

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA



**OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN
DE CÁSCARA DE PAPA A ESCALA LABORATORIO**

Por:

MARIELA OCAMPO YUCA

Modalidad de graduación (Proyecto de Grado) presentado a consideración de la
“UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para
optar el grado académico de Licenciatura en Ingeniería Química.

OCTUBRE-2022

TARIJA – BOLIVIA

V°B°

M.Sc. Ing. Marcelo Segovia Cortez

DECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

M.Sc. Lic. Clovis Gustavo Succi Aguirre

VICEDECANO

Facultad de Ciencias y Tecnología

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Juan Carlos Vega Knez

Ing. Álvaro Velásquez Castro

Ing. Cecilia Calderón Pérez

El tribunal calificador del presente trabajo, no se solidariza con la forma, términos, modos y expresiones vertidas en el mismo, siendo éstas responsabilidad del autor.

Dedicatoria

El presente proyecto, va dedicado a Dios por ser el motor fundamental en mi vida y a mis padres Joel Ocampo y Nelly Yuca por haberme brindado su amor y apoyo incondicional en todo momento.

Agradecimientos

Doy gracias a Dios a mi familia y personas especiales en mi vida que me llenaron de luz en momentos de oscuridad.

A los docentes de la UAJMS en especial a mis tribunales por ser un apoyo y guía en mi proyecto de grado.

A mi pareja Enzo Muñoz Estrada por acompañarme y ser un gran apoyo en mi vida, amigos y compañeros de carrera por la amistad brindada durante todos estos años.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

	Página
Antecedentes	1
Generalidades	1
Aspectos Tecnológicos.....	4
Procesos tecnológicos empleados	9
Proceso tradicional.	9
Materias primas	13
Objetivo general	14
Objetivos específicos.....	14
Justificación del proyecto.....	15

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. La papa.....	16
1.2. Cáscara de papa.....	16
1.2.1. Composición de la cáscara de papa.....	18
1.3. Almidón	19
1.3.1. Propiedades del almidón.	21

1.3.1.1. Amilosa.....	21
1.3.1.2 Amilopectina.....	22
1.4. Gelatinización del almidón.....	24
1.4.1. Factores a tomar en cuenta durante la gelatinización del almidón.....	25
1.4.1.1. Agitación.....	25
1.4.1.2. Temperatura.....	25
1.5. Aplicaciones industriales del almidón.....	26
1.6. Bioplásticos.....	27
1.6.1. Componentes para la elaboración del bioplástico.....	28
1.7. Plastificantes.....	28
1.7.1. Glicerina.....	28
1.7.2. Agua destilada.....	29
1.7.3. Pectina.....	29
1.7.4. Ácido acético.....	29
1.9. Aplicaciones de los plásticos biodegradables.....	30
1.10. Fundamentos para la caracterización del bioplástico.....	31
1.10.1. Determinación de Humedad.....	31
1.10.2. Determinación del espesor.....	31
1.10.3. Determinación del ensayo de resistencia a la tracción.....	32

1.10.4. Determinación de la biodegradación	32
--------------------------------------------------	----

CAPÍTULO II

PARTE EXPERIMENTAL

II. METODOLOGÍA DE ESTUDIO	34
2.1. Metodología de la parte experimental.....	34
2.2. Selección del proceso.....	34
2.3. Selección de las variables del proceso	37
2.3.1 Variable independiente	37
2.3.2. Variable dependiente	37
2.4. Diseño factorial	38
2.4.2. Parámetros a determinar en ensayos preliminares.	44
2.5. Equipos, materiales, reactivos e insumos empleados para el desarrollo del diseño experimental	45
2.5.1. Equipos de laboratorio.	45
2.5.2. Materiales	47
2.6. Descripción del proceso de obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de cascara de papa a escala laboratorio	48
2.6.1. Extracción del almidón de cáscara de papa.....	48
2.6.1.1. Selección de la variedad de papa.	49

2.6.1.2. Clasificación de la cáscara de papa y lavado.	51
2.6.1.3. Secado y pesado.	51
2.6.1.4. Triturado.....	52
2.6.1.5. Lavado y filtrado.	53
2.6.1.6. Decantado.....	54
2.6.1.7. Secado.	56
2.6.1.9. Almacenamiento.	58
2.6.2. Proceso de obtención del plástico biodegradable	58
2.6.2.1. Agitación	60
2.6.2.2. Medición del pH	60
2.6.2.4. Moldeado	62
2.6.2.5. Secado.....	63
2.6.2.6. Enfriado y desmoldado	63
2.7. Balance de materia.....	65
2.7.1 Etapa de agitación.....	67
2.7.2. Etapa de adición de plastificantes.....	67
2.7.3 Etapa de Agitación con calentamiento	68
2.7.4. Etapa de moldeado.....	69
2.7.5. Etapa de secado	69

2.7.6. Etapa de enfriado y desmoldado.....	70
2.8. Balance de Energía.	73
2.8.1. Agitador magnético.....	73
2.8.2. Etapa de secado.....	74
2.9. Especificaciones técnicas para la elaboración del bioplástico.....	75

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIONES

3.1. Caracterización de la materia prima.	82
3.1.1. Almidón de cáscara de papa	82
3.2. Caracterización del bioplástico.....	82
3.2.1. Análisis Sensorial	84
3.2.1.1. Escala de calificación de los atributos organolépticos	84
3.2.2. Humedad.....	87
3.2.3. Determinación de pH.....	88
3.2.4 Espesor	89
3.2.5. Resistencia a la tracción.	90
3.2.6. Biodegradabilidad.....	92
3.2.6.1. Degradabilidad en tierra.....	92
3.2.6.2. Degradabilidad en agua.....	93

3.2.6.3. Datos para el ensayo de biodegradabilidad	93
3.3 Análisis estadístico	103
3.3.1. Análisis de Varianza Univariante	103
3.3.2. Determinación del Modelo Matemático	105
3.4. Análisis de costos.....	111
3.4.1. Costos Directos.....	111
3.4.2. Constos Indirectos.....	114
3.4.3. Costo total.....	115

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones.....	116
4.1. Recomendaciones	118

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía.....	119
-------------------	-----

ANEXOS

ANEXO I: ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS

ANEXO II: GALERÍA DE FOTOS

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I-1: La papa.....	16
Figura I-2: Cáscara de papa.....	17
Figura I-3: Almidón	19
Figura I-4: Estructura del almidón	20
Figura I-5: Estructura de una molécula de amilosa.....	22
Figura I-6: Estructura de una Molécula de Amilopectina	23
Figura I-7: Productos biodegradables	27
Figura II-1: Diagrama de obtención del almidón de cáscara de papa.	48
Figura II-2: Selección de Cáscara de papa.....	50
Figura II-3: Clasificación de la cáscara de papa	51
Figura II-4: Secado de la cáscara de papa	52
Figura II-5: Triturado de la cáscara de papa	52
Figura II-6: Filtración de la lechada.....	52
Figura II-7: Lavado	53
Figura II-8: Filtrado.....	54
Figura II-9: Decantación	55
Figura II-10: Almidón sedimentado.....	55
Figura II-11: Secado del almidón.....	56
Figura II-12: Molienda.....	57
Figura II-13: Tamizado del almidón	57
Figura II-14: Almacenamiento del almidón.....	58
Figura II-15: Diagrama de flujo del proceso de obtención de plástico biodegradable	59

Figura II-16: Mezcla de insumos	60
Figura II-17: Medición de pH y temperatura	61
Figura II-18: Agitación de la mezcla	62
Figura II-19: Moldeado de la mezcla	62
Figura II- 20: Secado de la lámina de bioplástico.....	63
Figura II-21: Desmoldado del bioplástico.....	64
Figura II- 22: Experimentos Realizados	64
Figura II-23 Resumen balance de materia – Obtención de plástico biodegradable.....	71
Figura II-24: Diagrama balance de materia.	73
Figura II-25: Tanques de mezclado.....	76
Figura II-26: Reactor batch	77
Figura II -27: Secador de bandejas.....	78
Figura II-28: Diagrama de flujo con equipos del proceso de obtención del bioplástico.....	80
Figura II- 29: Diagrama de flujo instrumentalizado a escala industrial.....	81
Figura III-1: Representación gráfica del análisis sensorial	86
Figura III-2: Ensayo espesor	89
Figura III-3: Ensayo resistencia	91
Figura III-4: Muestras Iniciales sometidas a degradación.	93
Figura III-5: Representación de pérdida de peso en 35 días	96
Figura III-6: % Biodegradabilidad vs Tiempo	97
Figura III-7: Degradación final en tierra.	98
Figura III-8: % Biodegradación física en agua	101
Figura III-9: Comparación Biodegradabilidad promedio Tierra-Agua.....	102
Figura III-10: Representación gráfica degradación física en agua.....	102

