

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“ELABORACIÓN EXPERIMENTAL DE BIOPLÁSTICO A PARTIR
DE LA FÉCULA DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA) EN EL
DEPARTAMENTO DE TARIJA”**



POR:

FELIPE JHONNY EYZAGUIRRE HILARION

**Investigación aplicada presentada a consideración de la “UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO”, como requisito para optar el grado
académico de Licenciatura en Ingeniería Química.**

Octubre del 2022

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Esta Investigación Aplicada va dedicada a mi padre que está en el cielo y que desde ahí me alentó y fue el pilar fundamental en esta etapa de mi vida; a mi madre que siempre creyó en mí y me apoyó para poder lograrlo.

CONTENIDO

| | Página |
|---------------------|---------------|
| Dedicatoria..... | i |
| Agradecimiento..... | ii |
| Pensamiento..... | iii |
| Resumen..... | .iv |

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

| | |
|--|---|
| 1.1. Antecedentes..... | 1 |
| 1.2. Objetivos..... | 5 |
| 1.3. Justificación e importancia del tema..... | 5 |
| 1.4. Aspecto del mercado..... | 6 |
| 1.5. Aspecto tecnológico..... | 7 |
| 1.6. Aspecto económico –social. | 8 |
| 1.7. Aspecto ambiental..... | 8 |
| 1.8. Justificación personal..... | 9 |

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

| | |
|--|----|
| 2.1. Generalidades de los bioplásticos..... | 10 |
| 2.2. Identificación del bioplástico..... | 10 |
| 2.3. Descripción general de los bioplásticos..... | 10 |
| 2.4. Ventajas y desventajas de los bioplásticos..... | 11 |
| 2.4.1. Ventajas..... | 11 |
| 2.4.2. Desventajas..... | 12 |
| 2.5. Usos y aplicaciones del bioplástico..... | 12 |
| 2.6. Mercado (internacional y nacional) de los bioplásticos..... | 13 |

| | | |
|---------|---|----|
| 2.7. | Tecnologías conocidas para la producción de bioplástico..... | 13 |
| 2.8. | Propiedades fisicoquímicas de los bioplásticos | 14 |
| 2.9. | Clasificación de los plásticos en general | 14 |
| 2.10. | Métodos utilizados a nivel industrial en la producción de bioplástico | 15 |
| 2.11. | Revisión bibliográfica de trabajos relacionados a la obtención de bioplástico..... | 16 |
| 2.11.1. | Proceso patentado en EEUU..... | 16 |
| 2.11.2. | Método termo mecánico para obtener bioplástico | 16 |
| 2.11.3. | Método brasileño para obtener bioplástico | 18 |
| 2.12. | Características comúnmente empleadas en la caracterización de plásticos..... | 18 |
| 2.13. | Proceso general de la obtención de los bioplásticos a partir de la fécula de yuca | 19 |
| 2.13.1. | Gelatinización. | 19 |
| 2.13.2. | Desestructuración..... | 20 |
| 2.13.3. | Almidón modificado..... | 21 |
| 2.14. | Plastificantes | 22 |
| 2.15. | Rellenos | 24 |
| 2.16. | Fibras | 24 |
| 2.17. | Biodegradabilidad..... | 24 |
| 2.18. | Polímeros biodegradables..... | 25 |
| 2.19. | Disponibilidad de materia prima..... | 26 |
| 2.20. | Fécula de yuca (manihot esculenta)..... | 27 |
| 2.21. | Características de la fécula de yuca | 28 |
| 2.22. | Propiedades de la fécula de yuca | 28 |
| 2.23. | Estructura de la fécula de yuca | 28 |
| 2.23.1. | Amilosa..... | 28 |
| 2.23.2. | Amilo pectina..... | 29 |
| 2.24. | Consideraciones para el diseño del proceso de obtención..... | 30 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 2.25. Selección del método | 31 |
|----------------------------------|----|

