

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



**EXTRACCIÓN DE TANINOS A ESCALA DE LABORATORIO A  
PARTIR DE SEMILLAS DE UVA DEL VALLE CENTRAL DE  
TARIJA**

**Por:**

**DIETER FLORES VALVERDE**

**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 2020**

**TARIJA-BOLIVIA**

**V°B°**

---

M.Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gonzalvez

**DECANO**

---

M.Sc.Lic. Elizabeth Castro Figueroa

**VICEDECANA**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**APROBADO POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Jimena Durán Durán

---

Ing. María Estela Sullca

---

Ing. Gustavo Moreno López

## **ADVERTENCIA**

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**

Dedicado a mis hermanos  
Alex Wilson Flores  
Valverde e Hilda Espinoza  
Valverde, en recuerdo a los  
momentos de felicidad que  
compartimos juntos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecimiento infinito a Dios y mi familia por darme la fuerza y perseverancia de concluir este objetivo, a mis padres Joaquín y Alicia por haberme dado la vida, su invaluable apoyo, cariño y ejemplo de lucha y honestidad.

De manera especial agradecer al Ing. Freddy López Zamora encargado del Área laboratorio de Aguas "CEANID", por el apoyo confianza y disponibilidad para la realización de este proyecto.

La vida se encuentra plagada de retos, y uno de ellos es la universidad. Tras verme dentro de ella, me he dado cuenta que más allá de ser un reto, es una base no solo para mi entendimiento del campo en el que me he visto inmerso, sino para lo que concierne a la vida y mi futuro.

Gracias U.A.J.M.S. y a todas las personas que hicieron posible la realización de este proyecto.

## RESUMEN

El presente proyecto de investigación aplicada, está dirigido al aprovechamiento de una parte de los descartes de las industrias vitivinícolas, de acuerdo a los datos bibliográficos consultados tiene un estimable valor económico brindando una alternativa de extraer tanino natural de origen vegetal, y sirva de aplicación en las diferentes industrias.

El extracto tánico obtenido de la semilla de uva es de color café oscuro, este se caracteriza por su alto contenido en taninos condensados o catequinas también es un antioxidante que dificulta la oxidación, además de ser astringente, antiinflamatorio que benefician en la salud humana, previene la gastroenteritis, mejora la cicatrización en la piel, previenen enfermedades degenerativas entre otras aplicaciones que tiene, es en la industria farmacéutica sirve como aditivo en la producción de medicamentos, en la industria del vino y cerveza actúan como floculante o clarificante.

Para obtener el extracto tánico de la uva, se emplea el proceso de extracción sólido-líquido con etanol como solvente, tal como indica la bibliografía como uno de los mejores solventes para extracción de taninos. Las condiciones de operación que se asumió para el mismo, se inicia con el orujo procedente de la vinificación es sometido a un acondicionamiento de clasificación de las semillas de los hollejos, una vez la materia prima es clasificada se lleva a secado y respectiva molienda, posterior a la extracción por maceración dinámica con solvente hidroalcohólico, donde se trata de agotar el contenido de taninos.

Los resultados del proceso de extracción expresaron un rendimiento de 8,119 % en taninos condensados, tomando un tamaño de partícula de 0,5 mm un tiempo de extracción de 2 h, a una temperatura de extracción de 65 °C, y una relación sólido-líquido 1:5.

## ÍNDICE

ADVERTENCIA .....	i
DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
RESUMEN.....	iv

## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES GENERALES .....	1
1.1.1 Aplicaciones de los taninos en la industria.....	2
1.1.2 Importaciones de taninos vegetal-sintético en el mundo.....	3
1.1.3 Exportaciones de taninos vegetal y sintético en el mundo.....	4
1.2 OBJETIVOS .....	5
1.2.1 Objetivo general .....	5
1.2.2 Objetivos específicos.....	5
1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	6
1.3.1 Justificación económica.....	6
1.3.2 Justificación tecnológica-técnica.....	6
1.3.3 Justificación social.....	7
1.3.4 Justificación ambiental .....	7

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1 UVA .....	9
2.1.1 Tipos de uva .....	10
2.1.2 Características morfológicas de la uva .....	10
2.2 LAS SEMILLAS O PEPITAS DE UVA .....	12
2.3 TANINOS .....	13
2.3.1 Ventajas de los taninos naturales en la vinificación .....	13
2.3.2 Características de los taninos.....	14
2.3.3 Tipos de taninos.....	15
2.3.3.1 Taninos hidrolizables o pirogálicos .....	15
2.3.3.2 Características de taninos hidrosolubles o pirogálicos .....	16
2.3.3.3 Taninos condensados o catequinas .....	17
2.3.3.4 Características de taninos condensados o catequinas .....	18
2.4 TEORÍA DE EXTRACCIÓN SÓLIDO-LÍQUIDO .....	18
2.4.1 Definición.....	18
2.4.2 Factores que influyen sobre la velocidad de extracción.....	18
2.4.2.1 El tamaño de la partícula .....	18
2.4.2.2 Líquido extractor o solvente .....	19
2.4.2.3 Temperatura de extracción.....	19
2.4.2.4 La agitación del fluido .....	20
2.4.2.5 Tiempo de extracción.....	20

2.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE TANINOS ESCALA LABORATORIO.....	20
2.5.1 Extracción acuosa por maceración dinámica con solvente sulfito de sodio al 2% .....	21
2.5.2 Extracción de taninos de semilla de uva por maceración dinámica con solvente hidroalcohólico.....	22
2.5.2.1 Acondicionamiento.....	23
2.5.2.2 Selección.....	23
2.5.2.3 Secado de M. P .....	23
2.5.2.4 Molienda .....	23
2.5.2.5 Tamizado .....	23
2.5.2.6 Extracción .....	23
2.5.2.7 Filtración.....	24
2.5.2.8 Concentrado.....	24
2.5.2.9 Almacenamiento del extracto .....	24

### **CAPÍTULO III**

#### **PARTE EXPERIMENTAL**

3.1 METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN.....	26
3.1.1 Descripción del método de investigación.....	26
3.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA.....	26
3.3 DISEÑO EXPERIMENTAL .....	28
3.3.1 Diseño factorial .....	29
a) Temperatura.....	29
b) Concentración del solvente .....	29

c) Tiempo de extracción .....	29
3.3.2 Niveles.....	29
3.4 SELECCIÓN DEL MÉTODO A UTILIZAR .....	31
3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LA EXTRACCIÓN DE TANINOS DE SEMILLA DE UVA .....	34
3.5.1 Equipo de maceración .....	34
3.5.2 Molino .....	35
3.5.3 Tamíz vibratorio .....	35
3.5.4 Estufa.....	36
3.5.5 Centrífuga.....	37
3.5.6 Rota evaporador.....	37
3.5.7 Balanza analítica.....	38
3.6 MATERIALES DE LABORATORIO .....	38
3.7 REACTIVO DE EXTRACCIÓN .....	39
3.8 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO EXPERIMENTAL DE EXTRACCIÓN .....	40
3.8.1 Recolección de la materia prima .....	41
3.8.2 Acondicionamiento de la materia prima.....	41
3.8.3 Clasificación.....	42
3.8.4 Secado.....	43
3.8.4.1 Determinación del tiempo de secado .....	44
3.8.5 Molienda.....	46
3.8.6 Tamizado .....	47
3.8.7 Extracción.....	49

3.8.8 Filtración.....	50
3.8.9 Centrifugado.....	51
3.8.10 Concentración.....	51
3.8.11 Almacenamiento.....	52
3.9 OBTENCIÓN DE RESULTADOS .....	53
3.9.1 Análisis materia prima y producto final .....	53
3.9.1.1 Propiedades fisicoquímicas.....	53
3.10 DIAGRAMA DE FLUJO Y BALANCE DE MATERIA .....	53
3.10.1 Balance de materia .....	55
3.11 BALANCE DE ENERGÍA.....	65
3.11.1 Balance de energía en el agitador magnético .....	65
3.11.2 Balance de energía en el secado.....	66
3.11.3 Balance de energía en el rota-evaporador .....	67
3.11.4 Balance de energía en el condensador.....	69

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1 RESULTADOS DE LA MATERIA PRIMA .....	72
4.2 ANÁLISIS DEL PRODUCTO; EXTRACTO DE TÁNICO DE LA SEMILLA DE UVA .....	72
4.3 ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL PORCENTAJE DE TANINOS CONDENSADOS EN LOS ENSAYOS.....	73

4.3.1 Método stiasny .....	73
4.3.1.1 Procedimiento .....	73
4.4 ANÁLISIS CUALITATIVO DE LOS TANINOS CONDENSADOS .....	75
4.4.1 Prueba cloruro férrico $FeCl_3$ .....	76
4.4.2 Prueba ácido clorhídrico $HCl$ .....	76
4.4.3 Prueba gelatina enológica.....	77
4.4.4 Prueba gelatina enológica-cloruro de sodio ( $NaCl$ ) .....	78
4.4.5 Prueba acetato de plomo-ácido acético .....	79
4.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	79
4.5.1 Análisis de varianza univariante.....	80
4.5.2 Determinación del modelo matemático.....	82
4.6 PRESUPUESTO/COSTO DEL PROYECTO .....	87