Figura III-11: Modelo lineal..... 108

Figura III-12: Bolsas plásticas 109

Figura III-13: Funda para hojas..... 110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1: Composición de residuos de cáscara de papa.....	18
Tabla I-2: Aplicaciones del almidón de cáscara de papa	26
Tabla I-3: Aplicaciones de los plásticos biodegradables	30
Tabla I-4: Normas técnicas de referencia.....	33
Tabla II-1: Escala de puntuación.....	35
Tabla II-2: Matriz de factores ponderados para la selección del proceso	36
Tabla II-3: Niveles de Variación de los Factores.....	38
Tabla II-4: Codificación de Variables.....	39
Tabla II-5: Matriz de Formulación.....	40
Tabla II-6: Matriz de experimentos.....	41
Tabla II-7: Parámetros a determinar en el proceso experimental	44
Tabla II-8: Equipos empleados en el desarrollo experimental.....	46
Tabla II-9: Materiales de laboratorio	47
Tabla II-10: Porcentaje de almidón en ciertas variedades de papa en Bolivia.....	49
Tabla II-11: Características morfológicas de la papa seleccionada.	50
Tabla II-12: Porcentaje de agentes plastificantes.....	61
Tabla II-13: Flujos del balance de materia.....	66
Tabla II-14: Porcentaje de pérdidas por etapas.	72
Tabla III-1: Caracterización del almidón	82
Tabla III-2: Ensayos preliminares.....	83
Tabla III-3: Escala de calificación	84
Tabla III-4: Evaluación de las formulaciones	85
Tabla III-5: Puntuación de los atributos organolépticos	85

Tabla III-6: Resultados de los parámetros evaluados	86
Tabla III-7: Resultados de humedad de acuerdo a las mejores formulaciones	88
Tabla III-8: Determinacion de pH.....	88
Tabla III-9: Resultados espesor.....	90
Tabla III-10: Resultados ensayo de resistencia	91
Tabla III-11: Datos biodegradación en tierra	94
Tabla III-12: Datos porcentaje día de biodegradación	95
Tabla III-13: Resultados biodegradación	97
Tabla III-14: Datos biodegradabilidad en agua.....	99
Tabla III-15: Representación pérdida de peso en agua	100
Tabla III-16: Comparación biodegradación Tierra- Agua	101
Tabla III-17: Datos experimentales.....	103
Tabla III-18: Factores Inter-sujetos.....	104
Tabla III-19: Pruebas Efectos Intersujetos	104
Tabla III-20: Variables para la regresión	105
Tabla III-21: Resumen del modelo matemático.....	106
Tabla III-22: Análisis varianza.....	106
Tabla III-23: Coeficientes del modelo matemático.....	107
Tabla III-24:Costos de materia prima y reactivos	111
Tabla III-25: Costo de materiales.....	112
Tabla III-26: Costos de análisis fisicoquímicos de la materia prima	113
Tabla III-27: Costos eléctricos de los equipos	113
Tabla III-28: Resumen costos directos.....	114
Tabla III-29: Costos indirectos.....	114

Tabla III-30: Resumen costo total.....	115
Tabla IV-1: Dosis óptima para la obtención de plástico biodegradable.	116
Tabla IV-2: Resumen de resultados	117

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

U.A. “J.M.S.”	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
SGLAB	Inspección y laboratorio de calidad
CEANID	Centro de análisis investigación y desarrollo
BPLAST	Bioplástico
ANOVA	Análisis de varianza
ASTM	Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
mg	Miligramos
m	masa
MI	Materia Inorgánica
g	Gramos
Kw	Kilovatio
Kwh	Kilovatio hora
h	Hora
°C	Grado centígrado
ml	Mililitro
C.E.	Conductividad Eléctrica
kJ	Kilo Julios
Cp	Capacidad calorífica
%	Porcentaje
C ₃ H ₈ O ₃	Glicerina
CH ₃ COOH	Ácido acético
CO ₂	Dióxido de Carbono
Bs.	Bolivianos

GLOSARIO

Biodegradable

Que puede descomponerse en elementos químicos naturales por la acción de agentes químicos biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales.

Bioplástico

Polímero fabricado con materias primas renovables y que se degrada bajo condiciones ambientales en un período corto de tiempo.

Degradación

Reducción de un compuesto químico a uno menos complejo, por separación de grupos de átomos.

Esfuerzo

Resistencia que ofrece un área unitaria de un material al aplicarle una carga externa.

Plastificante

Sustancia empleada para añadir propiedades mecánicas y características físicas a un material plástico.

Almidón

Sustancia blanca granulada o en polvo que abunda en otras feculentas, como la papa o los cereales; se emplea en la industria alimentaria, textil y papelera.

Gelatinización

La gelatinización es un proceso irreversible de transición de fase, donde los gránulos de almidón se unen para formar una red polimérica amorfa.

pH

El pH es una medida que sirve para establecer el nivel de acidez o alcalinidad de una disolución, indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.

Polímero

Un polímero es una sustancia compuesta por grandes moléculas, o macromoléculas formadas por la unión mediante enlaces covalentes de una o más unidades simples llamadas monómeros.

Reticulante

Cuando se utiliza el término “reticulación” en el campo de la ciencia de polímeros sintéticos, por lo general se refiere a la utilización de enlaces cruzados para promover una diferencia en sus propiedades físicas.

Renovable

Suele aprovecharse para hacer mención a diversas clases de recursos o energías, de acuerdo a las chances de restauración o renovación por medio de un procedimiento natural.