESCALA	FECHA					
9	1:1	13/09/2021					



espoch

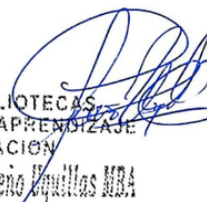
Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 20 / 06 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Maria Alicia Curay Toainga
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título para optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.

DIRECCION DE BIBLIOTECAS
Y RECURSOS PARA EL APRENDIZAJE
Y LA INVESTIGACION

Ing. Jhonatan Parreno Huallas MDA
ANALISTA DE BIBLIOTECA 1



1121-DBRA-UTP-2022