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

5.1 CONCLUSIONES .....	93
5.2 RECOMENDACIONES .....	97

### **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	99
---------------------------------	----

## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama de flujo III-1 Diagrama de Bloques-Flujo general .....	54
---	----

## ÍNDICE DE GRÁFICAS

Grafica III-1 Curva de secado .....	45
Gráfica III-2 Curva de Tamizado .....	49
Grafica IV-1 Modelo lineal .....	86
Grafica IV-2 Rendimientos Observado, Modelo y Error .....	87

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1 Composición de la uva .....	11
Figura II-2 Tipos de Taninos .....	15
Figura II-3 Estructuras del ácido gálico y el ácido elágico .....	16
Figura II-4 Estructura general de un tanino condensado .....	17
Figura II-5 Proceso de extracción de taninos de semilla de uva con sulfito de sodio al 2% .....	21
Figura II-6 Proceso de extracción de taninos de semilla de uva por maceración dinámica .....	22
Figura III-2 Proceso de extracción de taninos de semilla de uva por maceración dinámica con solvente hidroalcohólico .....	40
Figura III-3 Ubicación Geográfica de Recolección de la Materia Prima .....	41

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía III-1 Materia prima semilla de uva.....	27
Fotografía III- 2 Agitador magnético.....	34
Fotografía III-3 Molinillo eléctrico.....	35
Fotografía III-4 Tamiz vibratorio.....	36
Fotografía III-5 Estufa a Convección.....	36
Fotografía III-6 Centrifugadora .....	37
Fotografía III-7 Rota Evaporador .....	37
Fotografía III-8 Balanza analítica .....	38
Fotografía III-9 Acondicionamiento de la materia prima .....	42
Fotografía III-10 Clasificación de la materia prima.....	43
Fotografía III-11 Secado de la materia prima .....	43
Fotografía III-12 Molienda de la materia prima .....	47
Fotografía III-13 Tamizado de la muestra molida y seca .....	48
Fotografía III-14 Equipo de extracción con maceración dinámica.....	50
Fotografía III-15 Filtrado y Separado .....	50
Fotografía III-16 Centrifugado de las muestras .....	51
Fotografía III-17 Concentración del extracto tánico.....	52
Fotografía III-18 Almacenamiento del extracto tánico.....	53

Fotografía IV-1 Prueba Cloruro férrico $FeCl_3$ .....	76
Fotografía IV-2 Prueba Ácido Clorhídrico $HCl$ .....	77
Fotografía IV-3 Prueba Gelatina enológica .....	78
Fotografía IV-4 Prueba Gelatina enológica-Cloruro de Sodio ( $NaCl$ ) .....	78
Fotografía IV-5 Prueba Acetato de plomo-Ácido acético.....	79

### **INDICE DE TABLAS**

Tabla I-1 Importadores de extractos curtientes, taninos vegetal-sintético en miles de dólares .....	3
Tabla I-2 Exportadores de extractos curtientes, taninos vegetal y sintético en miles de dólares .....	4
Tabla II-1 Uva de mesa.....	10
Tabla II-2 Uva de vinificación.....	10
Tabla II-3 Aproximación de Orujo de Uva producido en el Departamento de Tarija	12
Tabla II-4 Composición química de la semilla de la uva.....	13
Tabla III-1 Composición referencial de la semilla de la uva .....	28
Tabla III-2 Tabla de Factores y Niveles.....	30
Tabla III-3 Codificación de las variables.....	30
Tabla III-4 Plan de experimentación.....	30

