

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



EXTRACCIÓN EXPERIMENTAL DE ACEITE ESENCIAL DE ROMERO
(Rosmarinus officinalis), CULTIVADO EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA

Por:

RIVERA GIRA DANIELA IRIS

**Modalidad de graduación (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 2019
TARIJA- BOLIVIA

VºBº

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

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

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Pastor Gutiérrez B.

Ing. Adalid Aceituno

Ing. Patricia Castillo

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.

Dedico el presente trabajo con todo mi amor a mis padres Marcos Rivera y Ritha Gira que me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, me inculcaron grandes valores fueron y son el gran motor que hace que siga adelante, del mismo modo se lo dedico a mis Isaac, Julio, Leonel, Carmen (+), Raquel que siempre están presentes. A ustedes mi vida, mi triunfo y todo mi amor.

Agradezco en primer lugar a Dios por guiarme y darme las fuerzas necesarias para seguir adelante.

A mis padres, por su amor, sus innumerables sacrificios, valores y enseñanzas, todo lo que soy se lo debo a ustedes, a mis hermanos que están presentes en todo momento.

Al tribunal calificador Ing. Patricia Castillo, Ing. Adalid Aceituno, Ing. Pastor Gutiérrez por colaborarme en la elaboración del presente trabajo, al Ing., Rene Michel por su apoyo como docente en la materia proyecto de grado, al Ing. Juan Pablo Herbas por su colaboración durante todo el proceso experimental.

A mi compañero de vida Romel Cardozo por su apoyo incondicional, sus consejos, por su amor.

“Todos los triunfos nacen cuando
nos atrevemos a comenzar”

Eugene Ware

INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCION

	Pág.
Antecedentes	1
Principales Exportadores de Aceite Esencial de Romero	1
Objetivos	6
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
Justificación.....	8
Justificación Tecnológica.....	9
Justificación Social.....	9
Justificación Económica.....	9

CAPITULO I

MARCO TEORICO

1.1 Aceite esencial	11
1.1.1 Clasificación de los aceites esenciales	12
1.1.2 Principales propiedades físicas de los aceites esenciales.....	13
1.1.3 Propiedades químicas de los aceites esenciales	13
1.1.4 Almacenamiento de los aceites esenciales.....	16
1.1.5 Precauciones a tener en cuenta al manipular aceites esenciales	16
1.2 Aceite esencial del Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	17
1.3 Materia prima “Romero”	17
1.4 Variedades de plantas de Romero	18
1.5 Descripción y Caracterización del Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>) cultivado en Bolivia.....	20
1.6 Taxonomía del Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	22
1.7 Características de la planta de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	22
1.8 Producción de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>) a nivel nacional.....	25
1.9 Principales Usos del Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	26

1.10 Usos del aceite esencial del Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	26
1.11 Caracterización Físico química del Aceite esencial de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	28
1.12 Caracterización del producto.....	30
1.13 Métodos de extracción de aceite esencial	32
1.13.1 Ventajas y desventajas de los métodos de extracción.....	37
1.14 Selección de proceso de extracción de aceite esencial de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	37
1.15 Etapas del proceso de extracción del aceite esencial de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	40
1.16 Rendimiento del aceite esencial	42

CAPITULO II

PARTE EXPERIMENTAL

2.1 Caracterización de la materia prima.....	43
2.1.1 Descripción de la materia prima	44
2.2 Determinación de humedad en las hojas de Romero.....	45
2.3 Diseño Experimental.....	46
2.3.1 Selección de las variables del proceso	46
2.3.2 Tipo de materia prima	46
2.3.3 Tiempo de secado.....	47
2.3.4 Cantidad de masa de materia prima	47
2.3.5 Tamaño de partícula.....	47
2.3.6 Tiempo de extracción.....	48
2.4 Diseño factorial	48
2.4.1 Diseño Experimental a dos niveles 2K	48
2.4.2 Variable Respuesta.....	50
2.4.3 Numero de combinaciones.....	50
2.5 Proceso Tecnológico para la Extracción de aceite esencial de Romero	52
2.5.1 Equipos necesarios para la extracción de aceite esencial de Romero.....	52
2.5.2 Material de laboratorio a utilizar.....	60
2.6 Etapas del proceso de extracción	60
2.6.1. Recolección de materia prima.....	61

2.6.2 Limpieza y selección.....	63
2.6.3 Pruebas Preliminares.....	64
2.6.4 Secado a sombra.....	66
2.6.5 Deshojado de las ramas de Romero	66
2.6.6 Picado de las hojas	67
2.6.7 Granulometría y tamizado de las hojas de Romero	68
2.6.8 Extracción	69
2.6.8.1 Modificación al equipo de Extracción de Aceite Esencial.....	69
2.6.8.2 Condiciones de operación de la Torre de Extracción.....	70
2.6.8.3 Proceso de Extracción del aceite esencial.....	71
2.6.8.4 Condensación y Separación de fases.....	73
2.6.8.5 Recepción, Almacenamiento y conservación del aceite esencial	74
2.6.8.6 Residuo: Hojas de Romero usadas.....	74
2.7 Análisis del producto obtenido.....	75
2.7.1 Características Organolépticas.....	75
2.7.2 Características Fisicoquímicas	76
2.7.2.1 Densidad del aceite esencial.....	76
2.7.2.2 Índice de refracción.....	77
2.7.2.3 Perfil Cromatográfico.....	78

CAPITULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Resultados de las hojas de Romero materia prima.....	80
3.1.1 Determinación del porcentaje de humedad	80
3.1.2 Análisis Organoléptico de las Hojas de Romero	83
3.1.3 Análisis Organoléptico del Aceite Esencial de Romero	84
3.2 Resultado de la Granulometría y Tamizado de las hojas de Romero	85
3.3 Resultado de las Pruebas preliminares.....	87
3.3.1 Determinación del tiempo de Extracción.....	87
3.3.2 Selección de la cantidad de masa de Hojas de Romero a utilizar	89
3.3.3 Selección del mejor Rendimiento de extracción de aceite esencial de Romero	90
3.4 Resultados del Análisis Fisicoquímico del Aceite Esencial de Romero.....	91
3.4.1 Determinación de la densidad	91

3.4.2 Determinación del Índice de refracción.....	92
3.4.3 Comparación de los parámetros fisicoquímicos obtenidos con lo de bibliografía.....	93
3.5 Resultado de la Cromatografía de gases.....	95
3.6 Calculo del porcentaje de Rendimiento base a cantidad del aceite esencial de Romero.....	98
3.7 Análisis Estadístico del Diseño Factorial.....	99
3.8 Relación de las variables independientes con respecto al Volumen del aceite esencial obtenido.....	105
3.8.1 Tamaño de Partícula de Romero vs. Volumen de aceite esencial de Romero obtenido.....	105
3.8.2 Masa de Romero vs. Volumen de aceite esencial de Romero obtenido.....	107
3.8.3 Tiempo de Extracción con respecto al volumen de aceite esencial obtenido ..	108
3.9 Balance de Materia y Energía.....	110
3.9.1 Balance de Materia.....	112
3.9.2 Balance de Energía.....	117
3.10 Rendimiento del Proceso de extracción de aceite esencial de Romero	122
3.11 Propuesta de Aplicación del aceite esencial de Romero	123
3.12 Análisis de Costos.....	123

CAPITULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones.....	127
4.2 Recomendaciones.....	129
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	130

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1 Principales Países exportadores de aceites esenciales	3
Tabla 2 Países exportadores de aceites esenciales de Sudamérica.	4
Tabla 3 Países que importan aceite esencial desde Bolivia	5
Tabla 4 Principales exportadores de Aceite Esencial de Romero.....	7
Tabla I- 1 Clasificación de los aceites esenciales.	12
Tabla I- 2 Propiedades químicas según grupo funcional de los aceites esenciales.	14
Tabla I-3 Usos del Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	26
Tabla I- 4 Usos del aceite esencial de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	27
Tabla I-5 Composición del aceite esencial del Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	29
Tabla I-6 Ficha técnica del aceite esencial de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>), Según Normativa Española	31
Tabla I-7 Métodos de Extracción de aceite esencial	33
Tabla I- 8 Ventajas y desventajas de los métodos de extracción	37
Tabla I- 9 Factores a evaluar y porcentaje de evaluación	38
Tabla I- 10 Calificación a ser utilizada	38
Tabla I- 11 Matriz de decisión para selección del proceso	39
Tabla I- 12 Rendimientos	42
Tabla II-1 Diseño Factorial Estándar	49
Tabla II- 2 Determinación de las variables para el diseño Factorial.....	50
Tabla II- 3 Interacción de Variables para el diseño Factorial	51
Tabla II- 4 Matriz de Diseño factorial para la extracción de aceite esencial.	51
Tabla II- 5 Material de laboratorio a utilizar.....	60
Tabla II- 6 Mapa de localización de Romero de la comunidad de Canchasmayo	62
Tabla III- 1 Porcentaje de humedad en hojas de Romero	80
Tabla III- 2 Variación del porcentaje de humedad vs. Tiempo.....	81
Tabla III- 3 Porcentajes de Humedad de hojas de Romero.....	83
Tabla III- 4 Análisis organoléptico de las Hojas de Romero.....	84
Tabla III- 5 Comparación del aceite esencial obtenido con los de bibliografía.....	84
Tabla III- 6 Granulometría y tamizados de la hoja de Romero.....	85
Tabla III- 7 Tiempos de Extracción de aceite esencial de Romero.....	87

Tabla III- 8 Cantidad de Materia prima a utilizar	89
Tabla III- 9 Resultados de las pruebas preliminares	90
Tabla III- 10 Comparación de Parámetros fisicoquímicos del aceite esencial de Romero.....	94
Tabla III- 11 Componentes del Aceite esencial de Romero cultivado en el departamento de Tarija.....	95
Tabla III- 12 Comparación del Aceite esencial de Romero cultivado en el departamento de Tarija frente a otros de bibliografía	96
Tabla III- 13 Comparación del Rendimiento de Aceite esencial extraído	98
Tabla III- 14 Datos Experimentales de la Extracción de aceite esencial de Romero	100
Tabla III- 15 Factores inter- sujetos	101
Tabla III-16 Análisis de Varianza “ANOVA”	101
Tabla III-17 Variables introducidas/ eliminadas	102
Tabla III-18 Coeficientes	103
Tabla III- 19 Resultados Experimentales obtenidos en base al diseño factorial vs resultados del modelo aplicado en el programa SPSS	104
Tabla III-20 Datos de Rendimiento con los dos tamaños de muestra.	105
Tabla III-21 Datos de Volumen de aceite esencial con respecto a las masas	107
Tabla III-22 Tiempo de extracción de aceite esencial de Romero vs. Rendimiento.	109
Tabla III- 23 Datos obtenidos del balance de materia.....	117
Tabla III- 24 Datos obtenidos del balance de Energía	118
Tabla III- 25 Resumen de los balances	122
Tabla III- 26 Costos de materiales	124
Tabla III- 27 Costos de Materia Prima.....	124
Tabla III- 28 Consumo de agua y gas	125
Tabla III- 29 Costo del material de escritorio	125
Tabla III- 30 Costo Investigación.....	126
Tabla III- 31 Costo Total.....	126

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1- 1 Grupos Funcionales de los aceites esenciales	15
Figura 1- 2 Rosmarinus officinalis.....	19
Figura 1- 3 Rosmarinus Eriocalyx	19
Figura 1- 4 Rosmarinus Tomentosus	20
Figura 1-5 Planta de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	21
Figura 1-6 Componentes de la Planta de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	24
Figura 1-7 Hidrodestilación	35
Figura 1-8 Extracción por arrastre con Vapor de agua	36
Figura 1-9 Extracción con vapor Saturado.....	36
Figura 1-10 Extracción por fluidos Supercríticos	43
Figura 2-1 Romero en su estado Natural.....	44
Figura 2-2 Hojas de Romero	46
Figura 2-3 Analizador infrarrojo	52
Figura 2- 4 Equipo de extracción de aceite Esencial	53
Figura 2- 5 Torre de extracción, dimensionamiento	54
Figura 2-6 Canastillos para Extracción	54
Figura 2- 7 Dimensionamiento de los canastillos	55
Figura 2- 8 Cuello de cisne	56
Figura 2- 9 Condensador	57
Figura 2- 10 Vaso Florentino	58
Figura 2- 11 Tamiz Vibratorio	58
Figura 2- 12 Cocinilla	59
Figura 2- 13 Balanza Analítica.....	62
Figura 2- 14 Mapa de localización de Romero de la comunidad de Canchasmayo....	62
Figura 2- 15 Cosecha de Romero	64
Figura 2- 16 Selección de ramas de Romero.....	65
Figura 2- 17 Comparación de aceite de Romero en fresco y seco	66
Figura 2- 18 Secado de Ramas de Romero	67
Figura 2- 19 Deshojado y embolsado de las hojas de Romero	68
Figura 2- 20 Picado de hojas de Romero	69
Figura 2- 21 Tamizado	70

Figura 2- 22 Modificación al condensador	71
Figura 2- 23 Cámara de extracción	72
Figura 2- 24 Condensado de agua- aceite esencial de Romero.....	73
Figura 2- 25 Aceite Esencial de Romero envasado.....	74
Figura 2- 26 Residuo	75
Figura 2- 27 Determinación de densidad del Aceite esencial de Romero	76
Figura 2- 28 Refractómetro ABBE perteneciente al LOU.....	78
Figura 3- 1 Curva de humedad evaporada vs. Tiempo de secado.....	82
Figura 3- 2 Determinación de Granulometría de las hojas de Romero	86
Figura 3- 3 Determinación de Tiempos de extracción de aceite esencial de Romero.....	88
Figura 3- 4 Volumen Obtenido vs Tiempo con relación al Tamaño de partícula	106
Figura 3- 5 Masa de Romero introducidas a la torre vs. Rendimiento.....	108
Figura 3- 6 Volumen obtenido vs Tiempo de extracción.....	109

INDICE DE DIAGRAMAS

	Pág.
Diagrama 2-1 Diagrama del proceso de extracción de aceite esencial de Romero (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	61
Diagrama 3- 1 Proceso de extracción de aceite esencial de Romero	111
Diagrama 3- 2 Diagrama de bloques de Balance de materia durante la extracción..	114
Diagrama 3- 3 Balance de materia en el condensador.	115
Diagrama 3- 4 Balance de materia separación de fases	116

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A

ANÁLISIS FISCOQUIMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO
OBTENIDO EN LABORATORIO

ANEXO B

ANÁLISIS FISCOQUIMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO QUE SE
COMERCIALIZA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA

ANEXO C

ANALISIS CROMATOGRAFICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO

ANEXO D

ANALISIS CROMATOGRAFICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ROMERO
QUESE COMERCIALIZA EN EL DEPARTAMENTO DE TARIJA

ANEXO E

INFORME ANALISIS DE TAXONOMÍA DEL ROMERO (HERBARIO
UNIVERSITARIO T.B)

GLOSARIO

Concepto	Unidades
Tiempo: es una magnitud física creada para medir el intervalo en el que suceden una serie ordenada de acontecimientos	h: hora min: minuto s.: Segundo
Peso: es una medida de la fuerza gravitatoria que actúa sobre un objeto	Kg: kilogramo g: gramo
Volumen: es una magnitud métrica de tipo escalar definida como la extensión en tres dimensiones de una región del espacio	ml: mililitro cm³: centímetro cúbico L: litro
Longitud: magnitud física que permite marcar la distancia que separa dos puntos en el espacio	m: metro mm: milímetro
Temperatura: Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera	°C.: Grados Celsius
Energía: La energía es la capacidad que poseen los cuerpos para poder efectuar un trabajo a causa de su naturaleza, posición o de su movimiento	P: potencia Kcal: kilocaloría W: watts
Presión: es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire que forma la atmósfera sobre la superficie terrestre.	Atm: atmósfera

a.C.: Antes de Cristo	TRADE MAP: Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas, Datos comerciales mensuales, trimestrales y anuales. Valores de importación y exportación, volúmenes, tasas de crecimiento, cuotas de mercado
ALADI: Asociación Latinoamericana de Integración	Ing: Ingeniero/a
Bs: bolivianos	\$us: Dólares Americanos
etc.: etcétera	M.Sc: Master
U.A.J.M.S: Universidad Autónoma Juan Misael Saracho	LOU: Laboratorio de Operaciones Unitarias
Aprox.: aproximado	%H: porcentaje de humedad
CEANID.: Centro de Análisis Investigación y Desarrollo.	NB: Norma Boliviana
ρ Romero: Densidad de aceite esencial de Romero	GLP: gas licuado de petróleo
Q_T: Calor total	Qced: Calor cedido
Tcond: Temperatura de condensación	Tvap: Temperatura de Vaporización
Q_{rec}: calor recibido	Vcomb: Volumen de combustible usado
. Mil	, Decimal