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

| | |
|---|----|
| 3.1. Introducción de la investigación | 32 |
| 3.2. Diseño factorial del proceso de obtención del bioplástico | 32 |
| 3.2.1. Planteamiento del problema..... | 32 |
| 3.2.2. Factores y dominio experimental..... | 33 |
| 3.2.3. Matriz de experimentos para la etapa de obtención: el diseño factorial completo 2 ³ 33 | |
| 3.3. Materiales y métodos | 34 |
| 3.3.1. Materiales y equipos utilizados..... | 34 |
| 3.3.2. Reactivos..... | 35 |
| 3.4. Etapas del proceso | 35 |
| 3.4.1. Adquisición de la fécula de yuca | 37 |
| 3.4.2. Caracterización de la fécula de yuca..... | 37 |
| 3.4.3. Tamizado | 37 |
| 3.5. Proceso de obtención del bioplástico..... | 38 |
| 3.5.1. Proceso de gelatinización..... | 38 |
| 3.5.2. Proceso de plastificación | 38 |
| 3.5.3. Pesado | 39 |
| 3.5.4. Secado..... | 40 |
| 3.5.5. Pesaje final y almacenaje | 40 |
| 3.6. Proceso de caracterización de los bioplásticos obtenidos en laboratorio | 41 |
| 3.6.1. Módulo tensil y tensión del bioplástico | 41 |

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| | | |
|--------|---|----|
| 4.1. | Rendimiento de las muestras de bioplásticos de fécula de yuca..... | 44 |
| 4.2. | Determinación del módulo tensil | 45 |
| 4.3. | Determinación de la tensión aplicada | 46 |
| 4.4. | Balance de materia en el proceso de bioplástico | 47 |
| 4.4.1. | Balance de masa en el proceso 1 | 47 |
| 4.4.2. | Balance de masa en el proceso 2 | 48 |
| 4.4.3. | Balance de masa en el proceso de secado..... | 49 |
| 4.4.4. | Balance de energía en el sacado del bioplástico | 49 |
| 4.4.5. | Balance de energía en el secado del bioplástico de fécula de yuca | 51 |
| 4.5. | Presupuesto/costo del estudio propuesto | 51 |
| 4.6. | Costos de energía eléctrica | 52 |

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

| | |
|----------------------------|----|
| 5.1. Conclusiones..... | 53 |
| 5.2. Recomendaciones | 54 |
| Bibliografía..... | 55 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|-----------|
| Tabla I-1: Producción de residuos sólidos en diferentes departamentos de Bolivia | 7 |
| Tabla II- 1: Algunas características impartidas a los almidones por modificación | 22 |
| Tabla II- 2: Principales propiedades químicas y físicas de algunos plastificantes..... | 23 |
| Tabla II- 3: Plastificantes más empleados en la producción de bioplásticos | 30 |
| Tabla III- 1: Factores involucrados y variables respuestas | 32 |
| Tabla III- 2: Factores y dominio experimental para la etapa de activación..... | 33 |
| Tabla III- 3: Matriz de experimentos de un diseño factorial completo 23, plan de experimentación | 34 |
| Tabla IV- 1: Resultados de los rendimientos de los bioplásticos | 44 |
| Tabla IV- 2 Módulo Tensil..... | 45 |
| Tabla IV- 3 Tensión Aplicada | 46 |
| Tabla IV- 4 Resultados obtenidos | 50 |
| Tabla IV- 5: Costos de materias primas, insumos y reactivos | 52 |
| Tabla IV- 6: Costos de energía eléctrica en la obtención del bioplástico..... | 52 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----------|
| Figura 1- 1 Antecedentes sobre la obtención de bioplástico a partir de fécula de yuca (Manihot Esculenta) a nivel internacional | 2 |
| Figura 2- 1 Estructura de la Glicerina | 23 |
| Figura 2- 2 Yuca (manihot esculenta) en estado natural | 26 |
| Figura 2- 3 Estructura química de la fécula de yuca | 28 |
| Figura 2- 4 Estructura química de la amilosa | 29 |
| Figura 2- 5 Estructura química del amilo pectina..... | 30 |
| Figura 3- 1 Diagrama del proceso de obtención..... | 35 |
| Figura 3- 2 Proceso de tamizado de la fécula de yuca | 36 |
| Figura 3- 3 Proceso de gelatinización | 37 |
| Figura 3- 4 Proceso de plastificación..... | 39 |
| Figura 3- 5 Pesado de las muestras obtenidas de bioplástico | 39 |
| Figura 3- 6 Secado de las muestras de bioplástico..... | 40 |
| Figura 3- 7 Pesaje final y almacenaje | 40 |
| Figura 3- 8 Pesos utilizados para la prueba de resistencia del bioplástico obtenido | 41 |
| Figura 3- 9 Equipo utilizado para medir la resistencia del bioplástico obtenido | 42 |
| Figura 3- 10 Momento de ruptura del bioplástico obtenido | 43 |