



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA
YANASHUNGO (*Solanum andígena*) PARA USO EN EMBALAJE DE
ALIMENTOS

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: XAVIER SEBASTIÁN GUAMÁN GRANJA

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Xavier Sebastián Guamán Granja**

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

Yo, XAVIER SEBASTIÁN GUAMÁN GRANJA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 31 de enero de 2022



Xavier Sebastián Guamán Granja

1804546826

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA YANA SHUNGO (*Solanum andigena*) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS** realizado por el señor: **XAVIER SEBASTIÁN GUAMÁN GRANJA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA	FECHA
Ing. Mónica Lilián Andrade Ávalos PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	2022-01-31
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos Msc DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	2022-01-31
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	2022-01-31

DEDICATORIA

A Dios, que me ha dado la fortaleza para culminar la investigación presente. A mis padres y abuelos, que siempre estuvieron presentes apoyándome en todo momento para cumplir con cada una de mis metas, por sus sacrificios para brindarme una excelente educación. A mi amada esposa, quién es la persona más importante en mi vida, gracias a su apoyo incondicional y desinteresado he alcanzado las metas que me he propuesto.

Sebastián

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la facultad de Ciencias, en especial a los docentes de la Carrera de Ingeniería Química por cada una de sus enseñanzas compartidas durante toda mi carrera universitaria.

A mi tutora Ing. Linda Flores quién con su ayuda y apoyo incondicional se culminó la elaboración del presente proyecto.

A la Ing. Violeta Dalgo por brindarme su valiosa colaboración, tiempo y orientación en el desarrollo de este trabajo experimental.

Sebastián

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	XIV
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XV
RESUMEN	XVI
ABSTRACT	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1. Justificación de la investigación.....	2
1.2. Antecedentes de la investigación.....	3
1.3. Marco teórico.....	4
1.3.1. Papa	4
1.3.1.1. Origen	4
1.3.1.2. Variedades de papa nativa.....	4
1.3.1.3. Clasificación botánica	5
1.3.2. Papa Nativa Variedad Yana Shungo (<i>Solanum andígena</i>).....	5
1.3.2.1. Características morfológicas.....	6
1.3.2.2. Características de calidad	7
1.3.3. Almidón	7
1.3.3.1. Componentes del almidón.....	7
1.3.3.2. Propiedades del almidón	9
1.3.4. Extracción de Almidón de Papa	9
1.3.5. Polímeros	10
1.3.5.1. Impacto ambiental de los polímeros	10
1.3.6. Bioplásticos.....	10
1.3.6.1. Componentes para la elaboración de bioplásticos.....	11
1.3.6.2. Fundamentos para la caracterización del bioplástico	12

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	14
2.1. Objetivos	14

2.1.1.	General	14
2.1.2.	Específicos	14
2.2.	Hipótesis	14
2.2.1.	Hipótesis General	14
2.2.1.1.	<i>Hipótesis Nula</i>	15
2.2.1.2.	<i>Hipótesis Alternativa</i>	15
2.2.2.	Hipótesis Específica	15
2.3.	Identificación de Variables	16
2.4.	Operacionalización de Variables	17
2.5.	Matriz de Consistencia	18
2.6.	Tipo y Diseño de Investigación	20
2.6.1.	Tipo de Investigación	20
2.6.1.1.	<i>Según el método de investigación</i>	20
2.6.1.2.	<i>Según el objeto de investigación</i>	20
2.6.1.3.	<i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i>	20
2.6.1.4.	<i>Según la manipulación de variables</i>	20
2.6.1.5.	<i>Según el tipo de inferencia</i>	21
2.6.1.6.	<i>Según el periodo temporal</i>	21
2.6.1.7.	<i>Según la condición de estudio</i>	21
2.6.2.	Diseño Experimental	21
2.7.	Unidad de Análisis	23
2.8.	Población de Estudio	23
2.9.	Tamaño de Muestra	23
2.10.	Selección de muestra	24
2.10.1.	Criterio de Inclusión	24
2.10.2.	Criterio de Exclusión	24
2.11.	Técnicas de Recolección de Datos	24
2.11.1.	Extracción de almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andígena</i>)	24
2.11.2.	Caracterización del Almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andígena</i>)	25
2.11.2.1.	<i>Humedad</i>	25
2.11.2.2.	<i>Ceniza total</i>	26
2.11.2.3.	<i>Fibra cruda</i>	27
2.11.2.4.	<i>Proteína cruda</i>	28
2.11.2.5.	<i>Viscosidad de Brookfield</i>	30
2.11.2.6.	<i>pH</i>	30
2.11.2.7.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	31
2.11.2.8.	<i>Sensibilidad</i>	31

2.11.2.9.	<i>Ensayos microbiológicos</i>	32
2.11.2.10.	<i>Amilosa y Amilopectina</i>	32
2.11.2.11.	<i>Índice de Solubilidad en agua</i>	33
2.11.2.12.	<i>Densidad Aparente</i>	34
2.11.3.	<i>Obtención del bioplástico</i>	34
2.11.4.	<i>Caracterización del bioplástico</i>	35
2.11.4.1.	<i>Espesor</i>	35
2.11.4.2.	<i>Humedad</i>	35
2.11.4.3.	<i>Solubilidad en agua</i>	36
2.11.4.4.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i>	37
2.11.4.5.	<i>Biodegradabilidad</i>	38
2.11.4.6.	<i>Ensayo de tracción</i>	38

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	39
3.1.	Datos Obtenidos de los ensayos realizados para la obtención del almidón y sus características	39
3.1.1.	<i>Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda</i>	40
3.1.2.	<i>Datos obtenidos de las características fisicoquímicos del almidón de papa Yana Shungo</i>	42
3.2.	Datos obtenidos de los ensayos realizados para la elaboración del bioplástico	42
3.2.1.	<i>Determinación de la concentración del almidón y plastificante</i>	42
3.3.	Análisis del bioplástico	43
3.3.1.	<i>Datos obtenidos del ensayo de humedad de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo</i>	43
3.3.2.	<i>Datos obtenidos del ensayo de solubilidad de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo</i>	44
3.3.3.	<i>Datos obtenidos del ensayo de permeabilidad de vapor de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo</i>	45
3.3.4.	<i>Datos obtenidos de los ensayos de biodegradación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo</i>	46
3.4.	Cálculos	48
3.4.1.	<i>Cálculo del rendimiento del almidón de papa Yana Shungo por vía húmeda</i>	48
3.4.2.	<i>Cálculos para los ensayos realizados al almidón de papa Yana Shungo</i>	49
3.4.2.1.	<i>Cálculo porcentaje de ceniza total</i>	49

3.4.2.2.	<i>Cálculo del índice de solubilidad en agua</i>	49
3.4.2.3.	<i>Cálculo de densidad aparente</i>	49
3.4.3.	<i>Cálculo para los ensayos realizados al bioplástico de papa Yana Shungo</i>	50
3.4.3.1.	<i>Cálculo del porcentaje de humedad</i>	50
3.4.3.2.	<i>Cálculo del porcentaje de solubilidad</i>	50
3.4.3.3.	<i>Cálculo de permeabilidad de vapor de agua</i>	50
3.4.3.4.	<i>Cálculos de biodegradación a través de pérdida de peso</i>	51
3.5.	Resultados	52
3.5.1.	<i>Resultados del rendimiento de extracción de almidón de papa Yana Shungo por vía húmeda</i>	52
3.5.2.	<i>Caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón de papa Yana Shungo</i>	54
3.5.3.	<i>Resultados de formulación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo</i>	58
3.5.4.	<i>Propiedades del bioplástico de almidón de papa Yana Shungo</i>	59
3.6.	Verificación de hipótesis	64
3.6.1.	<i>Hipótesis Nula</i>	64
3.6.2.	<i>Hipótesis Alternativa</i>	64
3.7.	Aplicación Bioplástico	66
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		69
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1.	Clasificación taxonómica de la papa.....	5
Tabla 2-1.	Características Morfológicas de papa nativa variedad Yana Shungo (<i>Solanum andígena</i>).....	6
Tabla 3-1.	Parámetros de calidad de la variedad Yana Shungo (<i>Solanum andígena</i>).....	7
Tabla 1-2.	Identificación de variables.....	16
Tabla 2-2.	Operacionalización de variables.....	17
Tabla 3-2.	Matriz de Consistencia.....	18
Tabla 4-2.	Matriz de Experimentos en base al diseño factorial 2 ^k	22
Tabla 5-2.	Matriz de Diseño de Experimentos con Mezclas.....	22
Tabla 6-2.	Extracción del almidón.....	24
Tabla 7-2.	Determinación de porcentaje de humedad.....	25
Tabla 8-2.	Determinación de Ceniza total.....	26
Tabla 9-2.	Determinación de fibra cruda.....	27
Tabla 10-2.	Determinación de proteína cruda.....	28
Tabla 11-2.	Determinación de Viscosidad.....	30
Tabla 12-2.	Determinación de pH.....	30
Tabla 13-2.	Determinación de Temperatura de gelatinización.....	31
Tabla 14-2.	Determinación de Sensibilidad.....	31
Tabla 15-2.	Ensayos microbiológicos.....	32
Tabla 16-2.	Análisis de Amilosa y Amilopectina.....	32
Tabla 17-2.	Determinación de Índice de solubilidad en agua.....	33
Tabla 18-2.	Determinación de densidad aparente.....	34
Tabla 19-2.	Proceso para la obtención del bioplástico.....	34
Tabla 20-2.	Determinación de espesor.....	35
Tabla 21-2.	Determinación del contenido de humedad.....	35
Tabla 22-2.	Determinación de solubilidad en agua.....	36
Tabla 23-2.	Determinación de permeabilidad de vapor de agua.....	37
Tabla 24-2.	Determinación de biodegradabilidad.....	38
Tabla 25-2.	Ensayo de tracción.....	38
Tabla 1-3.	Datos de Análisis físico de papa Yana Shungo.....	39
Tabla 2-3.	Datos de Análisis Organoléptico de Papa Yana Shungo.....	39
Tabla 3-3.	Datos del proceso de extracción del almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andígena</i>) por vía húmeda.....	41
Tabla 4-3.	Datos de ceniza de almidón de papa Yana Shungo.....	42

Tabla 5-3.	Datos de Índice de solubilidad en agua de almidón de papa Yana Shungo	42
Tabla 6-3.	Datos de densidad aparente de almidón de papa Yana Shungo	42
Tabla 7-3.	Datos de formulación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo	43
Tabla 8-3.	Datos de humedad de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	44
Tabla 9-3.	Datos de solubilidad de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	45
Tabla 10-3.	Datos de permeabilidad de vapor de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	46
Tabla 11-3.	Datos obtenidos a partir de la biodegradación en agua del bioplástico del almidón de papa Yana Shungo para cada día	46
Tabla 12-3.	Datos obtenidos a partir de la biodegradación en tierra orgánica del bioplástico del almidón de papa Yana Shungo para cada día	47
Tabla 13-3.	Datos obtenidos a partir de la biodegradación en el medio ambiente del bioplástico del almidón de papa Yana Shungo para cada día	48
Tabla 14-3.	Rendimiento de extracción de almidón de papa Yana Shungo por vía húmeda ..	52
Tabla 15-3.	Análisis de varianza ANOVA del peso del almidón de papa Yana Shungo	53
Tabla 16-3.	Valores óptimos para obtener mayor peso de almidón de papa Yana Shungo	53
Tabla 17-3.	Parámetros fisicoquímicos de almidón de papa Yana Shungo	54
Tabla 18-3.	Parámetros microbiológicos de almidón de papa Yana Shungo	56
Tabla 19-3.	Porcentaje de Amilosa y Amilopectina de almidón de papa Yana Shungo	56
Tabla 20-3.	Porcentaje de cenizas totales en el almidón de papa Yana Shungo	56
Tabla 21-3.	Índice de solubilidad en agua del almidón de papa Yana Shungo	57
Tabla 22-3.	Densidad aparente del almidón de papa Yana Shungo	57
Tabla 23-3.	Resultados de formulación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo	58
Tabla 24-3.	Análisis de varianza de peso de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo ..	58
Tabla 25-3.	Porcentaje de humedad de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo ...	59
Tabla 26-3.	Porcentaje de solubilidad en agua de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	60
Tabla 27-3.	Permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	60
Tabla 28-3.	Biodegradación en agua de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo ..	61
Tabla 29-3.	Biodegradación en tierra orgánica de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	61
Tabla 30-3.	Biodegradación al ambiente de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	61
Tabla 31-3.	Ensayo de tracción realizado a los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo	62
Tabla 32-3.	Valores utilizados en el análisis de varianza (Obtención del almidón)	64

Tabla 33-3.	Resumen del análisis de varianza.....	64
Tabla 34-3.	Valores utilizados en el análisis de varianza (Obtención del bioplástico)	65
Tabla 35-3.	Valores utilizados en el análisis de varianza (Obtención del bioplástico)	65
Tabla 36-3.	Tiempo de vida útil de la fresa recubierta por bioplástico	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1.	Papa Nativa Variedad Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>).	5
Figura 2-1.	Estructura de la cadena amilosa.....	8
Figura 3-1.	Estructura de amilopectina.	8
Figura 4-1.	Proceso de Extracción de Almidón.....	10
Figura 5-1.	Estructura Molecular de la Glicerina.	11
Figura 6-1.	Estructura Molecular del Agua.	12
Figura 7-1.	Estructura Molecular de Ácido Acético.	12
Figura 1-2.	Proceso de extracción del almidón de papa Yana Shungo	22
Figura 2-2.	Proceso de obtención de bioplástico.	23

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3.	Porcentaje de rendimiento extracción de almidón de papa Yana Shungo (Vía Húmeda).....	53
Gráfico 2-3.	Interacción para peso de almidón de papa Yana Shungo.....	54
Gráfico 3-3.	Ensayo de tracción (Resistencia a la Tensión N/cm ²) de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo.	63
Gráfico 4-3.	Ensayo de tracción (Elongación %) de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo.	63

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO
- ANEXO B:** INFORME DE RESULTADOS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO
- ANEXO C:** INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO
- ANEXO D:** INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN DE BIOPLÁSTICO DE ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO
- ANEXO F:** EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO
- ANEXO G:** EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO
- ANEXO H:** FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO
- ANEXO I:** EMBALAJE DE ALIMENTOS (FRUTILLA)

RESUMEN

El presente trabajo de investigación consistió en obtener un bioplástico a partir de almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) para ser utilizado como embalaje de alimentos, para lo cual en la extracción del almidón se aplicó el diseño factorial 2^2 por medio del software Statgraphics Centurion, a través del método por vía húmeda, de tal manera que se obtuvo cuatro tratamientos con su respectivo rendimiento y análisis estadístico, posteriormente, se realizó la caracterización fisicoquímica de sus propiedades en base a la norma NTE INEN 1456. Se determinó las formulaciones del bioplástico utilizando como materia prima el almidón obtenido y reactivos que proporcionaron características de humectación y plasticidad, mediante el diseño de experimentos de mezclas en el software Statgraphics Centurion, se obtuvo cuatro formulaciones con su respectivo peso, espesor y análisis estadístico, los cuales fueron sometidos a análisis físicos y mecánicos. Finalmente, se estableció según análisis estadístico que no existe diferencia significativa entre los tratamientos para la extracción del almidón, sin embargo con el cuarto tratamiento se identificó un rendimiento óptimo, de acuerdo al análisis estadístico que se realizó en las formulaciones del bioplástico, se determinó que existe diferencia significativa con respecto a la variable plastificante, por lo cual se identificó que la formulación CA2:CG1 cuenta con características físicas apropiadas para un bioplástico como son la humedad, solubilidad en agua, permeabilidad al vapor de agua y biodegradabilidad. Además, al hablar de las características mecánicas, el ensayo de tracción de acuerdo con la norma ASTM D638, cumple con las características de los plásticos convencionales. Se recomienda, realizar modificaciones químicas al almidón que puedan mejorar las propiedades mecánicas por mayor tiempo.

Palabras clave: <INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA QUÍMICA>, <ALMIDÓN>, <PAPA YANA SHUNGO (*Solanum Andigena*)>, <BIOPLÁSTICO>, <BIODEGRADABLE>.



Firmado electrónicamente por:
**ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA**



0241-DBRA-UPT-2022

ABSTRACT

The present research work consisted of obtaining a bioplastic from potato starch Yana Shungo (*Solanum andígena*) to be used as food packaging, for which the 2^2 factorial design was applied in the extraction of the starch by means of the software Statgraphics Centurion, through the wet method, in such a way that four treatments were obtained with their respective performance and statistical analysis. Subsequently, the physicochemical characterization of its properties was carried out based on the NTE INEN 1456 standard. The formulations of the bioplastic were determined using the starch obtained as raw material and reagents that provided wetting and plasticity characteristics. Through the design of mixture experiments in the Statgraphics Centurion software, four formulations were obtained with their respective weight, thickness and statistical analysis, which were subjected to physical and mechanical analysis. Finally, it was established according to statistical analysis that there is no significant difference between the treatments for starch extraction. However, with the fourth treatment, optimal performance was identified, according to the statistical analysis that was carried out on the bioplastic formulations. It was determined that there is a significant difference with respect to the plasticizer variable, for which it was identified that the CA2:CG1 formulation has appropriate physical characteristics for a bioplastic such as humidity, solubility in water, permeability to water vapor and biodegradability. In addition, when talking about the mechanical characteristics, the tensile test according to the ASTM D638 standard, complies with the characteristics of conventional plastics. It is recommended to make chemical modifications to the starch that can improve the mechanical properties for a longer time.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING AND TECHNOLOGY>, <STARCH>, <PAPA YANA SHUNGO (*Solanum Andígena*)>, <BIOPLASTIC>, <BIODEGRADABLE>.



Firmado electrónicamente por:

**NANCI
MARGARITA INCA
CHUNATA**

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los plásticos por su bajo costo y versatilidad se han convertido en materiales necesarios. El incremento en el consumo de plástico a nivel mundial ha generado una preocupación de los efectos ambientales a lo largo de su ciclo de vida. La mayoría de los plásticos se producen a partir del procesamiento de los combustibles fósiles, se ha cuestionado su contribución al agotamiento de estos recursos y a los efectos ambientales de su extracción. Sin embargo, existe una problemática ambiental ya que una vez que un plástico es utilizado se desecha y pasa a formar parte de las 200,000.000 toneladas año de desechos producidos mundialmente. Los desechos plásticos permanecen como contaminantes en la superficie terrestre durante largos periodos de tiempo. En vista del daño ambiental que se ha generado, esto ha impulsado la búsqueda de biopolímeros elaborados a partir de recursos renovables que son biodegradables siendo una alternativa para la disminución del impacto ambiental que conduce el uso del plástico. (Holguin, 2019a, p.22).

