

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**PROYECTO DE GRADO**



**OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE SAPONINA A PARTIR DEL FRUTO  
DE TIMBOY (*Enterolobium Contortisiliquum*), DEL DEPARTAMENTO  
DE TARIJA**

**Por:**

**ABIGAIL GUTIÉRREZ QUITO**

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

**Octubre de 2019**  
**TARIJA-BOLIVIA**

**VºBº**

---

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
**DECANO**  
**Facultad de Ciencias y Tecnología**

---

M. Sc. Lic. Elizabeth Castro Figueroa  
**VICEDECANA**  
**Facultad de Ciencias y Tecnología**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Ignacio Edwin Velásquez Soza  
**TRIBUNAL**

---

Ing. Gustavo Moreno López  
**TRIBUNAL**

---

Ing. Mirtha Wilma Segovia Torrez  
**TRIBUNAL**

### **ADVERTENCIA**

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

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mi familia; a mis padres Froilan Gutiérrez M. y Virginia Quito H., y a mis hermanos Breiner y Sarai.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por su cuidado, bendición quien hizo realidad uno de mis anhelos y por todo lo que me dio.

A mis padres que con su ejemplo me enseñaron a ser perseverante, por todo el apoyo, amor incondicional, y por su confianza en mis decisiones.

A mi novio Luis, por su amor, apoyo, paciencia y por hacerme sonreír a pesar de todo.

A mis hermanos por alegrarme y divertirme con sus ocurrencias.

A mis compañeras Jakeline y Evelin, por su amistad que a lo largo de la carrera compartimos divertidos y alegres momentos.

A mis tribunales el Ing. Gustavo Moreno, el Ing. Ignacio Velázquez y a la Ing. Mirtha Segovia por dedicar su tiempo en la revisión y evaluación de este proyecto.

A mi tutor el Ing. Juan Carlos Vega por su apoyo, orientación y guía en la realización del proyecto.

Al Instituto de Investigaciones Químicas (I.I.Q.) por brindar el servicio en los análisis, en especial a

la M.Sc. Lic. Maribel Lozano, al Lic. Santiago Tarqui y a la Dra. Giovanna Almanza.

Al Ing. Jorge Tejerina por su disposición y colaboración.

A todos los Ingenieros que me han enseñado, guiado y apoyado en el desarrollo de mi carrera universitaria.

A todas las personas que de alguna manera colaboraron en la elaboración de este trabajo.

## **PENSAMIENTO**

“Nunca consideres el estudio como un deber, sino como una oportunidad para penetrar en el maravilloso mundo del saber”.

*Albert Einstein*

## ÍNDICE

	<b>Página</b>
Advertencia.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimientos.....	iii
Pensamiento.....	v
Resumen.....	vi
Abreviatura y Simbología.....	xix

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

	<b>Página</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.1.1. Identificación del Problema del Proyecto.....	4
1.1.2. Mercado consumidor .....	5
1.1.3. Precios de la saponina.....	5
1.1.4. Mercado competidor .....	6
1.2. Objetivos.....	8
1.2.1. Objetivo General .....	8
1.2.2. Objetivos Específicos .....	8
1.3. Justificación del Proyecto .....	9
1.3.1. Justificación Económica .....	9
1.3.2. Justificación Tecnológica .....	10
1.3.3. Justificación Social .....	10



1.3.4.	Justificación Ambiental .....	10
--------	-------------------------------	----

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

	<b>Página</b>	
2.1.	Generalidades de la Saponina.....	11
2.1.1.	Definición de la Saponina.....	11
2.1.2.	Clasificación.....	13
2.1.2.1.	Saponinas Triterpénicas.....	13
2.1.2.2.	Saponinas Esteroidales .....	14
2.2.	Materia prima .....	15
2.2.1.	Taxonomía de Timboy.....	15
2.2.2.	Morfología del fruto de Timboy (Enterolobium Contortisiliquum) .....	16
2.3.	Extracto de Saponina del fruto de Timboy.....	17
2.3.1.	Contenido de Saponinas en diferentes plantas .....	20
2.3.2.	Componentes del extracto de Saponina.....	20
2.3.3.	Análisis Fitoquímico.....	21
2.3.3.1.	Fracción Polisacárido.....	21
2.3.3.2.	Fracción de proteína.....	22
2.3.3.3.	Aceites Esenciales.....	24
2.3.4.	Actividad Biológica .....	24
2.3.4.1.	Evaluación citotóxica.....	24
2.3.4.2.	La actividad antimicrobiana .....	24
2.4.	Métodos de extracción de Saponina .....	25

2.4.1.	Extracción sólido-líquido .....	25
2.4.2.	Extractos etanólicos .....	25
2.4.3.	Extracción de saponina mediante agitación .....	25
2.4.4.	Extracción de saponinas mediante Soxhlet .....	25
2.4.5.	Extracción mediante maceración .....	27
2.4.6.	Selección del método para la extracción de Saponina a partir del fruto de Timboy.....	27
2.4.7.	Variables que influyen en el proceso de extracción.....	31
2.4.7.1.	Tipo de solvente .....	31
2.4.7.2.	Tamaño de la partícula.....	32
2.4.7.3.	Tiempo de extracción.....	32
2.5.	Métodos para la determinación de Saponina.....	32
2.5.1.	Métodos Cualitativos .....	32
2.5.1.1.	Método de Coloración .....	32
2.5.1.2.	Método Cromatografía en Capa Delgada C.C.D. ....	33
2.5.1.3.	Método de Espuma .....	34
2.5.2.	Métodos Cuantitativos .....	35
2.5.2.1.	Método espectrofotométrico.....	35
2.5.2.2.	Método Cromatografía Líquida de Alta Presión HPLC .....	35
2.6.	Usos y aplicaciones de la saponina .....	37

### **CAPÍTULO III**

#### **PARTE EXPERIMENTAL**

	<b>Página</b>
3.1.	Descripción y análisis de materias primas.....
	39

3.1.1.	Caracterización físicas de la Materia Prima: fruto de Timboy (Enterolobium contortisiliquum) del departamento de Tarija .....	39
3.2.	Descripción del método de investigación .....	40
3.3.	Diseño Experimental del Proceso Tecnológico de obtención de Extracto de Saponinas a partir del fruto de Timboy .....	41
3.3.1.	Planteamiento de la Hipótesis .....	41
3.3.1.1.	Diseño Factorial .....	41
3.3.2.	Factores de estudio.....	42
3.4.	Procedimientos y técnicas empleados para la obtención de los resultados. ....	45
3.4.1.	Material de Laboratorio .....	45
3.4.2.	Solvente .....	46
3.4.2.1.	Etanol.....	46
3.4.2.2.	Agua Desionizada .....	48
3.5.	Descripción del diagrama de bloques del Proceso Experimental de Obtención de Extracto de Saponinas a partir del fruto de Timboy (Enterolobium contortisiliquum).....	49
3.5.1.	Recolección de la materia prima: Fruto de Timboy.....	51
3.5.2.	Lavado .....	51
3.5.3.	Secado.....	52
3.5.4.	Triturado y Molienda del fruto.....	53
3.5.5.	Extracción mediante Maceración en dos etapas con solvente.....	55
3.5.5.1.	Preparación del solvente .....	55
3.5.5.2.	Maceración .....	56
3.5.6.	Filtración.....	58

3.5.7.	Concentración.....	60
3.5.8.	Segunda extracción de maceración con solvente recuperado .....	61
3.5.9.	Producto Obtenido .....	62
3.6.	Determinación de saponinas por Cromatografía Líquida de Alta Presión HPLC .....	63
3.7.	Diagrama de Flujo del Proceso de Extracción de saponina.....	65
3.8.	Balance de Materia y Energía .....	67
3.8.1.	Balance de Materia .....	67
3.8.1.1.	Balance de materia en secado del fruto Timboy .....	69
3.8.1.2.	Balance de materia en Trituración y Molienda .....	70
3.8.1.3.	Balance de materia en Mezclado y Maceración.....	71
3.8.1.4.	Balance de materia en Filtración.....	72
3.8.1.5.	Balance de materia en Concentración en el Rota-evaporador.....	74
3.8.2.	Balance de Energía .....	75
3.8.2.1.	Balance de energía en el Secador.....	75
3.8.2.2.	Balance de energía en el Molino .....	77
3.8.2.3.	Balance de energía en el Rota-evaporador .....	77
3.8.2.4.	Balance en el baño del Rota-evaporador .....	78
3.8.2.5.	Balance en el condensador del Rota-evaporador .....	80
3.9.	Cálculos y resultados del balance de materia y energía.....	81

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

	<b>Página</b>
4.1.	Análisis Físicoquímicos de la Materia Prima: Fruto de Timboy .....
	83

4.2.	Análisis Cualitativos del extracto de Saponina de Timboy .....	84
4.3.	Análisis de Cuantificación por Cromatografía HPLC del Extracto de Saponina	86
4.4.	Análisis Físicos de los extractos concentrados de Saponina de Timboy .....	87
4.5.	Resultados del proceso de obtención del Extracto de Saponina .....	88
4.6.	Comparación del contenido de extracto de Saponina del Timboy con otros extractos de saponina de diferentes plantas naturales. ....	90
4.7.	Análisis estadísticos del diseño experimental .....	91
4.7.1.	Cálculo del análisis de varianza .....	92
4.8.	Análisis estimativo de costos para la obtención del extracto de Saponina del Timboy.....	97

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

	<b>Página</b>
5.1. Conclusiones .....	103
5.2. Recomendaciones .....	104
BIBLIOGRAFÍA .....	106
ANEXOS .....	110

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I- 1 Contenido de saponina de Quinoa Real sin procesar.....	2
Tabla I- 2 Precio de saponina .....	6
Tabla I- 3 Importaciones de tensioactivos sintéticos sulfatos en miles \$us.....	7
Tabla I- 4 Principales afecciones de los tensoactivos al medio ambiente .....	8
Tabla II- 1 Taxonomía de la planta Timboy.....	15
Tabla II- 2 Comparación de porcentaje de saponina en la materia prima.....	20
Tabla II- 3 Los rendimientos de extractos sucesivos y fracciones del pericarpio de Enterolobium contortisiliquum .....	21
Tabla II- 4 Cromatografía líquido - gaseosa de hidrolizado de polisacárido del fruto de Enterolobium Contortisiliquum .....	22
Tabla II- 5 Composición de aminoácidos de la proteína aislada del fruto de Enterolobium contortisiliquum .....	23
Tabla II- 6 Escala de Calificación por Puntuación del 1 al 10 .....	28
Tabla II- 7 Selección del proceso de extracción de Saponina .....	28
Tabla II- 8 Matriz de decisión para el tipo de proceso de extracción de Saponina .....	30
Tabla III- 1 Propiedades del fruto y semilla del fruto de Timboy.....	39
Tabla III- 2 Niveles de variación de los factores.....	41
Tabla III- 3 Codificación de las variables.....	42
Tabla III- 4 Diseño factorial para el Proceso de Extracción de Saponina .....	43
Tabla III- 5 Diseño factorial con sus valores bajos y altos .....	44
Tabla III- 6 Equipos y materiales empleados para la extracción.....	45
Tabla III- 7 Descripción del Etanol.....	47
Tabla III- 8 Propiedades físicas, químicas y termodinámicas del Etanol .....	47

Tabla III- 9 Identificación de riesgos de Etanol .....	48
Tabla III- 10 Descripción del Agua Desionizada .....	49
Tabla III- 11 Propiedades físicas y químicas del Agua Destilada .....	49
Tabla III- 12 Concentraciones y volúmenes requeridos para la disolución .....	56
Tabla III- 13 Parámetros del Rota-evaporador .....	61
Tabla III- 14 Lista de Equipos .....	66
Tabla III- 15 Corrientes del proceso de extracción .....	66
Tabla III- 16 Datos del proceso de obtención de Extracto de saponina .....	68
Tabla III- 17 Resultados del Balance de Materia .....	81
Tabla III- 18 Resumen del Balance de Energía .....	82
Tabla IV- 1 Análisis Físicoquímico de la Materia Prima: fruto de Timboy .....	83
Tabla IV- 2 Análisis Preliminares del Extracto de Saponina a partir del fruto de Timboy .....	85
Tabla IV- 3 Análisis fitoquímico preliminar de los Extractos de saponina de Timboy ..	85
Tabla IV- 4 Análisis semi-cuantitativo de Saponina por Cromatografía Líquida de Alta Presion HPLC .....	86
Tabla IV- 5 Densidad de los extractos concentrados .....	87
Tabla IV- 6 pH a 20 °C de los extractos concentrados .....	87
Tabla IV- 7 Viscosidad de los extractos concentrados .....	88
Tabla IV- 8 Extracción 48 % a 48 h .....	88
Tabla IV- 9 Extracción 48 % a 72 h .....	88
Tabla IV- 10 Resultados Promedios al 48 % .....	89
Tabla IV- 11 Extracción 96 % a 48 h .....	89
Tabla IV- 12 Extracción 96 % a 72 h .....	89

Tabla IV- 13 Resultados Promedios al 96 % .....	90
Tabla IV- 14 Comparación de contenido del extracto de saponina del timboy con otros extractos de diferentes materias primas naturales .....	90
Tabla IV- 15 Variables experimentales .....	91
Tabla IV- 16 Factores inter-sujetos .....	92
Tabla IV- 17 Pruebas de efectos inter-sujetos .....	92
Tabla IV- 18 Variables entradas/eliminadasa.....	93
Tabla IV- 19 Resumen del modelo b .....	93
Tabla IV-20 ANOVAa .....	94
Tabla IV- 21 Coeficientes a .....	94
Tabla IV- 22 Rendimientos .....	96
Tabla IV- 23 Detalle de Servicios Directos .....	98
Tabla IV- 24 Detalle de Servicios Indirectos .....	99
Tabla IV- 25 Detalle de Materia Prima y Reactivos .....	99
Tabla IV- 26 Detalle de Materiales .....	100
Tabla IV- 27 Detalle de Material de Escritorio .....	101
Tabla IV- 28 Detalles de Consumo de Energía en los Equipos .....	101
Tabla IV- 29 Costo Total .....	102

### **ÍNDICE DE GRÁFICA**

Gráfica IV- 1 Problema normal de regresión, Regresión estandarizado.....	95
Gráfica IV- 2 Rendimiento Observado y Rendimiento Modelo .....	96
Gráfica IV- 3 Error entre el rendimiento observado y rendimiento modelo .....	97



## ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1- 1 Planta Timboy ( <i>Enterolobium contortisiliquum</i> ) mostrando las hojas, flor, fruto y corteza.....	3
Figura 1- 2 Semillas del fruto de Timboy.....	4
Figura 2- 1 Estructura general de la saponina. Se indica el enlace entre la aglicona y un glucósido 11	
Figura 2- 2 Estructuras químicas de compuestos (1-5) aislados del fruto de <i>Enterolobium contortisiliquum</i> .....	12
Figura 2- 3 Enterolosaponina .....	13
Figura 2- 4 Ejemplo de saponina Triterpenica .....	14
Figura 2- 5 Ejemplo de Saponina Esteroidal .....	15
Figura 2- 6 Morfología del fruto Timboy .....	16
Figura 2- 7 Fruto maduro de Timboy.....	17
Figura 2- 8 Estructuras químicas de compuestos aislados del <i>Enterolobium contortisiliquum</i> .....	19
Figura 2- 9 Extracción con Soxhlet en el momento que se produce el sifonamiento del solvente .....	26
Figura 2- 10 Técnicas de extracción utilizadas en la obtención de saponinas a partir de materiales vegetales .....	31
Figura 2- 11 Esquema del proceso de Cromatógrafo en Capa Delgada .....	34
Figura 2- 12 Esquema del equipo de Cromatografía Líquida de Alta Presión.....	36

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍA

Fotografía 3- 1 Árbol Timboy para la recolección, fruto maduro en el árbol .....	51
Fotografía 3- 2 Lavado del fruto Timboy .....	52
Fotografía 3- 3 Fruto en la estufa .....	53
Fotografía 3- 4 Fruto triturado y separado de las semillas.....	54
Fotografía 3- 5 Molino de bolas .....	54
Fotografía 3- 6 Fruto después de la molienda .....	55
Fotografía 3- 7 Proceso de maceración.....	57
Fotografía 3- 8 Proceso de Maceración .....	57
Fotografía 3- 9 Después del proceso de maceración.....	58
Fotografía 3- 10 Filtración a Vacío .....	59
Fotografía 3- 11 Después del filtrado.....	59
Fotografía 3- 12 Rota-evaporador con la muestra en el matraz .....	60
Fotografía 3- 13 Conexión del Rota-evaporador para la concentración del extracto.....	61
Fotografía 3- 14 Segunda extracción con solvente el recuperado .....	62
Fotografía 3- 15 Extractos obtenidos según el diseño experimental.....	62
Fotografía 3- 16 Extractos combinamos para ser analizados .....	63

## ÍNDICE DE DIAGRAMA

Diagrama III- 1 Etapas del proceso de extracción .....	40
Diagrama III- 2 Diagrama de bloques del proceso de Obtención de Extracto de saponina del fruto de Timboy .....	50
Diagrama III- 3 Flujo del proceso de obtención de Extracto de Saponina a partir del Fruto de Timboy.....	65

## ABREVIATURA Y SIMBOLOGÍA

<i>m</i>	Masa
kg	Kilogramo
g	Gramo
mg	Miligramo
V	Volumen
l	Litro
ml	Mililitro
μl	Micro litro
t	Tiempo
h	Hora
min	Minuto
cm	Centímetro
mm	Milímetro
μm	Micrómetro
nm	Nanómetro
rpm	Revoluciones por minuto
T	Temperatura
°C	Grados Centígrados
K	Grados Kelvin
P	Presión
atm	Atmósfera
KPa	Kilo Pascales
Po	Potencia

KW	Kilo Vatio
W	Vatio
Hz	Hertz
A	Amper
GL	Grados Gay Lussac
R	Rendimiento
%	Porcentaje
Bs	Bolivianos
\$us	Dólares
$\beta$	Beta
$\alpha$	Alfa
UV	Ultravioleta
KJ	Kilo Joule
Kcal	Kilo calorías
$Q_{\text{Sensible}}$	Calor requerido para llegar al punto de ebullición
$Q_{\text{Latente}}$	Calor requerido para evaporar el agua
$\Delta H_{\text{vap. etanol}}$	Entalpia de vaporización del etanol
$Cp_{\text{agua}}$	Calor específico del agua
$Cp_{\text{etanol}}$	Calor específico del etanol
CAS	Chemical Abstracts Service
CCI	Cámara de Comercio Internacional
CCD	Cromatografía de Capa Delgada
HPLC	High Pressure liquid Chromatography. Cromatografía líquida de alta presión.

LOU	Laboratorio de Operaciones Unitarias
CEANID	Centro de Análisis Investigación y Desarrollo
IIQ	Instituto de Investigaciones Químicas
UAJMS	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho
UMSA	Universidad Mayor de San Andrés