

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



**EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE HOJAS DE**  
**ALBAHACA**

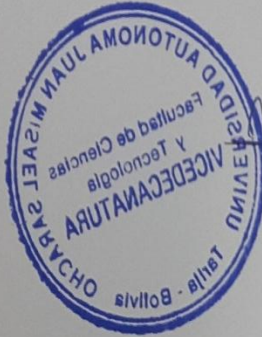
**Por:**

**SARA PAOLA CASTILLO AVILA**

**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.**

**Agosto de 2016**

**TARIJA-BOLIVIA**



Ing. Silvana Paz  
VICECANO



Ing. Ernesto Alvarez  
DECANO

APROBADA POR:

TRIBUNAL:

Ing. Jorge Tejerina O.

Ing. Gustavo Moreno L.

Ing. Juan Pablo Herbas B.

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.

Este trabajo lo dedico en primer lugar a mi madre (+) y padre quienes me apoyaron incondicionalmente a lo largo de mi vida, me inculcaron valores, educación y fueron mi motor para concluir este trabajo. También se lo dedico a mi esposo y mis tres hermanos, por brindarme su apoyo permanente.

Agradezco primeramente a Dios, al tribunal calificador por guiarme en la elaboración del presente trabajo, al Ing. Ismael Acosta e Ing. Gilberto Varas por brindarme ayuda con la taxonomía de la planta de albahaca, al Ing. Ernesto Auad por su apoyo como docente de la materia Proyecto de Grado.

En especial agradezco a mi mamita, por ser mi mayor motivadora en la realización de este trabajo.

A mi padre, esposo, hermanos, cuñadas y sobrinos por confiar en mí y ofrecerme su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

A mis amigos y compañeros por acompañarme a lo largo de mi carrera universitaria.

“Nunca consideres el estudio como una obligación, sino como una oportunidad para penetrar en el bello y maravilloso mundo del saber”

Albert Einstein.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	
ANTECEDENTES .....	1
OBJETIVOS .....	3
OBJETIVO GENERAL.....	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
IMPORTACIÓN Y EXPORTACIÓN DE ACEITES ESENCIALES EN EL MUNDO ...	5
ACEITES ESENCIALES EN EL MERCOSUR .....	7
ACEITES ESENCIALES EN BOLIVIA .....	8
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 CARACTERIZACIÓN DE LA ALBAHACA.....	11
1.2 TIPOS DE ALBAHACA MAS COMUNES.....	12
ALBAHACA DULCE O GENOVESA ( <i>OCIMUM BASILICUM</i> ).....	12
ALBAHACA TAILANDESA ( <i>O. BASILICUM</i> VAR. <i>THYRSIFLORA</i> ).....	13
ALBAHACA LIMÓN ( <i>OCIMUM</i> × <i>CITRIODORUM</i> ) .....	14
ALBAHACA SAGRADA O TULSI ( <i>OCIMUM TENUIFLORUM</i> ).....	15
ALBAHACA AZUL AFRICANA ( <i>OCIMUM BASILICUM KILIMANDSCHARICUM</i> × <i>DARK OPAL</i> ).....	16
1.3 TIPOS DE ALBAHACA EN LA CIUDADA DE TARIJA .....	17
1.4 TAXONOMÍA DE LA ALBAHACA <i>Ocimum basilicum</i> L. ....	19
1.5 USOS DE LA ALBAHACA.....	20
1.6 ACEITE ESENCIAL.....	20

1.7	PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	21
1.8	PROPIEDADES QUÍMICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	21
1.9	CLASIFICACIÓN DE LOS ACEITES ESENCIALES .....	23
	CONSISTENCIA.....	23
	ORIGEN .....	23
	NATURALEZA QUÍMICA.....	24
1.10	CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	25
1.11	COMPONENTES PRINCIPALES DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	
	25	
1.12	USOS DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	27
1.13	PROCESOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES .....	28
1.11.1	PRENSADO .....	28
1.11.2	EXTRACCIÓN CON SOLVENTES VOLÁTILES .....	29
1.11.3	ENFLORADO .....	30
1.11.4	EXTRACCIÓN CON FLUIDOS SUPERCRÍTICOS .....	30
1.11.5	DESTILACIÓN POR ARRASTRE DE VAPOR .....	31
1.11.6	HIDRODESTILACIÓN .....	33
1.11.7	DESTILACIÓN AGUA- VAPOR.....	35
1.11.8	DESTILACIÓN PREVIA MACERACIÓN .....	36
1.11.9	DESTILACIÓN AL VACÍO .....	37
1.11.10	DESTILACIÓN MOLECULAR.....	37
1.14	SELECCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	38
1.15	ESTUDIO PREVIO .....	40
1.16	RENDIMIENTO .....	44
1.17	ALMACENAMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	45
1.18	CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES.....	45

## CAPÍTULO II



## PARTE EXPERIMENTAL

2.1	DESCRIPCIÓN DE LA MATERIA PRIMA .....	47
2.2	DISEÑO FACTORIAL.....	48
2.2.1	VARIABLES Y NIVELES DEL DISEÑO FACTORIAL .....	48
2.3	ACONDICIONAMIENTO DE MATERIA PRIMA PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL .....	50
2.4	DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS HOJAS DE ALBAHACA.....	51
2.5	MOLIENDA DE HOJAS DE ALBAHACA.....	52
2.6	GRANULOMETRÍA DE HOJAS DE ALBAHACA PICADA.....	53
2.7	EQUIPOS PARA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	54
2.7.1	COCINILLA.....	55
2.7.2	EQUIPO DE DESTILACIÓN .....	55
2.7.3	REFRIGERANTE .....	57
2.8	ETAPAS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	58
2.9	PRUEBAS PRELIMINARES.....	60
2.10	PROCEDIMIENTO PARA OBTENCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	61
2.11	METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS DEL PRODUCTO FINAL .....	65
2.11.1	DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA.....	65
2.11.2	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA .....	66
2.11.3	CROMATOGRAFÍA DE GASES.....	66

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1	CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA: HOJAS DE ALBAHACA	68
3.1.1	RESULTADOS DEL PROCESO DE DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS HOJAS DE ALBAHACA	68
3.1.2	ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DE LAS HOJAS DE ALBAHACA	70
3.1.3	ANÁLISIS ORGANOLÉPTICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	71
3.2	GRADIENTE DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO DE DESTILACIÓN	72
3.3	RESULTADOS DE GRANULOMETRÍA DE HOJAS DE ALBAHACA	74
3.4	RESULTADOS DE PRUEBAS PRELIMINARES	75
3.5	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	77
3.4.1	RESULTADO DEL CÁLCULO DE LA DENSIDAD DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	77
3.4.2	CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	79
3.4.3	RESULTADO DE LA MEDICIÓN DEL ÍNDICE DE REFRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA	81
3.4.4	RESULTADO DE CROMATOGRAFÍA DE GASES	82
3.6	COMPARACIÓN DE RESULTADOS CON OTROS TRABAJOS PREVIOS	84
3.7	ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO FACTORIAL	85
3.6.1	TIEMPO Vs. RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL OBTENIDO	88
3.6.2	TAMAÑO DE PARTÍCULA Vs. RENDIMIENTO	89
3.6.3	MASA EN EL LECHO Vs. RENDIMIENTO	92
3.8	BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA	94

## CAPÍTULO IV

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	CONCLUSIONES .....	101
5.2	RECOMENDACIONES .....	104

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición nutritiva por cada 100 gr. de parte comestible de albahaca.;	<b>Error!</b>		
<b>Marcador no definido.</b>			
Tabla 2. Empresas productoras de aceite esencial de albahaca.;	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>			
Tabla 3. Principales países exportadores de aceites esenciales.;	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>			
Tabla 4. Principales países importadores de aceites esenciales.;	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>			
Tabla 5. Exportaciones a nivel MERCOSUR de aceites esenciales.;	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>			
Tabla 6. Precios de Aceites Esenciales en el Mercosur (US\$/Kilo).;	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>			
Tabla 7. Exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Bolivia.;	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>			
Tabla I- 1. Usos de la albahaca.....;	<b>Error!</b>		
<b>Marcador no definido.</b>			
Tabla I- 2. Grupos funcionales y sus propiedades.....	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
Tabla I- 3. Rendimientos según el tipo de planta y el estado de la planta.;	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
<b>definido.</b>			
Tabla I- 4. Propiedades del Linalol.....			26
Tabla I- 5. Propiedades del Eucaliptol.....			26
Tabla I- 6. Propiedades del Eugenol.....			26
Tabla I- 7. Usos del aceite esencial de albahaca.....	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
Tabla I- 8. Selección de la metodología de trabajo.....			39
Tabla I- 9. Clasificación de los parámetros analíticos utilizados en el control de calidad de aceites esenciales .....	<b>Error!</b>	<b>Marcador</b>	<b>no</b>
Tabla II- 1. Numero de combinaciones del diseño factorial.....;	<b>Error!</b>		
<b>Marcador no definido.</b>			
Tabla III- 1. Resultados del porcentaje de humedad de las hojas de albahaca.....;	<b>Error!</b>		

**Marcador no definido.**

Tabla III- 2. Porcentaje de humedad de albahaca seca; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 3. Análisis organoléptico de las hojas de albahaca; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 4. Características organolépticas del aceite esencial de albahaca .....; **Error!**

**Marcador no definido.**

Tabla III- 5. Resultados de granulometría de hoja de albahaca picada.; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 6. Resultado de pruebas preliminares.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 7. Rendimiento y propiedades físicas del aceite esencial de albahaca de diferentes épocas del año.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 8. Comparación de resultados de rendimiento de aceite esencial de albahaca .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 9. Resultado de la medición del Índice de refracción; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 10. Resultados del análisis cromatográfico comparados con el trabajo de Ijaz, A. ....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 11. Comparación de resultados con trabajos previos; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 12. Datos obtenidos de todos los experimentos; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 13. Datos para análisis estadístico.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 14. Variables introducidas/ eliminadas .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 15. Resumen del modelo .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 16. ANOVA .....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 17. Coeficientes.....; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 18. Datos de rendimiento vs. Tamaño de partícula; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 19. Datos de masa de lecho Vs. Rendimiento; **Error! Marcador no definido.**

Tabla III- 20. Valor de las corrientes del diagrama de flujo; **Error! Marcador no definido.**

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Planta de albahaca.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 1. 2. Albahaca dulce.....	13
Figura 1. 3. Albahaca Tailandesa.....	14
Figura 1. 4. Albahaca limón.....	15
Figura 1. 5. Albahaca sagrada.....	16
Figura 1. 6. Albahaca azul Africana.....	17
Figura 1. 6. Prensa multiuso de aceite en frío. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 1. 7. Proceso de extracción de aceite esencial con solventes supercríticos.....	31
Figura 1. 8. Proceso de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor de agua;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 1. 9. Alambique para extracción de aceite esencial;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 1. 10. Proceso de extracción de aceite esencial;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 1. 12. Equipo empleado por Rodríguez, A.....	43
Figura 1. 13. Aceite esencial de albahaca obtenido por Rodríguez, A.....	43
Figura 2. 1. Dimensiones del equipo de destilación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 2. 2. Dimensiones de los canastillos del equipo de destilación;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1.1. Albahaca <i>OcimumBasilicum L.</i> .....	18
Foto 1.2. Albahaca <i>Ocimumkilimandscharicum.</i> .....	18
Foto 2. 1. Planta de albahaca .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Foto 2. 2. Albahaca secando al ambiente .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Foto 2. 3. Secador infrarrojo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Foto 2. 4. Pica-todo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Foto 2. 5. Tamizado.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Foto 2. 6. Tamizador.....	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 7. Cocinilla .....	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 8. Equipo de destilación .....	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 9. Refrigerante Liebig .....	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 10. Balanza analítica .....	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 11. Equipo de destilación agua-vapor .....	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 12. Condensado de mezcla de agua y aceite esencial;	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 13. Separación de aceite esencial y agua.....	¡Error! Marcador no definido.
Foto 2. 14. Aceite esencial envasado.....	¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Exportadores de aceites esenciales.....	5
Gráfico 2. Importadores de aceites esenciales.....	6
Gráfico i. 1. Exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Bolivia.;	¡Error! Marcador no definido.
Gráfico i. 2. Importaciones y exportaciones de aceites esenciales y resinoides de Bolivia. ....	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3- 1. % Humedad de albahaca seca.....	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3- 2. Granulometría de la hoja de albahaca picada;	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3- 3. Comparación de la densidad con el trabajo de Ijaz, A.;	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3- 4. Comparación del porcentaje de rendimiento con el trabajo de Ijaz, A.;	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3- 5. Comparación del índice de refracción con el trabajo de Ijaz, A. .;	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3- 6. % Relativo vs Compuesto del análisis cromatográfico;	¡Error! Marcador no definido.
Grafico 3- 7. Tiempo vs. Rendimiento .....	¡Error! Marcador no definido.

Grafico 3- 8. Tamaño de partícula vs. Rendimiento....**¡Error! Marcador no definido.**

Grafico 3- 9. Masa en el lecho vs. Rendimiento ..... **¡Error! Marcador no definido.**

### ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama II- 1. Diagrama de bloques del proceso de extracción de aceite esencial de albahaca ..... **¡Error! Marcador no definido.**

Diagrama III- 1. Diagrama de flujo del equipo de extracción de aceite esencial.....**¡Error! Marcador no definido.**

### ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1:ANÁLISIS FISICOQUÍMICOS DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA

ANEXO 2:ANÁLISIS CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL DE ALBAHACA

ANEXO 3: TAXONOMÍA DE LA ALBAHACA *Ocimum basilicum* L.



## ABREVIATURAS

μg	Microgramo
μL	Microlitro
μm	Micrómetro
Bs.	Bolivianos
CEANID	Centro de Análisis, Investigación y Desarrollo
CG	cromatografía de gases
CIQ	Centro de Investigación Químicas
cm	Centímetro
etc.	Etcétera
FCA	Facultad de Ciencias Agropecuarias
g	Gramos
ha	hectárea
HP	Caballos fuerza
IMIDA	Instituto Murciano de Investigación y Desarrollo Alimentario
Kcal	Kilocaloría
Kg	Kilogramo
LOU	Laboratorio de Operaciones Unitarias
MERCOSUR	Mercado Común del Sur
mg	Miligramo
min	Minuto
ml	Mililitro

mm

Milímetro

° C

Grado centígrado

psi

libra-fuerza por pulgada  
cuadrada

RPM

Revoluciones por minuto

s

Segundo

Ton

Tonelada

UNC

Universidad Nacional de  
Córdoba

US\$

Dólares Americanos

USA

Estados Unidos