Se han propuesto diversas alternativas para mitigar los impactos ambientales de los plásticos, en el cual a partir del almidón de la papa YanaShungo (*Solanum andígena*) se pretende obtener bioplástico.

La papa Yana Shungo (*Solanum andígena*), especie que crece en la zona central de los Andes Ecuatorianos (Tungurahua, Chimborazo y Bolívar) en parcelas de 0.1 a 0.5 hectáreas; éstas son cosechadas en 135 días con un rendimiento de 14.5 toneladas por hectárea. Ecuador tiene jardines de conservación en Cotopaxi y Bolívar que se dedican al cultivo de ese producto, de igual manera existen agricultores conservacionistas en las provincias de Carchi, Bolívar, Tungurahua y Chimborazo. La papa Yana Shungo presenta un color particular de color morado en la pulpa y alto contenido de polifenoles que son antioxidantes naturales, los cuales protegen al cuerpo humano de enfermedades degenerativas e inhiben la formación y crecimiento de tumores. (Cadena, 2011a, p. 2).

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Justificación de la investigación

En la presente investigación, se obtuvo almidón a partir de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el proceso de extracción por vía húmeda. Además, se caracterizó sus propiedades mediante análisis fisicoquímico. Determinando el porcentaje de almidón y sustancias plastificante para la obtención de bioplásticos por medio del diseño de experimento de mezclas.

La evolución del plástico actualmente se considera como parte de la vida de las personas, se han realizado varios estudios durante varios años debido a los beneficios que éste posee y su accesibilidad ha logrado que actualmente sea analizado y mejore aún más su composición. Sin embargo, el plástico ha causado un gran avance y desarrollo a la humanidad junto con la tecnología, pero su producción elevada en el mundo sobre todo en el medio ambiente ha producido y actualmente produce efectos adversos, lo que ha generado necesidad en encontrar sustitutos óptimos a las características que brindan los plásticos convencionales para sus distintos usos. (Vázquez et al., 2015, p. 1).

Las papas nativas, especialmente aquellas que tienen pulpas pigmentadas como el caso de Yana Shungo (*Solanum andigena*) están en peligro de desaparecer del campo de los agricultores, tomando en cuenta que el porcentaje de almidón es del 71%. (Cadena, 2011b, p. 3).

Según estudios realizados anteriormente, Charro (2015a, p. 85) indica que el porcentaje de almidón varía de acuerdo con el tipo de papa, obteniendo un mayor porcentaje de almidón y mayor rendimiento por una medida de papa.

El presente trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, junto al grupo de investigación GIADe siendo aporte al proyecto de investigación “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador” correspondiente a la convocatoria 2019 con fecha de inicio 2020-01-07.

1.2. Antecedentes de la investigación

Meza et al. (2019, p. 79) expone, una metodología de extracción, tomando en cuenta la utilización de la papa de variedad Yungay (*Solanum tuberosum ssp. Tuberosum*), logrando una eficiencia de extracción de almidón de 35,06%. El almidón obtenido extraído presentó un 26,21% de amilosa y 73,79% de amilopectina. De esta manera, evaluó la formulación del bioplástico tomando en cuenta la cantidad de ácido acético y glicerol en la composición de este. El bioplástico elaborado alcanza un 64.21% de biodegradabilidad en 92 días de ensayo, de acuerdo con la Norma ISO 17556:2012.

De igual manera de la elaboración del bioplástico Holguin (2019, p. 132) determina que los factores importantes son la temperatura y la velocidad de secado, ya que afecta la estabilidad y elasticidad de la película estando estas directamente relacionadas con el tiempo. En el cual el autor expone, si el secado de la película es rápido y en altas temperaturas se consigue un material quebradizo y frágil. Así mismo, si esta operación se realiza de forma gradual, la película que se adquiere es sin cortes y elástica. Al hablar del tipo de molde utilizado éste juega un rol importante, ya que si es hermético como el acero no permite la retrogradación del almidón y se quema sin obtener una película.

Balladares (2018a, pp. 49–50) presenta el contenido de micronutrientes y antioxidantes en papas peladas y nativas de las variedades Yana Shungo y Puca Shungo; en el cual se observaron valores elevados en la papa entera o con cáscara, tanto en el contenido de micronutrientes y antioxidantes. En la papa nativa Yana Shungo y Puca Shungo se presentaron valores altos de antioxidantes y su aportación de Mg, Fe y Ca fue evidente. En la variedad de la papa Yana Shungo se obtuvo valores altos en proteína (1,92 %), cenizas (4,3 %), fibra cruda (0,88 %) y grasa (0,38 %). La pigmentación interna de la pulpa fue diferente para cada variedad; en el cual la papa Yana Shungo presento tonalidades de 325, 9°. Al hablar de los resultados del contenido de micronutrientes y antioxidantes de papa pelada y entera se obtuvo que la papa Yana Shungo contiene las mayores concentraciones de antioxidantes (252,77 mg/100 g ms), Mg (152,64 mg/100 g ms) y Fe (8,38 mg/100 g ms).

Se demostró mejores características nutritivas de las papas nativas con relación a la comercial, se determinó que el contenido de antioxidantes de la Puca Shungo y Yana Shungo fue superior al de las variedades que poseen color blanco o amarillo con mínimas cantidades de antioxidantes. Respecto al hierro, las papas Puca Shungo y Yana Shungo mostraron valores altos en relación con las variedades Superchola (7,41 mg/100 g ms) y INIAP-Fripapa (6,41 mg/100 g ms).

1.3. Marco teórico

1.3.1. Papa

Es un tubérculo comestible que tiene un alto contenido de hidratos de carbono, se prepara y se ofrece en una gran diversidad de formas. En estado fresco de cosecha, contiene 20,000 % de materia seca y 80,000 % de agua. El contenido de almidón que posee en materia seca esta entre el 60 al 80 por ciento. (Guamán, 2019a, p. 7).

1.3.1.1. Origen

La mayor variedad genética de la papa (*Solanum tuberosum L.*) cultivada se encuentra en los suelos altos de los Andes de América del Sur. En 1538 Pedro Cieza de León escribió los primeros relatos en los cuales menciona a este tubérculo que los indígenas denominaban papas, inicialmente se hallaron en la zona alta del valle del Cuzco, Perú y después en Quito, Ecuador (González, 2014a, p. 3).

El Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) en 1994, realizó una recolección de las papas cultivadas en el Ecuador, localizando más de 400 diferentes tipos entre ellas especies *phureja* y *andígena*. Así mismo, en el país comúnmente se cultivan 30 tipos de especies. (Pumisacho et al., 2002, p. 21).

1.3.1.2. Variedades de papa nativa

En Ecuador se localizan más de 350 variedades de papa nativa entre ellas Yana Shungo. Así mismo, diecisiete de estas variedades nativas se hallan en los mercados de la Sierra central y representan alrededor del 13,000 % del volumen total de papa comercializada, el 87,000% corresponde a las variedades mejoradas. Las variedades nativas que más se comercializan son: Puña, Chaucha roja, Leona negra, Coneja negra, Yema de huevo, Leona blanca, Coneja blanca, Chaucha amarilla, Uvilla, entre otras. (Monteros et al., 2011a, p. 19).

1.3.1.3. Clasificación botánica

La clasificación taxonómica de la papa nativa se presenta en la **Tabla 1-1**.

Tabla 1-1. Clasificación taxonómica de la papa nativa

Descripción	Característica
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Solanales
Familia	Solanáceae
Género	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum tuberosum</i>

Fuente: (Pallo, 2014a, pp. 15–16).

1.3.2. Papa Nativa Variedad Yana Shungo (*Solanum andigena*)

La variedad de papa Yana Shungo tiene más de 1400 años su nombre se traduce como “corazón negro”, se caracteriza por tener forma alargada. Su pulpa indica un color crema con anillo vascular violeta indicativo de antioxidantes y su cáscara presenta un violeta oscuro. Generalmente se siembra en las provincias de Chimborazo, Cotopaxi y Tungurahua por su altura que se encuentra entre 3.000 a 3.400 metros, alturas que no favorecen el cultivo de otros géneros. (Balladares, 2018b, p. 9).



Figura 1-1. Papa Nativa Variedad Yana Shungo (*Solanum andigena*).

Realizado por: Guamán, Xavier, 2022.

1.3.2.1. Características morfológicas

Las características morfológicas de la papa nativa variedad Yana Shungo (*Solanum andigena*) se presenta en la Tabla 2-1.

Tabla 2-1. Características Morfológicas de papa nativa variedad Yana Shungo (*Solanum andigena*)

Partes	Descripción
Fruto	Baya voluminosa de color verde intenso
Hojas	Color verde oscuro, abiertas, disectadas. Dos pares de inter-hojuelas entre los foliolos y cuatro pares de foliolos periféricos.
Flores	Color blanco claro además es semi estrellada su corola, el cáliz presenta una coloración violeta con verde, el pedicelo es levemente coloreado a lo largo y en la articulación. Las anteras y el pistilo no presentan coloración.
Tallos	Gruesos de pigmentación morada con pocas áreas verdes y presencia de alas rectas.
Plantas	Vigorosa, con forma de crecimiento semi-erecto.
Tubérculos	Forma alargada concertinada, piel de color oscura con manchas moradas dispersas, medula de color violeta y pulpa crema con anillo vascular.

Fuente: (Guanokuiza, 2020, p. 14).

Realizado por: Guamán, Xavier, 2022.

1.3.2.2. Características de calidad

Las principales características nutricionales de la papa nativa variedad Yana Shungo en base seca se presenta en la Tabla 3-1.

Tabla 3-1. Parámetros de calidad de la variedad Yana Shungo
(*Solanum andigena*)

Variable	Unidad	Descripción
Azúcares reductores	%	0,100 – 0,190
Materia Seca	%	20,100 – 22,000
Proteína	%	10,000– 11,000
Fibra	%	2,500
Zinc	ppm	11,000-13,000
Manganeso	ppm	2,000-4,000
Hierro	ppm	82,000-86,000
Sodio	%	0,020 – 0,030
Cobre	ppm	5,000-6,000
Magnesio	%	0,080 – 0,170
Potasio	%	2,600 – 3,850
Fosforo	%	0,180- 0,200
Polifenoles	mg/100g	198,000 – 385,000

Fuente: (Monteros et al., 2011b, p. 7).

1.3.3. Almidón

Es el carbohidrato de mayor abundancia en la naturaleza y representa una de las principales reservas de energía en las plantas, se encuentra en fuentes como: en semillas de cereales como el trigo, arroz y el maíz, en tubérculos como la papa, en raíces como la yuca. Además, está conformado por unidades de glucosa que conforman dos componentes y su proporción varía según su procedencia. (Aristizábal & Sánchez, 2007a, p. 33)

1.3.3.1. Componentes del almidón

Las unidades de glucosa dispuestas en amilosa y amilopectina conforman la estructura química del almidón. (Hernández, 2013, p. 34).

- **Amilosa**

Polímero de unidades de D-glucosa, unidas por enlaces α -1,4 glucosídicos, esencialmente lineal, aunque varias moléculas presentan ramificaciones α -1,6 (0,300 – 0,500 %). Las ramificaciones no son muy extensas o cortas y están distanciadas, facultando a la molécula actuar como un polímero lineal. Los almidones abundantes en amilosa conservan su forma cuando se moldea mientras los almidones sin amilosa espesan, pero no gelifican. La amilosa puede constituir una cuarta parte del granulo de almidón. (García, 2015, p. 14).

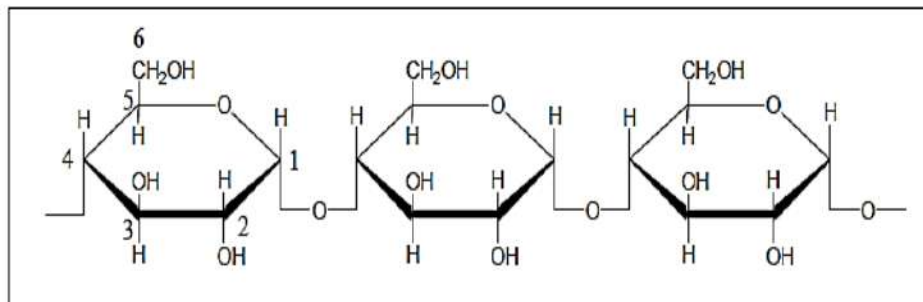


Figura 2-1. Estructura de la cadena amilosa.

Fuente: (Meneses et al., 2007a, p. 59).

- **Amilopectina**

Está formada por cadenas de glucosa unidas por enlaces α -1,4 glucosídicos. En esta molécula entre 25 a 30 unidades hay una ramificación α (1,6). Las ramificaciones permiten que la amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa. Los enlaces son entre el carbono 1 de la glucosa y el carbono 6 de la ramificación. Las cadenas son muy ramificadas. Las moléculas de amilopectina pueden estar conformadas hasta por veinte millones de unidades de glucosa, lo cual lo hace susceptible a la retrogradación. (Parra, 2019a, p. 13).

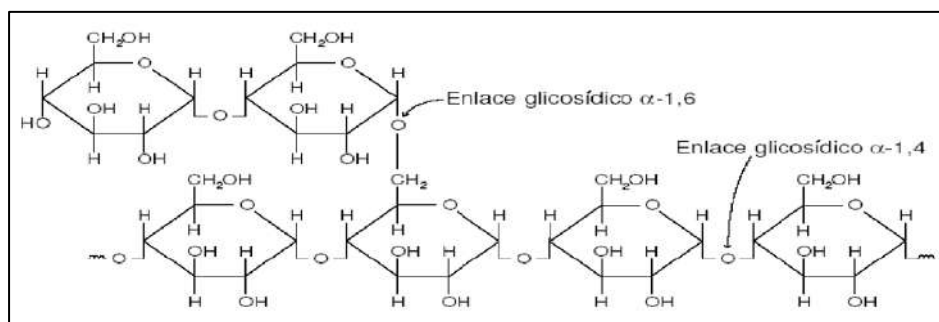


Figura 3-1. Estructura de amilopectina.

Fuente: (Meneses et al., 2007b, p. 60).

1.3.3.2. Propiedades del almidón

Las propiedades del almidón dependen del origen y del porcentaje de amilosa y amilopectina presente, la capacidad de gelificar es una de las propiedades que se destacan en el almidón, permite fabricar películas y moldearlo, puede poseer concentraciones entre el 30,000 % y el 70,000 % de la composición polimérica. Las propiedades comunes del almidón son la retrogradación, desestructuración y gelatinización. (Heredia et al., 2019a, p. 35).

- **Gelatinización**

Al existir gran cantidad de agua y calor, la cristalinidad de los gránulos del almidón se va perdiendo. Aquellos gránulos son insolubles en solventes orgánicos y en agua. Por la presencia de calor los gránulos crecen perdiendo de esta manera sus propiedades, las cuales le otorgan su estructura semicristalina y a temperatura crítica se constituye un gel. (Ruiz, 2005a, p. 13).

- **Retrogradación**

Es la reorientación de cadenas moleculares y reorganización de los enlaces de hidrógeno. Se evidencia un incremento de turbiedad y una reducción de la solubilidad en el agua, siguiente a la gelatinización, comienza la fase de enfriamiento, incrementa la viscosidad y se observa el fenómeno llamado retrogradación. (Meneses et al., 2007c, p. 60).

- **Desestructuración**

Es la alteración de los gránulos del almidón que se ubican en la matriz uniforme del polímero imperfecto, por un lado, la despolimerización parcial de las moléculas, por otro lado, acompañado de un rompimiento de enlaces de hidrogeno que se encuentra las moléculas. Este proceso se acelera con el aumento de energía como es el incremento de la temperatura. (Rosales, 2016a, p. 23).

1.3.4. Extracción de Almidón de Papa

La extracción del almidón en tubérculos inicia lavando la materia prima para retirar partículas externas como es la tierra o cualquier impureza, posterior a esto se realiza el pesado la materia prima, Una vez que el tubérculo está limpio se descortezas y vuelve a lavar; El producto descortezado se desintegra y se añade agua para someterlo a un licuado consiguiendo así una lechada, la cual pasa por un proceso de filtración y de esta manera, se obtiene un sobrenadante

que es rechazado y el sedimento que se lava con agua y se filtra nuevamente, el almidón se seca en una estufa. (Holguin, 2019c, p. 28).

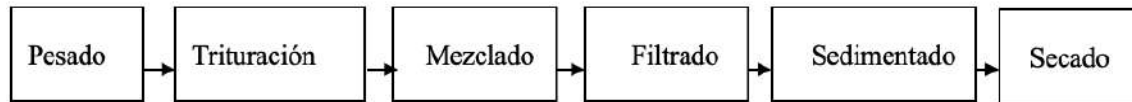


Figura 4-1. Proceso de Extracción de Almidón.

Realizado por: Guamán, Xavier, 2022.

1.3.5. Polímeros

Según Rosales (2016b, p. 8) , es una macromolécula compuesta por una o varias unidades químicas que se repiten a lo largo de toda una cadena, proviene del griego polys (muchos) y meros (parte). Existen diversos materiales sintéticos como: porcelana, adhesivos, las fibras plásticas, y el vidrio, además sustancias orgánicas como: las resinas, las proteínas, la quitina, el caucho, la madera son establecidos como polímeros las cuales se basan en los mismos principios y poseen una estructura interna semejante.

1.3.5.1. Impacto ambiental de los polímeros

Se ha establecido que no existe un método universal para identificar el impacto ambiental de un producto, en los cuales participan muchos factores, además puede tener distintas interpretaciones. Se han realizados varios estudios y discusiones relacionados con el impacto ambiental causado por los plásticos, tanto para establecer diferencias entre varios polímeros, así como para compararlos con otros materiales, sin embargo, la metodología que en los últimos años se ha aplicado es el análisis del ciclo de vida de un producto. (Heredia et al., 2019b, p. 42).

1.3.6. Bioplásticos

Es un material que se establece como bioplástico si es biodegradable, de base biológica, o si tiene las dos propiedades mencionadas, además tienen la capacidad de descomponerse en ausencia de oxígeno (anaeróbica) o en presencia (aeróbica) y por intervención de microorganismos tales como hongos, algas y bacterias en condiciones que se presentan en la biosfera. Son degradados por acción enzimática de los microorganismos bajo condiciones normales del medio ambiente. (Meza, 2016, p. 13).

Los bioplásticos obtenidos con material biodegradable como el almidón no es perjudicial para el ser humano ya que tiene un contenido energético elevado. El uso de biomasa renovable permite combatir el cambio climático, son empleadas como un auxiliar a lo plásticos procedentes de combustibles fósiles, ya que se deterioran con gran facilidad. Los polímeros biodegradables poseen entre 30,000% y 70,000% de capacidad para disminuir gases que se producen como el CO₂.(Heredia et al., 2019c, p. 42).

1.3.6.1. Componentes para la elaboración de bioplásticos

Para la fabricación de un bioplástico a partir de almidón, se requiere de ciertos reactivos que proporcionen características de humectación y plasticidad. (Meneses et al., 2007d, p. 61).

• Glicerina

Tiene un aspecto viscoso e incoloro, posee una densidad mayor a la del agua y es soluble en agua gracias a los grupos hidroxilos que posee, además esta sustancia retiene en cierta manera la degradación de los termoplásticos, pero actúa como plastificante, brinda humectación al polímero. Su fórmula molecular es C₃H₈O₃. (Charro, 2015b, p. 18).

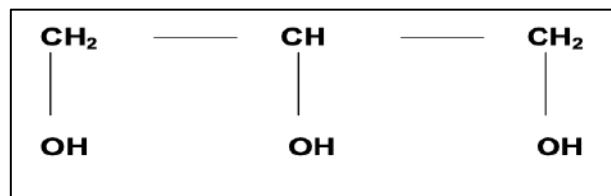


Figura 5-1. Estructura Molecular de la Glicerina.

Fuente: (Ruiz, 2005b, p. 16).

• Agua destilada

Es el agua que a través de la destilación carece de magnesio, calcio, cloruros y fluoruros. Es utilizado como plastificante, sin embargo, no debe encontrarse en proporciones mayores con relación al almidón, debido a que cuando la mezcla esté en las condiciones esperadas, se la debe extraer con el aumento de temperatura a la de ebullición del agua, de tal manera que esto puede degradar la estructura del almidón. (Rosales, 2016c, p. 23).

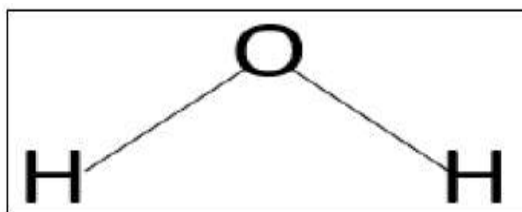


Figura 6-1. Estructura Molecular del Agua.

Fuente: (Parra, 2019b, p. 14).

• **Ácido Acético**

Es un ácido carboxílico también conocido como ácido etanoico, se caracteriza por ser un ácido orgánico que brinda ese sabor avinagrado, además es incoloro y soluble en agua. Su fórmula molecular es (C₂H₄O₂). Se lo considera como un modificador químico, ya que disminuye la naturaleza hidrofílica del almidón. (Guamán, 2019b, p. 21)

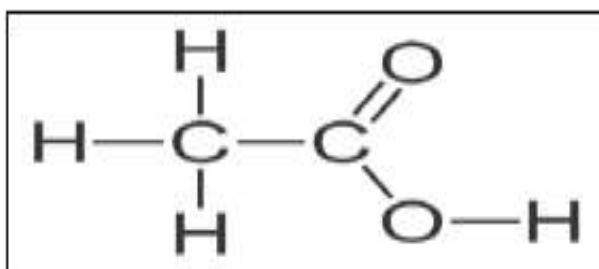


Figura 7-1. Estructura Molecular de Ácido Acético.

Fuente: (Parra, 2019c, p. 14).

1.3.6.2. Fundamentos para la caracterización del bioplástico

• **Humedad**

Es el peso de agua dentro de un sólido. A través del método de secado por estufa, la medición de humedad se establece por la disminución del peso de la muestra a partir de la evaporación del agua. Por tanto, esta metodología se sustenta en la estufa y en la balanza analítica, la cual consiste preparar la muestra, pesar, secar, enfriar a través de un desecador y pesar hasta obtener un valor constante. (Guamán, 2019c, p.21).

• **Solubilidad en agua**

“Se establece que es el porcentaje de materia seca de la película solubilizada luego de 24 horas de inmersión en agua”. (Escobar et al., 2009b, p. 34).

• **Permeabilidad al vapor de agua**

“Es la velocidad de transferencia de vapor de agua por diferencia de presión y unidad de área del material entre dos zonas determinadas bajo condiciones de humedad y temperatura”. (Escobar et al., 2009a, p. 34).

• **Biodegradabilidad**

Es la capacidad que posee un material para descomponerse en metano, agua, dióxido de carbono o biomasa, estableciendo que la acción enzimática de microorganismos es el mecanismo que predomina en el proceso de biodegradación. Los factores presentes en este proceso son la presencia de aire para que se efectúe una descomposición aerobia, ausencia de aire para una descomposición anaerobia, humedad y microorganismos. (Charro, 2015c, p. 24).

• **Ensayo de tracción**

El ensayo de tracción determina el punto final de la degradación, esto es el punto vulnerable para láminas y películas degradables. El alargamiento por tracción puede cambiar con el espesor de la probeta, tipo de mordaza utilizada, la velocidad de ensayo y la forma de medir la extensión de ensayo. (INEN 2637, 2012, pp. 1–2).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. General

Obtener bioplástico a partir de la papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) para su uso en embalaje de alimentos.

2.1.2. Específicos

- Extraer el almidón de la papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el método por vía húmeda.
- Caracterizar el almidón obtenido mediante el análisis fisicoquímico de sus propiedades en base a la norma NTE INEN 1456.
- Determinar el contenido del almidón y de la sustancia plastificante, mediante el diseño de experimento de mezclas para la obtención de bioplástico.
- Establecer el tiempo de vida útil del bioplástico mediante análisis de biodegradabilidad para su uso en embalaje de alimentos.

2.2. Hipótesis

2.2.1. Hipótesis General

El almidón que se obtiene a partir de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el método húmedo tiene las características necesarias para formular un bioplástico que es utilizado en embalaje de alimentos.

2.2.1.1. Hipótesis Nula

El almidón que se obtiene a partir de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el método húmedo no tiene las características necesarias para formular un bioplástico que es utilizado en embalaje de alimentos.

2.2.1.2. Hipótesis Alternativa

El almidón que se obtiene a partir de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el método húmedo si tiene las características necesarias para formular un bioplástico que es utilizado en embalaje de alimentos.

2.2.2. Hipótesis Específica

- El método de vía húmeda influye en el rendimiento del almidón de la papa Yana Shungo (*Solanum andigena*).
- El contenido del almidón y sustancias plastificantes determinan las características del bioplástico.
- El bioplástico se degrada en un tiempo reducido por lo cual puede ser utilizado como alternativa para uso en embalaje de alimentos.

2.3. Identificación de Variables

Tabla 1-2. Identificación de variables

N°	Proceso	Variables Independiente	Variables Dependientes
1	Extracción del Almidón.	Revoluciones por minuto. Tiempo de Licuado.	Obtención del Almidón.
2	Obtención de Bioplástico.	Porcentaje de almidón. Porcentaje de plastificante (glicerina).	Formulación de Bioplástico.

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

2.4. Operacionalización de Variables

Tabla 2-2. Operacionalización de variables

Variable	Tipo de Variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
Proceso de Extracción del Almidón					
Obtención del Almidón	Dependiente	Obtener el almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>) mediante el método por vía húmeda.	---	Porcentaje de Amilosa. Porcentaje de Amilopectina.	Análisis Proximal
Revoluciones por minuto	Independiente	Es una cantidad medible de un sistema físico que determina el número de rotaciones que un cuerpo giratorio completa alrededor de su eje cada minuto.	Trituración de papa Yana Shungo.	Velocidad Alta (rpm). Velocidad Baja (rpm).	Licuadaora
Tiempo de Trituración	Independiente	Es una cantidad medible de un sistema físico con que determina la duración o separación de acontecimientos.	Tiempo de licuado para la obtención de almidón.	Segundos (s).	Cronómetro
Proceso de Obtención del Bioplástico					
Formulación de Bioplástico	Dependiente	Elaboración de un bioplástico a base de almidón extraído aplicando sustancias aditivas.	Porcentajes de sustancias (variables independientes) en formulación.	Peso (g).	Pruebas físicas y mecánicas
Porcentaje de Almidón	Independiente	Es la cantidad de materia prima a emplearse.	Es el peso de almidón para la formulación.	Peso (g).	Balanza Analítica
Porcentaje de Plastificante (glicerina)	Independiente	Es la cantidad de plastificante a emplearse para moldear la mezcla.	Es el volumen de glicerina a utilizar en la formulación.	Volumen (mL).	Probeta

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

2.5. Matriz de Consistencia

Tabla 3-2. Matriz de Consistencia

TEMA: OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA YANASHUNGO (<i>Solanum andigena</i>) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS.		
Aspectos Generales	Problema general	Los plásticos convencionales tardan muchos años en degradarse, lo que genera una contaminación, ¿Podrá el bioplásticos proveniente del almidón de papa Yana Shungo ser una alternativa de uso que posea características similares a los plásticos convencionales?
	Objetivo general	Obtener bioplástico a partir de la papa YanaShungo (<i>Solanum andigena</i>) para su uso en embalaje de alimentos.
	Hipótesis general	El almidón que se obtiene a partir de papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>) mediante el método húmedo tiene las características necesarias para formular un bioplástico que es utilizado en embalaje de alimentos.
Aspectos Específicos	Problemas Específicos	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Se obtendrá el almidón de papa Yana Shungo mediante el método por vía húmeda? • ¿Cómo se valorará las características del almidón? • ¿Qué porcentaje de almidón y plastificante son las indicadas para que el bioplástico posea características similares a las de un plástico convencional? • ¿Cómo se establecerá el tiempo de vida útil del bioplástico?
	Objetivos Específicos	<ul style="list-style-type: none"> • Extraer el almidón de la papa YanaShungo (<i>Solanum andigena</i>) mediante el método por vía húmeda. • Caracterizar el almidón obtenido mediante análisis fisicoquímico en base a la norma NTE INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo). • Determinar el porcentaje del almidón y sustancias plastificantes, mediante el diseño de experimentos de mezclas para la obtención de bioplástico. • Establecer el tiempo de vida útil del bioplástico mediante análisis de biodegradabilidad para su uso en embalaje de alimentos.
	Hipótesis Específica	<ul style="list-style-type: none"> • El método de vía húmeda influye en el rendimiento del almidón de la papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>). • El contenido de almidón y sustancias plastificantes determinan las características del bioplástico. • El bioplástico se degrada en un tiempo reducido por lo cual puede ser utilizado como alternativa para uso en embalaje de alimentos.

		INDEPENDIENTE	DEPENDIENTE
VARIABLES		<ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones por minuto. • Tiempo de Licuado. 	<ul style="list-style-type: none"> • Obtención del Almidón.
		<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de almidón • Porcentaje de plastificante (glicerina). 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación del Bioplástico.
	Técnicas de recolección de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción del almidón por método vía húmeda. • Cálculo de rendimiento. • Formulación del bioplástico a partir de almidón y sustancias aditivas. 	

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

2.6. Tipo y Diseño de Investigación

2.6.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo cuantitativo, este consiste en recolectar y analizar datos numéricos. Se realizó ensayos y análisis en el laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) para la previa obtención de bioplástico.

2.6.1.1. Según el método de investigación

Es una investigación experimental, ya que tiene la finalidad de obtener un bioplástico para alimentos con características similares a los convencionales para lo cual se debe determinar la composición adecuada a partir de distintos ensayos en el laboratorio.

2.6.1.2. Según el objeto de investigación

La investigación es aplicada, ya que inicia a partir de investigaciones realizadas relacionadas con la obtención de bioplástico a partir de almidón, lo que permitirá generar una investigación a partir del almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) y su aplicación para obtener bioplástico.

2.6.1.3. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio

Es una investigación de tipo exploratoria y descriptiva, ya que se pretende obtener bioplástico a partir de un tubérculo poco estudiado como es la papa Yana Shungo (*Solanum andigena*), además se describirá las características fisicoquímicas del almidón con el fin de comprender su composición para obtener la formulación del bioplástico.

2.6.1.4. Según la manipulación de variables

Es una investigación experimental, ya que el estudio de las variables es controlado; es decir, se manipula de forma voluntaria las variables independientes en distintos niveles de experimentación.

2.6.1.5. Según el tipo de inferencia

Es una investigación deductiva, ya que se inicia dando énfasis en la teoría y en investigaciones existentes para luego recoger datos experimentales obtenidos en el laboratorio.

2.6.1.6. Según el período temporal

Es una investigación transversal, ya que el estudio se realizará en un tiempo determinado donde se dará solución al problema planteado, además se realizará el estudio de las variables propuestas en un momento dado.

2.6.1.7. Según la condición de estudio

La investigación es documental y de laboratorio, ya que se realizará fuentes documentadas utilizando libros, artículos, tesis, además se realizará a nivel de laboratorio utilizando los datos que se obtengan en los distintos ensayos.

2.6.2. Diseño Experimental

El diseño factorial 2^k es útil cuando el número de factores a estudiar está entre dos y cinco ($2 \leq k \leq 5$), rango en el cual su tamaño se encuentra entre cuatro y treinta y dos tratamientos. (Gutiérrez & de la Vara Salazar, 2008a, p. 168).

Una vez establecidas las variables independientes implicadas (revoluciones por minuto/ tiempo de licuado) en la extracción del almidón, se procedió a diseñar un modelo experimental que permita determinar condiciones en el proceso de extracción, para lo cual se aplicó el diseño factorial 2^2 que es un diseño que estudia el efecto de dos factores considerando dos niveles para la primera variable y dos niveles para la segunda variable, y así poder determinar una combinación de niveles de los factores que afectan en la obtención del almidón con las mejores propiedades físicas.

Tabla 4-2. Matriz de Experimentos en base al diseño factorial 2^k

Tratamientos	Factores		Valor de los niveles
	Rpm	Tiempo de Licuado (segundos)	
1	Alta	45	Rpm A-45s
2	Baja	45	Rpm B-45s
3	Alta	60	Rpm A-60s
4	Baja	60	Rpm B-60s

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Así mismo al haber establecido las variables (cantidad de almidón / cantidad de plastificante) para la obtención del bioplástico, se procedió a utilizar el diseño de experimento con mezclas, ya que las características de calidad de la mezcla para obtener el bioplástico dependen de las proporciones con las que participan los ingredientes y no de la cantidad absoluta de ellos.

Tabla 5-2. Matriz de Diseño de Experimentos con Mezclas

Tratamientos	Factores		Valor de los niveles
	Almidón (g) X ₁	Glicerina (g) X ₂	
1	1	1	(1, 1)
2	1	½	(1, 1/2)
3	½	1	(1/2, 1)
4	½	½	(1/2, 1/2)

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo para la obtención del almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*), en el cual consta de los siguientes pasos:

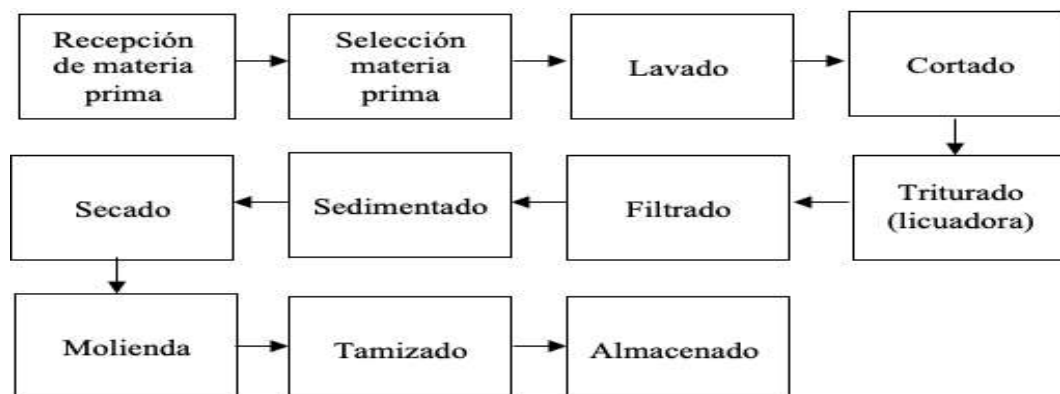


Figura 1-2. Proceso de extracción del almidón de papa Yana Shungo

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Finalmente se presenta el proceso de obtención de bioplástico a partir de almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*).

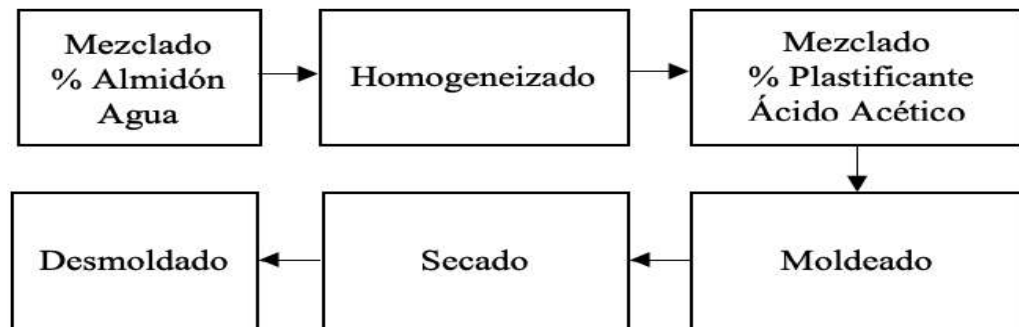


Figura 2-2. Proceso de obtención de bioplástico.

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

2.7. Unidad de Análisis

La unidad de análisis en la presente investigación es el almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*), el cual se obtuvo a partir de cuatro distintos tratamientos, además fue sometido a análisis fisicoquímicos y microbiológicos; para la formulación del bioplástico a partir del porcentaje de almidón-glicerina, el cual se obtuvo a partir de cuatro distintos tratamientos, de igual modo fue caracterizada

2.8. Población de Estudio

La población de estudio corresponde a muestreos al azar de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) que proviene de los establecimientos de AGROPAPA-CONPAPA ubicado en Montalvo parroquia rural del cantón Ambato, provincia de Tungurahua. Beneficiando de manera directa al estudio del GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO (GIADE). de la ESPOCH, en el proyecto de “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador”.

2.9. Tamaño de Muestra

En la presente investigación el tamaño de muestra es 11,000kg que se establece que con esta cantidad de materia prima se cubrirá la necesidad que requiere cada tratamiento para la extracción del almidón, el muestreo que se realizará es aleatorio simple ya que cada elemento tiene idéntica probabilidad de ser seleccionados para la muestra.

2.10. Selección de muestra

La selección de muestra de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) se obtendrá de la Cooperativa Agraria AGROPAPA-CONPAPA realizando un muestreo no probabilístico.

2.10.1. Criterio de Inclusión

Aquellos productos con características como textura rugosa, color morado crema, sabor amargo, olor inoloro.

Muestras en buen estado que correspondan a la especie seleccionada.

2.10.2. Criterio de Exclusión

Aquellos con daños por acción de insectos o animales, desechando las que presentan golpes y deterioros por factores ambientales (resequedad).

2.11. Técnicas de Recolección de Datos

2.11.1. Extracción de almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*)

Tabla 6-2. Extracción del almidón

Extracción del almidón		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none">• Balanza.• Licuadora.• Probetas.• Espátula.• Cronómetro.• Tela filtrante.• Papel Aluminio.• Mortero y Pistilo.	<ul style="list-style-type: none">• Agua destilada.• Papa Yana Shungo.	Vía Húmeda.
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none">• Lavar, pesar materia prima.• Desintegrar y licuar la materia prima a distintos tiempos y revoluciones por minuto, añadiendo agua por cada 200 g de materia prima se agregará 200 mL de agua destilada.		

- Filtrar la solución para de esta manera separar los residuos de la materia prima y así obtener suspensión.
- Sedimentar la solución filtrada y pesar el sedimento, es decir el almidón húmedo.
- Secar el sedimento, distribuir en las bandejas procurando que sea de forma homogénea.
- Finalmente almacenar.

Cálculo de Rendimiento

Ecuación 1-2.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de la materia prima}} \times 100$$

Fuente: (Charro, 2015, p. 27).

2.11.2. Caracterización del Almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andígena*)

2.11.2.1. Humedad

Tabla 7-2. Determinación de porcentaje de humedad

Determinación de Humedad		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Estufa. • Desecador. • Crisoles de porcelana. • Pinza. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón. 	INEN 1235
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Calentar el crisol de porcelana durante 30 min en la estufa. • Dejar enfriar en el desecador y obtener su peso. • Homogenizar y pesar 5 gramo de la muestra. • Llevar a la estufa y dejar por dos horas a una temperatura entre 130°- 133°C. • Sacar de la estufa y dejar enfriar en el desecador entre 30 y 45 minutos. • Pesar el crisol que se encuentra a temperatura ambiente. • Repetir el procedimiento hasta que no haya disminución en el peso. 		
Cálculo Porcentaje de Humedad		
Ecuación 2-2.		
$\%H = \frac{w_2 - w_1}{w_2} \times 100$		

Donde:
 H: Humedad en porcentaje de masa.
 w₁: Peso de la muestra inicial, en gramos.
 w₂: Peso de la muestra seca, en gramos.

Fuente: (INEN NTE 1235, 1987, p. 2).

2.11.2.2. Ceniza total

Tabla 8-2. Determinación de Ceniza total

Determinación de Ceniza total		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Mufla. • Crisol. • Desecador. • Pinzas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón. 	AOAC 2000
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 1 gramo de almidón en un crisol previamente tarado. • Colocar el crisol con la muestra en la mufla y calentar a 550°C. • Sacar de la mufla y dejar enfriar en el desecador hasta temperatura ambiente. • Pesar el crisol, registrar el valor. • Registrar el porcentaje de cenizas totales. 		
Cálculo Porcentaje de Ceniza Total		
Ecuación 3-2. $\% CT = \frac{m_2}{m_1} * 100$ Donde: CT: Ceniza total en porcentaje de masa. m ₁ : Peso de la muestra, en gramos. m ₂ : Peso de las cenizas, en gramos		

Fuente: (Aristizábal & Sánchez, 2007, p. 91).

2.11.2.3. Fibra cruda

Tabla 9-2. Determinación de fibra cruda

Determinación de fibra cruda		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Estufa. • Desecador. • Equipo Soxhlet. • Capsula de porcelana. • Mufla. • Embudo. • Matraz Erlenmeyer. • Filtro de succión. • Pipeta volumétrica. • Aparato de digestión. • Balanza analítica. • Perlas de vidrio. 	<ul style="list-style-type: none"> • Éter anhidro. • Solución de ácido sulfúrico 0,25N. • Solución de hidróxido de sodio 0,31 N. • Alcohol etílico 95%. • Antiespumante. • Asbesto preparado. 	<p>INEN 522</p>
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 3 g de muestra y transferir a un dedal de porosidad adecuada, tapar con algodón, colocar en la estufa calentada a 130°C por una hora. • Transferir al desecador la muestra, dejar enfriar a temperatura ambiente. • Colocar en el aparato Soxhlet y llevar a cabo la extracción de la grasa, con éter anhidro. • Sacar el dedal con la muestra sin grasa, dejar en el medio ambiente para que el solvente se evapore, colocarlo en la estufa y elevar la temperatura por dos horas, transferir al desecador y dejar enfriar a temperatura ambiente. • Pesar 2 g de la muestra desengrasada y transferir al balón de precipitación de 600 mL. • Añadir 1g de asbesto preparado, 200 mL de solución hirviendo, 0,255N de ácido sulfúrico, una gota de antiespumante diluido o perlas de vidrio. • Colocar en el equipo de digestión por 30 minutos. • Filtrar a través de tela fina en el embudo y colocarlo en el Erlenmeyer, lavar el residuo con agua destilada caliente hasta que no exista reacción alcalina. • Transferir el residuo al crisol con asbesto, colocar 25 mL de alcohol y filtrar al vacío. • Colocar el crisol en la estufa a 130°C por dos horas. • Colocar el crisol en una mufla e incinerar a 500°C por 30 minutos. • Realizar un ensayo en blanco con el mismo procedimiento. 		

Cálculo Fibra Cruda	
Ecuación 4-2.	
$F_c = \frac{(m_1 - m_2) - (m_3 - m_4)}{m} * 100$	
Donde:	
Fc: Contenido de fibra cruda, en porcentaje de masa.	
m: Masa de la muestra desengrasada y seca, en g.	
m ₁ : Masa de crisol contenido asbestos y fibra seca, en g.	
m ₂ : Masa de crisol contenido asbesto después de ser incinerado, en g.	
m ₃ : Masa de crisol del ensayo en blanco contenido asbestos, en g.	
m ₄ : Masa de crisol del ensayo en blanco contenido asbestos, después de ser incinerado, en g.	

Fuente: (NTE INEN 522, 2013, pp. 1-3).

2.11.2.4. Proteína cruda

Tabla 10-2. Determinación de proteína cruda

Determinación de proteína cruda		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Mineralizador y destilador Kjeldahl. • Tamiz. • Mortero y pistilo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sulfato de potasio. • Catalizador. • Cinc granulado. • Ácido sulfúrico 0,1 N. • Indicador de fenolftaleína. • Rojo de metilo. • Hidróxido de sodio 0,1N. • Hidróxido de sodio 0,25N. • Sulfato de sodio. • Tiosulfato de sodio 8%. • Núcleos de ebullición. 	INEN 1670
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 1g de muestra e introducir en el matraz de mineralización. Añadir 15g de sulfato potásico, 0,4g de catalizador a 1,2g de sulfato cúprico, 25 mL de ácido sulfúrico y núcleos de ebullición. • Calentar el matraz hasta la carbonización de la masa y desaparición de espuma, calentar hasta punto de ebullición. Mantener la ebullición una hora, dejando enfriar a continuación. 		

- Añadir 250mL de agua, comprobando que estén totalmente disueltos los sulfatos. Dejar enfriar, añadir algunos gránulos de cinc e indicador de fenolftaleína.
- Introducir en el matraz colector del equipo de destilar 25mL de ácido sulfúrico 0,1N e indicador rojo de metilo.
- Unir el matraz al equipo de refrigerante del equipo de destilación, sumergiendo la parte extrema de éste en el líquido del matraz colector por lo menos 1cm. Introducir en el matraz 120mL de hidróxido de sodio al 30%, manteniendo la coloración roja hasta el fin de la destilación.
- Calentar el matraz de tal forma que se destile 150 mL de líquido en 30 minutos, después de este tiempo comprobar la neutralidad del destilado por medio del papel tornasol. Si la reacción es alcalina, continuar con la destilación hasta que el papel de tornasol indique neutralidad en la solución.
- Al final de la destilación observar la coloración de la solución. Si cambia a amarillo, añadir ácido sulfúrico 0,1N.
- Valorar en el matraz colector el exceso de ácido sulfúrico con la solución de hidróxido de sodio 0,1N.

Cálculo Proteína total

Ecuación 5-2.

$$PT = \frac{1,4 * 6,25 * (V * N V * N)}{m}$$

Donde:

PT: Contenido de proteína total.

V: Volumen de ácido sulfúrico introducido en el vaso, mL.

N: Normalidad de la solución de ácido sulfúrico.

V': Volumen de NaOH consumido en la valoración, mL.

N': Normalidad de la solución de NaOH.

m: Masa de la muestra, g.

Fuente: (INEN 1670, 1988, pp.2-3).

2.11.2.5. Viscosidad de Brookfield

Tabla 11-2. Determinación de Viscosidad

Determinación de Viscosidad		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación. • Reverbero. • Viscosímetro de Brookfield. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de papa Yana Shungo. • Agua destilada. 	ISI 17-1e
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 g de almidón, disolver en 500mL de agua destilada. • Agregar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000mL hasta ebullición por 15 min. • Enfriar la solución hasta los 25°C y leer la viscosidad. 		
Cálculo		
Se debe reportar el resultado obtenido.		

Fuente: (Aristizábal et al., 2007, p. 66).

2.11.2.6. pH

Tabla 12-2. Determinación de pH

Determinación de pH		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Medidor de pH. • Vaso de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Solución de almidón. 	INEN 1456
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 2 g de muestra, añadir 5 mL de agua fría en un vaso de precipitación de 25 mL y agitar la solución. • Sumergir los electrodos en la solución que debe estar a 25 °C. • Accionar el control de lectura y leer el pH. 		
Cálculo		
Reportar el resultado obtenido.		

Fuente: (INEN 1456, 2012, pp. 1-2).

2.11.2.7. Temperatura de gelatinización

Tabla 13-2. Determinación de Temperatura de gelatinización

Determinación de Temperatura de Gelatinización		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Reverbero. • Varilla de agitación. • Vaso de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de papa Yana Shungo. • Agua destilada. 	GRACE 1977
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón y añadir agua destilada, disolver en 100 mL. • Calentar agua en un vaso de precipitación. • Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de 100 mL. • Remover hasta que se forme una pasta y leer la temperatura 		
Cálculo		
Se debe reportar el resultado obtenido.		

Fuente: (Aristizábal et al., 2007, p. 72).

2.11.2.8. Sensibilidad

Tabla 14-2. Determinación de Sensibilidad

Determinación de Sensibilidad		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Probeta graduada. • Vaso de precipitación. • Reverbero. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ioduro de potasio. • Solución de yodo 0,1N. • Solución de tiosulfato de sodio 0,1N. 	INEN 1456
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 1g de almidón y añadir 5mL de agua fría y agitar. • Tomar la suspensión y mezclar con 200mL de agua hirviendo. • Enfriar y agregar 5mL de la solución a 100mL de una segunda solución que contenga 50mg de Ioduro de potasio y finalmente añadir 0,05mL de yodo 0,1N 		
Resultados		
La muestra cumple con el requisito cuando se produce color azul profundo que desaparece por adición de 0,05 mL de solución de tiosulfato de sodio 0,1 N.		

Fuente: (INEN 1456, 2012, p. 4).

2.11.2.9. Ensayos microbiológicos

Tabla 15-2. Ensayos microbiológicos

Ensayos microbiológicos (Coliformes fecales (<i>Escherichia coli</i>), Coliformes totales, Levaduras y mohos)
Procedimiento
Los ensayos microbiológicos del almidón se realizarán en el Laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos, se utilizó valores de referencia basados en la guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO).
Cálculo
Se debe reportar el resultado obtenido.

Realizado por: GUAMÁN, Xavier. 2022.

2.11.2.10. Amilosa y Amilopectina

Tabla 16-2. Análisis de Amilosa y Amilopectina

Análisis de Amilosa y Amilopectina
Procedimiento
La determinación de amilosa y amilopectina se lo realizara en el Instituto de Investigación INIAP en la ciudad de Quito.
Cálculo
Se debe reportar el resultado obtenido.

Realizado por: GUAMÁN, Xavier. 2022.

2.11.2.11. Índice de Solubilidad en agua

Tabla 17-2. Determinación de Índice de solubilidad en agua

Determinación de Índice de solubilidad en agua		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Baño maría. • Centrífuga. • Vaso de precipitación. • Estufa. • Tubos de centrífuga plásticos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de papa Yana Shungo. 	<p>ANDERSON ET AL 1969</p>
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar tubos a 60°C. • Pesar en los tubos 1,25g de almidón y añadir 30 mL de agua y agitar. • Colocar en baño maría a 60°C durante 30 minutos y agitar. • Centrifugar la solución durante 30 minutos. • Decantar el sobrenadante y medir el volumen. • Tomar 10 mL de sobrenadante y colocar en un vaso de precipitación previamente pesado. • Secar el sobrenadante en una estufa. • Pesar el vaso de precipitación con los insolubles. 		
Cálculo		
<p>Ecuación 6-2.</p> $\text{Índice de solubilidad en agua} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times 28 \times 10}{\text{Peso muestra (g)}}$ <p>Donde:</p> <p>ISA: Índice de solubilidad en agua, g soluble/ g muestra (BS).</p>		

Fuente: (Aristizábal & Sánchez, 2007, p. 73).

2.11.2.12. Densidad Aparente

Tabla 18-2. Determinación de densidad aparente

Determinación de Densidad aparente		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Probeta graduada 250 mL. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de papa Yana Shungo. 	SMITH 1967
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar la probeta graduada vacía. • Añadir la cantidad de almidón necesaria a la probeta de 100 mL hasta que el volumen sea libremente completado. 		
Cálculo		
Ecuación 7-2.		
$\rho = \frac{(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto}) - \text{peso probeta vacía}}{100 \text{ mL}}$		
Donde:		
ρ : Densidad aparente, g/mL		

Fuente: (Aristizábal et al., 2007, p. 65).

2.11.3. Obtención del bioplástico

Tabla 19-2. Proceso para la obtención del bioplástico

Determinación de Bioplástico		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Varilla de agitación. • Papel aluminio. • Espátula. • Reverbero. • Vasos de precipitación. • Probetas de 250mL y 50mL. 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de papa Yana Shungo. • Ácido Acético. • Agua. • Glicerol. 	Charro 2015
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar un vaso de precipitación y preparar una solución de agua destilada – almidón. • Calentar la solución. • Agitar la solución hasta que alcance una temperatura de gelatinización. • Agregar glicerol y ácido acético, agitar hasta que la mezcla sea homogénea y dejar enfriar. 		

- Poner la mezcla en un molde.
- Colocar la muestra en un secador de bandejas tipo armario a 60°C por un tiempo determinado hasta obtener las propiedades deseadas.

Fuente: (Parra, 2019, p. 30).

2.11.4. Caracterización del bioplástico

2.11.4.1. Espesor

Tabla 20-2. Determinación de espesor

Determinación de Espesor		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
• Pie de rey.	• Bioplástico.	LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009- INNTEC-33
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Medir con un pie de rey el espesor del bioplástico. • Realizar cuatro mediciones para los distintos tratamientos. 		
Cálculo		
Se debe reportar el resultado obtenido.		

Fuente: (Parra, 2019, p. 32).

2.11.4.2. Humedad

Tabla 21-2. Determinación del contenido de humedad

Determinación de Humedad		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Estufa. • Desecador. • Crisoles de porcelana. • Pinza. 	• Bioplástico.	Método Gravimétrico.
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Calentar el crisol de porcelana durante 30 min en la estufa. • Dejar enfriar en el desecador y obtener su peso. • Homogenizar y pesar 1 gramo de la muestra. 		

<ul style="list-style-type: none"> • Llevar a la estufa y dejar por dos horas a una temperatura de 105°C. • Sacar de la estufa y dejar enfriar en el desecador entre 30 y 45 minutos. • Pesar el crisol que se encuentra a temperatura ambiente. • Repetir el procedimiento hasta que no haya disminución en el peso.
Cálculo
<p>Ecuación 8-2.</p> $\%H = \frac{w_2 - w_1}{w_2} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>H: Humedad en porcentaje de masa.</p> <p>w₁: Peso de la muestra inicial, en g.</p> <p>w₂: Peso de la muestra seca, en g.</p>

Fuente: (Parra, 2019, p. 32).

2.11.4.3. Solubilidad en agua

Tabla 22-2. Determinación de solubilidad en agua

Determinación de solubilidad en agua		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Papel filtro. • Probeta. • Vaso de precipitación. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico. • Agua. 	LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009- INNTEC-33
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Colocar el bioplástico en un vaso de precipitación que contenga 80 mL de agua. • Agitar por una hora a 100 rpm. • Filtrar y secar a 40°C hasta obtener pesos constantes. 		
Cálculo		
<p>Ecuación 9-2.</p> $\%Solubilidad = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$ <p>Donde:</p> <p>P₁: Peso inicial seco de la película, en g.</p> <p>P₂: Peso final seco de la película, en g.</p>		

Fuente:(Parra, 2019, p. 33).

2.11.4.4. Permeabilidad al vapor de agua

Tabla 23-2. Determinación de permeabilidad de vapor de agua

Determinación de Permeabilidad de vapor		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Tubos de ensayo. • Desecador. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico. • Sílice (activado). 	ASTM E 96
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Activar la sílice por una hora en la estufa a 105°C. • Añadir en los tubos de ensayo la sílice hasta $\frac{3}{4}$. • Recortar el bioplástico en dimensiones de 3,5cm x 3,5cm y pesar. • Cubrir la boquilla del tubo con los bioplásticos. • Pesar el tubo del ensayo. • Pesar cada hora el tubo de ensayo durante seis horas. 		
Cálculo		
<p>Ecuación 10-2.</p> $WVP = \frac{(P_2 - P_1) * e}{t * pv * (\varphi_2 - \varphi_1)}$ <p>Donde:</p> <p>WVP: Permeabilidad de vapor, en (g/h*m*MPa).</p> <p>P₂: Peso inicial, en g.</p> <p>P₁: Peso final, en g.</p> <p>A: Área, en m².</p> <p>e: Espesor, en m.</p> <p>t: Tiempo, en h.</p> <p>pv: Presión de vapor a 25°C, en MPa.</p> <p>φ: Humedad relativa.</p>		

Fuente: (Carballo & Martínez, 2010, pp. 72–73).

2.11.4.5. Biodegradabilidad

Tabla 24-2. Determinación de biodegradabilidad

Determinación de Biodegradabilidad		
Materiales y Equipos	Reactivos	Método
<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica. • Estufa. • Vasos de plástico. 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico. • Tierra orgánica. • Agua 	INEN 2643
Procedimiento		
<ul style="list-style-type: none"> • Añadir a cada vaso plástico con tierra orgánica, agua y al ambiente, las muestras de bioplástico de los distintos tratamientos. • Pesarse cada siete días las muestras de bioplástico por 28 días. 		
Cálculo		
Ecuación 11-2. $\%P_{\text{peso}} = \frac{P_1 - P_2}{P_1} \times 100$ Donde: P _{peso} : Pérdida de peso. P ₁ : Peso inicial seco de la película, en gramos. P ₂ : Peso final seco de la película, en gramos.		

Fuente: (Parra, 2019, p. 34).

2.11.4.6. Ensayo de tracción

Tabla 25-2. Ensayo de tracción

Ensayo de tracción
Procedimiento
Los ensayos de tracción del bioplástico se realizarán en el Laboratorio de Ciencias Pecuarias, se utilizó el equipo dinamómetro.
Cálculo
Se debe reportar el resultado obtenido.

Realizado por: GUAMÁN, Xavier. 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos Obtenidos de los ensayos realizados para la obtención del almidón y sus características

Los resultados de los análisis físicos y organolépticos de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) como materia prima, las cuales se tomó de una población al azar de la muestra obtenida de la Cooperativa Agraria AGROPAPA-CONPAPA.

Tabla 1-3. Datos de Análisis físico de papa Yana Shungo.

Muestra	Papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>)		
	Peso (g)	Longitud (cm)	Diámetro (cm)
1	140,040	8,290	6,420
2	159,030	9,320	7,290
3	138,120	8,210	6,360
4	128,340	7,590	5,380
5	132,580	7,890	6,110
Promedio	139,620	8,260	6,310

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 2-3. Datos de Análisis Organoléptico de Papa Yana Shungo

Muestra	Papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>)	
	Característica	
1	Olor	Inoloro
2	Sabor	Amargo
3	Color	Morado- Crema
4	Textura interna	Rugosa
5	Textura externa	Rugosa

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.1.1. Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

Se tomaron en cuenta dos variables, tiempo y revoluciones por minuto, para cada tratamiento se efectuó cuatro repeticiones para obtener un porcentaje de rendimiento de almidón de manera más precisa, a través de un diseño factorial 2^2 .

Tabla 3-3. Datos del proceso de extracción del almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) por vía húmeda

N°	Tratamiento	Variables	Repetición	Volumen Agua (mL)	Peso (g)			
					Producto	Almidón		
							Promedio	Total
1	T1	RPM B: 45 s	R1	200,000	200,000	28,000	32,000	128,000
2			R2			31,000		
3			R3			37,000		
4			R4			32,000		
5	T2	RPM A: 45 s	R1			37,000	33,500	134,000
6			R2			40,000		
7			R3			29,000		
8			R4			28,000		
9	T3	RPM B: 60 s	R1			32,000	29,500	118,000
10			R2			27,000		
11			R3			30,000		
12			R4			29,000		
13	T4	RPM A: 60 s	R1			33,000	34,250	137,000
14			R2			34,000		
15			R3			37,000		
16			R4			33,000		

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.1.2. Datos obtenidos de las características fisicoquímicos del almidón de papa Yana Shungo

Para cada uno de estos ensayos se realizaron 3 repeticiones obteniendo como resultado los siguientes valores.

Tabla 4-3. Datos de ceniza de almidón de papa Yana Shungo

N°	Peso cenizas (g)	Peso de muestra (g)
1	0,012	1,915
2	0,007	1,726
3	0,004	1,283

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 5-3. Datos de Índice de solubilidad en agua de almidón de papa Yana Shungo

N°	Almidón (g)	Volumen (mL)	Peso Soluble (g)
1	1,255	28,000	0,011
2	1,266	29,000	0,016
3	1,261	29,000	0,014

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 6-3. Datos de densidad aparente de almidón de papa Yana Shungo

N°	Peso almidón + Peso Probeta (g)	Volumen (mL)	Peso Probeta (g)
1	181,879	100,000	107,161
2	174,537		
3	174,311		

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.2. Datos obtenidos de los ensayos realizados para la elaboración del bioplástico

3.2.1. Determinación de la concentración del almidón y plastificante

Se realizó cuatro repeticiones para cada formulación manteniendo constante el volumen de agua y ácido acético siendo esto de 25,000 mL y 4,000 mL respectivamente, con un tiempo de secado de 48 horas a temperatura ambiente.

Tabla 7-3. Datos de formulación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo

Formulación	Repetición	Almidón (g)	Glicerina (g)	Peso (g)	Espesor (mm)	Espesor Promedio (mm)	Área (m2)
CA2: CG2	R1	2,000	0,500	0,115	0,150	0,128	6,250
	R2			0,098	0,100		
	R3			0,128	0,150		
	R4			0,104	0,110		
CA2: CG1	R1	2,000	0,250	0,121	0,200	0,185	
	R2			0,123	0,170		
	R3			0,117	0,190		
	R4			0,120	0,180		
CA1: CG2	R1	1,750	0,500	0,089	0,100	0,113	
	R2			0,083	0,120		
	R3			0,083	0,120		
	R4			0,087	0,110		
CA1: CG1	R1	1,750	0,250	0,136	0,150	0,173	
	R2			0,118	0,200		
	R3			0,152	0,170		
	R4			0,071	0,170		

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.3. Análisis del bioplástico

3.3.1. Datos obtenidos del ensayo de humedad de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Se realizó tres repeticiones para cada formulación a una temperatura de 105°C en una estufa en el laboratorio de investigación de la facultad de ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Tabla 8-3. Datos de humedad de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

N°	Formulación	Peso Húmedo (g)	Peso Seco (g)	Agua presente (g)
1	CA2: CG2	1,069	0,915	0,154
2		1,117	0,975	0,142
3		1,012	0,864	0,148
4	CA2: CG1	1,036	0,932	0,104
5		1,112	1,001	0,111
6		1,106	0,984	0,122
7	CA1: CG2	1,070	0,919	0,151
8		1,021	0,875	0,146
9		1,190	0,987	0,203
10	CA1: CG1	1,114	0,958	0,156
11		1,104	0,940	0,164
12		1,110	0,986	0,124

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.3.2. Datos obtenidos del ensayo de solubilidad de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Se realizó tres repeticiones para cada formulación, se procedió a colocar en 80 mL de agua destilada en vasos de precipitación a 100 rpm durante una hora luego se secó en una estufa a 105°C hasta obtener peso constante.

Tabla 9-3. Datos de solubilidad de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

N°	Formulación	Peso 1 Seco (g)	Peso 2 Seco (g)	Peso 3 Seco (g)
1	CA2: CG2	0,062	0,061	0,061
2		0,055	0,054	0,053
3		0,057	0,056	0,056
4	CA2: CG1	0,074	0,074	0,073
5		0,087	0,085	0,085
6		0,067	0,066	0,066
7	CA1: CG2	0,080	0,079	0,079
8		0,078	0,077	0,077
9		0,086	0,086	0,085
10	CA1: CG1	0,078	0,076	0,076
11		0,051	0,050	0,050
12		0,046	0,046	0,045

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.3.3. Datos obtenidos del ensayo de permeabilidad de vapor de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

En este ensayo el peso inicial se efectuó después de 24 horas, y los siguientes pesos en un intervalo de 1 hora hasta cumplir con un total de 6 mediciones.

Tabla 10-3. Datos de permeabilidad de vapor de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Formulación	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)	Área (cm ²)	Tiempo (h)	Presión de vapor (Pa)
CA2: CG2	29,788	29,789	29,792	29,793	29,795	29,797	6,300	6	3170,000
	29,981	29,982	29,985	29,986	29,991	29,995			
	29,571	29,572	29,576	29,578	29,580	29,582			
Promedio	29,780	29,781	29,784	29,786	29,789	29,791			
CA2: CG1	29,553	29,554	29,555	29,557	29,559	29,562			
	29,019	29,020	29,022	29,023	29,024	29,025			
	29,560	29,561	29,563	29,565	29,567	29,569			
Promedio	29,377	29,378	29,380	29,382	29,383	29,385			
CA1: CG2	29,526	29,527	29,530	29,532	29,534	29,536			
	29,769	29,770	29,771	29,776	29,778	29,780			
	29,850	29,851	29,856	29,860	29,862	29,864			
Promedio	29,715	29,716	29,719	29,723	29,725	29,727			
CA1: CG1	31,448	31,449	31,452	31,454	31,455	31,457			
	30,280	30,281	30,284	30,287	30,288	30,290			
	29,951	29,952	29,953	29,957	29,959	29,963			
Promedio	30,560	30,561	30,563	30,566	30,567	30,570			

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.3.4. Datos obtenidos de los ensayos de biodegradación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo

Se realizó ensayos de biodegradabilidad con láminas de bioplástico de 2,500 cm x 2,500 cm en contacto con agua, tierra orgánica y al ambiente. De cada formulación hubo una muestra madre, de cada una de ellas se obtuvo doce láminas de las cuales cuatro pertenecen a cada ensayo, correspondientes al día 7, 14, 21 y 28 días, por lo cual cada día tendrá su peso inicial y final.

Tabla 11-3. Datos obtenidos a partir de la biodegradación en agua del bioplástico del almidón de papa Yana Shungo para cada día

Formulación	Peso (g)	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21	DÍA 28
CA2:CG2	Peso Inicial	0,091	0,095	0,078	0,076
	Peso Final	0,022	0,000	0,000	0,000
CA2:CG1	Peso Inicial	0,079	0,121	0,135	0,132

	Peso Final	0,022	0,000	0,000	0,000
CA1:CG2	Peso Inicial	0,119	0,114	0,117	0,114
	Peso Final	0,076	0,060	0,012	0,008
CA1:CG1	Peso Inicial	0,065	0,063	0,061	0,074
	Peso Final	0,045	0,000	0,000	0,000

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 12-3. Datos obtenidos a partir de la biodegradación en tierra orgánica del bioplástico del almidón de papa Yana Shungo para cada día

Formulación	Peso (g)	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21	DÍA 28
CA2:CG2	Peso Inicial	0,086	0,086	0,075	0,070
	Peso Final	0,076	0,072	0,000	0,000
CA2:CG1	Peso Inicial	0,095	0,078	0,129	0,091
	Peso Final	0,048	0,000	0,000	0,000
CA1:CG2	Peso Inicial	0,102	0,129	0,098	0,110
	Peso Final	0,077	0,052	0,000	0,000
CA1:CG1	Peso Inicial	0,153	0,065	0,140	0,077
	Peso Final	0,109	0,000	0,000	0,000

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 13-3. Datos obtenidos a partir de la biodegradación en el medio ambiente del bioplástico del almidón de papa Yana Shungo para cada día

Formulación	Peso (g)	DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21	DÍA 28
CA2:CG2	Peso Inicial	0,083	0,091	0,094	0,098
	Peso Final	0,076	0,082	0,084	0,076
CA2:CG1	Peso Inicial	0,084	0,116	0,211	0,197
	Peso Final	0,080	0,110	0,200	0,178
CA1:CG2	Peso Inicial	0,126	0,116	0,133	0,125
	Peso Final	0,114	0,104	0,118	0,110
CA1:CG1	Peso Inicial	0,191	0,155	0,158	0,184
	Peso Final	0,187	0,146	0,148	0,172

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.4. Cálculos

3.4.1. Cálculo del rendimiento del almidón de papa Yana Shungo por vía húmeda

Se realizaron 4 repeticiones para cada tratamiento por lo que se procedió a calcular el porcentaje de rendimiento para cada una de ellas y luego se calculó el promedio. A continuación, se realizó el cálculo modelo

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido (g)}}{\text{Peso inicial de la materia prima (g)}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{128,000 \text{ g}}{800,000 \text{ g}} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 16,000 \%$$

3.4.2. Cálculos para los ensayos realizados al almidón de papa Yana Shungo

Debido a que se tomaron los ensayos por triplicado, se procedió a calcular los distintos parámetros y su promedio.

A continuación, se realizó el cálculo modelo del primer ensayo de cada parámetro.

3.4.2.1. Cálculo porcentaje de ceniza total

$$\% \text{ CT} = \frac{m2 \text{ (g)}}{m1 \text{ (g)}} * 100$$

$$\% \text{ CT} = \frac{0,012 \text{ g}}{1,915 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ CT} = 0,626 \%$$

3.4.2.2. Cálculo del índice de solubilidad en agua

$$\text{ISA} = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}}$$

$$\text{ISA} = \frac{0,011 \text{ g} \times 28 \times 10}{1,255 \text{ g}}$$

$$\text{ISA} = 2,454 \text{ g soluble/ g muestra (BS)}$$

3.4.2.3. Cálculo de densidad aparente

$$\rho = \frac{(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto}) - \text{peso probeta vacía}}{100 \text{ mL}}$$

$$\rho = \frac{181,879 \text{ g} - 107,161 \text{ g}}{100 \text{ mL}}$$

$$\rho = 0,747 \frac{\text{g}}{\text{mL}}$$

3.4.3. Cálculo para los ensayos realizados al bioplástico de papa Yana Shungo

Se realizaron tres repeticiones del ensayo para cada una de las formulaciones, se procedió a calcular los distintos parámetros y su promedio.

A continuación, se realizó el cálculo modelo del primer ensayo de la formulación CA2: CG2 de cada parámetro.

3.4.3.1. Cálculo del porcentaje de humedad

$$\%H = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final seco(g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

$$\%H = \frac{1,069 \text{ g} - 0,915 \text{ g}}{1,069 \text{ g}} \times 100$$

$$\%H = 14,406\%$$

3.4.3.2. Cálculo del porcentaje de solubilidad

$$\%Solubilidad = \frac{\text{Peso inicial seco (g)} - \text{Peso final seco (g)}}{\text{Peso inicial seco (g)}} \times 100$$

$$\%Solubilidad = \frac{0,062 \text{ g} - 0,061 \text{ g}}{0,062 \text{ g}} \times 100$$

$$\%Solubilidad = 1,613 \%$$

3.4.3.3. Cálculo de permeabilidad de vapor de agua

$$WVP = \frac{(\text{Peso final (g)} - \text{Peso inicial (g)}) * e}{A \text{ (m}^2\text{)} * t \text{ (h)} * p_v \text{ (Mpa)} * (\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$WVP = \frac{(29,791 \text{ g} - 29,780 \text{ g}) * 0,00013 \text{ m}}{0,000625 \text{ m}^2 * 6 \text{ h} * 0,00317 \text{ Mpa} * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0,00165 \frac{\text{g}}{\text{m} * \text{h} * \text{Mpa}}$$

3.4.3.4. Cálculos de biodegradación a través de pérdida de peso

Se realizaron cuatro repeticiones para cada formulación, cada una de ellas asignadas para cada semana obtener el porcentaje de peso.

A continuación, se realizó el cálculo del porcentaje de pérdida de peso con el primer ensayo en la primera semana.

$$\%P_{\text{peso}} = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final(g)}}{\text{Peso inicial (g)}} \times 100$$

• Cálculo de pérdida de peso en contacto con agua

$$\%P_{\text{peso}} = \frac{0,091 \text{ g} - 0,022 \text{ g}}{0,091 \text{ g}} \times 100$$

$$\%P_{\text{peso}} = 75,824\%$$

• Cálculo de pérdida de peso en contacto con tierra orgánica

$$\%P_{\text{peso}} = \frac{0,086 \text{ g} - 0,072 \text{ g}}{0,086 \text{ g}} \times 100$$

$$\%P_{\text{peso}} = 16,280 \%$$

• Cálculo de pérdida de peso en contacto con el ambiente

$$\%P_{\text{peso}} = \frac{0,091 \text{ g} - 0,082 \text{ g}}{0,091 \text{ g}} \times 100$$

$$\%P_{\text{peso}} = 9,890 \%$$

3.5. Resultados

3.5.1. Resultados del rendimiento de extracción de almidón de papa Yana Shungo por vía húmeda

En la tabla 14-3. Se exponen los resultados obtenidos del rendimiento de almidón de papa Yana Shungo obtenido por vía húmeda.

Tabla 14-3. Rendimiento de extracción de almidón de papa Yana Shungo por vía húmeda

N°	Tratamiento	Peso almidón (g)	Promedio (g)	Rendimiento (%)	Promedio (%)
1	T1	28,000	32,000	14,000	16,000
2		31,000		15,500	
3		37,000		18,500	
4		32,000		16,000	
5	T2	37,000	33,500	18,500	16,750
6		40,000		20,000	
7		29,000		14,500	
8		28,000		14,000	
9	T3	32,000	29,500	16,000	14,750
10		27,000		13,500	
11		30,000		15,000	
12		29,000		14,500	
13	T4	33,000	34,250	16,500	17,130
14		34,000		17,000	
15		37,000		18,500	
16		33,000		16,500	

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

A través del método por vía húmeda se obtuvo el porcentaje de rendimiento de almidón, para los cuatro tratamientos siendo estos de 16,000 %, 16,750 %, 14,750 %, 17,130 % según Parra (2019, p. 54) es un método en el cual se puede obtener un alto rendimiento de almidón para los tubérculos, además menciona Charro (2015, p. 67) que el porcentaje de almidón es de 19,410%, estableciendo que este tubérculo es apto para obtener almidón por vía húmeda ya que el porcentaje de rendimiento es similar al citado.

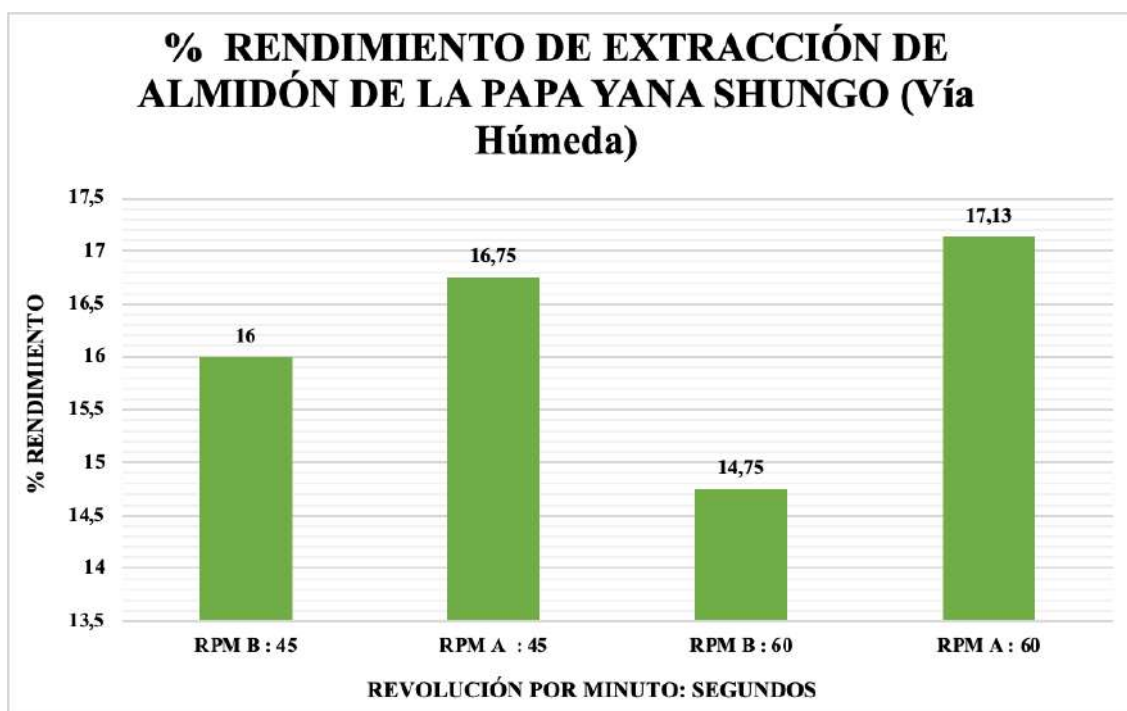


Gráfico 1-3. Porcentaje de rendimiento extracción de almidón de papa Yana Shungo (Vía Húmeda).

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 15-3. Análisis de varianza ANOVA del peso del almidón de papa Yana Shungo

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Razón F.	Valor P
A: Velocidad	39,063	1	39,063	2,310	0,163
B: Tiempo de licuado	3,063	1	3,063	0,180	0,680
Interacción AB	10,563	1	10,563	0,630	0,450

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

La tabla 16-3. Muestra la combinación de variables y establece cuales son las indicadas para obtener valores óptimos.

Tabla 16-3. Valores óptimos para obtener mayor peso de almidón de papa Yana Shungo

Factor	Baja	Alta	Óptimo
Velocidad de licuado (rpm)	6800	20000	20000
Tiempo de licuado (s)	45	60	60

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

En el análisis de varianza del peso del almidón de papa Yana Shungo de la tabla 15-3., no existe diferencia significativa entre los resultados ya que el valor p. es mayor a 0,050 considerando que se utiliza un nivel de confianza del 95%, es decir cualquiera de los tratamientos se podría utilizar para obtener almidón, sin embargo, la interacción de las dos variables tiene mucha importancia ya que se puede obtener un peso óptimo a mayor velocidad y tiempo de licuado como menciona la tabla 16-3.

A continuación, se muestra el gráfico 2-3. en el que se evidencia que se debe utilizar velocidad y tiempo de licuado alto, para obtener mayor peso de almidón de papa Yana Shungo.

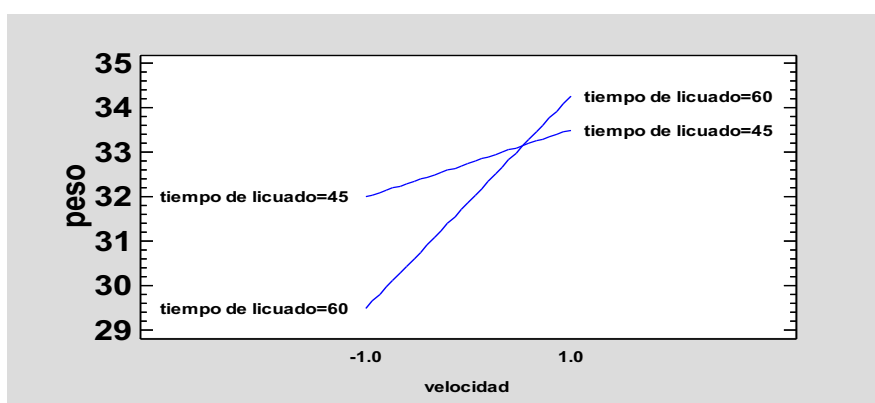


Gráfico 2-3. Interacción para peso de almidón de papa Yana Shungo.

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.5.2. Caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón de papa Yana Shungo

A continuación, se presentan los resultados de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón de papa Yana Shungo.

Tabla 17-3. Parámetros fisicoquímicos de almidón de papa Yana Shungo

Nº	Parámetros	Unidades	Resultado	Método
1	Humedad	%	14,690	MO-LSAIA-01.01
2	Fibra	%	0,190	INEN 522
3	Proteína	%	0,610	INEN 1670
4	Viscosidad	cP	1371,200	ISI 17-1e
5	pH	-	6,530	INEN 1456
6	Temperatura de gelatinización	°C	61,000	GRACE 1977
7	Sensibilidad	-	Cumple	INEN 1456

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al obtener el porcentaje de humedad por medio del método MO-LSAIA-01.01, se ha determinado un valor del 14,690%. En el cual Hernández et al. (2008, p. 722) expone un porcentaje de humedad del 19,000%; cabe mencionar que dicho porcentaje dependerá del método que se utiliza para la extracción del almidón. Sin embargo, Heredia & Pulgar (2019, p. 69) explica que si el porcentaje de humedad es <20,000% estarán en un rango aceptable para productos secos con una vida de anaquel deseable.

El porcentaje de fibra cruda del almidón fue de 0,190% basada en el método de análisis de la norma INEN 522. Según Martín et al. (2013a, p. 5) realiza un análisis proximal del almidón de papa obteniendo un resultado de fibra cruda del 0,100%; es decir, el porcentaje de fibra cruda en este tubérculo es bajo debido a que la fibra es considerada como impureza, además su presencia está relacionada con el proceso de extracción del almidón. (Torres et al., 2013, p. 55).

La proteína presente en el almidón fue de 0,61% se basa en el método de análisis de la norma INEN 1670. Alvis et al. (2008, p. 22), reporta un porcentaje del 0,620% en el cual; dicho resultado es similar al obtenido en la investigación planteada. Cabe mencionar que la proteína representa mínimas cantidades en la composición del almidón.

Al obtener la viscosidad del almidón por medio del método ISI 17-1e, se ha determinado un valor de 1371,200 cP con una velocidad de 10 RPM, temperatura 25 °C y una concentración del 5% de almidón. Aristizábal & Sánchez (2007, p. 38, 67) menciona que, el valor de la viscosidad varía entre 840 cP – 1500 cP; cabe recalcar que los valores pueden variar con la velocidad, temperatura y concentración de la solución del almidón utilizado en el viscosímetro.

Al determinar el pH del almidón por medio de la norma INEN 1456, se ha obtenido un valor de 6,530. La norma técnica ecuatoriana expone que, la muestra cumple con los parámetros para ser utilizada como reactivo analítico si el pH obtenido se encuentra entre 5 y 7.

Al obtener la temperatura de gelatinización por medio del método GRACE 1977, se ha determinado un valor de 61°C. Aristizábal & Sánchez (2007, p. 36) expone que la temperatura de gelatinización del almidón de la papa varía entre 59°C - 68°C, cabe mencionar que dicha temperatura se verá influenciada por los componentes del almidón (amilosa y amilopectina); es decir, a menor presencia de amilosa la temperatura será menor y viceversa.

Al determinar la sensibilidad del almidón de la papa por medio de la norma INEN 1456, se ha determinado que cumple con el requisito para ser utilizada como reactivo analítico, produciéndose un color azul profundo que desaparece al añadir una solución de tiosulfato de sodio de 0,050cm³. (INEN 1456, 2012, p. 4).

Tabla 18-3. Parámetros microbiológicos de almidón de papa Yana Shungo

N°	Parámetros	Unidades	Resultado	Método
1	Coliformes fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	10	ICONTEC 1997
2	Levaduras y mohos	UFC/g	Ausencia	ICONTEC 1997
3	Coliformes totales	UFC/g	900	ICONTEC 1997

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Los resultados microbiológicos obtenidos en las muestras del almidón de papa se basan en la guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO), en el cual se ha determinado coliformes totales de 900 UFC/g, coliformes fecales (*Escherichia coli*) de 10 UFC/g y ausencia de mohos y levaduras. Al hablar de UFC de coliformes fecales (*Escherichia coli*), se puede mencionar que éste está fuera del valor de referencia expuesto por Aristizábal & Sánchez (2007, p. 96) debido a la baja calidad de higiene en el manejo de la muestra.

Tabla 19-3. Porcentaje de Amilosa y Amilopectina de almidón de papa Yana Shungo

N°	Parámetros	Unidades	Resultado	Método
1	Amilosa	%	17,980	MO-LSAIA-04
2	Amilopectina	%	82,020	Por diferencia

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al determinar el porcentaje de amilosa del almidón de la papa por medio del método MO-LSAIA-04 y amilopectina por diferencia al 100 por ciento del contenido de amilosa, se obtuvo un porcentaje de 17,980% y 82,020% respectivamente. Hernández et al. (2008, p. 722) expone un porcentaje de amilosa y amilopectina del almidón de la papa de 21,000% y 79,000% respectivamente.

Dichos valores varían por condiciones climáticas, variedad de tubérculo, tipo de suelo y procesos de extracción (Arzapalo et al., 2015, p. 49).

Tabla 20-3. Porcentaje de cenizas totales en el almidón de papa Yana Shungo

N°	Cenizas totales	Unidades	Resultado promedio	Método
1	0,627	%	0,500	AOAC 2000
2	0,406			
3	0,468			

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al obtener el porcentaje de ceniza total por medio del método AOAC 2000, se determinó un valor de 0,500%. Martín et al. (2013b, p. 5) , expone un porcentaje de ceniza de almidón de papa de 0,600%. Sin embargo, Alvis et al. (2008, p. 22) menciona que el aumento de la cantidad de ceniza se debe al contenido de fósforo y presencia de minerales.

Tabla 21-3. Índice de solubilidad en agua del almidón de papa Yana Shungo

Nº	Índice de solubilidad en agua	Unidades	Resultado promedio	Método
1	2,454	g soluble/ g muestra (BS)	3,113	ANDERSON ET AL. 1969
2	3,665			
3	3,220			

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al determinar el índice de solubilidad en el agua del almidón de la papa por medio del método ANDERSON ET AL 1969, se obtuvo un valor de 3,110 g soluble/g muestra (BS). Alvis et al. (2008, p. 22) presenta un valor de 2,970 g soluble/g muestra (BS); en donde a mayor porcentaje de amilopectina mayor es el índice de solubilidad.

Tabla 22-3. Densidad aparente del almidón de papa Yana Shungo

Nº	Densidad Aparente	Unidades	Resultado promedio	Método
1	0,747	g/mL	0,698	SMITH 1967
2	0,674			
3	0,672			

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al obtener la densidad aparente del almidón de la papa por medio del método SMITH 1967, se ha determinado un valor de 0,700 g/mL. Cabe mencionar que, se encontraron valores similares a la investigación de Garzón (2006, p. 32) en el cual se obtuvo un valor de 0,630 g/mL. Sin embargo, Manobanda (2017, p. 14) menciona que, que a mayor partículas finas mayor densidad.

3.5.3. Resultados de formulación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo

Tabla 23-3. Resultados de formulación de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo

Formulación	Almidón (g)	Glicerina (g)	Ácido Acético (mL)	Agua (mL)	Peso Promedio (g)	Espesor Promedio (mm)	Transparencia	Estabilidad
CA2: CG2	2,000	0,500	4,000	25,000	0,111	0,130	Lámina transparente	Estable
CA2: CG1	2,000	0,250			0,120	0,190	Lámina transparente	Estable
CA1: CG2	1,750	0,500			0,086	0,110	Lámina transparente	Estable
CA1: CG1	1,750	0,250			0,119	0,170	Lámina transparente verdosa	Estable

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Luego de obtener las formulaciones con resultados favorables en cuanto a su análisis cualitativo, se realizó el análisis de varianza, para determinar si existe un efecto significativo de acuerdo con el valor P.

Tabla 24-3. Análisis de varianza de peso de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo

Fuente	Suma de Cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	Razón F.	Valor P.
A: Almidón	0,0006	1	0,0006	1,950	0,197
B: Glicerina	0,0018	1	0,0018	5,810	0,040
AB	0,0007	1	0,0007	2,270	0,166

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al haber realizado el análisis de varianza de peso de bioplástico de almidón de papa Yana Shungo, se indica en la tabla 24-3 que los valores P. en el peso del almidón e interacción entre glicerina y almidón son mayores a 0,050; es decir que, al no haber diferencia significativa se puede aplicar cualquiera de las diferentes formulaciones para la obtención del bioplástico, sin embargo, se obtuvo un valor P. menor a 0,05 en el peso de glicerina de tal manera que si existe diferencia significativa. Por lo cual, las formulaciones CA2:CG2, CA1:CG2 que poseen un alto contenido de plastificante permite que exista una disminución en la absorción de agua en el bioplástico (Oropeza et al., 2016, p. 69), teniendo en cuenta que los espesores se encuentran dentro de los límites de la norma INEN 2635 estableciendo un máximo de 0,001m.

3.5.4. Propiedades del bioplástico de almidón de papa Yana Shungo

Se evaluó las siguientes propiedades humedad, solubilidad en agua, permeabilidad al vapor de agua, biodegradación y ensayos de tracción, cuyos resultados se muestran en las siguientes tablas. Se realizó tres repeticiones para cada formulación.

Tabla 25-3. Porcentaje de humedad de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

N°	Formulación	Humedad (%)	Promedio Humedad (%)	Método
1	CA2: CG2	14,406	13,915	Método Gravimétrico
2		12,713		
3		14,625		
4	CA2: CG1	10,039	10,351	
5		9,982		
6		11,031		
7	CA1: CG2	14,112	15,157	
8		14,300		
9		17,059		
10	CA1: CG1	14,004	13,344	
11		14,856		
12		11,171		

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al determinar la humedad del bioplástico de cada formulación por medio del método gravimétrico, se obtuvo valores de 13,915%; 10,351%; 15,157%; 13,344% para las formulaciones CA2:CG2, CA2:CG1, CA1:CG2, CA1:CG1 respectivamente. Guamán (2019, p. 43) expone que, según sus datos obtenidos el porcentaje de humedad deberá estar en un rango de 18,450% y 24,880%; sin embargo, el porcentaje de humedad varía de acuerdo con la materia prima utilizada para la elaboración del bioplástico. Cabe mencionar que, a menor porcentaje de humedad mayor tiempo de degradación; por lo tanto, se descompone en menor tiempo que los plásticos convencionales (Rosales, 2016, p. 31).

Tabla 26-3. Porcentaje de solubilidad en agua de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Nº	Formulación	Solubilidad (%)	Promedio Solubilidad (%)	Método
1	CA2: CG2	1,613	2,334	LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009-INNTEC-33
2		3,636		
3		1,754		
4	CA2: CG1	1,351	1,714	
5		2,299		
6		1,493		
7	CA1: CG2	1,250	1,232	
8		1,282		
9		1,163		
10	CA1: CG1	2,564	2,233	
11		1,961		
12		2,174		

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 27-3. Permeabilidad al vapor de agua de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Nº	Formulación	PERMEABILIDAD AL VAPOR DE AGUA (g/h.m.Mpa)	Método
1	CA2: CG2	0,002	ASTM E 96
2	CA2: CG1	0,002	
3	CA1: CG2	0,001	
4	CA1: CG1	0,002	

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al obtener la solubilidad del bioplástico de cada formulación, se determinó valores de 2,334%; 1,714%; 1,232%; 2,233% para las formulaciones CA2:CG2, CA2:CG1, CA1:CG2, CA1:CG1 respectivamente. Heredia & Pulgar (2019, p. 83) , menciona que la concentración y el tipo de plastificante influye en el comportamiento de la solubilidad y permeabilidad al vapor de agua en el bioplástico; es decir, a menor contenido de glicerina y almidón disminuye la solubilidad y permeabilidad al vapor de agua del bioplástico. Charro (2015, p. 68), establece que la solubilidad permite determinar la aplicación del bioplástico, por lo tanto, al obtener bioplástico que no se logra disolver con facilidad éstos son aptos para cubrir alimentos. Además, Monar (2017, p.

51) sustenta que, al alcanzar una baja permeabilidad de vapor de agua, impide la transferencia de humedad entre la atmósfera y los alimentos.

