

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



**EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE ACEITE
ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE EN TARIJA**

Por:

KEILA ECHART ROMERO

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

22 de mayo de 2014

TARIJA-BOLIVIA

Dedicado a Dios, mi principal sustento
y a los miembros de mi familia,
quienes me brindaron su amor y ayuda
en todo momento para la culminación
de la presente investigación.

ÍNDICE

ADVERTENCIA.....	II
DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
RESUMEN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.2 JUSTIFICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3 OBJETIVOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 GENERALIDADES DE LOS ACEITES ESENCIALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.1 DEFINICIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.3 CLASIFICACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.3.1 CONSISTENCIA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.3.2 ORIGEN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.3.3 COMPONENTES MAYORITARIOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.4 DISTRIBUCIÓN Y ESTADO NATURAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

2.1.5 PROPIEDADES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1.6 APLICACIONES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.2 MATERIA PRIMA: SEMILLAS DE LA ESPECIE SCHINUS MOLLE L.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3 PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.1 Prensado-raspado	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.2 Enfloración en frío.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.3 Extracción con grasa en caliente.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.4 Extracción con disolventes orgánicos.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.5 Extracción con dióxido de carbono en condiciones supercríticas .	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.6 Destilación.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.6.1 Hidrodestilación.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.6.2 Destilación con agua y vapor.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.1.6.3 Destilación por arrastre con vapor.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.2 Selección del método para la extracción de aceite esencial de semillas de molle...	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.3.3 Etapas del proceso de extracción de aceite esencial de semillas de molle por destilación con agua-vapor.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4 PRODUCTO: ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4.1 Características	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4.2 Propiedades físicas	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4.3 Composición química	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4.4 Actividad biológica.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.4.5 Aplicaciones.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.5 PURIFICACIÓN DE ACEITES ESENCIALES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.5.1 Deshidratación	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.5.2 Desterpenación	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.6 RENDIMIENTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

2.6.1 EFECTO DE LA APLICACIÓN DE PRE-TRATAMIENTO (MOLIENDA) A LA MATERIA PRIMA SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE MOLLE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.6.2 CURVAS DE TIEMPO DE EXTRACCIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.7 CONTROL DE CALIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO III

PARTE EXPERIMENTAL

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA: SEMILLAS DE MOLLE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE FRUTOS Y SEMILLAS DE MOLLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1.2 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LAS SEMILLAS DE MOLLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1.3 DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE CENIZAS DE LAS SEMILLAS DE MOLLE....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2 EVALUACIÓN DE LA INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LAS SEMILLAS Y LOS INTERVALOS DE TIEMPO DE EXTRACCIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1.1 FACTORES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1.2 NIVELES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DEL FACTOR GRANULOMETRÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1.2.2 DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DEL FACTOR INTERVALOS DE TIEMPO DE EXTRACCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1.3 VARIABLE RESPUESTA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2.1.4 NÚMERO DE COMBINACIONES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3 OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE EN CONDICIONES CONTROLADAS DE OPERACIÓN.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1 ETAPAS DEL PROCESO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.1 RECOLECCIÓN DE FRUTOS.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.2 SELECCIÓN DE FRUTOS MADUROS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

3.3.1.3 SECADO A LA SOMBRA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.4 ELIMINACIÓN DE CASCARILLA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.5 MOLIENDA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.6 TAMIZADO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.7 DESTILACIÓN CON AGUA-VAPOR.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.7.1 EQUIPO DE DESTILACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.7.2 CONDICIONES DE OPERACIÓN DEL EQUIPO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.7.3 PROCESO DE DESTILACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.8 CONDENSACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.9 SEPARACIÓN DE FASES Y CÁLCULO DEL RENDIMIENTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.10 PURIFICACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.1.11 ALMACENAMIENTO Y CONSERVACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.3.2 TRATAMIENTO DEL RESIDUO: SEMILLAS DE MOLLE AGOTADAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4 CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE OBTENIDO EN TARIJA E IDENTIFICACIÓN DE SUS COMPONENTES.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.2 CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.2.1 DENSIDAD RELATIVA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.2.2 ÍNDICE DE REFRACCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.2.3 ROTACIÓN ÓPTICA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.4.3 ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA GASEOSA ACOPLADA A ESPECTROMETRÍA DE MASAS GC/MS ...	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
MARCADOR NO DEFINIDO.	
3.5 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA DEL PROCESO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5.1 BALANCE DE MATERIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5.2 BALANCE DE ENERGÍA EN LA TORRE DE DESTILACIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.5.3 BALANCE DE ENERGÍA EN EL CONDENSADOR	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LA MATERIA PRIMA: SEMILLAS DE MOLLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1.2 CONTENIDO DE HUMEDAD Y CENIZAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2 INFLUENCIA DE LA GRANULOMETRÍA DE LAS SEMILLAS Y LOS INTERVALOS DE TIEMPO DE EXTRACCIÓN SOBRE EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.1 NIVELES DEL FACTOR GRANULOMETRÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.2 POSICIONES ÓPTIMAS DE AJUSTE DE LOS DISCOS DEL MOLINO PARA LA TRITURACIÓN DE LAS SEMILLAS DE MOLLE.	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.3 NIVELES DEL FACTOR INTERVALOS DE TIEMPO DE EXTRACCIÓN	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.4 RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE EN TARIJA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.5 ANÁLISIS DEL RESIDUO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.7 GRANULOMETRÍA VS RENDIMIENTO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.2.8 INTERVALOS DE TIEMPO DE EXTRACCIÓN VS RENDIMIENTO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3 CARACTERÍSTICAS Y PRINCIPALES COMPONENTES DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO .	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.2 CARACTERÍSTICAS FISCOQUÍMICAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.3.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA GASEOSA ACOPLADA A ESPECTROMETRÍA DE MASAS GC/MS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.4 CÁLCULOS Y RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.5 ANÁLISIS ESTIMATIVO DE COSTOS DE PRODUCCIÓN EN CONDICIONES DE LABORATORIO.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.6 COSTO DE REALIZACIÓN DEL ESTUDIO.....	127

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

5.2 RECOMENDACIONES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INDICE DE TABLAS

TABLA I-1: EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE ACEITES ESENCIALES .. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-1: COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL CON BASE EN LOS GRUPOS FUNCIONALES DE
MOLÉCULAS CONSTITUYENTES..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-2: INDUSTRIAS QUE USAN PRODUCTOS AROMÁTICOS NATURALES Y ACEITES ESENCIALES ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-3: COMPOSICIÓN EN BASE HÚMEDA DE LOS FRUTOS DE MOLLE. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-4: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS MÉTODOS DE DESTILACIÓN¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-5: SELECCIÓN DEL MÉTODO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-6: PROPIEDADES FÍSICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE S. MOLLE L., REGISTRADAS EN VARIOS PAÍSES.
..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-7: PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-8: COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE..... ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-9: CONTENIDO PORCENTUAL DE ACEITE ESENCIAL EN S. MOLLE L. (REGISTRADO POR VARIOS
AUTORES)..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

TABLA II-10: COMPARACIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE LAS DESTILACIONES EXTRACTIVAS CON Y SIN PRE-
TRATAMIENTO DEL MATERIAL VEGETAL..... **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA II-11: PARÁMETROS UTILIZADOS PARA EL CONTROL DE CALIDAD DE ACEITES ESENCIALES..... **¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA III-1: DISEÑO FACTORIAL PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE ... **¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA III-2: DATOS DE LA EXTRACCIÓN QUE PRESENTA EL MEJOR RENDIMIENTO **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA III-3: CORRIENTES DE PROCESO **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA IV-1: CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE FRUTOS Y SEMILLAS DE MOLLE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA IV-2: DATOS DE VARIACIÓN DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EVAPORADA CON EL TIEMPO..... **¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA IV-3: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE HUMEDAD **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA IV-4: PORCENTAJES DE HUMEDAD Y CENIZAS DE SEMILLAS DE MOLLE **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA IV-5: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SEMILLAS DE MOLLE ENTERAS **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA IV-6: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – POSICIÓN 1 DE AJUSTE DEL MOLINO..... **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA IV-7: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – POSICIÓN 2 DE AJUSTE DEL MOLINO..... **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA IV-8: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – POSICIÓN 3 DE AJUSTE DEL MOLINO..... **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA VI-9: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO – POSICIÓN 4 DE AJUSTE DEL MOLINO..... **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA IV-10: DATOS OBTENIDOS PARA LA CURVA DE EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE
MOLLE **¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.**

TABLA IV-11: RENDIMIENTOS DE ACEITE ESENCIAL OBTENIDOS EN CADA ENSAYO **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA IV-12: CANTIDAD DE AGUA RETENIDA EN EL RESIDUO POR TAMAÑO..... **¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.**

TABLA IV-13: DATOS PARA EL ANÁLISIS DE VARIANZA.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-14: FACTORES INTER-SUJETOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-15: ANÁLISIS DE VARIANZA ANOVA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-16: VARIABLES INTRODUCIDAS/REMOVIDAS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-17: COEFICIENTES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-18: CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-19: COMPARACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-20: COMPOSICIÓN DEL ACEITE DE SEMILLAS DE MOLLE	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-21: RESULTADOS DEL BALANCE DE MATERIA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-22: RESULTADOS DEL BALANCE DE ENERGÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
TABLA IV-23: COSTOS DEL ESTUDIO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 2-1: ÁRBOL DE MOLLE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-2: FRUTOS Y SEMILLA DEL ÁRBOL DE MOLLE DE TARIJA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-3: ECUÉLLE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-4: BASTIDOR PARA ENFLORACIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-5: EQUIPO DE EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-6: PROCESO DE HIDRODESTILACIÓN..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-7: PROCESO DE DESTILACIÓN AGUA-VAPOR ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-8: PROCESO DE DESTILACIÓN POR ARRASTRE CON VAPOR..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-9: ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-10: VARIACIÓN DE LA CANTIDAD DE ACEITE EXTRAÍDO CON RELACIÓN AL INCREMENTO DE TIEMPO
EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE EXTRACCIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 2-11: VARIACIÓN DEL RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL EN FUNCIÓN DEL TIEMPO DE
EXTRACCIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-1: MATERIA PRIMA – FRUTOS Y SEMILLAS DE MOLLE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-2: ANALIZADOR INFRARROJO SARTORIUS MA 100 ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-3: PESAJE DE CRISOLES Y MUESTRA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-4: CALCINACIÓN EN CRISOLES DENTRO DE LA MUFLA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-5: ENFRIAMIENTO EN DESECADOR..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-6: CENIZAS OBTENIDAS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-7: DIAGRAMA DE FLUJO. EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE POR EL
MÉTODO DE DESTILACIÓN AGUA-VAPOR. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-8: COSECHA DE FRUTOS DE MOLLE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-9: SELECCIÓN DE FRUTOS MADUROS..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-10: SECADO DE FRUTOS MADUROS BAJO SOMBRA ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-11: PELADO MANUAL DE LOS FRUTOS SECOS POR FROTAMIENTO ¡ERROR! MARCADOR NO
DEFINIDO.

FIGURA 3-12: SEMILLAS DE MOLLE Y CASCARILLA..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-13: MOLINO DE GRANOS Y SEMILLAS DE MOLLE TRITURADAS.. ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-14: TAMIZ VIBRATORIO Y JUEGO DE TAMICES ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-15: CÁMARA DE EXTRACCIÓN DEL LOU CON SUS TRES CANASTILLOS INTERIORES ¡ERROR!
MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-16: CÁMARA DE EXTRACCIÓN MODIFICADA Y CANASTILLOS DE ACERO INOXIDABLE ¡ERROR!

MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-17: EQUIPO DE DESTILACIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-18: SEPARACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-19: MEDICIÓN DEL VOLUMEN DE ACEITE ESENCIAL PARA EL CÁLCULO DEL RENDIMIENTO ... ¡ERROR!

MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-20: SULFATO DE SODIO ANHIDRO ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-21: PURIFICACIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE ¡ERROR! MARCADOR NO

DEFINIDO.

FIGURA 3-22: ALMACENAMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE ¡ERROR! MARCADOR NO

DEFINIDO.

FIGURA 3-23: RESIDUO – SEMILLAS DE MOLLE AGOTADAS ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-24: PICNÓMETRO DE VIDRIO CON TERMÓMETRO..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-25: REFRACTÓMETRO DE ABBE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-26: POLARÍMETRO ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 3-27: DIAGRAMA DE FLUJO DE EQUIPOS DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE

SEMILLAS DE MOLLE ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 4-1: CURVA DE PORCENTAJE DE HUMEDAD EVAPORADA VS TIEMPO DE SECADO ¡ERROR! MARCADOR

NO DEFINIDO.

FIGURA 4-2: CURVA DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE SEMILLAS DE MOLLE ... ¡ERROR! MARCADOR NO

DEFINIDO.

FIGURA 4-3: CANTIDADES DE AGUA RETENIDAS POR CANASTILLO PARA CADA TAMAÑO DE RESIDUO .. ¡ERROR!

MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 4-4: CURVAS DE EXTRACCIÓN..... ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 4-5: GRANULOMETRÍA VS RENDIMIENTO - BARRAS COMPARATIVAS ¡ERROR! MARCADOR NO

DEFINIDO.

FIGURA 4-6: INTERVALOS DE TIEMPO DE EXTRACCIÓN VS RENDIMIENTO - BARRAS COMPARATIVAS.... ¡ERROR!

MARCADOR NO DEFINIDO.

FIGURA 4-7: RENDIMIENTO DE CADA INTERVALO DE TIEMPO – GRÁFICOS DE TORTA ¡ERROR! MARCADOR NO

DEFINIDO.

FIGURA 4-8: COSTOS ESTIMADOS DE PRODUCCIÓN ¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: MÉTODO PARA LA DETERMINACIÓN DE CENIZAS DEL CEANID.....	136
ANEXO 2: FICHA DE ANÁLISIS GC/MS E INFORME DE COMPOSICIÓN DEL A.E. DE SEMILLAS DE MOLLE EN TARIJA.....	139