

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA JUAN MISAEL SARACHO

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

PROYECTO DE GRADO



**EXTRACCION DE ACEITE ESENCIAL DE LA HOJA DE
EUCALIPTO (*Eucalyptus Globulus*) EN LA CIUDAD DE TARIJA**

Por:

LILIANA FERNÁNDEZ CAMACHO

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.

Febrero de 2025

TARIJA-BOLIVIA

DEDICATORIA

Con todo mi amor, dedico este logro a las personas que me dieron la vida y me han acompañado en cada paso de mi camino.

A mi mamita, Gloria María Camacho Vedia, quien siempre ha sido mi impulso, mi refugio y mi fuente de fortaleza. Su amor incondicional y su fe en mí han sido los motores que me han permitido seguir adelante y alcanzar mis sueños, incluso cuando la adversidad se hacía presente.

A mi papito, Línder Fernández Narváez, quien con su sabiduría me formó. Fue mi maestro, mi guía, y el pilar fundamental que sostuvo mis sueños. Mi papito, mi ángel eterno, siempre estás en mi corazón.

Este logro es el reflejo de su amor, sacrificio y dedicación. A ustedes, mis amores, gracias por ser mi razón, por todo lo que me han dado, por cada sacrificio, por cada sonrisa y por cada gesto de amor.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darme la fortaleza y la fe para siempre seguir adelante.

A mis padres, Gloria y Línder, por su confianza inquebrantable en mí. Gracias por su apoyo incondicional a lo largo de los años, siempre creyendo en mis capacidades, incluso cuando yo misma dudaba.

A mis hermanas Mary, Rocio, Patty, y mi hermano Take, por su amor, complicidad, por tenernos siempre y ser el mejor TEAM.

A mis sobrinos, que, con su sonrisa y alegría, logran hacer mejores mis días.

A mis amigos, especialmente a Enilce y Ceci, quienes me apoyaron no solo durante la culminación de este proyecto, sino también por sostenerme en los días más difíciles, gracias por su amistad y lealtad.

A los miembros de mi tribunal, por su tiempo y dedicación en este proceso, y a mi docente guía, por su paciencia y sabiduría.

Un agradecimiento especial al Ing. Jorge Tejerina, quien siempre fue una fuente de inspiración y guía. Su partida nos dejó un vacío, pero su enseñanza y ejemplo seguirán conmigo siempre.

A todos ustedes, mi más sincero agradecimiento por ser parte de este logro.

INDICE

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

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES.....	1
OBJETIVOS	3
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos	3
JUSTIFICACIÓN	4

CAPITULO I MARCO TEORICO

1.1. ACEITES ESENCIALES.....	6
1.1.1. Clasificación de los aceites esenciales.....	7
1.1.2. Propiedades fisicoquímicas de los aceites esenciales.....	9
1.1.3. Composición química de los aceites esenciales.....	9
1.1.4. Rendimiento de aceites esenciales.....	12
1.2. ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO	12
1.2.1. Eucalipto	12
1.2.2. Composición del Aceite Esencial de Eucalipto	14
1.2.3. Propiedades fisicoquímicas del aceite esencial de eucalipto	15
1.2.4. Eucaliptol.....	17
1.2.5. Propiedades y beneficios del Aceite Esencial de Eucalipto	18

1.2.6. Usos/aplicaciones/beneficios del Producto	19
1.3. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES	20
1.3.1. Extracción de aceites esenciales por arrastre de vapor.....	22
1.4. MERCADO DE ACEITES ESENCIALES	24
1.4.1. Mercado mundial de aceites esenciales	24
1.4.2. Mercado de aceites esenciales en Bolivia.....	26
1.5. MERCADO DE ACEITES ESENCIALES DE EUCALIPTO.....	28
1.6. USOS DE LOS RESIDUOS Y SUBPRODUCTOS DE LA DESTILACIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO.....	29
1.6.1. Hidrolatos	29
1.6.2. Residuos de Materia Prima.....	30
1.7. PROPUESTA DE PRODUCTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO.....	31

CAPITULO II PARTE EXPERIMENTAL

2.1. DESCRIPCIÓN Y ANÁLISIS DE MATERIAS PRIMAS.	33
2.1.1. Descripción de la materia prima	34
2.1.2. Determinación de la humedad de la materia prima	35
2.2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....	36
2.2.1. Selección de tecnología proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto.....	37
2.3. DISEÑO FACTORIAL	42
2.3.1. Selección de factores	42
2.4. PROCESO TECNOLÓGICO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO.....	48
2.4.1. Recolección de la materia prima.....	49
2.4.2. Selección y limpieza de la materia prima	50

2.4.3. Secado.....	51
2.4.4. Reducción de tamaño.....	53
2.4.5. PRUEBAS PRELIMINARES	54
2.4.6. Extracción de aceite esencial	55
2.4.7. Condensación.....	58
2.4.8. Envasado y almacenamiento	61
2.5. RESIDUOS.....	61
2.6. CARACTERIZACION Y CALIDAD DEL PRODUCTO OBTENIDO	61
2.6.1. Análisis fisicoquímicos.....	61
2.6.2. Análisis Organoléptico	63

CAPITULO III RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. CARACTERIZACION DE LA MATERIA PRIMA	64
3.1.1. Clasificación taxonómica de la materia prima	64
3.1.2. Características físicas de la materia prima.....	64
3.1.3. Humedad de la materia prima.....	65
3.1.4. Resumen del secado de la materia prima.....	78
3.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN LA FASE EXPERIMENTAL	79
3.2.1. Rendimiento de extracción	79
3.2.2. Análisis Estadístico del Diseño factorial	81
3.3. RESULTADOS ANALITICOS Y DISCUSION DEL PRODUCTO OBTENIDO	91
3.3.1. Resultado del análisis de características físicas.....	91
3.3.2. Resultado de la Composición de química.....	92
3.3.3. Análisis organoléptico.	93

3.4. BALANCE DE MATERIA Y ENERGIA	95
3.4.1. Balance de materia.....	96
3.4.2. Balance de energía.....	106

CAPITULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. CONCLUSIONES.....	111
4.2. RECOMENDACIONES	113

ANEXOS

ANEXO A.....	118
ANEXO B.....	120
ANEXO C.....	122
ANEXO D.....	124
ANEXO E	129
ANEXO F	131
ANEXO G.....	136

INDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Composición química de los aceites esenciales por su grupo funcional	11
Tabla I-2 Características físicas del aceite esencial de eucalipto.....	15
Tabla I-3 Composición de aceite esencial de eucalipto	16
Tabla I-4 Propiedades Fisicoquímicas del 1,8-cineol	18
Tabla I-5 Métodos de extracción de aceites esenciales.....	21
Tabla I-6 Principales importadores de aceites esenciales en el año 2019.....	25
Tabla I-7 Principales exportadores de aceites esenciales en el año 2019	26
Tabla I-8 Proyección de importación de aceites esenciales en Bolivia 2019-2025	27
Tabla I-9 Proyección de mercado de aceite esencial de eucalipto	29
Tabla II-1 Descripción de la materia prima	35
Tabla II-2 Escala de puntuación.....	37
Tabla II-3 Criterios de evaluación para la selección del método de extracción del aceite esencial.....	38
Tabla II-4 Calificación de los métodos de extracción de aceite esencial en función a los factores evaluados	39
Tabla II-5 Matriz de decisión de elección de método de extracción.....	41
Tabla II-6 Codificación de Variables.....	45
Tabla II-7 Matriz de diseño.....	46
Tabla II-8 Resumen de Variables Respuestas.....	46
Tabla II-9 Datos de diseño	47
Tabla II-10 Coordenadas de localización.....	49
Tabla III-1 Comparación de las características físicas de la hoja de eucalipto.....	64
Tabla III-2 Determinación de la Humedad de la materia prima vs Tiempo.	67

Tabla III-3. Humedad en base seca	69
Tabla III-4 Resultado del método de 3 puntos	69
Tabla III-5 Masa de materia prima en función al tiempo.....	71
Tabla III-6 Humedad en base seca	73
Tabla III-7 Resultado del método de los 3 puntos	73
Tabla III-8 Peso de la materia y humedad evaporada	75
Tabla III-9 Humedad en base seca	76
Tabla III-10 Resultado del método de 3 puntos	77
Tabla III-11 Resumen del secado de la materia prima.....	78
Tabla III-12 Datos experimentales de la Extracción de aceite esencial de Eucalipto.	80
Tabla III-13 Factores inter-sujetos	81
Tabla III-14 Pruebas de los efectos inter-sujetos	82
Tabla III-15 Variables introducidas/eliminadas.....	83
Tabla III-16 Resumen del modelo	83
Tabla III-17 ANOVA.....	83
Tabla III-18 Coeficientes de modelo.....	84
Tabla III-19 Rendimiento experimental y modelo.....	85
Tabla III-20 Parámetros óptimos de extracción	87
Tabla III-21 Rendimiento en función a las masas.....	87
Tabla III-22 Rendimiento en función al tamaño de la partícula	89
Tabla III-23 Rendimiento en función del tiempo.....	90
Tabla III-24 Resultados de los Análisis Físicos del Aceite esencial extraído.....	91
Tabla III-25 Comparación de características físicas del aceite esencial de Eucalipto .	91

Tabla III-26 Comparación de porcentaje de abundancia del aceite de eucalipto.....	92
Tabla III-27 Análisis Organoléptico	93
Tabla III-28 Comparación de análisis organolépticos de aceites esenciales de eucalipto	94
Tabla III-29 Datos para el balance de materia y energía	95

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico I-1 Evolución de Importaciones de Aceites Esenciales por Año en Bolivia .	26
Gráfico 3-1 Curva de secado de materia prima fresca	68
Gráfico 3-2 Curva de secado natural de la materia prima.....	72
Gráfico 3-3 Curva de secado de la materia prima seca	76
Gráfico 3-4 Curva comparativa de Rendimiento experimental y rendimiento del modelo matemático	86
Gráfico 3-5 Rendimiento en función al tiempo de acuerdo a la masa	88
Gráfico 3-6 Rendimiento en función al tiempo de acuerdo al tamaño de la partícula	89
Gráfico 3-7 Volumen extraído en función al tiempo	90

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1 Árbol de Eucalipto	13
Ilustración 1-2 Hoja de Eucalyptus Globulus	14
Ilustración 1-3 Estructura química del 1,8-cineol	17
Ilustración 1-4 Análisis de la película por arrastre de vapor.....	23
Ilustración 1-5 Extracción por arrastre de vapor.....	24
Ilustración 2-1 Ubicación de la localidad de Juntas.....	34

Ilustración 2-2 Hoja de Eucalipto (Eucalyptus Globulus)	34
Ilustración 2-3 Secador infrarrojo SARTORIUS MA100	36
Ilustración 2-4 Mapa de ubicación del lugar de recolección de materia prima	49
Ilustración 2-5 Recolección de materia prima	50
Ilustración 2-6 Selección y limpieza de hoja de Eucalipto	50
Ilustración 2-7 Secado de hoja de Eucalipto	52
Ilustración 2-8 Reducción de tamaño de la hoja de eucalipto.....	54
Ilustración 2-9 Torre de destilación y canastillos	56
Ilustración 2-10 Generador y control de vapor (garrafa, cocinilla, balanza)	57
Ilustración 2-11 Condensador	58
Ilustración 2-12 Vaso de florentino.....	59
Ilustración 2-13 Ampolla de separación	59

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Clasificación de los aceites esenciales	7
Figura 2-1 Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto	48
Figura 2-2 Dimensiones de la torre de destilación y de los canastillos	57
Figura 3-1 Diagrama general del proceso de extracción.....	96
Figura 3-2 Balance del pretratamiento general	97
Figura 3-3 Balance de materia en la etapa de extracción.....	100