Los ensayos de biodegradabilidad se efectuaron a temperatura ambiente, además en el ensayo en el que el agua estaba en contacto con la muestra tenía un pH de 7,180.

Tabla 28-3. Biodegradación en agua de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Formulación		DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21	DÍA 28	Método
CA2:CG2	Pérdida de peso (%)	75,824	100,000	100,000	100,000	INEN 2643
CA2:CG1		72,152	100,000	100,000	100,000	
CA1:CG2		36,134	47,368	89,744	92,982	
CA1:CG1		30,769	100,000	100,000	100,000	

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 29-3. Biodegradación en tierra orgánica de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Formulación		DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21	DÍA 28	Método
CA2:CG2	Pérdida de peso (%)	75,824	100,000	100,000	100,000	INEN 2643
CA2:CG1		72,152	100,000	100,000	100,000	
CA1:CG2		36,134	47,368	89,744	92,982	
CA1:CG1		30,769	100,000	100,000	100,000	

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 30-3. Biodegradación al ambiente de los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Formulación		DÍA 7	DÍA 14	DÍA 21	DÍA 28	Método
CA2:CG2	Pérdida de peso (%)	8,434	9,890	10,638	22,449	INEN 2643
CA2:CG1		4,762	5,172	5,213	9,645	
CA1:CG2		9,524	10,345	11,278	12,000	
CA1:CG1		2,094	5,806	6,329	6,522	

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al determinar el porcentaje de biodegradación del bioplástico en contacto con el agua por medio de la pérdida de peso en función al tiempo, se identificó en la formulación CA1:CG2 que, a mayor cantidad de glicerina mayor tiempo de descomposición. Sin embargo, al hablar de la formulación CA1:CG1 la cual posee la misma cantidad de almidón, pero menor cantidad de plastificante ésta tarda menor tiempo en su descomposición. Heredia & Pulgar (2019, p. 83) menciona que, al

incrementar la concentración de glicerina reduce la absorción de agua en el bioplástico teniendo en cuenta que es una sustancia que repele al agua.

Al determinar el porcentaje de biodegradación del bioplástico en contacto a tierra orgánica y al ambiente por medio de la pérdida de peso en función al tiempo, se identificó que al estar en contacto con tierra orgánica el bioplástico tiende a una descomposición en menor tiempo. Hernández (2013, p. 97) menciona que, la velocidad de degradación se ve afectada por la presencia de microorganismos en el suelo. Según Rosales (2016, p. 35), el tiempo que un bioplástico se tarda en degradar al estar expuesto al ambiente es mayor con relación al estar en contacto a tierra orgánica.

Tabla 31-3. Ensayo de tracción realizado a los bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo

Nº	Formulación	Resistencia a la tensión (N/cm ²)	Elongación (%)	Método
1	CA2: CG2	2090,000	23,300	IUP 6
2	CA2: CG1	2160,000	16,700	
3	CA1: CG2	490,000	10,000	
4	CA1: CG1	1020,000	20,000	

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Al obtener la resistencia a la tensión y el porcentaje de elongación por medio de la norma IUP 6 a través del equipo dinamómetro, se determinó una resistencia a la tensión en las formulaciones CA1:CG2; CA1:CG1 de 490 N/cm² y 1020 N/cm² respectivamente, cuyos valores están fuera de los parámetros establecidos de 1400 N/cm² a 14000 N/cm² estipulada por la norma ASTM D638 para plástico comercial, en el cual se consideran deficientes como sustituto de plásticos comerciales (García, 2015, p. 30) . Cabe recalcar que, al hablar de las formulaciones CA2:CG2, CA2:CG1 teniendo 23,300% , 2090 N/cm² y 16,700% , 2160 N/cm² respectivamente, Oropeza et al. (2016b, p. 69) menciona que el uso de plastificante influye en las propiedades físicas, ya que el incremento en su concentración está relacionado con el aumento en la elongación y disminución en la resistencia a la tensión.

A continuación, en el gráfico 3-3. se representa el ensayo de tracción de Resistencia a la Tensión, en el cual se evidencia que la formulación que presenta mejores propiedades mecánicas es CA2:CG1 cumpliendo con los estándares establecidos por la norma ASTM D638. Sin embargo, en el gráfico 4-3. se representa el ensayo de tracción de Elongación, con un porcentaje de 16,700%.

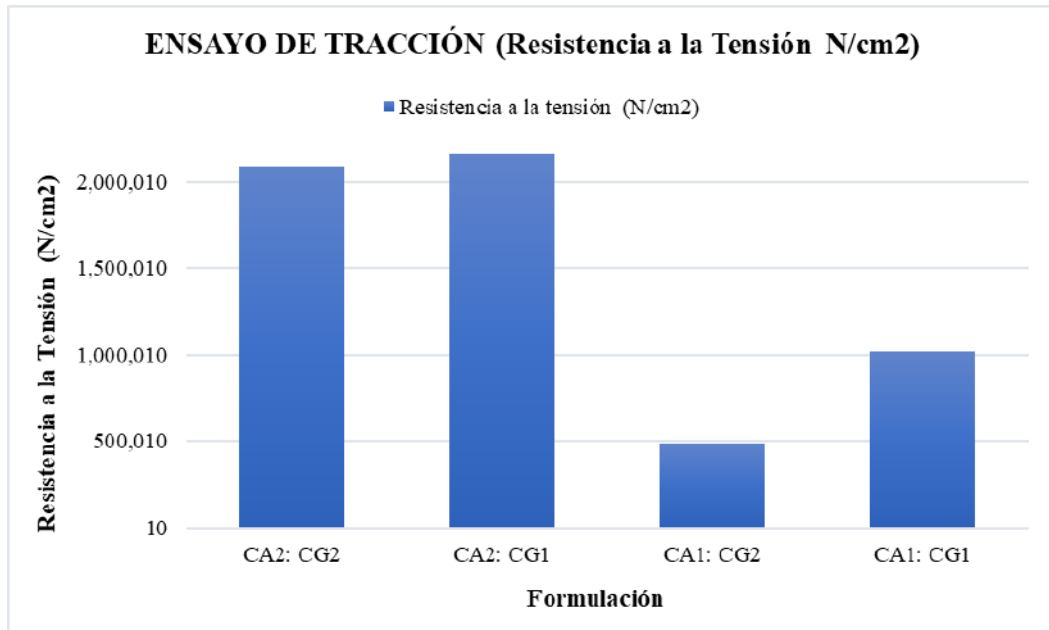


Gráfico 3-3. Ensayo de tracción (Resistencia a la Tensión N/cm²) de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo.

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

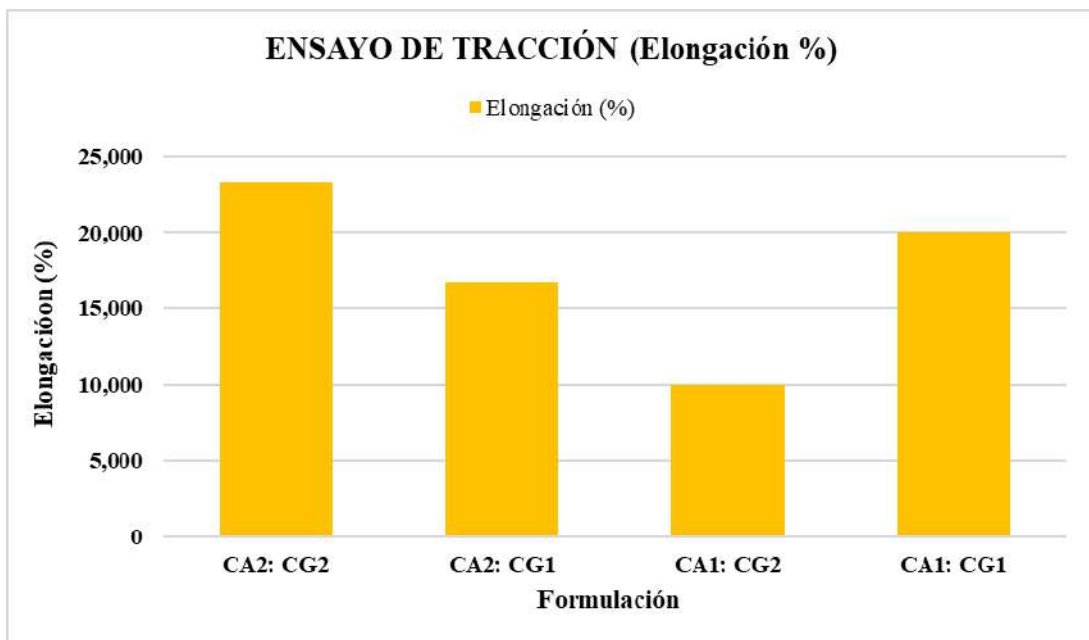


Gráfico 4-3. Ensayo de tracción (Elongación %) de bioplásticos de almidón de papa Yana Shungo.

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

3.6. Verificación de hipótesis

3.6.1. Hipótesis Nula

El almidón que se obtiene a partir de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el método húmedo no tiene las características necesarias para formular un bioplástico que es utilizado en embalaje de alimentos.

3.6.2. Hipótesis Alternativa

El almidón que se obtiene a partir de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el método húmedo sí tiene las características necesarias para formular un bioplástico que es utilizado en embalaje de alimentos.

- **Análisis de varianza ANOVA, extracción de almidón mediante el método húmedo**

Se utilizó un nivel de confianza del 95% aplicando como variables independientes: velocidad (RPM A, RPM B) y tiempo de licuado (45 s y 60 s). Variable dependiente: peso del almidón (g).

Tabla 32-3. Valores utilizados en el análisis de varianza (Obtención del almidón)

Variab les	Peso Promedio (g)
RPM B: 45 s	32,000
RPM A: 45 s	33,500
RPM B: 60 s	29,500
RPM A: 60 s	34,250

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 33-3. Resumen del análisis de varianza

Fuente	Valor P
A: Velocidad	0,1627
B: Tiempo de licuado	0,6803
Interacción AB	0,4495

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

En el análisis estadístico se evidencia que no existe diferencia significativa, ya que el valor de P es mayor a 0,050, demostrando que cualquiera de los tratamientos se puede utilizar para extraer almidón.

- **Análisis de varianza ANOVA, obtención de bioplástico**

Se utilizó un nivel de confianza del 95% aplicando como variables independientes: cantidad de almidón (2,000 g; 1,750 g) y cantidad de plastificante (0,500 g; 0,250 g). Variable dependiente: peso del bioplástico (g).

Tabla 34-3. Valores utilizados en el análisis de varianza
(Obtención del bioplástico)

Almidón (g)	Glicerina (g)	Peso Promedio (g)
2,000	0,500	0,111
2,000	0,250	0,120
1,750	0,500	0,086
1,750	0,250	0,119

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

Tabla 35-3. Valores utilizados en el análisis de varianza
(Obtención del bioplástico)

Fuente	Valor P.
A: Almidón	0,197
B: Glicerina	0,040
AB	0,166

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

En el análisis estadístico se evidencia que no existe diferencia significativa en la interacción de los dos factores, ya que el valor de P es mayor a 0,050, demostrando que cualquiera de las formulaciones se puede utilizar para obtener bioplástico. Comprobando que, las formulaciones al presentar un porcentaje de solubilidad bajo Tabla 26-3., determinando que al no disolverse con facilidad éstos son aptos para el embalaje de alimentos. Dando como resultado la afirmación de este análisis y la aceptación de la hipótesis alternativa. Es decir, el almidón que se obtiene a partir de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) mediante el método húmedo si tiene las características necesarias para formular un bioplástico que es utilizado en embalaje de alimentos.

3.7. Aplicación Bioplástico

De acuerdo con los resultados obtenidos, los parámetros con gran importancia es el porcentaje de solubilidad, al obtener porcentajes bajos permiten determinar que éstos son aptos para el embalaje de alimentos. Así mismo la permeabilidad al vapor del agua al alcanzar una baja permeabilidad impide la transferencia de humedad entre la atmósfera y los alimentos.

De tal manera que, en las cuatro formulaciones al determinar un bajo porcentaje de solubilidad en agua y permeabilidad en el vapor de agua se aplicó como uso en embalaje de alimentos.

En la Tabla 32-3., se seleccionó la fresa como alimento principal para ser recubierta con el bioplástico obtenido. Durante los tres primeros días, el alimento recubierto permanece con su color, olor y textura característica. A partir del cuarto día hasta el onceavo, el bioplástico comienza a tomar un color más oscuro, así como la fresa su textura tiende a suavizarse y su color a ser un rojo oscuro. En el doceavo día, la fresa empieza a descomponerse presentando un olor desagradable y una textura muy suave, el bioplástico a quebrarse por presencia de moho.

Tabla 36-3. Tiempo de vida útil de la fresa recubierta por bioplástico

DÍA	FORMULACIÓN	CARACTERÍSTICAS				OBSERVACIONES
		COLOR	OLOR	TEXTURA	MOHO	
1	CA2:CG2	Rojo Intenso	Agradable	Carnoza	No	La muestra permanece estable, sin cambio alguno.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
2	CA2:CG2	Rojo Intenso	Agradable	Carnoza	No	La muestra permanece estable, sin cambio alguno.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
3	CA2:CG2	Rojo Intenso	Agradable	Carnoza	No	La muestra permanece estable, sin cambio alguno.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
4	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
5	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					

	CA1:CG1					
6	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
7	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
8	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
9	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
10	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
11	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Agradable	Suave	No	Las características de la muestra empiezan a variar, bioplástico se oscurece.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					
12	CA2:CG2	Rojo Oscuro	Desagradable	Muy Suave	Sí	La muestra empieza a descomponerse, bioplástico se oscurece y tiende a quebrarse en lugares donde existe presencia de moho.
	CA2:CG1					
	CA1:CG2					
	CA1:CG1					

Realizado por: Guamán, Xavier. 2022.

CONCLUSIONES

- El rendimiento obtenido en la extracción de almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) por vía húmeda para cada uno de los tratamientos fue de 16,000%, 16,750%, 14,750%, 17,130%; por lo cual, al haber empleado el método húmedo, se logró alcanzar resultados similares a los citados anteriormente.
- El almidón de papa Yana Shungo (*Solanum andigena*) cumple con los parámetros establecidos por la norma NTE INEN 1456, se obtuvo resultados de humedad del 14,690%, fibra 0,190%, proteína 0,610%, viscosidad 1371,200 cP, pH 6,530, temperatura de gelatinización 61,000 °C, ceniza 0,500%, índice de solubilidad en agua 3,113 g soluble/ g muestra (BS), densidad aparente 0,698 g/mL y finalmente cumpliendo el ensayo de sensibilidad (*Anexo F*).
- Las formulaciones para la obtención del bioplástico se establecieron por medio del diseño de experimento de mezclas a través del software Statgraphics Centurion, en el cual se obtuvo cuatro formulaciones CA2:CG2, CA2:CG1, CA1:CG2, CA1:CG1, el contenido de almidón fue: 2,000g, 2,000g, 1,750g, 1,750g y un contenido de plastificante: 0,500g, 0,250g, 0,500g, 0,250g respectivamente. Es decir, de acuerdo con los ensayos de tracción realizados Tabla 31-3., se establece que la formulación CA2:CG1 cumple con las características de los plásticos convencionales.
- El tiempo de vida útil del bioplástico determinado mediante el análisis de biodegradabilidad varía a partir de las condiciones en el que el bioplástico este expuesto; es decir, al estar en contacto con el agua y tierra orgánica se degrada en mayor tiempo que al estar en contacto al ambiente. En la Tabla 30-3., al día 28 de estar expuesta las muestras al ambiente se obtuvo un porcentaje de pérdida de peso entre 6,522% y 22,449% en las distintas formulaciones, tomando en cuenta que éstas representan la mejor condición de vida útil, con respecto a la Tabla 28-3. y 29-3., éstas al día 28 el porcentaje de pérdida de peso fue del 100%. En la Tabla 32-3. al realizar el embalaje para el uso en alimentos, el tiempo de vida útil de la fresa recubierta por bioplástico fue de once días.

RECOMENDACIONES

- Utilizar estufa para secar el almidón de una forma uniforme, de tal manera que se obtenga una materia prima libre de agua lo que ayuda a que no exista una propagación de microorganismos.
- Modificar el almidón de papa Yana Shungo a través de sustancias químicas para obtener una mejora en las propiedades mecánicas
- Evaluar la biodegradación de las formulaciones en suelo ácido, neutro y alcalino, en condiciones controladas, de tal manera que se pueda identificar en que medio se puede utilizar y que tenga resultados favorables.
- Las muestras de bioplástico no se deben almacenar por largos periodos ya que sus propiedades mecánicas se ven alteradas.
- Investigar que otro tipo de uso se le puede dar al bioplástico obtenido, de acuerdo con sus características físicas que presenta.

