

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

**EXTRACCIÓN A ESCALA DE LABORATORIO DE ACEITE  
ESENCIAL DE HIERBABUENA A TRAVÉS DEL MÉTODO  
DE ARRASTRE CON VAPOR**

**Por:**

**MARÍA ELENA DELGADO VALDEZ**

**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.**

**Julio de 2016**

**TARIJA-BOLIVIA**

V°B°

---

M. Sc. Ing. Ernesto Álvarez Gozalvez  
DECANO FACULTAD  
DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

---

M. Sc. Ing. Silvana Paz  
VICEDECANO FACULTAD DE  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

**APROBADA POR:**

**TRIBUNAL:**

---

Ing. Jorge Tejerina Oller

---

Ing. Gustavo Moreno López

---

Ing. Adalid Aceituno Cáceres

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:**

Con cariño para las personas que me dieron la vida e hicieron todo para que pudiera lograr mis metas, por motivarme y apoyarme, a ustedes por siempre mi amor y agradecimiento.

Papá y mamá

## **AGRADECIMIENTOS:**

A Dios por darme la vida y por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi mente y por permitirme alcanzar una de las metas de mi vida.

A mi madre Yolanda y a mi padre Daniel, gratitud eterna por sus sacrificios, desvelos y por el ánimo constante para seguir adelante.

A mi esposo Zenón por su apoyo incondicional sus consejos, por su motivación constante, pero más que nada por su amor.

A mis hermanos, Carlos, María Rene y José Enrique, por estar conmigo siempre, los quiero mucho.

A mis amigos por los lazos de amistad sincera que nos une y por el cariño durante esta etapa.

A mis tribunales, que me ayudaron en asesorías y dudas presentadas en la elaboración de la investigación.

El éxito debe medirse no por la posición a que una persona ha llegado, sino por su esfuerzo por triunfar

Booker T. Washington

## ÍNDICE

## INTRODUCCIÓN

Antecedentes .....	1
Objetivo general.....	2
Objetivos .....	2
Objetivos específicos .....	2
Justificación .....	3

## CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

1.1 Materia prima: hierbabuena .....	6
1.1.1 Origen de la hierbabuena .....	6
1.1.3 Composición de la hierbabuena .....	6
1.2 Aceites esenciales .....	7
1.2.1 Definición.....	7
1.2.2 Clasificación.....	8
1.2.2.1 Según su consistencia.....	8
1.2.2.2 Según su origen.....	8
1.2.2.3 Según la naturaleza química de los componentes mayoritarios .....	9
1.2.2.4 Otra forma de clasificación según su origen y calidad .....	9
1.2.3 Composición química .....	10
1.2.4 Localización .....	12
1.2.5 Usos.....	13

1.2.6 Purificación .....	14
1.2.7 Control de calidad .....	14
1.3 Proceso de extracción de aceites esenciales.....	15
1.3.1 Métodos de extracción de aceites esenciales .....	15
1.3.2 Destilación .....	17
1.3.2.1 La hidrodestilación simple o destilación con agua .....	18
1.3.2.2 Destilación con vapor saturado o destilación con agua y vapor .....	19
1.3.2.3 La destilación con vapor seco o sobrecalentado .....	20
1.3.3 Etapas del proceso de extracción de aceite esencial .....	21
1.4 Aceite esencial de hierbabuena.....	23
1.4.1 Características organolépticas.....	23
1.4.2.1 Rendimiento.....	23
1.4.2 Propiedades físicas.....	25
1.4.2.2 Índice de refracción.....	25
1.4.2.4 Densidad.....	26
1.4.3 Composición química .....	26
1.4.4 Curva de tiempo de extracción.....	28



## CAPÍTULO II

## PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Descripción y análisis de materias primas.....	30
2.1.1. Características de la materia prima.....	30
2.1.2. Descripción de la materia prima.....	30
2.1.3. Determinación de humedad en la materia prima.....	31
2.2. Descripción del método de investigación.....	34
2.3. Diseño factorial.....	35
2.3.1. Diseño experimental.....	35
2.3.2. Diseño experimental $2^k$ .....	35
2.3.3. Diseño $2^2$ para el proceso de extracción de aceite esencial de hierbabuena.....	35
2.3.4. Niveles de los factores del proceso de extracción de hierbabuena.....	36
2.4. Procedimientos y técnicas empleados para la obtención de los resultados.....	37
2.4.1 Equipos, instrumentos y material necesario para la obtención de los resultados	37
2.4.1.1. Equipos e instrumentos necesarios para la obtención de los resultados.....	37
2.4.1.2. Material utilizado.....	39
2.4.2. Etapas del proceso para la obtención del aceite esencial de hierbabuena.....	40
2.4.2.1. Recolección de hierbabuena.....	43
2.4.2.2. Selección de hierbabuena.....	43
2.4.2.3. Clasificación de hojas y tallo.....	44
2.4.2.4. Cortado de hierbabuena.....	45
2.4.2.5. Destilación.....	46
2.4.2.5.1. Modificación al equipo de destilación.....	46

2.4.2.5.2. Condiciones de operación del equipo de destilación.....	46
2.4.2.5.3. Proceso de destilación del aceite esencial.....	48
2.4.2.6. Separación de fases.....	52
2.4.2.7. Purificación del aceite esencial.....	53
2.4.2.8. Almacenamiento del aceite esencial.....	54
2.4.2.9. Residuo.....	54
2.5. Análisis del producto obtenido.....	55
2.6. Control de calidad del producto obtenido.....	56
2.6.1. Características organolépticas.....	56
2.6.2. Análisis fisicoquímicos.....	56
2.6.2.1. Densidad relativa.....	56
2.6.2.2. Índice de refracción.....	59

## CAPÍTULO III

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados de la materia prima.....	60
3.1.1. Determinación de humedad.....	60
3.1.1.1 Determinación de humedad en el secador infrarrojo Sartorius 100.....	60
3.1.1.2 Determinación de humedad por el método gravimétrico en estufa a 105°C..	66
3.2. Rendimiento del aceite esencial de hierbabuena.....	68
3.2.1. Rendimiento del diseño experimental.....	71
3.2.2. Tamaño vs rendimiento.....	74
3.2.3. Masa vs rendimiento.....	75
3.2.4. Análisis del residuo.....	77
3.3. Análisis estadístico del diseño factorial.....	79
3.4. Características y principales componentes del aceite esencial de hierbabuena.....	83
3.4.1. Características organolépticas.....	83
3.4.2. Características fisicoquímicas.....	84
3.4.3. Composición química.....	85
3.5. Balance de materia y energía de la obtención del aceite esencial de hierbabuena...	87
3.5.1. Balance de materia de la obtención de aceite esencial de hierbabuena.....	90
3.5.2. Balance de energía de la obtención de aceite esencial de hierbabuena.....	97
3.5. Propuesta de aplicación del aceite esencial de hierbabuena como aromatizante de jabón.....	100

## CAPÍTULO IV

## COSTOS

4.1. Estimación de costos de producción .....	101
4.2. Estimación de costos del estudio del proyecto .....	102

## CAPÍTULO V

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones .....	105
5.2 Recomendaciones.....	107
Bibliografía .....	108

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I-1 Clasificación según su origen y calidad .....	11
Tabla I-2 Grupos funcionales de cada categoría .....	13
Tabla I-3 Métodos de extracción de aceites esenciales.....	17
Tabla I-4 Características organolépticas del aceite esencial de menta citrata en Guatemala .....	25
Tabla I-5 Rendimiento del aceite esencial de hierbabuena.....	26
Tabla I-6 Índice de refracción de mentas en el Ecuador.....	27
Tabla I-7 Índice de refracción de la menta citrata de Guatemala .....	27
Tabla I-8 Densidad relativa de distintas especies de menta de Ecuador.....	28
Tabla I-9 Composición química del aceite esencial de menta pulegium .....	29
Tabla II-1 Diseño factorial para el proceso de extracción de aceite esencial de hierbabuena.....	36
Tabla II-2 Niveles de variables para la extracción de aceite.....	37
Tabla II-3 Equipos e instrumentos utilizados.....	37
Tabla II-4 Material de laboratorio para la extracción de aceite esencial.....	40
Tabla III-1 Variación de la humedad evaporada respecto al tiempo de las hojas de la hierbabuena.....	61
Tabla III-2 Variación de la humedad evaporada respecto al tiempo de los tallos de la hierbabuena.....	64
Tabla III-3 Humedad de las hojas y de los tallos de la hierbabuena.....	67
Tabla III-4 Porcentajes de humedad de la hierbabuena en diferentes países.....	67
Tabla III-5 Datos de extracción con materia prima fresca.....	68
Tabla III-6 Datos de extracción con materia prima seca.....	70

Tabla III-7 Datos experimentales del proceso de extracción de aceite esencial de las hojas de la hierbabuena.....	72
Tabla III-8 Datos experimentales del proceso de extracción de aceite esencial de los tallos de la hierbabuena.....	73
Tabla III-9 Datos de rendimiento a los dos tamaños de muestra.....	74
Tabla III-10 Datos de rendimiento a las dos masas 450g y 600g.....	76
Tabla III-11 Análisis del residuo.....	78
Tabla III-12 Rendimiento en el proceso de obtención de aceite esencial de hierbabuena.....	79
Tabla III-13 Datos experimentales del proceso de obtención de aceite esencial de hierbabuena.....	79
Tabla III-14 Datos para el análisis de varianza.....	80
Tabla III-15 Factores inter-sujetos.....	81
Tabla III-16 Análisis de varianza (ANOVA).....	81
Tabla III-17 Variables introducidas/eliminadas.....	82
Tabla III-18 Coeficientes del modelo matemático coeficientes .....	83
Tabla III-19 Comparación de las características organolépticas del aceite esencial de menta.....	84
Tabla III-20 Comparación de las características físicas del aceite esencial de menta .....	85
Tabla III-21 Composición química del aceite esencial de hierbabuena.....	86
Tabla III-22 Datos del mejor rendimiento con 600 g a 1 cm.....	89
Tabla III-23 Resultados del balance de energía.....	100
Tabla IV-1 Costos de materia prima e insumos .....	101
Tabla IV-2 Costos de consumo de agua y gas .....	101

Tabla IV-3 Costos de almacenamiento de producto .....	102
Tabla IV-4 Costo total del proyecto de investigación .....	102
Tabla IV-5 Costos de análisis cromatográficos.....	103
Tabla IV-6 Costos adicionales.....	103
Tabla IV-7 Costos de material de escritorio .....	103
Tabla IV-8 Costo total del proyecto de investigación .....	104

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura i-1 Plantas medicinales más usadas en Bolivia .....	3
Figura i-2 Principales países importadores de aceites esenciales .....	5
Figura 1-1 Equipo de destilación por arrastre con vapor .....	17
Figura 1-2 Proceso de hidrodestilación.....	18
Figura 1-3 Proceso de destilación agua-vapor .....	19
Figura 1-4 Proceso de destilación agua-vapor .....	20
Figura 1-5 Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite esencial .....	22
Figura 1-6 Estructura química del mentol.....	28
Figura 1-7 Aceite esencial (ml) vs tiempo de extracción (min).....	29
Figura 2-1 Balanza usada para la determinación de humedad.....	32
Figura 2-2 Pesado de las cápsulas.....	32
Figura 2-3 Secado de hojas y tallo en la estufa.....	33
Figura 2-4 Analizador infrarrojo sartorius ma 100.....	34
Figura 2-5 Cámara de extracción y canastillos.....	38
Figura 2-6 Balanza analítica.....	39
Figura 2-7 Diagrama de flujo del proceso de extracción de aceite esencial de hierbabuena.....	42
Figura 2-8 Recolección de hierbabuena.....	43
Figura 2-9 Selección de hierbabuena.....	44
Figura 2-10 Cortado de hojas a 1cm y 3cm.....	45
Figura 2-11 Cortado de tallos a 1cm y 3cm.....	46
Figura 2-12 Refrigerante a base de hielo (tramo a-b).....	48
Figura 2-13 Equipo de destilación.....	50



Figura 2-14 Baño de hielo.....	50
Figura ii-15 Mezcla de agua y aceite esencial.....	51
Figura 2-16 Purificación del aceite esencial de hierbabuena.....	52
Figura 2-17 Terrones de sulfato de sodio hidratado.....	53
Figura 2-18 Residuo.....	54
Figura 2-19 Picnómetro en la estufa.....	56
Figura 2-20 Picnómetro enfriándose en el desecador.....	57
Figura 2-21 Picnómetro con agua destilada en el desecador.....	57
Figura 2-22 Picnómetro con aceite esencial de hierbabuena.....	58
Figura 2-23 Refractómetro ABBE del laboratorio de química.....	59
Figura 3-1 Curva de porcentaje de humedad evaporada vs tiempo de las hojas de hierbabuena.....	63
Figura 3-2 Curva de porcentaje de humedad evaporada vs tiempo de los tallos de la hierbabuena.....	65
Figura 3-3 Curva de volumen de extracción de aceite esencial de hierbabuena fresca.....	69
Figura 3-4 Comparación de volumen extraído con hierbabuena fresca y seca.....	70
Figura 3-5 Tamaño vs rendimiento.....	75
Figura 3-6 Masa vs rendimiento.....	76
Figura 3-7 Diagrama de flujo final del proceso de extracción de aceite esencial de hierbabuena.....	88
Figura 3-8 Diagrama de bloques del balance de materia del proceso de extracción.....	91
Figura 3-9 Balance de materia en la clasificación.....	92
Figura 3-10 Balance de materia en la destilación.....	93
Figura 3-11 Balance de materia en la condensación.....	94

Figura 3-12 Balance de materia en la separación de fases.....	94
Figura 3-13 Resumen del balance de materia de la obtención de aceite esencial de hierbabuena.....	96