Tabla III-5 Tabla de criterios y ponderación .....	31
Tabla III-6 Escala de Puntuación del 1 a 10 .....	32
Tabla III-7 Matriz de Calificación el Proceso de Extracción de Taninos .....	33
Tabla III-8 Material de laboratorio .....	38
Tabla III-9 Propiedades físico químico del Etanol .....	39
Tabla III-10 Datos de elaboración de la curva de secado a 105°C.....	44
Tabla III-11 Porcentaje de humedad de la materia prima.....	46
Tabla III-12 Resultado de Granulometría .....	48
Tabla III-13 Resumen del Balance de Materia .....	63
Tabla III-14 Resumen del Balance de Energía .....	70
Tabla IV-1 Composición de la Semilla de uva .....	72
Tabla IV-2 Características del extracto de tánico de semilla de uva .....	72
Tabla IV-3 Resultados de análisis de taninos condensados I.....	74
Tabla IV-4 Resultados análisis de taninos condensados II.....	75
Tabla IV-5 Pruebas colorimétricas para Taninos.....	76
Tabla IV-6 Pruebas de Identificación para Taninos.....	77
Tabla IV-7 Datos experimentales del proceso de extracción de taninos de 20 g de semilla de uva.....	80
Tabla IV-8 Factores Inter-Sujeto .....	81

Tabla IV-9 Análisis de varianza (ANOVA) aplicado a los datos experimentales del proceso de extracción de taninos de la semilla de uva.....	81
Tabla IV-10 Variables introducidas/eliminadas .....	82
Tabla IV-11 Variables para la regresión.....	83
Tabla IV-12 Resumen del Modelo Matemático.....	84
Tabla IV-13 Resultado del análisis Anova .....	84
Tabla IV-14 Coeficientes del Modelo Matemático.....	85
Tabla IV-15 Resultado de Rendimientos de Taninos .....	86
Tabla IV-16 Detalle de costos de materia prima, solventes y reactivos. ....	88
Tabla IV-17 Detalle de costos de materiales .....	89
Tabla IV-18 Detalle de costos de análisis.....	90
Tabla IV-19 Detalle de costos material de apoyo .....	90
Tabla IV-20 Detalle de costos totales .....	91
Tabla V-1 Composición de la Semilla de uva.....	93
Tabla V-2 Comparación de resultados de Análisis de extracto tánico de semilla de uva con otros .....	94

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

### **ANEXOS A: ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS**

#### **ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS EMPLEADOS EN LA PARTE EXPERIMENTAL**

- Tamizador Vibratorio
- Estufa
- Rota-evaporador
- Balanza analítica
- Centrífuga
- Agitador magnético

### **ANEXO B: INFORMES DE LABORATORIO**

#### **ANEXO C: TÉCNICAS DE ANÁLISIS**

- DETERMINACIÓN DE HUMEDAD EN SEMILLA DE UVA
- DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE TANINOS CONDENSADOS MÉTODO STIASNY
- MÉTODO CUALITATIVO DE IDENTIFICACIÓN Y COLORIMÉTRICAS DE TANINOS

#### **ANEXO D: FOTOGRAFÍAS DE REACTIVOS**

- Fotografía: Preparación de solución Cloruro Férrico al 1% (p/v)
- Fotografía: Preparación de solución Cloruro de Sodio al 10% (p/v)
- Fotografía: Preparación de solución Acetato de Plomo al 5% (p/v)
- Fotografía: Preparación de solución Ácido Acético 10% (v/v)
- Fotografía: Preparación de solución de Gelatina Enológica 1% (p/v)

- Fotografía: Reactivos de Pruebas de Identificación y Colorimétricas
- Fotografía: Tarado de cápsulas
- Fotografía: Muestras y Reactivos
- Fotografía: Formación de Taninos Condensados
- Fotografía: Filtrado de Taninos Condensados
- Fotografía: Precipitado de Taninos Condensados
- Cuantificación de taninos condensados por el número de STIASNY

## GLOSARIO, NOMENCLATURA, ABREVIATURAS Y

### SIMBOLOGIA UTILIZADA

<b>Orujo</b>	Residuo del prensado de uva fresca, fermentada o sin fermentar.
<b>Hollejo</b>	Piel delgada que recubre el grano y la pulpa.
<b>Raspón</b>	Elemento del racimo de uva que sirve de soporte de las bayas.
<b>Apirena</b>	Fruto sin semillas.
<b>Pruina</b>	Fina capa de cera presente en la cutícula del hollejo.
<b>Tanino</b>	Sustancia orgánica que se encuentra presente en la corteza de algunos árboles y en el interior de diversos frutos.
<b>Antocianinas</b>	Pigmentos responsables por una variedad de colores atractivos y brillantes de frutas, flores y hojas que varían desde el rojo vivo al violeta o azul.
<b>Flavonoide</b>	Metabolitos secundarios polifenólicos comúnmente con un grupo cetona y normalmente pigmentos de coloración amarilla de donde viene su nombre (del latín flavus, "amarillo").
<b>Difusión</b>	Es un valor que representa la facilidad con que cada soluto en particular se mueve en un disolvente determinado.
<b>Cinética</b>	Aquella energía que posee debido a su movimiento. Se define como el trabajo necesario para acelerar un cuerpo de una masa determinada desde el reposo hasta la velocidad indicada.
<b>Maceración</b>	Proceso de extracción sólido-líquido.
<b>Hidroalcohólico</b>	Compuesto químico como el alcohol que este combinado con el agua.
<b>Extracto</b>	Sustancia muy concentrada que se obtiene de una planta, semilla u otra cosa por diversos procedimientos.
<b>Número de Stiasny</b>	Método gravimétrico que consiste en la relación entre el precipitado formado con respecto a los sólidos totales y corresponde al porcentaje de taninos condensados en el extracto.

<b>ANOVA</b>	Análisis de varianza.
<b>LOU</b>	Laboratorio de Operaciones Unitarias.
<b>UAJMS</b>	Universidad Autónoma Juan Misael Saracho.
<b>CEANID</b>	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo.
<b>SPSS</b>	Sistema Estadístico Informático.
<b>UN COMTRADE</b>	Aplicación web de repositorio de estadísticas oficiales del comercio internacional y tablas analíticas relevantes.
<b>M0</b>	Masa total recolectada de orujo.
<b>M01</b>	Masa perdida de orujo.
<b>M1</b>	Masa total de orujo.
<b>M2</b>	Masa de semilla seca.
<b>A3</b>	Masa total de hollejo + Agua asociada de semilla.
<b>M3</b>	Impurezas.
<b>M4</b>	Masa de semilla de salida del tamiz.
<b>A</b>	Humedad de la semilla.
<b>M5</b>	Masa de semilla seca.
<b>M6</b>	Perdida de molienda.
<b>M8</b>	Masa de semilla seca a Tamizar.
<b>M9</b>	Masa de semilla retenida en el tamiz.
<b>M10</b>	Masa de semilla seleccionada.

<b>M<sub>I</sub></b>	Masa de semilla de salida del tamiz.
<b>M<sub>F</sub></b>	Masa final de semilla molida seca.
<b>R%</b>	Rendimiento de la semilla molida seca.
<b>V</b>	Masa de alcohol al 70%.
<b>M11</b>	Masa heterogénea de semilla + solvente.
<b>M12</b>	Masa perdida de alcohol.
<b>M13</b>	Masa de extracto tánico.
<b>M14</b>	Masa perdida (grasa y sólidos en el extracto).
<b>M15</b>	Masa de extracto tánico salida de la centrifuga.
<b>P</b>	Masa de alcohol evaporado.
<b>M16</b>	Extracto tánico concentrado.
<b>Q sensible</b>	Calor necesario para aumentar la temperatura de la masa de semilla a la temperatura de secado.
<b>Q vaporización</b>	Calor latente para el cambio de fase.
<b>Q1</b>	Calor necesario en el proceso de secado.
<b>Q2</b>	Calor necesario para evaporar el solvente.
<b>Q3</b>	Calor necesario para condensar el solvente.
<b><math>\Delta h_{\text{vap agua}}</math></b>	Entalpia de vaporización del agua.
<b><math>\lambda</math></b>	Calor latente.
<b>C<sub>p</sub></b>	Capacidad calorífica.
<b><math>\Delta T</math></b>	Diferencia de temperatura.

## UNIDADES

<b>g</b>	Gramo.
<b>°C</b>	Grado centígrado.
<b>°K</b>	Grado Kelvin.
<b>Kg</b>	Kilogramo.
<b>ml</b>	Mililitro.
<b>g/ml</b>	Relación gramo-mililitro.
<b>L</b>	Litro.
<b>%</b>	Porcentaje.
<b>°GL</b>	Grado Gay Lussac.
<b>kJ</b>	Kilo Joule.
<b>kJ/Kg °C</b>	Relación kilo joule-kilogramo grado centígrado.
<b>kJ/Kg</b>	Relación kilo joule-kilogramo.
<b>KPa</b>	Kilo Pascal.
<b>W</b>	Watt.
<b>kW</b>	Kilowatt.
<b>rpm</b>	Revoluciones por minuto.
<b>min</b>	Minuto.
<b>°Brix</b>	Grado Brix.
<b>g/mol</b>	Relación gramo-mol.

<b>mm</b>	Milímetro.
<b>cm</b>	Centímetro.
<b>s</b>	Segundo.
<b>h</b>	Hora.
<b>ha</b>	Hectárea.