BIBLIOGRAFÍA

ALVIS, Armando ; et al. “Análisis físico-químico y morfológico de almidones de ñame, yuca y papa y determinación de la viscosidad de las pastas”. Scielo [en línea], 2008 (Colombia), 19(1), pp. 19–28, [Consulta: 05 agosto 2021]. ISSN 0718-0764. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000100004

ARISTIZÁBAL, Johanna & SÁNCHEZ, Teresa. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea] 2007. [Consulta: 03 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

ARZAPALO, Doyla ; et al. “Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) negra collana, pasankalla roja y blanca junín. Revista de la Sociedad Química del Perú [en línea], 2015, (Peru), 81(1), ISSN 1810-634X. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1810-634X2015000100006&script=sci_abstract

BALLADARES MOYANO, Viviana Patricia. Evaluación del contenido de antocianinas y micronutrientes (hierro, magnesio y calcio) en papas nativas (*Solanum andigena*) enteras y peladas de las variedades Puca Shungo, Yana Shungo y Yema de huevo (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias e Ingeniería en Alimentos. Ambato-Ecuador. 2018. [Consulta: 05 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/27787>

CADENA, Gonzalo. “No siempre la comida entra por los ojos. Papa Yana Shungo”. Tendencias gastronómicas [en línea], 2011, (Ecuador) 66, p. 41-44. [Consulta: 03 de agosto de 2021]. ISSN 1390–5775. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3750840>

CARBALLO, Evelin Araceli & MARTÍNEZ, Emerson Samuel. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua por el método ASTM E96/E 96M-05 en películas de quitosano (Trabajo de titulación). Universidad de el Salvador, Facultad de Química y Farmacia. San Salvador-El Salvador. 2010. p.47. [Consulta: 05 de agosto de 2021]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2497>

CHARRO ESPINOSA, Mónica Margarita. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Central del Ecuador, Facultad

de Ingeniería Química. Ecuador. 2015. [Consulta: 20 julio 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

ESCOBAR, D. ; et al. “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador”. Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay [En línea], 2009, (Uruguay) (4), pp. 33-36. [Consulta: 01 agosto de 2021]. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=462

GARCÍA QUIÑONEZ, Alma Verónica. Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Escuela de Ingeniería Química, Santa Tecla. El Salvador. 2015. [Consulta: 2021-07-20]. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>

GARZÓN SERRA, Maria de Lourdes. “Almidón retrogradado para uso en compresión directa II . Compactación de almidón de chayote retrogradado”.Revista Mexicana de Ciencias Farmacéuticas [en línea], 2006, (Mexico) 37 (3). [Consulta: 05 de agosto 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/579/57937305.pdf>

GONZÁLEZ MANTILLA, Alex Santiago. “Zonificación agroecológica económica del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.) en el Ecuador continental” [en línea], 2014 (Ecuador), pp. 1–4. [Consulta: 05 agosto 2021]. Disponible en: <https://fliphtml5.com/ijia/dssy/basic>

GUAMÁN BRAVO, Jenny Marcela. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2019. [Consulta: 2021-08-05]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

GUANOQUIZA ZAMBRANO, Kelly Paola. Evaluación de diferentes polímeros en la microencapsulación de antocianinas extraídas a partir de papa morada variedad Yana-shungo [En línea] (Trabajo de titulación) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de ciencias e ingeniería en alimentos y biotecnología. Ambato-Ecuador. 2020. [Consulta: 2021-08-05]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30833/1/BQ%20219.pdf>

GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto & DE LA VARA SALAZAR, Román. Análisis y diseño de experimentos. [En línea]. Segunda ed. Mexico: The McGraw-Hill/ Interamericana Editores, S.A. 2008. [Consulta: 07 agosto 2021]. Disponible en: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf

HEREDIA JARA, Daniel Alejandro & PULGAR ASTUDILLO, Lesslie Jokašta. Comparación de dos métodos de extracción de almidón de *colocasia esculenta* (*malanga blanca*) para la obtención de un polímero biodegradable [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador.2019. [Consulta: 2021-08-06]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/13256/1/156T0007.PDF>

HERNÁNDEZ TOMÁS, Karina. Biodegradación de envases elaborados a base de fécula de maíz, papa, caña de azúcar, papel y oxo-biodegradables [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de estudios superiores Zaragoza. México D.F.-México. 2013. [Consulta: 2021-08-05]. Disponible en: https://repositorio.unam.mx/contenidos/biodegradacion-de-envases-elaborados-a-base-de-fecula-de-maiz-papa-cana-de-azucar-papel-y-oxo-biodegradables-425995?c=rwRK67&d=false&q=*&i=1&v=0&t=search_0&as=0

HERNÁNDEZ, Marilyn ; et al. “Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México”. *Ciência e Tecnologia de Alimentos* [en línea], 2008, (México) 28 (3), pp. 718–726. [Consulta: 2021-08-03]. ISSN 0101-2061. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/?format=pdf&lang=es>

HOLGUIN CARDONA, Juan Sebastian. Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa [En línea] (Trabajo de titulación). Fundación Universidad de América, Facultad de Ingenierías, Bogotá-Colombia. 2019. [Consulta: 2021-08-06]. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

MANOBANDA CUNALATA, Nancy Abigail. Formulación y caracterización de un pan libre de gluten elaborado a partir de cultivos nativos del Ecuador [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos. Ambato-Ecuador. 2017. [Consulta: 2021-08-09]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/26312/1/AL%20641.pdf>

MARTÍN, Darío ; et al. “Almidón de papa, agente gelificante alternativo en medios de cultivo para propagación *in-vitro* de lulo *Solanum quitoense* Lam”. *Revista de Ciencias Agrícolas* [en

línea], 2013, (Colombia) 30 (1), pp. 3–11. [Consulta: 2021-08-15]. ISSN 0120-0135. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5104099>

MENESES, Jualiana ; et al. “Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca”. Revista Escuela de Ingeniería de Antioquia [en línea], 2007, (Colombia), pp. 57–67. [Consulta: 2021-08-10] ISSN 1794-1237. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006

MEZA RAMOS, Paola Nathali. Elaboración De Bioplásticos a Partir De Almidón Residual Obtenido De Peladoras De Papa Y Determinación De Su Biodegradabilidad a Nivel De Laboratorio (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Ciencias. Lima-Peru. 2016. [Consulta: 2021-01-10]. Disponible en: <https://1library.co/document/z12r503y-elaboracion-bioplásticos-almidon-residual-peladoras-determinacion-biodegradabilidad-laboratorio.html>

MEZA, Paola ; et al. “Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio”. Revista del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM [en línea], 2019, 22, pp. 67–80. [Consulta: 09 agosto 2021] ISSN 1561-0888. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16691/14254>

MONAR LOPEZ, Jessica Lisbeth. Formular un bioplástico basado en quitosano con actividad antioxidante. [En línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. [Consulta: 2021-01-10]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8512/1/56T00754.pdf>

MONTEROS, Cecilia & REINOSO, Iván. *Informe final del proyecto Proyecto FTG-353/05 "Innovaciones Tecnológicas y Mercados Diferenciados para Productores de Papas Nati-vas"*. 2011. [Consulta: 05 agosto 2021]. Disponible en: <https://dokumen.tips/documents/final-infotec-acuaponia.html>

MONTEROS, Cecilia ; et al. Ficha técnica de la variedad de papa INIAP-Yana Shungo [En línea]. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito-Ecuador. 2011, p. 13. [Consulta: 2021-07-15]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/3267/1/iniapscCD56.pdf>

NTE INEN 1235:1987. *Granos Y Cereales. Determinación Del Contenido De Humedad.*

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

NTE INEN 1670:1988. *Quinua. Determinación de la proteína total. (Proteína cruda).*

NTE INEN 2637:2012. *Ensayo de Tracción para Determinar el Punto Final de la Degradación de Polietileno y Polipropileno Degradables.*

NTE INEN 5220:2013. *Harinas de origen vegetal. determinación de la fibra cruda.*

OROPEZA GONZÁLEZ, Rafael Antonio ; et al. “Películas biodegradables a base de almidón : propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación” [en línea], 2016, (Venezuela). [Consulta: 10 agosto 2021]. ISSN 2218-4384. Disponible en: <http://bdigital.ula.ve/storage/pdf/rvcta/v7n1/art05.pdf>

PALLO PAREDES, Edwin Leonardo. Evaluación de tres tecnologías para producción de papas nativas variedades (i- puca shungo e i- yana shungo) para uso industrial [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato-Ecuador. 2014 [Consulta: 2021-07-15]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/7555/1/tesis-017%20Maestr%c3%ada%20en%20Agroecolog%c3%ada%20y%20Ambiente%20-%20CD%20236.pdf>

PARRA PEREZ, Joselyne Brigitte. Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (arracacia xanthorrhiza) y de camote (ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo [en línea] (Trabajo de titulación). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba-Ecuador. 2019. [Consulta: 2021-08-15]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13808>

PUMISACHO, Manuel & SHERWOOD, Stephen. El cultivo de la papa en Ecuador [en línea]. Quito-Ecuador: INIAP-CIP, 2002. [Consulta: 15 julio 2021]. Disponible en: <https://cipotato.org/wp-content/uploads/Documentacion%20PDF/Pumisacho%20y%20Sherwood%20Cultivo%20de%20Papa%20en%20Ecuador.pdf>

ROSALES, Abigail de los Angeles. Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el

laboratorio 110 de la UNAN-Managua, [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Facultad de Ciencias e Ingeniería. Managua. 2016. [Consulta: 2021-08-15]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

RUIZ AVILÉS, Gladys. Polímeros Biodegradables a partir de almidón de yuca [En línea] (Trabajo de titulación). Universidad EAFIT. Medellín-Colombia. 2005. [Consulta: 2021-08-15]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2

TORRES RAPEL, Alberto ; et al. “Propiedades fisicoquímicas, morfológicas y funcionales del almidón de malanga (Colocasia esculenta)”. Revista Lasallista de Investigación [en línea], 2013 (Colombia) 10 (2), pp. 52–61. [Consulta: 15 julio 2021]. ISSN 1794-4449. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-44492013000200007&script=sci_abstract&tlng=es

VÁZQUEZ MORILLAS, Alethia ; et al. “Bioplásticos y plásticos degradables”. Medio Ambiente [en línea], 2014, (México), p. 11. [Consulta: 10 agosto 2021]. Disponible en: <http://biblioteca.org.anipac.mx/biblioteca/degradabilidad-2/bioplasticos-y-plasticos-degradables>

ANEXOS

ANEXO A. INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS QUÍMICO DEL ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO

ANÁLISIS		HUMEDAD	AMILOSA ¹	IDENTIFICACIÓN	
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04			
METODO REF.	U. FLORIDA 1970				
UNIDAD	%	%			
21-0265	14,69	17,98			Almidón de papa yana shungo

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

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Ivan Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.
Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO B. INFORME DE RESULTADOS DE FIBRA Y PROTEÍNA DE ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO



Contáctanos: 0998580374 - 032924322

Av. 11 de noviembre y Milton Reyes

Riobamba – Ecuador

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Xavier Sebastián Guamán Granja
TIPO DE MUESTRA: Almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>)
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2020-12-16
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-01-06

Examen Físico

COLOR: Blanco.
OLOR: Inoloro.
ASPECTO: Polvo fino homogéneo.

Examen Microbiológico

Almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>)			
Determinaciones	Unidades	Método de Análisis	Resultados
Proteína	%	INEN 1670	0,61
Fibra	%	INEN 522	0,19

Atentamente



Dra. Gina Álvarez Reyes

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

**ANEXO C. INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE
ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO**



Contáctanos: 0998580374 - 032924322

Av. 11 de noviembre y Milton Reyes

Riobamba – Ecuador

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

NOMBRE: Xavier Sebastián Guamán Granja
TIPO DE MUESTRA: Almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>)
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2020-12-16
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-01-06

Examen Físico

COLOR: Blanco.
OLOR: Inoloro.
ASPECTO: Polvo fino homogéneo

Examen Microbiológico

Almidón de papa Yana Shungo (<i>Solanum andigena</i>)			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g		900
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<10	10
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO).

Atentamente

Dra. Gina Álvarez Reyes
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.



**ANEXO D. INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO DE TRACCIÓN DE
BIOPLÁSTICO DE ALMIDÓN DE PAPA YANA SHUNGO**



DATOS CLIENTE

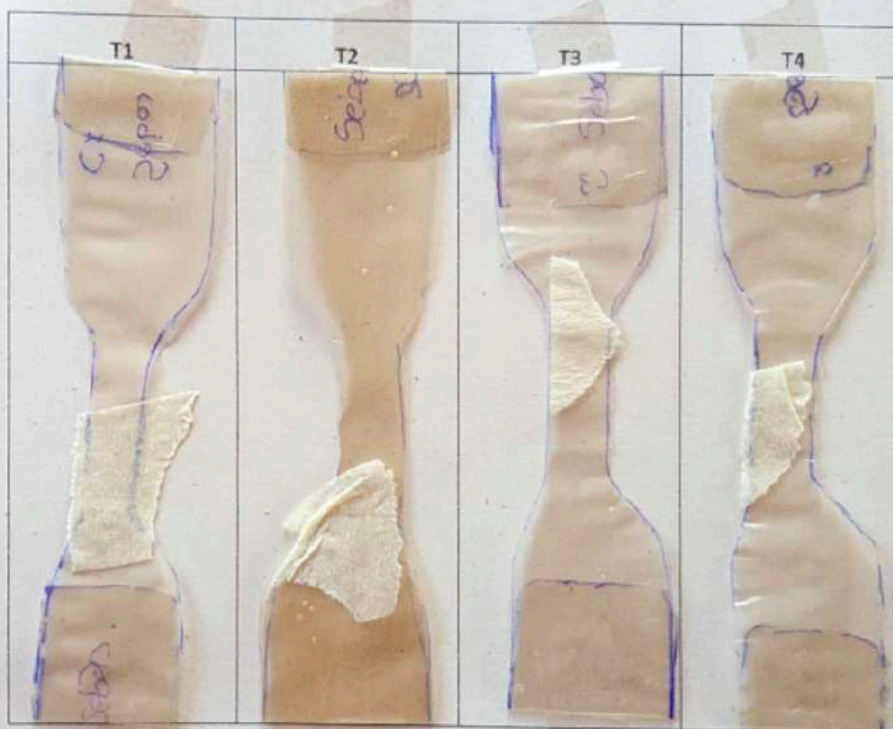
CÓDIGO: 9 8 4 6 8 1
NOMBRE: SEBASTIAN GUAMAN
CEDULA: 1804546826
DIRECCIÓN: AMBATO TELÉFONO:0987382822
CORREO ELECTRÓNICO: sebastian.guaman@esPOCH.edu.ec
RESPONSABLE DE ENTREGA: Ing. Julio Llerena

DATOS GENERALES

REGISTRO: 0051
FECHA DE RECEPCIÓN: 26 de Febrero del 2021
FECHA DE EMISIÓN DEL INFORME: 1 de Marzo del 2021
DE MUESTRAS: 4
IDENTIFICACIÓN: Bioplástico de Papa Yanashungo
CONDICIONES AMBIENTALES: Específicas del laboratorio



MUESTRAS DE BIOPLASTICOS DE PAPA YANASHUNGO



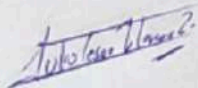
HOJA TÉCNICA: MUESTRAS DE BIOPLASTICOS DE PAPA YANASHUNGO

PRUEBA	UNIDAD	METODO DE ENSAYO	RESULTADO OBTENIDO	NIVEL SUGERIDO
Resistencia a la tensión (N/cm ²)	T1	IUP6	2090,0	800
	T2		2160,0	a
	T3		490,0	1500
	T4		1020,0	
Elongación (%)	T1	IUP6	23,33	40
	T2		16,67	a
	T3		10,00	80
	T4		20,00	



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 1
REALIZADO POR	XAVIER SEBASTIAN GUAMAN GRANJA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA PAPA YANASHUNGO (Solanum andigena) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	353
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	4,30
CARGA MÁXIMA (N)	20,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	4,86
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	23,3

Aprobado por




ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 2
REALIZADO POR	XAVIER SEBASTIAN GUAMAN GRANJA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DE LA PAPA YANASHUNGO (<i>Solanum andigena</i>) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	353
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	4,10
CARGA MÁXIMA (N)	21,6
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	5,26
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	16,7

Aprobado por

Julio Llerena



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 3
REALIZADO POR	XAVIER SEBASTIAN GUAMAN GRANJA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA YANASHUNGO (<i>Solanum andigena</i>) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	359
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	1,5
CARGA MÁXIMA (N)	4,9
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	3,26
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	10,0

Aprobado por



Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	N° 4
REALIZADO POR	XAVIER SEBASTIAN GUAMAN GRANJA
TEMA DE TESIS	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA PAPA YANASHUNGO (<i>Solanum andigena</i>) PARA USO EN EMBALAJE DE ALIMENTOS"
TIPO DE MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	PLASTICO
TRATAMIENTO	1
REPETICIÓN	1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021 - 03
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR TRANSPARENTE VERDOSA
ESPESOR (mm)	0,1
ANCHURA (mm)	10
LONGITUD INICIAL (mm)	353
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	3,6
CARGA MÁXIMA (N)	10,2
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	2,83
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN	20,0

Aprobado por



Julio Llerena

ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

ANEXO E. CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO

a.



b.



NOTAS:

- a. Viscosidad de Brookfield
- b. Sensibilidad

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA
 ELABORADO POR:
 Xavier Sebastián Guamán Granja

CARACTERIZACIÓN
 ALMIDÓN EXTRAÍDO

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2022/01/31

ANEXO F. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO

a.



b.



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	EQUIPOS UTILIZADOS EN LA		
a. Potenciómetro (pH)	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar	FACULTAD DE CIENCIAS	CARACTERIZACIÓN DEL		
b. Mufla, desecador (ceniza total)	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar	CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	ALMIDÓN EXTRAÍDO		
	<input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR:	LÁMINA	ESCALA	FECHA
		Xavier Sebastián Guamán Granja	2	1:1	2022/01/31

ANEXO G. EQUIPOS UTILIZADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO

a.



b.



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	EQUIPOS UTILIZADOS EN LA		
a. Baño maría, shaker orbital, estufa (solubilidad	<input type="checkbox"/> Aprobado	FACULTAD DE CIENCIAS	CARACTERIZACIÓN DEL		
b. Reverbero, termometro (temperatura de	<input type="checkbox"/> Certificado	CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	ALMIDÓN EXTRAÍDO		
gelatinización)	<input type="checkbox"/> Información	ELABORADO POR:	LÁMINA	ESCALA	FECHA
	<input type="checkbox"/> Preliminar	Xavier Sebastián Guamán Granja	3	1:1	2022/01/31
	<input type="checkbox"/> Por aprobar				
	<input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				

ANEXO H. FORMULACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO

a.



b.



c.



NOTAS:

- a. Formulación bioplásticos.
- b. Permeabilidad de vapor de agua.
- c. Biodegradabilidad.

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

ELABORADO POR:
Xavier Sebastián Guamán Granja

FORMULACIÓN Y
CARACTERIZACIÓN DE
BIOPLÁSTICO

LÁMINA	ESCALA	FECHA
4	1:1	2022/01/31

ANEXO I. EMBALAJE DE ALIMENTOS (FRUTILLA)

a.



b.



c.



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Xavier Sebastián Guamán Granja	EMBALAJE DE ALIMENTOS		
a. Primer día b. Cuarto día c. Doceavo día	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		(FRUTILLA)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
		5	1:1	2022/01/31	



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



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

Fecha de entrega: 22 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: XAVIER SEBASTIÁN GUAMÁN GRANJA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: CIENCIAS
Carrera: INGENIERÍA QUÍMICA
Título a optar: INGENIERO QUÍMICO
f. Analista de Biblioteca responsable:

