

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO**

**FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA**

**CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**



**EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN Y SU  
CARACTERIZACIÓN, A ESCALA LABORATORIO**

Por:

**RUDY ALBERTO ENRRIQUEZ CARDOZO**

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

**Diciembre de 2017**

**TARIJA - BOLIVIA**

Dedico este trabajo a mis padres  
Alberto Enriquez y Marisol  
Cardozo quienes son mi vida entera,  
mi pilar fundamental, apoyo  
incondicional, guía constante y por  
ser mi motivación para alcanzar mis  
metas.

Mis hermanos, tíos, familiares y  
amigos por  
brindarme su apoyo permanente.

## ÍNDICE

ADVERTENCIA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PENSAMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	v

## INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS DEL PROYECTO DE GRADO.....	4
OBJETIVOS GENERALES.....	4
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
JUSTIFICACIÓN.....	4

## CAPÍTULO I

### MARCO TEÓRICO

1 MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 ANTECEDENTES HISTÓRICOS DEL CEDRÓN.....	5
1.2 CARACTERIZACIÓN DEL CEDRÓN.....	6
1.2.1 TAXONOMÍA DEL CEDRÓN.....	7
1.2.2 PARTES DE LA PLANTA DE CEDRÓN.....	8
1.3 USOS DEL CEDRÓN.....	8
1.4 PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL CEDRÓN.....	9
1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEDRÓN.....	9
1.6 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	10
1.7 ACEITE ESENCIAL.....	11

1.8 PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	11
1.10 CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES.....	15
Consistencia .....	15
Origen .....	16
Naturaleza química .....	16
1.11 CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	17
1.12 COMPONENTES PRINCIPALES DEL ACEITE ESENCIAL DEL CEDRÓN	18
1.13 USOS DEL ACEITE ESENCIAL DEL CEDRÓN.....	20
1.14 PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DEL CEDRÓN .....	21
1.14.1 Prensado.....	21
1.14.2 Extracción con solventes volátiles .....	22
1.14.3 Enflorado o enfleurage.....	22
1.14.4 Extracción con fluidos supercríticos.....	23
1.14.5 Destilación por arrastre de vapor de agua.....	24
1.14.6 Destilación con agua o hidrodestilación .....	26
1.14.7 Destilación agua-vapor o vapor húmedo .....	27
1.14.8 Destilación previa maceración.....	28
1.14.9 Destilación al vacío.....	29
1.14.10 Destilación molecular .....	29
1.15 SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN.....	29
1.16 CONTROL DE CALIDAD .....	32

## CAPÍTULO II

### PARTE EXPERIMENTAL

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA.....	34
2.2 DISEÑO FACTORIAL .....	36
2.2.1 VARIABLES Y NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL.....	36

2.3 ACONDICIONAMIENTO DE LA MATERIA PRIMA PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL.....	37
2.4 ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LAS HOJAS DE CEDRÓN.....	38
2.4.1 Porcentaje de la humedad de las hojas de cedrón.....	38
2.4.2 Contenido de cenizas .....	40
2.4.3 Porosidad .....	41
2.5 EQUIPOS PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN....	41
2.5.1 Cocinilla.....	41
2.5.2 Equipo de destilación.....	42
2.5.3 Refrigerante .....	42
2.5.4 Intercambiador de calor LAUDA (PROLINERP870).....	42
2.6 ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	44
2.7 PRUEBAS PRELIMINARES .....	46
2.8 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	47
2.8.1 PESADO DE LA MATERIA PRIMA .....	47
2.8.2 EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	48
2.8.3 CONDENSACIÓN Y SEPARACIÓN DE CONDENSADOS.....	49
2.8.4 ENVASADO Y ALMACENAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	50
2.9 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DEL PRODUCTO FINAL .....	51
2.9.1 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	52
2.9.2 DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	53
2.9.3 CROMATOGRAFÍA DE GASES.....	54
2.10 ALMACENAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	56

### CAPÍTULO III

#### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA: HOJAS DE CEDRÓN ...	57
3.1.1 RESULTADOS FISICOQUÍMICOS DE LAS HOJAS DE CEDRÓN.....	57
3.1.2 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LAS HOJAS DE CEDRÓN.....	58
3.1.3 ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.	58
3.2 ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN .....	59
3.2.1 SOLUBILIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	59
3.2.2 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	59
3.2.3 CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN.....	60
3.2.4 RESULTADO DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN .....	61
3.2.5 RESULTADO DE LA CROMATOGRAFÍA DE GASES .....	62
3.3 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL.....	63
3.4 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.....	71
3.5 COSTOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	80

### CAPÍTULO IV

#### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES .....	83
4.2 RECOMENDACIONES.....	84

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I- 1 Partes de la planta de cedrón.....	8
Tabla I- 2 Usos del cedrón.....	8
Tabla I- 3 Porcentaje de humedad del cedrón.....	9
Tabla I- 4 Composición química del cedrón.....	9
Tabla I- 5 Componentes del aceite esencial del cedrón.....	10
Tabla I- 6 Propiedades químicas de los aceites esenciales.....	14
Tabla I- 7 Rendimiento de aceite esencial de cedrón según el estado de la planta.....	18
Tabla I- 8 Composición del aceite esencial de cedrón.....	18
Tabla I- 9 Usos del aceite esencial del cedrón.....	20
Tabla I- 10 Selección de metodología de trabajo.....	31
Tabla I- 11 Clasificación de los parámetros analíticos utilizados en el control de calidad de aceites esenciales.....	33
Tabla II- 1 Número de combinaciones del diseño factorial. ....	37
Tabla III- 1 Resultado del porcentaje de humedad de las hojas de cedrón.....	57
Tabla III- 2 Resultados de cenizas y porosidad.....	57
Tabla III- 3 Análisis organoléptico de las hojas de cedrón.....	58
Tabla III- 4 Características organolépticas del aceite esencial de cedrón.....	58
Tabla III- 5 Solubilidad del aceite esencial de cedrón.....	59
Tabla III- 6 Comparación de resultados de rendimiento de aceite esencial de cedrón. ....	61
Tabla III- 7 Resultado de la medición del índice de refracción.....	62
Tabla III- 8 Resultados de análisis del perfil cromatográfico.....	62
Tabla III- 9 Datos obtenidos de todos los experimentos. ....	63
Tabla III- 10 Masa 300 gramos. Tabla III- 11 Masa 150 gramos.....	64
Tabla III- 12 Datos para el análisis estadístico.....	66
Tabla III- 13 Factores de inter-sujetos.....	69
Tabla III- 14 Variables introducida/ eliminadas.....	69
Tabla III- 15 Resumen del modelo.....	69
Tabla III- 16 ANOVA. ....	70
Tabla III- 17 Coeficientes.....	70
Tabla III- 18 Valor de corrientes de diagrama de flujo .....	74

Tabla III- 19 Costo de materia prima. ....	80
Tabla III- 20 Costos de materiales y equipos. ....	80
Tabla III- 21 Costos de suministros energéticos. ....	81
Tabla III- 22 Costos secundarios. ....	81
Tabla III- 23 Costos de análisis. ....	81
Tabla III- 24 Costo total del proyecto .....	82

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I- 1 Planta de cedrón.....	6
Figura I- 2 Prensa multiuso de aceite en frio.....	22
Figura I- 3 Proceso de extracción de aceite esencial con solventes supercríticos.....	24
Figura I- 4 Proceso de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor.....	25
Figura I- 5 Equipo de hidrodestilación.....	27
Figura I- 6 Equipo de destilación agua-vapor.....	28
Figura II- 1 Planta de cedrón.....	35
Figura II- 2 Hojas de cedrón, secado al ambiente.....	38
Figura II- 3 Secador Infrarrojo.....	39
Figura II- 4 Mufla.....	40
Figura II- 5 Intercambiador de calor (LAUDA).....	43
Figura II- 6 Equipo armado y completo para la extracción de aceite esencial de cedrón.....	44
Figura II- 7 Balanza analítica.....	47
Figura II- 8 Equipo de destilación agua-vapor.....	48
Figura II- 9 Condensado de mezcla de agua y aceite esencial.....	49
Figura II- 10 Separación de aceite esencial y agua.....	50
Figura II- 11 Aceite esencial envasado.....	51
Figura II- 12 Determinación de la densidad del aceite esencial de cedrón.....	52
Figura II- 13 Refractómetro.....	53
Figura II- 14 Cromatógrafo de gases.....	55



## ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama II- 1 Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite esencial de cedrón.....	45
Diagrama III- 1 Diagrama de flujo del equipo de extracción de aceite esencial.....	74

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico III- 1 Datos obtenidos de todos los experimentos.....	65
Gráfico III- 2 Gráfico de rendimientos masa 300 y 150 gr.....	65
Gráfico III- 3 Datos para el programa SPSS.....	67
Gráfico III- 4 Datos de todos los experimentos vs Datos para el programa SPSS.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 ANÁLISIS PERFIL CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL DE CEDRÓN

ANEXO 2 TAXONOMÍA DEL CEDRÓN *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf.