



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA:

**INFLUENCIA DEL TIEMPO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL
RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE HOJAS DE
EUCALIPTO FRESCAS Y LIOFILIZADAS**

AUTORAS:

MARICELA ESTEFANÍA CALDERÓN RODRÍGUEZ

MARCELA MARÍA LOOR VERA

TUTORA:

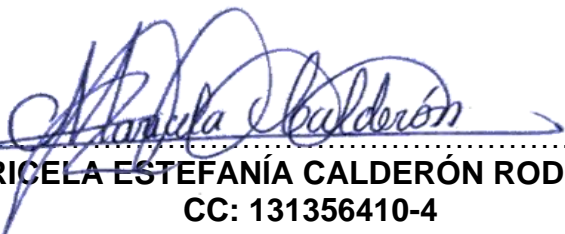
ING. LUISA ANA ZAMBRANO MENDOZA, MGTR.

CALCETA, FEBRERO 2023

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Maricela Estefanía Calderón Rodríguez, con cédula de ciudadanía 131356410-4 y Marcela María Loor Vera, con cédula de ciudadanía 131433038-0, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: es **INFLUENCIA DEL TIEMPO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE HOJAS DE EUCALIPTO FRESCAS Y LIOFILIZADAS** de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que incluyen en este documento.


A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.


.....
MARICELA ESTEFANÍA CALDERÓN RODRÍGUEZ
CC: 131356410-4


.....
MARCELA MARÍA LOOR VERA
CC: 131433038-0

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Maricela Estefanía Calderón Rodríguez, con cédula de ciudadanía 131356410-4 y Marcela María Loor Vera, con cédula de ciudadanía 131433038-0, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **INFLUENCIA DEL TIEMPO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE HOJAS DE EUCALIPTO FRESCAS Y LIOFILIZADAS**, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y total autoría.



.....
MARICELA ESTEFANÍA CALDERÓN RODRÍGUEZ
CC: 131356410-4



.....
MARCELA MARÍA LOOR VERA
CC: 131433038-0

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

ING. LUISA ANA ZAMBRANO MENDOZA, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: INFLUENCIA DEL TIEMPO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE HOJAS DE EUCALIPTO FRESCAS Y LIOFILIZADAS, que ha sido desarrollado por Maricela Estefanía Calderón Rodríguez y Marcela María Loor Vera, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. LUISA ANA ZAMBRANO MENDOZA, MGTR.
CC:1314287697
TUTORA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: INFLUENCIA DEL TIEMPO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE HOJAS DE EUCALIPTO FRESCAS Y LIOFILIZADAS, que ha sido desarrollado por Maricela Estefanía Calderón Rodríguez y Marcela María Loor Vera, previo a la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

.....
ING. MACÍAS ANDRADE EDISON FABIÁN,
PhD.
CC: 0910715218
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

.....
ING. DEMERA LUCAS FRANCISCO
MANUEL, MGTR.
CC: 1313505214
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....
ING. VERGARA VÉLEZ GUILBER ENRIQUE,
MGTR.
CC: 1307843860
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por bendecirme y darme la fuerza para alcanzar esta anhelada meta por la cual he luchado durante toda mi trayectoria estudiantil;

A mis padres por todo el apoyo incondicional, que con sacrificios y esfuerzos han logrado brindarme la mejor educación y es la mejor herencia que me ha servido y que prevalecerá toda mi vida.

A mi familia y amigos que, de alguna u otra manera con su apoyo, consejos y vibras positivas me han ayudado en el transcurso de mi carrera universitaria. A mi compañera de tesis que desde inicios de la carrera se ha convertido en una amiga leal en todo sentido de la palabra y ser mi dupla perfecta en este trabajo de investigación.

A mi estimada tutora Ing. Luisa Ana Zambrano Mendoza y facilitadora Ing. Katherine Loor Cusme por su paciencia y motivación; asimismo mi gratitud es dirigida al ing. Carlos Tubay, ing. Eudaldo Loor, ing. Diana Cedeño y el ing. Francisco Demera por la ayuda que nos brindaron para la realización de este trabajo; A todos los profesores que desde el inicio con sus experiencias y orientaciones en cada una de sus áreas aportaron para mi formación profesional.

MARICELA ESTEFANÍA CALDERÓN RODRÍGUEZ

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día. A Dios por ser quien me protege y darme fortaleza para culminar mis estudios, bendiciéndome siempre en cada paso que he dado. A mi Madre María Vera por ser ese pilar fundamental en cada etapa de mi vida, por su apoyo incondicional durante todos mis estudios, gracias por la ayuda que he recibido de ti para cumplir mis metas, siempre dispuesta a sostenerme con tu amor para no rendirme cuando el camino se ponía difícil. Gracias por haberme alentado en los instantes en los que sentía que todo estaba perdido. A mi Padre por haber fomentado en mí, el deseo de superación y ayuda en momentos difíciles.

A mis padrinos Ángela Andrade y Washington Moreira por su cariño, guía, consejos y ayuda en cada momento. A mis abuelos y a mi familia que de alguna manera u otra han estado pendiente de mí y han confiado en que si puedo cumplir las metas que me propongo. A mis profesores por todas las enseñanzas otorgadas cada día. A mi tutora Ing. Luisa Ana Zambrano por su ayuda, apoyo brindado y la orientación que me otorgó en el transcurso del camino para cumplir con los requerimientos de esta investigación. Debo agradecer de manera especial y sincera a los Ingenieros Carlos Tubay, Eudaldo Loor, Diana Cedeño y Francisco Demera por el apoyo incondicional y el aporte invaluable que me brindaron para la culminación de este trabajo.

A mis compañeros de clase, que gracias porque de ellos he aprendido muchas cosas y a mis amigos por estar a mi lado en las buenas y en las malas, brindándome las fuerzas necesarias para seguir adelante. A mi amiga de Tesis por la complicidad y el compromiso en cada instante para realizar este proyecto. Agradezco enormemente a todas las personas que estuvieron conmigo desde el inicio de mis estudios y aquellas que se sumaron en el camino.

MARCELA MARÍA LOOR VERA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme la oportunidad de haber alcanzado esta meta, sin sus propósitos y bendiciones en mí, nada de esto hubiera sido posible.

A mis padres, familiares, hermanos y amigos, por todo el apoyo emocional, consejos y motivación que me brindaron a lo largo de mi carrera académica. A mi novio por demostrarme su amor, comprensión y darme ánimos en todo este proceso profesional, mismo que hemos compartido mutuamente durante estos años en esta institución.

A mi hermanita menor, quien ya está dando sus inicios en esta etapa universitaria, se lo dedico como muestra de perseverancia, esfuerzos y sacrificios que hoy por hoy, Dios mediante valieron la pena, sé que unos años lo lograrás, tus capacidades y cualidades lo demuestran, y deseo con todo el corazón que también cumplas todas metas.

Y por último y no menos importante, mis amigos y compañeros, gracias por todos los buenos y malos momentos compartidos tanto en el aula de clases como fuera, cada uno de ustedes han dejado huellas en mi corazón e hicieron que este proceso se haya llevado de la mejor manera.

MARICELA ESTEFANÍA CALDERÓN RODRÍGUEZ

DEDICATORIA

A Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de adquirir uno de los anhelos más deseados.

A mi madre María Vera por su trabajo, amor, bendiciones y sacrificio en todos estos años, por haberme apoyado para llegar a estas instancias de mis estudios y por su ayuda para salir adelante en momentos difíciles, por inculcarme en mi el ejemplo de perseverancia, esfuerzo y valentía de no temer a las adversidades.

A mi padre, por enseñarme que puedo lograr todo lo que me proponga para alcanzar mis objetivos.

A mi familia que de alguna manera me han apoyado para salir adelante.

A mis padrinos por su amor y apoyo incondicional.

Por último, a todos mis amigos, pero en especial a mi grupo de amigos de la Universidad: Maricela Calderón, Nixon Bravo, Antonio Cedeño, Andrés Flecha, Elisa Sánchez, Ronny Cedeño, Josselyn Zambrano, Washington Demera, Evelyn Ostaiza y José Luis Véliz, gracias por toda su ayuda, compromiso y amistad, compartiendo alegrías y tristezas, quienes sin esperar nada a cambio me dieron palabras de aliento para seguir perseverando y cumplir con mis metas. Y a todas aquellas personas que estuvieron a mi lado apoyándome en el transcurso de mis estudios.

MARCELA MARÍA LOOR VERA

CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	viii
CONTENIDO DE TABLAS.....	xii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiii
CONTENIDO DE ECUACIONES	xiii
RESUMEN.....	xiv
PALABRAS CLAVE	xiv
ABSTRACT.....	xv
KEY WORDS.....	xv
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2. JUSTIFICACIÓN	2
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. EUCALIPTO.....	5
2.1.1. HOJAS DE EUCALIPTO	6
2.2. LIOFILIZACIÓN	6
2.3. ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO.....	7
2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO.....	7
2.3.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO	8
2.4. MÉTODO DE EXTRACCIÓN	9
2.4.1. HIDRODESTILACIÓN	9
2.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDRODESTILACIÓN.....	9

2.5. FACTORES QUE AFECTAN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL	10
2.5.1. PREPARACIÓN DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO Y TIEMPO DE EXTRACCIÓN	10
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO	11
3.1. UBICACIÓN	11
3.2. DURACIÓN	11
3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS	11
3.3.1. MÉTODOS	11
3.3.2. TÉCNICAS	12
3.4. FACTORES EN ESTUDIO	14
3.4.1. NIVELES	14
3.4.2. TRATAMIENTOS	14
3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL	15
3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL	16
3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO	16
3.7.2. VARIABLES A MEDIR	20
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	20
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	21
4.1. TIEMPO ÓPTIMO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO (<i>Eucalyptus globulus</i>)	21
4.2. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO	22
4.3. TRATAMIENTOS DE ACEITE ESENCIAL EN HOJAS DE EUCALIPTO (<i>Eucalyptus globulus</i>)	25
4.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO	26
4.4.1. DETERMINACIÓN DE pH DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO	26
4.4.2. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO	28
4.4.3. DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE ACIDEZ DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO	29
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	31
5.1. CONCLUSIONES	31

5.2. RECOMENDACIONES	31
BIBLIOGRAFÍA	32
ANEXOS.....	39

CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica del eucalipto	5
Tabla 2. Detalles de los tratamientos	15
Tabla 3. Esquema de ANOVA factorial	15
Tabla 4. Análisis del % de rendimiento del aceite esencial en función del tiempo de extracción (Factor B)	21
Tabla 5. Tiempo óptimo de extracción de aceite esencial de eucalipto	22
Tabla 6. Análisis del % de rendimiento del aceite esencial en función del contenido de humedad (Factor A)	23
Tabla 7. Contenido de humedad óptimo para la extracción de aceite esencial de eucalipto.....	24
Tabla 8. Análisis del porcentaje de rendimiento del aceite esencial a través de la interacción de los factores A y B	25
Tabla 9. Valores de pH de los 8 tratamientos del aceite esencial de hojas de eucalipto	27
Tabla 10. Valores de densidad del aceite esencial de hojas de eucalipto de los 8 tratamientos.....	28
Tabla 11. Valores del índice de acidez de los 8 tratamientos del aceite esencial de eucalipto	29

CONTENIDO DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de proceso para la extracción de aceite esencial de las hojas de eucalipto	17
Figura 2. Superficie de respuesta para el tiempo óptimo	24

CONTENIDO DE ECUACIONES

Ecuación 1. Porcentaje de rendimiento	12
Ecuación 2. Porcentaje de acidez	12
Ecuación 3. Determinación de densidad	13

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito evaluar la influencia del tiempo y contenido de humedad en el rendimiento del aceite esencial obtenido de las hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). Los tiempos de extracción fueron 30, 60, 90 y 120 minutos para 60g de hojas frescas y liofilizadas en 600mL de agua destilada, se empleó un arreglo bifactorial A*B en DCA, obteniendo ocho tratamientos con tres réplicas. Para las hojas liofilizadas (humedad 11.55%) el mayor porcentaje de rendimiento fue 3.03% obtenido de T8, mientras que para hojas frescas (humedad de 58.25%) fue T4; a través del método de superficie respuesta se determinó que el tiempo óptimo para extraer aceite fue 120 minutos. Se analizaron las características fisicoquímicas a todos los tratamientos, donde se reportaron valores de pH entre 4.5 y 5, densidad de 0.86g/mL a 0.91g/mL, mientras que, el índice de acidez osciló de 3.15 a 5.55 mgKOH/g en hojas frescas y liofilizadas. Para la variable densidad, los tratamientos T1, T5 y T8 cumplen con lo establecido por AFNOR ISO y la Ficha Técnica de la empresa Corquimia, respectivamente; los tratamientos que contenían como material vegetal a las hojas liofilizadas cumplieron con los valores estándares propuestos por AFNOR ISO para el índice de acidez, presentando una ligera variación con las hojas frescas; por tanto, se considera que el porcentaje de humedad influye significativamente en el rendimiento del aceite de eucalipto, siendo las condiciones óptimas de extracción a 120 minutos y 11.55% de humedad.

PALABRAS CLAVE

Hojas de eucalipto, liofilización, extracción, tiempo, humedad.

ABSTRACT

The purpose of this research was to evaluate the influence of time and moisture content on the yield of essential oil obtained from eucalyptus (*Eucalyptus globulus*) leaves. The extraction times were 30, 60, 90 and 120 minutes for 60g of fresh and lyophilized leaves in 600mL of distilled water, a bifactorial A*B arrangement was used in DCA, obtaining eight treatments with three replicates. For the lyophilized leaves (humidity 11.55%), the highest yield percentage was 3.03% obtained from T8, while for fresh leaves (humidity 58.25%) it was T4; through the response surface method, it was determined that the optimal time to extract oil was 120 minutes. The physicochemical characteristics of all treatments were analyzed, where pH values between 4.5 and 5, density from 0.86g/mL to 0.91g/mL were reported, while the acidity index ranged from 3.15 to 5.55 mgKOH/g in fresh and freeze-dried leaves. For the density variable, the T1, T5 and T8 treatments comply with the provisions of AFNOR ISO and the Corquimia Company Technical Sheet, respectively; the treatments that contained freeze-dried leaves as plant material complied with the standard values proposed by AFNOR ISO for the acidity index, presenting a slight variation with the fresh leaves; therefore, it is considered that the percentage of humidity significantly influences the yield of eucalyptus oil, the optimal extraction conditions being 120 minutes and 11.55% humidity.

KEY WORDS

Eucalyptus leaves, lyophilization, extraction, time, humidity.

CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En la industria alimentaria existe un creciente interés por reemplazar los productos químicos sintéticos por productos naturales que satisfagan la tendencia actual de consumo en base a compuestos bioactivos. Las plantas aromáticas son excelentes fuentes de dichos componentes que se pueden extraer mediante procesos como: hidrodestilación (Castro et al., 2017), arrastre de vapor (Briones y Guerrero, 2019), extracción con CO₂ supercrítico, Soxhlet (Zhao y Zhang, 2014) entre otros; permitiendo que sean utilizados en la industria medicinal y alimentaria debido a sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas (Bhavaniramy et al., 2019).

El aceite esencial de eucalipto posee una mezcla compleja de una variedad de monoterpenos, sesquiterpenos y fenómenos aromáticos (Zhao y Zhang, 2014), cuyo componente principal es el eucaliptol (1-8 cineol) que constituye entre el 70-80% en las hojas de esta planta (Martínez y Díaz, 2013), los cuales otorgan propiedades antisépticas, antioxidantes, insecticidas y fungicidas (Amaya y Sandoval, 2020), mismos que son difíciles de encontrar debido al uso limitado de técnicas de extracción y desconocimiento de sus beneficios (Bermudo, 2019).

En el 2020, el mercado mundial de aceite esencial se estimó en 247 millones de kilogramos, según la analista de mercados Grand View Research y se espera que en el 2027 crezca a una tasa anual del 7.5% de su producción (Alvarado, 2020). Para satisfacer la creciente demanda de los aceites esenciales, las industrias pretenden obtener mayor rendimiento en cuanto a su extracción; no obstante, Werner (2005) citado por López y Caso (2015) mencionan que existen factores que afectan el rendimiento de los aceites esenciales tales como el tipo de materia prima, tiempo de extracción y humedad del material vegetal.

Los tiempos de extracción tienen un efecto significativo tanto en el rendimiento como en la capacidad antioxidante del aceite esencial, cuyos perfiles químicos varían dependiendo del tiempo de destilación que se someta el material vegetal (Zheljazkov, et al., 2013); de igual manera Cannon et al. (2013) argumentan que, para comparar valores obtenidos sobre la composición del aceite, se debe tomar

importancia el período de tiempo de extracción, debido a que permite determinar experimentalmente que la capa de aceite o volumen obtenido se mantenga constante, pero si se sigue extrayendo a un tiempo infinito puede arrastrarse otros componentes, los cuales disminuirán la calidad del aceite (Quispe y Taco 2018).

El contenido de humedad del material vegetal en la extracción, es un factor importante en el rendimiento de los aceites esenciales, por ello, se suele deshidratar por medios naturales y artificiales para obtener aceites esenciales, debido a que, al eliminarse un gran porcentaje del agua, la extracción de los aceites es mucho más rápida (Quintero et al., 2004 citado por Díaz y Martínez, 2013). Sin embargo, los diferentes porcentajes de humedad de especies vegetales, afecta en el rendimiento y genera variabilidad en la composición química de los aceites esenciales, incidiendo en su calidad (Delgado et al., 2015).

Otro factor importante es el método de extracción, debido a que altera la calidad, cantidad y composición del aceite esencial (Delgado et al., 2015). La extracción puede efectuarse por diversos métodos siendo la hidrodestilación el método más habitual por ser amigable con el medio ambiente, gracias al mínimo impacto que genera al emplear el agua como disolvente (Bustamante, 2017).

En base a lo anteriormente expuesto se plantea la siguiente interrogante:

¿El contenido de humedad de las hojas (frescas y liofilizadas) y el tiempo de extracción influirá en el rendimiento del aceite esencial de eucalipto?

1.2. JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación evaluó el rendimiento de las hojas de eucalipto sometidas a diferentes contenidos de humedad (frescas y liofilizadas) y distintos tiempos de extracción para detectar las condiciones idóneas de obtención de aceite esenciales bajo el método de hidrodestilación. El eucalipto es una planta medicinal que se la ha utilizado como infusión dentro de la medicina natural, siendo su componente principal 1-8 cineol, que es un éter cíclico monoterpénico poco

aprovechado de manera industrial (Bermudo, 2019), pese a las propiedades antimicrobianas y antiinflamatorias que lo caracteriza (Aprotosoai et al., 2019).

La investigación está orientada en detectar los tratamientos que presenten mayor rendimiento de aceite esencial de eucalipto mediante la comparación de hojas frescas y liofilizadas en función del tiempo de extracción, factores que determinarían la cantidad y calidad del aceite esencial. Marcel (2018) menciona que los compuestos bioactivos del aceite esencial de eucalipto son útiles para las industrias farmacéutica, cosmética y alimentaria por sus propiedades antisépticas, antiinflamatorias, aromatizantes e inhibidoras, así como su actividad antibacteriana que está directamente relacionada con sus compuestos bioactivos principales (1.8-cineol y α -pineno). Por ello, se considera como una alternativa potencial para el diseño de productos saludables y funcionales que estén acorde a las necesidades y exigencias de los consumidores.

La liofilización se ha utilizado para mejorar el rendimiento de los aceites esenciales de hierba luisa, cilantro y jengibre (Ebadi et al. 2015; Pirbalouti et al., 2017; Castelán, 2020) por lo que su aplicabilidad en hojas de eucalipto podría servir como aporte técnico y científico para la futura generación de industrias de aceites esenciales y permitirá que dichas empresas obtengan información sobre las condiciones requeridas para obtener mejores rendimientos del material vegetal durante el proceso de extracción.

En cuanto a parámetros de calidad, la realización de análisis fisicoquímicos de los aceites esenciales de eucalipto permitirá la identificación de la calidad del aceite extraído en comparación a lo descrito en la literatura referencial (Rojas, 2016) y está regido bajo la Ficha de Seguridad de la empresa Corquimia establecido en base al Reglamento (UE) 2015:830 del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* 80% (Corquimia, 2020).

Por otro lado, en el aspecto ambiental el hidrolato, residuo a base de agua obtenido del proceso de extracción de los aceites esenciales de hierbas aromáticas, se establece como un subproducto (Silver, 2021) que se podría aprovechar principalmente en la industria agroindustrial y cosmética (Khalaf y Zahra, 2020).

En el ámbito socio-económico, esta investigación procura aprovechar el potencial bioactivo de las hojas de eucalipto como aceite esencial, debido a que la variedad climática y de suelos modifican la composición fisicoquímica y biológica de los extractos. En efecto, al promover la producción y usos de las bondades de los aceites esenciales permitirá generar beneficios económicos tanto de manera directa como indirecta a los productores, proveedores e industrias, ampliando plazas de empleo y contribuyendo a su vez al sector agroalimentario.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia del contenido de humedad de las hojas de eucalipto (frescas-liofilizadas) y el tiempo de extracción sobre el porcentaje de rendimiento del aceite esencial.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el tiempo óptimo para la extracción de aceites esenciales de las hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*).
- Comparar los porcentajes de humedad de las hojas frescas y liofilizadas de eucalipto de acuerdo al porcentaje de rendimiento del aceite esencial.
- Realizar la caracterización fisicoquímica a todos los tratamientos de aceite esencial en hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*).

1.4. HIPÓTESIS

El contenido de humedad de las hojas (frescas-liofilizadas) y el tiempo de extracción influyen en el rendimiento del aceite esencial de eucalipto.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. EUCALIPTO

Proviene de la familia Myrtaceae, ampliamente cultivada en el mundo y comúnmente utilizada para plantas medicinales. Hay muchas especies en el mundo, una de ellas es *Eucalyptus globulus* (Immaroh et al., 2021). La especie *globulus* es la más frecuentemente usada de este género a nivel mundial; vive en el litoral y zonas bajas hasta los 300m de altitud, crece de forma espontánea preferentemente en terrenos margosos y arenosos – arcillosos, tiene glándulas que segregan aceites esenciales en sus hojas, los cuales producen un olor característico y poseen componentes que pueden ser diferenciados en productos químicos de valor industrial (Amaya y Sandoval, 2020).

Los eucaliptos son árboles perennes, de porte recto pudiendo llegar a medir hasta sesenta metros de altura, la corteza exterior (ritidoma) es marrón claro con aspecto de piel y se desprende a tiras dejando manchas grises o parduscas sobre la corteza interior, más lisa; dentro del género *Eucalyptus*, el eucaliptol es los aceites esenciales de mayor concentración (Martínez y Díaz, 2013).

En la siguiente tabla se encuentra la respectiva clasificación taxonómica del eucalipto en relación al nombre científico, común, familia, género y especie (Amaya y Sandoval, 2020):

Tabla 1. Clasificación taxonómica del eucalipto

Nombre científico	<i>Eucalyptus globulus</i> Labill
Nombre Común	Eucalipto
Familia	<i>Myrtaceae</i>
Género	<i>Eucalyptus</i>
Especie	<i>Globulus</i>

2.1.1. HOJAS DE EUCALIPTO

Son simples y persistentes, suelen presentar heterofilia, es decir, en el mismo árbol se encuentran diferencias entre sus hojas jóvenes, acorazonadas y opuestas de coloración más bien tenue y las de su adultez que son gruesas y lanceoladas con punta de lanza (Amaya y Sandoval, 2020), contienen un aceite esencial de característico olor balsámico, que es un poderoso desinfectante natural; las hojas de *Eucalyptus* son ricas en aceites esenciales que se pueden obtener fácilmente a partir de las mismas por un proceso de extracción (Martínez y Díaz, 2013).

2.2. LIOFILIZACIÓN

Es un proceso en el que se congela el alimento y una vez congelado se introduce en una cámara de vacío para que se evapore el agua por sublimación, proceso que permite el cambio de estado sólido a gaseoso sin pasar por el estado líquido; empleando temperaturas de congelación entre -10 a -50°C y presiones desde 13.5 a 270.0Pa (Castro, 2011). Es ampliamente utilizado para la estabilización de alimentos (propiedades biológicas, nutricionales y organolépticas del alimento), materiales biológicos y productos farmacéuticos (Nowak y Jakubczyk, 2020).

En comparación de otros métodos de secado y técnicas de conservación, la liofilización ayuda a una mejor preservación del contenido de aceite esencial en muchos tipos de hierbas y especias; sin embargo, el efecto de la liofilización en los compuestos activos de plantas no es del todo unánime (Hazarika, y Gosztola, 2020) es decir, su aplicación varía en cuanto a la composición y cantidad de los compuestos bioactivos del material vegetal. Por ejemplo, en un estudio realizado por Morshedloo et al. (2020) en la extracción de aceite esencial de *Dracocephalum moldavica* L., *Lamiaceae*, tuvo mayor rendimiento mediante el liofilizado, pero en cuanto a la cantidad de los componentes mayoritarios se obtuvieron mediante secado en horno a 60°C. Mientras que Ebadi et al. (2015) en el aceite esencial de hierba luisa, la liofilización obtuvo mayor contenido del compuesto principal (citral 64.7%) con respecto a otros métodos de secado.

2.3. ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

Son caracterizados por un fuerte olor y pueden ser sintetizados por todos los órganos de la planta (Granados et al., 2018), son considerados metabolitos secundarios, cuyas fracciones líquidas volátiles proporcionan aromas y sabores característicos de las plantas (León et al., 2015). El aceite esencial de eucalipto está compuesto por mezclas de compuestos orgánicos volátiles que incluyen hidrocarburos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, éteres y ésteres; además posee varias concentraciones de calcio, nitrógeno, fósforo, hierro, manganeso, zinc, boro y cobre (Hayat et al., 2015). Dentro de la rama de la medicina, estos compuestos tienen un amplio uso por sus efectos biológicos en el tratamiento de la gripe, resfriado y demás infecciones respiratorias (Abed y Naife, 2018) estos se presentan mediante medicamentos patentados en forma de jarabes, pastillas, gotas nasales (Nolazco et al., 2020).

Por otro lado, también tienen efecto antimicrobiano debido a que su componente principal es el 1.8-cineol, que es activo contra bacterias grampositivas y gramnegativas, mostrando una mayor efectividad contra *Escherichia coli* (Hayat et al., 2015). En estudios realizados por Khalaf y Zahra (2020) establecen que el aceite esencial de eucalipto se puede utilizar como tratamiento alternativo contra biofilms bacterianos que son causantes de infecciones crónicas en humanos y animales.

En el sector alimentario, el aceite esencial es un aditivo importante para el aroma, sabor y como conservante natural (Immaroh et al., 2021) y como potenciador de aromas en productos de limpieza y en formulaciones cosméticas (Zhao y Zhang, 2014).

2.3.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

Los aceites esenciales comúnmente tienen poder rotatorio, son volátiles y líquidos a temperatura ambiente; es elevado su índice de refracción y son solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos tales como éter o cloroformo y alcohol de alta graduación (Cerpa et al., 2007 citado por Rojas 2016).

La determinación de las características fisicoquímicas del aceite esencial, permite conceptualizar sobre la calidad y la pureza del aceite de eucalipto por lo que deben cumplir las siguientes características (Lipa, 2014), como la densidad relativa que a 20°C fluctúa entre 0.906 y 0.925, el índice de refracción a 20°C entre 1.43 y 1.62, la solubilidad en alcohol etílico a 70% y 20°C un volumen de aceite por 5 volúmenes de alcohol; en cuanto a sus características químicas posee un contenido de 1,8-cineol promedio de 70%, variando entre 65 a 75% (López y Caso, 2015).

2.3.2. COMPUESTOS BIOACTIVOS DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

Dependiendo de las especies vegetales y variedades de las plantas, la composición bioactiva es variada, según López y Caso (2015) los aceites esenciales son mezclas complejas, donde se pueden encontrar más de 100 componentes, por lo que se encuentran los compuestos alifáticos de bajo masa molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos; además, hay componentes químicos, cuya cantidad presente en el aceite esencial no es considerable cuantitativamente, pero sí influye cualitativamente.

En un estudio realizado por Nolasco et al. (2020) los componentes principales encontrados en el aceite esencial de *eucalyptus globulus* fueron el eucaliptol (42.43%- 37.15%), hidrocarburos monoterpenos (α -pineno 11.1%; 11.2%) e hidrocarburos sesquiterpenos (aromadendreno 10.26%; 10.14%), D-limoneno, en un porcentaje de 5.36-5.08% y en menor cantidad α -felandreno, α -Terpinoleno e Isoledeno. Mientras que Lainez et al. (2021) evidenció en eucaliptol (41.60%), α -pineno (2.12%), aromadendreno (4.47%), linalol (0.26%), 4-terpineol (2.79%) y otros compuestos en menor cantidad.

2.4. MÉTODO DE EXTRACCIÓN

2.4.1. HIDRODESTILACIÓN

Es un método de extracción en el que se sumerge el material vegetal en agua en estado de ebullición. El agua penetra en los tejidos de la planta, lo que permite que parte del aceite esencial presente en la planta se disuelva y pasa a ser posteriormente recolectado por condensación en un separador de aceite esencial (Pino, 2015). Desde la posición de Casado (2018) menciona que, en este método al llevar la mezcla a ebullición con el calor aportado por la manta calefactora, el vapor que se genera arrastra consigo los aceites esenciales que contiene el material vegetal, es un proceso simple puesto que el área de generación de vapor y la destilación son una sola.

2.4.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA HIDRODESTILACIÓN

En la obtención de aceites esenciales, utiliza agua como solvente, lo cual es una ventaja ya que no deja residuos tóxicos al final de la extracción (De souza et al., 2020). La instrumentación es simple y de bajo costo (Manchuta y Tumnoon, 2019). Este método protege los aceites extraídos hasta cierto punto ya que el agua circundante actúa como una barrera para evitar que se sobrecaliente, lo que permite a su vez que el material vegetal se puede destilar a una temperatura inferior a 100°C (Okohand et al., 2010 citado por Phakawat y Soottawat, 2014).

Una de sus desventajas es la potencial hidrólisis de algunos componentes, puesto que el solvente permanece en contacto directo con el material vegetal durante la extracción, alterando el extracto final (De souza et al., 2020). Además, puede afectar en la calidad del aceite esencial, por lo que algunos componentes, como los hidrocarburos monoterpénicos o aldehídos son susceptibles a la polimerización y los compuestos oxigenados como los fenoles, tienden a ser algo solubles en agua (Pino, 2015).

2.5. FACTORES QUE AFECTAN EN EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DEL ACEITE ESENCIAL

2.5.1. PREPARACIÓN DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO Y TIEMPO DE EXTRACCIÓN

Los materiales de hierbas frescas son perecederos debido a su alto contenido de agua (70-80%); sin embargo, el proceso de secado puede contribuir a una disminución de la cantidad de aceite esencial y cambios en su composición (Salata, et al., 2020), durante este proceso, se pierden muchos compuestos que son arrastrados a la superficie de las hojas por el agua que se evapora (Ashafa, et al., 2008). En un estudio realizado por Mejía et al. (2007) evidenciaron un mayor rendimiento cuando el material al momento de la extracción en fresco presenta 75% de humedad en comparación al 12% en seco.

Mientras que algunos estudios relacionados con la operación de secado de plantas indican cambios considerables, especialmente en términos cuantitativos de los aceites esenciales (Haloui et al., 2015), el secado controlado inmediatamente después de la cosecha reduce las pérdidas de aceite esencial y conserva los componentes característicos, mientras que los retrasos en el secado y la alta humedad disminuye la productividad (Özgüven et al., 2019).

Por otro lado, el tiempo de extracción está relacionado directamente al método por el cual se extraen los aceites esenciales, es decir al aplicar mayor tiempo se obtendrá mayor rendimiento en métodos tradicionales, no obstante, al utilizar el método mediante hidrodestilación asistida por microondas durante tres minutos produce el mayor rendimiento si se compara con el tiempo de extracción de uno y cinco minutos (Immaroh et al., 2021). Conocer los tiempos de extracción de aceites esenciales puede permitir aumentar la producción, diseñar la composición y disminuir la energía requerida en la destilación, ahorrando costos de procesos y otros recursos, además se puede utilizar como una herramienta para obtener aceites esenciales con una composición específica (Cannon et al., 2013).

CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

3.1. UBICACIÓN

El proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto y la evaluación físico-química se lo realizó en los Laboratorios de Bromatología y Química de la carrera de Agroindustria de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López”, ubicado en el sitio “El Limón”, en Calceta, cantón Bolívar, provincia de Manabí, aproximadamente en las coordenadas 0°49'46“S 80°10'51” W (Google Earth, 2021). En cuanto a la liofilización de las hojas de eucalipto, se realizó en el laboratorio de Procesos Lácteos de la facultad de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Manta-Ecuador, ubicada en las coordenadas de 0°57'04“S 80°44'44” W.

3.2. DURACIÓN

El desarrollo de esta investigación tuvo un tiempo de duración de 26 semanas a partir del 4 de abril de 2022.

3.3. MÉTODOS Y TÉCNICAS

3.3.1. MÉTODOS

- **MÉTODO BIBLIOGRÁFICO**

Sirvió para la adquisición de información científica sobre la extracción de aceite esencial de eucalipto, se obtuvo de fuentes como ELSEVIER, Redalyc, Scielo, entre otros recursos referenciales.

- **MÉTODO EXPERIMENTAL**

Se evaluaron los rendimientos del aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) obtenido de las hojas frescas y liofilizadas en diferentes tiempos de extracción.

3.3.2. TÉCNICAS

- **LIOFILIZACIÓN DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO**

Se seleccionaron las hojas que no presentan daño físico o algún deterioro para ser cortadas en dimensiones de 0.5cm de largo y 0.5cm de ancho, luego se las introdujo en un liofilizador de la marca Labconco cuyas condiciones fueron a temperatura de -50°C, 0.016 Bar, por 48 horas (Ver anexo 1) (Castelán, 2020).

- **PORCENTAJE DE HUMEDAD**

Se efectuó mediante la termobalanza marca BOECO Germany (BMA 150) pesando 2 ± 0.00002 g de muestra y ajustando una temperatura de 135°C durante 10 minutos (ver anexo 2 y 3).

- **PORCENTAJE DE RENDIMIENTO**

Para esta variable de medición se aplicó la siguiente ecuación (Nolazco et al., 2020):

$$\%Rendimiento = \frac{\text{peso de aceite esencial (g)}}{\text{peso del material vegetal (g)}} * 100 [1]$$

- **DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE ACIDEZ**

En un matraz Erlenmeyer de 250mL, se agregó 1g de aceite esencial, seguidamente se le adicionó 20mL de alcohol neutro al matraz, agitando bien y se valoró con una solución de hidróxido de potasio al 0.1N utilizando 5 gotas de fenolftaleína como indicador hasta que la coloración sea ligeramente rosada. Se calculó el índice de acidez con la siguiente fórmula (Barkatullah et al., 2012):

$$\text{Índice de acidez} = \frac{V * N * 56.1}{W} [2]$$

Donde:

V = volumen de hidróxido de potasio utilizado

N = normalidad del hidróxido de potasio

W = peso en g

• DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD

Mediante la técnica AFNOR NF T 75 111 se calculó la densidad relativa, cuyo procedimiento fue pesar en una balanza analítica (marca Sartorius CP224) un picnómetro vacío (1mL de capacidad) marca Boeco con su tapón, luego se registró el peso del picnómetro con agua destilada (conductividad 1 mS/cm) y el mismo proceso se efectuó reemplazando agua destilada con aceite esencial (Tubay, 2018).

La densidad relativa $d_{20/20}$ se la expresa con la siguiente ecuación (Cabrera, 2017):

$$d \frac{20}{20} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} [3]$$

Donde:

$d \frac{20}{20}$ = Densidad relativa a 20°C, referido al agua a 20°C.

m_0 = masa en gramos del picnómetro vacío.

m_1 = masa en gramos del picnómetro con agua.

m_2 = masa en gramos del picnómetro con aceite esencial.

- **DETERMINACIÓN DE pH**

Se utilizaron tiras de papel tornasol (marca Macherey Nagel) como indicadores de pH. El procedimiento fue de tomar una tirilla y se la colocó en el aceite esencial, luego se realizó la lectura con la leyenda de la caja de tirillas (Ver anexo 8) (Tubay, 2018).

3.4. FACTORES EN ESTUDIO

Los factores que se manipularon fueron:

- **Factor A:** Contenido de humedad de las hojas de eucalipto
- **Factor B:** Tiempo de extracción

3.4.1. NIVELES

Para el factor A se utilizaron los siguientes niveles:

a₁= hojas de eucalipto frescas

a₂= hojas de eucalipto liofilizadas

Para el factor B se emplearon los siguientes niveles:

b₁ = 30 min

b₂ = 60 min

b₃= 90 min

b₄ = 120 min

3.4.2. TRATAMIENTOS

En la tabla 2 se presentan las combinaciones obtenidas de los diferentes niveles de cada factor resultando un total de ocho tratamientos.

Tabla 2. Detalles de los tratamientos

Tratamientos	Códigos	Descripción	
		Material vegetal	Tiempo (minutos)
T1	a ₁ b ₁	hojas de eucalipto frescas	30min
T2	a ₁ b ₂	hojas de eucalipto frescas	60min
T3	a ₁ b ₃	hojas de eucalipto frescas	90min
T4	a ₁ b ₄	hojas de eucalipto frescas	120min
T5	a ₂ b ₁	hojas de eucalipto liofilizadas	30min
T6	a ₂ b ₂	hojas de eucalipto liofilizadas	60min
T7	a ₂ b ₃	hojas de eucalipto liofilizadas	90min
T8	a ₂ b ₄	hojas de eucalipto liofilizadas	120min

3.5. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se empleó un Diseño Completamente al Azar (DCA) con arreglo bifactorial A*B, considerando tres réplicas para cada tratamiento, obteniendo un total de 24 unidades experimentales (N), lo cual se detalla en la Tabla 3 considerando los grados de libertad (N-1).

Tabla 3. Esquema de ANOVA factorial

FUENTE DE VARIACIÓN	gl (grado de libertad)
Total	23
Tratamiento	7
Factor A	1
Factor B	3
AxB	3
Error	16

3.6. UNIDAD EXPERIMENTAL

Las hojas de eucaliptos fueron adquiridas en el mercado de Charapotó de la provincia de Manabí, provenientes de la comunidad Lasso de la parroquia Mulalo del cantón Latacunga provincia de Cotopaxi; previamente fueron seleccionadas las hojas que no presentaban daño físico o algún deterioro y cortadas a una longitud aproximada de 0.5cm y 0.5cm de ancho con tijeras plásticas para que se introduzcan con facilidad en el balón de destilación marca GLASSCO de capacidad de 1000mL. Se consideró una relación 1:10, es decir, 60g de hojas de eucalipto en 600mL de agua destilada, con 3 réplicas obteniendo un total de 24 corridas experimentales dando como resultado del material experimental 1.440Kg de hojas eucalipto (esto es: 720g de hojas frescas y 720g hojas liofilizadas) y 14.4 litros de agua destilada.

3.7. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Para el cumplimiento de los objetivos propuestos se realizaron las siguientes actividades, iniciando con el proceso de extracción del aceite esencial de las hojas de eucalipto frescas y liofilizadas, se elaboró un diagrama de proceso (Figura 1) el cual se describe a continuación:

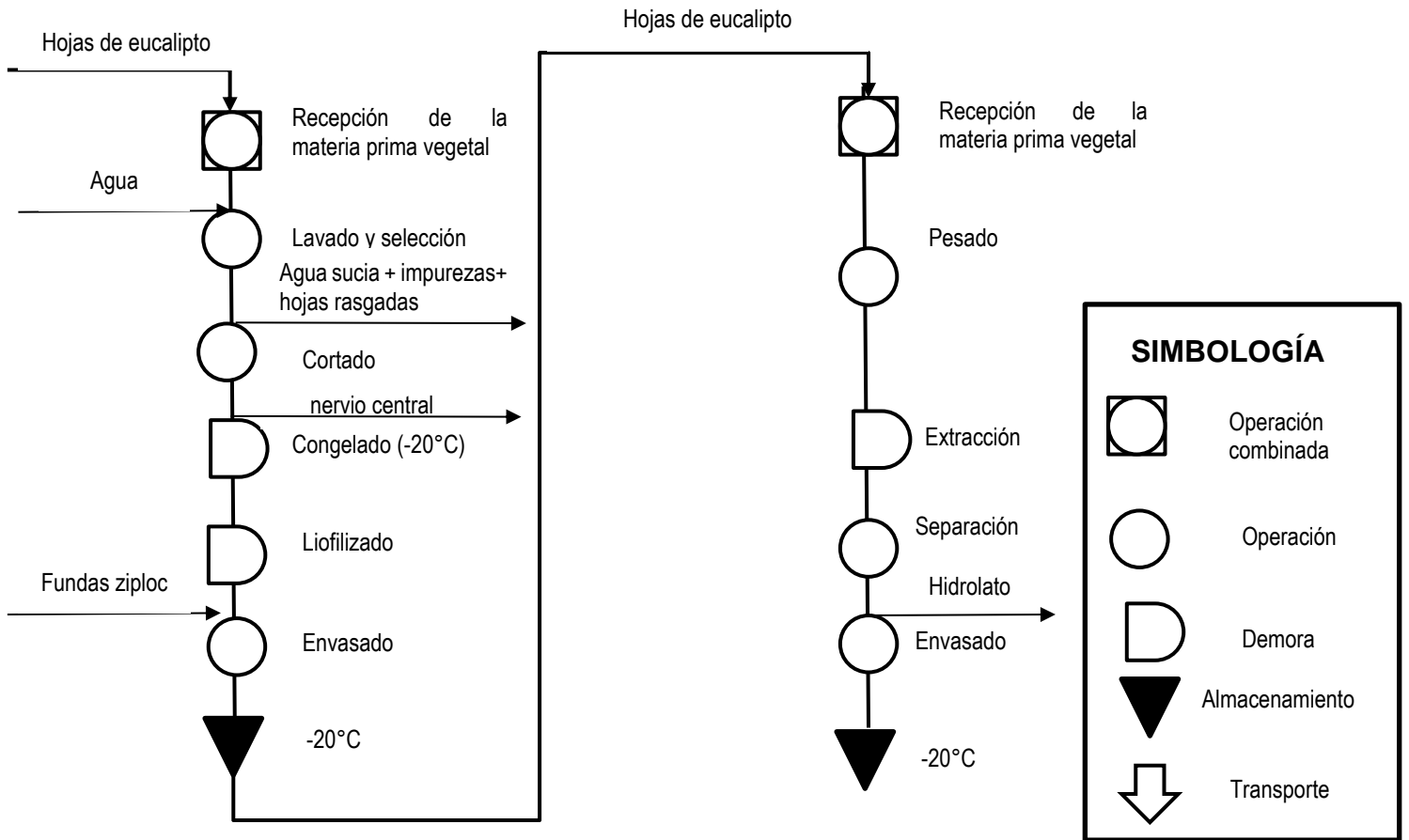


Figura 1. Diagrama de proceso para la extracción de aceite esencial de las hojas de eucalipto

3.7.1. DESCRIPCIÓN DEL DIAGRAMA DE PROCESO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

Recepción del material vegetal: se receptaron las hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en estado fresco, de coloración verde y que no se encuentren rasgadas, magulladas u otro daño físico (Ver anexo 1).

Lavado y selección: Se procedió a lavar las hojas con agua potable (Agua purissima) y se seleccionan aquellas que no tengan daño físico o algún deterioro. Luego se secaron a temperatura ambiente (25°C) por 24 horas, conservando una distancia entre las hojas para facilitar el proceso de secado.

Cortado: Una vez lavado el material vegetal se comienza a realizar el cortado de las hojas, aproximadamente de 0.5cm de largo y 0.5cm de ancho sin considerar el nervio central de las hojas (ver anexo 2), con la ayuda de una tijera de material plástico.

Congelación: En esta etapa las hojas de eucalipto se las mantuvieron en un congelador (marca mimet, modelo CV-200AE) con temperatura de -20°C por 48 horas, con el objetivo de aglutinar el agua libre del material vegetal.

Liofilización: Las hojas congeladas se las depositaron en seis matraces fast freeze colocados en cada abertura del liofilizador (marca Labconco) a temperatura de -50°C, 0.016 bar por 48 horas (ver anexo 3).

Envasado: Las hojas liofilizadas se envasaron en fundas ziploc para mantener la humedad obtenida en la liofilización (11.55%).

Almacenamiento: Las hojas liofilizadas se mantuvieron en un congelador (marca mimet, modelo CV-200AE) a temperatura de -20°C hasta ser utilizadas en el proceso de extracción.

Para la extracción del aceite esencial de las hojas de eucalipto se realizó el siguiente procedimiento:

Recepción de las hojas de eucalipto: Las hojas frescas de eucalipto fueron seleccionadas en base a su estado físico, es decir, que no se encuentren rasgadas, deterioradas y de coloración verde. Se lavaron con agua potable y fueron cortadas con dimensiones de 0.5 cm de largo y 0.5 cm de ancho, como parámetro de control se realizó el análisis de humedad a través de la termobalanza marca BOECO Germany (BMA 150). Con respecto a las hojas liofilizadas, éstas fueron receptadas bajo las condiciones anteriormente descritas (temperatura de -20°C y humedad de 11.55%).

Pesado: Se consideró una relación 1:10, es decir, se pesó 60g de hojas de eucalipto y 600mL de agua destilada para ambas condiciones del material vegetal (hojas frescas y liofilizadas).

Extracción: Se introdujo en el balón de destilación marca GLASSCO de capacidad de 1000mL, 60g de hojas en 600mL de agua destilada (conductividad 1mS/cm). Una vez que el agua entró en contacto con el material vegetal, se agita manualmente el recipiente (balón de destilación) para que las hojas de eucalipto y el agua se mezclen completamente. Seguidamente, se encendió la manta eléctrica (marca MTOPS MS-E) a temperatura de 120°C para efectuar el cambio de fase líquido-gaseoso, cuyos vapores se condensan mediante recirculación de agua fría, y la muestra de aceite con hidrolato queda adherida en la trampa de Clevenger (ver anexo 6).

Separación: Para separar el aceite esencial y el hidrolato se empleó una pera de succión y una pipeta graduada de 10mL, este proceso se lo efectuó desde la parte superior de la trampa de Clevenger, para evitar la pérdida de aceite esencial (ver anexo 7).

Envasado: Las muestras de aceite esencial fueron depositadas en tubos de ensayos transparentes de 4mL adquiridos de la empresa Medic-Life (ver anexo 8).

Almacenado: Los aceites previamente envasados fueron colocados en una gradilla y se cubrieron con papel aluminio para protegerlos de la luz y se mantuvieron en congelador (marca mimet, modelo CV-200AE) con temperatura de -20°C .

Al culminar las extracciones de los aceites esenciales de hojas de eucalipto efectuadas a las condiciones descritas en la tabla 2, se determinó el porcentaje de rendimiento (ver ecuación 1) y se realizaron los análisis físico-químicos a cada tratamiento para los respectivos análisis y dar respuesta al objetivo específico 3.

3.7.2. VARIABLES A MEDIR

- Porcentaje de rendimiento

3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se utilizaron los programas estadísticos IBM SPSS versión Statistics 28 (libre) e InfoStat/Libre versión 2020. En el programa SPSS se verificaron la distribución de los datos sobre la variable respuesta a través de los supuestos de ANOVA (Ver anexo 13), para Shapiro-Wilk la significancia fue 0.015, por tanto, al no presentar un valor ≥ 0.05 no se procedió a realizar la prueba de Levenne, evaluándose los resultados mediante la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis, asimismo, se evaluó el tiempo óptimo de extracción considerando la prueba de superficie respuesta. Con el programa InfoStat se analizaron cada factor de estudio (contenido de humedad y tiempo de extracción) frente a la variable dependiente (% de rendimiento) para detectar los niveles y tratamientos que difieren entre sí e identificar el más idóneo.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. TIEMPO ÓPTIMO PARA LA EXTRACCIÓN DE ACEITES ESENCIALES DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*)

En la tabla 4 se muestran las medias de los rendimientos del aceite esencial de eucalipto en relación al Factor B (tiempo de extracción), en donde se evidencia que a medida que aumenta el tiempo de extracción existe un incremento en el rendimiento del aceite, sin embargo, estadísticamente (p_valor 0.1704) el factor B no causa efecto en la variable respuesta (% rendimiento), siendo los tiempos evaluados (30, 60, 90, 120 min) relativamente iguales; no obstante, el tiempo que reportó una media de 2.46% de rendimiento, superior a los diferentes niveles, se obtuvo a los 120min de extracción.

Tabla 4. Análisis del % de rendimiento del aceite esencial en función del tiempo de extracción (Factor B)

Variable	Tiempo de extracción (min)	Medias (%)
Rendimiento	30	1.89 ± 0.50
	60	2.16 ± 0.55
	90	2.16 ± 0.55
	120	2.46 ± 0.63
p_valor		0.1704

Para detectar cuál de los tiempos empleados es óptimo para la extracción de aceite esencial de eucalipto, se utilizó el método de superficie respuesta, el cual consideró que a 120min el proceso de extracción se vuelve eficiente, obteniendo un rendimiento de 2.92% (Tabla 5), esto difiere con Bermudo (2019), quien determinó que 60 minutos era el tiempo óptimo de operación en la extracción de aceite esencial con un 1.16%, mientras que Quispe y Taco (2018) obtuvieron mayor contenido de aceite esencial de jengibre (7.5mL) en un tiempo de 120min; el cual se tomó como referencia, debido a que en la evaluación preliminar (prueba piloto), pasado de este tiempo (120min) no hubo incremento de aceite esencial y el volumen permaneció constante (Quispe y Taco 2018).

Tabla 5. Tiempo óptimo de extracción de aceite esencial de eucalipto

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Tiempo de extracción (min)	30.0	120.0	120.0
Meta: Maximizar rendimiento			
Valor óptimo= 2.92%			

Setiawan et al. (2022) argumentan, que al extraer aceites esenciales por periodos largos aumentará la cantidad de rendimiento, pero habrá un punto de tiempo de culminación que no causará un incremento en la cantidad. No existe una regla sobre el tiempo de extracción adecuado, debido a que diferentes plantas necesitan distintos períodos para que los aceites esenciales alcancen la calidad o cantidad de extracto deseada. Por ello, la duración de la extracción depende directamente del tipo de estudio que se realiza y qué componentes bioactivos se requieren obtener; es decir, ya sea acortando o extendiendo el tiempo de extracción, se obtiene una composición química diferente del aceite con alguna variación en la actividad biológica (Bozovic, et al., 2017).

4.2. PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO

En la tabla 6, se comparan las medias del rendimiento del aceite de eucalipto obtenido de sus hojas frescas y liofilizadas, siendo para el factor A (contenido de humedad) un p_valor de 0.0001, existiendo diferencia estadística significativa ($p_valor < 0.05$) entre los rendimientos del aceite esencial de eucalipto obtenido de hojas con diferentes porcentajes de humedad; demostrando que el proceso de liofilización, previo a la extracción incrementa el volumen de aceite destilado y por tanto su rendimiento. Para hojas frescas y liofilizadas los rendimientos fueron 1.66% y 2.67%, respectivamente, este último valor fue superior a lo obtenido en la investigación de Quispe et al. (2022) realizada con hojas de eucalipto secas, empleando ultrasonido para su extracción, donde evidenció un valor máximo de 0.98%. Mientras que, Moreno (2010) citado por Díaz y Martínez (2013), los resultados de rendimiento que obtuvieron de los aceites esenciales de *Eucalyptus*

globulus Labill fue de 1.69 mL/100g hoja con una humedad de 16.1%, mientras que con humedad de 35.9% fue de 1.38 mL/100g de hojas, esto significa que el aceite esencial como tiene una volatilidad alta se ve afectado por el proceso de secado, es decir, que medida que aumenta la humedad el rendimiento disminuye.

Tabla 6. Análisis del % de rendimiento del aceite esencial en función del contenido de humedad (Factor A)

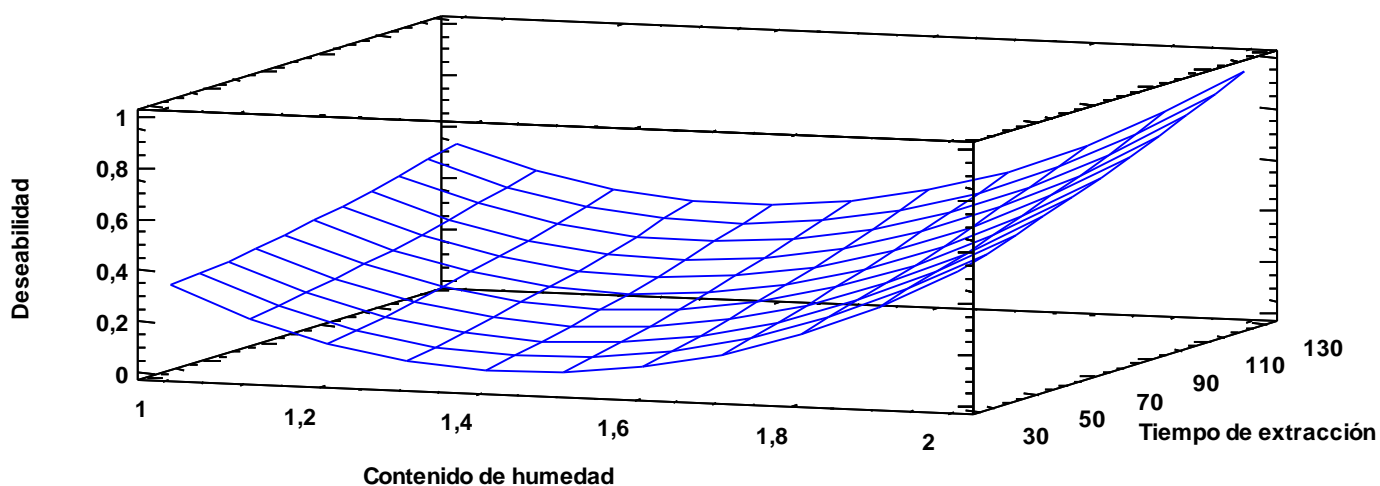
Variable	Contenido de humedad (%)	Medias (%)
Rendimiento (%)	Hojas frescas (58.25)	1.66 ± 0.17
	Hojas liofilizadas (11.55)	2.67 ± 0.27
p_valor	<0.0001	

Thamkaew, et al. (2021) mencionan que al momento que ingresan las hojas al proceso de secado o deshidratación, la inmovilización de los aceites esenciales depende de la integridad de las glándulas sebáceas, por lo que, al minimizar los daños a los tricomas durante el secado, mejora el rendimiento y la calidad del aroma de las hierbas secas. Quintero et al. (2004) citado por Sevillano et al. (2019) mencionan que la extracción de los aceites esenciales es mejor y más rápida al eliminarse un gran porcentaje de agua, es decir, que la materia prima se encuentre deshidratada. Por ello, cuando se liofilizan las hojas de eucalipto se logra preservar las características de los tricomas glandulares para obtener una mayor cantidad de aceite esencial (Morshedloo et al., 2020). Eso coincide con lo representado en la tabla 7, donde se compararon a través del método de superficie respuesta las hojas frescas y liofilizadas, siendo la humedad óptima aquella adquirida a través de la liofilización, por lo que se establece que el mejor rendimiento del aceite de eucalipto se obtiene sometiendo las hojas a una previa deshidratación. Al utilizar el método de liofilización se asegura la retención de los compuestos volátiles dentro de la estructura de los tricomas glandulares, por lo que se podría obtener una menor pérdida y mayor calidad de aceite esencial (Antal et al., 2014).

Tabla 7. Contenido de humedad óptimo para la extracción de aceite esencial de eucalipto

Factor	Bajo	Alto	Óptimo
Contenido de humedad	1.0 (Hojas frescas)	2.0(Hojas liofilizadas)	2.0
Meta: Maximizar rendimiento			
Valor óptimo= 2.92%			

Las condiciones óptimas de operación en la extracción el aceite esencial, se explica mediante los contornos de la superficie de respuesta estimada, que permite visualizar en tres dimensiones el contenido de humedad hojas frescas (1.0) y hojas liofilizadas (2.0), el tiempo (30-120min) y la deseabilidad (0-1). La Figura 2, representa la interacción de los parámetros óptimos para extraer aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), siendo a un tiempo de 120min en hojas liofilizadas la interacción más idónea obteniendo un valor de 2.92%.

Superficie de Respuesta Estimada**Figura 2.** Superficie de respuesta para el tiempo óptimo

4.3. TRATAMIENTOS DE ACEITE ESENCIAL EN HOJAS DE EUCALIPTO (*Eucalyptus globulus*)

En la tabla 8, se observa diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos (p_valor 0.0018), la interacción de los factores A y B presentaron variabilidad en cuanto al porcentaje de rendimiento (Ver anexo 15), evidenciando que T1 y T8, no comparten categoría con ningún tratamiento, obteniendo rendimientos de 1.44% y 3.03%, respectivamente, siendo este último, el tratamiento con mayor porcentaje obtenido, esto es debido al contenido de humedad de las hojas adquirido a través de la liofilización. Los tratamientos T2 y T3 comparten categoría, de igual manera T6 y T7, la interacción T4 presenta un valor estadísticamente similar con T1, T2 y T3, mientras que T5 coincide con todos los tratamientos a excepción de T1.

Tabla 8. Análisis del porcentaje de rendimiento del aceite esencial a través de la interacción de los factores A y B

Tratamientos	Descripción	Medias (%)
T1	Hoja fresca:30 minutos	1.44 ± 0.10 ^d
T2	Hoja fresca:60 minutos	1.66 ± 0.00 ^{cd}
T3	Hoja fresca:90 minutos	1.66 ± 0.00 ^{cd}
T4	Hoja fresca:120 minutos	1.89 ± 0.10 ^{cbd}
T5	Hoja liofilizada:30 minutos	2.33 ± 0.17 ^{abc}
T6	Hoja liofilizada:60 minutos	2.66 ± 0.00 ^{ab}
T7	Hoja liofilizada:90 minutos	2.66 ± 0.00 ^{ab}
T8	Hoja liofilizada:120 minutos	3.03 ± 0.05 ^a
P_Valor		0.0018

*Medias con letras iguales corresponde a tratamientos estadísticamente similares

**Medias con letras distintas son tratamientos que presentan diferencias estadísticas

Al relacionar las medias de los porcentajes de rendimiento con el tiempo óptimo (120 minutos) se evidencia que se obtuvo mayor rendimiento de aceite (3.03%) cuando se extrajeron con hojas liofilizadas (humedad de 11.55%) a diferencia de

las hojas frescas (58.25% de humedad) con el 1.89%. El aumento o disminución del rendimiento del aceite esencial de plantas aromáticas depende de la técnica de secado, temperatura y humedad de las hojas, cuya variación se debe a diferencias en especies o subespecies, tejido secretor, su localización y constituyentes del aceite esencial de la planta (Rahimmalek y Hossein 2013), de acuerdo con la tabla 8, los tratamientos (T5, T6, T7 y T8) que evidenciaron mayores rendimientos, corresponden a aquella materia vegetal sometida a un secado previo (liofilización), todos los tratamientos fueron valorados mediante el método de hidrodestilación, lo que asegura obtener una extracción más exhaustiva de los componentes hidrosolubles (Montoya, 2010).

Los resultados de esta investigación son superiores a los reportados por Shiferaw et al. (2019), quienes obtuvieron un rendimiento entre 0.95 a 1.32% de aceite esencial de hojas de eucalipto, empleando 500g mediante hidrodestilación, en comparación con Achmad et al. (2018) en cuyo estudio de tres especies de eucalipto: *E. citriodora*, *E. urophylla* y *E. viminalis*, extrajeron el aceite de sus hojas a través de la destilación al vapor, cuyos rendimientos variaron de 1.6% a 3.3%, siendo similares a los obtenidos en esta investigación.

La extracción de aceite esencial de hojas de eucalipto frescas y liofilizadas fue favorable en esta investigación, sin embargo, con hojas liofilizadas existe mayor rendimiento, siendo la humedad del material vegetal un parámetro de control clave para la producción comercial de aceites esenciales; no obstante, este método resulta ser costoso a comparación de otros métodos de deshidratación, por lo que se impide su uso extensivo (Hazarika y Gosztola, 2020).

4.4. CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE LAS HOJAS DE EUCALIPTO

4.4.1. DETERMINACIÓN DE pH DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

En la tabla 9 se observa que los valores de pH del aceite esencial de eucalipto oscilaron entre 4.5 y 5, estos datos indican que los aceites obtenidos son sustancias con bajo contenido de ácido y se encuentran acorde al rango establecido de 4 a 6,

valores estándares propuestos en la AFNOR ISO (Belkhodja et al., 2021). Dichos resultados son similares a los mencionados por Edah et al. (2019) quienes reportaron un pH aproximado de 4.45 en el aceite esencial de eucalipto, mientras que para González y Rivera (2021), el aceite esencial extraído de eucalipto presentó un valor de 4, siendo este valor, menor a lo reportado por el presente trabajo de investigación.

Tabla 9. Valores de pH de los 8 tratamientos del aceite esencial de hojas de eucalipto

Tratamientos	pH	Valor estándar AFNOR ISO citado por Belkhodja et al. (2021)
T1	5	
T2	4.5	
T3	4.5	
T4	5	4-6
T5	5	
T6	4.5	
T7	4.5	
T8	5	

El aceite de eucalipto presenta en su composición 1-8 cineol (monoterpénico), pertenecientes a los hidrocarburos terpénicos simples, los cuales no son solubles en agua, sin embargo, sus derivados pueden atravesar parcialmente la fase acuosa tras la destilación debido a su capacidad de formar enlaces de hidrógeno y son capturados por mediciones de pH (Turek y Stintzing 2013). González y Véliz (2020) argumentan que los aceites esenciales de alta calidad presentan pH cercanos a 5 máximo a 5.8, por ello, el aceite esencial de eucalipto que se extrajo en esta investigación es de buena calidad según los datos reportados en la Tabla 9.

4.4.2. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

En la tabla 10, se observa que la densidad del aceite esencial de eucalipto de cada tratamiento oscila en un rango entre 0.86g/mL - 0.91g/mL, T1 reporta un valor similar a lo establecido por AFNOR ISO (Belkhodja et al., 2021), mientras que T5 y T8 coincidieron con lo reportado en la Ficha técnica de la empresa Corquimia (2020) cuyos rangos oscilan entre 0.89 - 0.927g/mL; los tratamientos T2, T3, T4, T6 y T7, presentaron resultados inferiores a dichos valores estándares, sin embargo, González y Rivera (2021) argumentan que valores de densidad menores o cercanos a 0.840g/mL atestiguan la presencia de hidrocarburos aromáticos, mientras que valores superiores a 1.00g/mL indican la presencia de terpenos aromáticos, nitrogenados y azufrados. Torres (2012) menciona que la gran mayoría de aceites esenciales son menos densos que el agua, por lo que atribuye que valores bajos de densidad relativa se deben al alto contenido de hidrocarburos terpénicos.

Tabla 10. Valores de densidad del aceite esencial de hojas de eucalipto de los 8 tratamientos

Tratamientos	Densidad g/mL (20°C)	Valor estándar AFNOR ISO citado por Belkhodja et al. (2021)	Ficha técnica de la empresa Corquimia (2020)
T1	0.91		
T2	0.87		
T3	0.86		
T4	0.86		
T5	0.90	0.91 - 0.92g/mL	0.89 - 0.93 g/mL
T6	0.87		
T7	0.86		
T8	0.89		

Mpiana (2020) indica que la densidad es muy importante para evaluar la calidad de un aceite esencial en diferentes campos como la cosmética, farmacia, industria alimentaria y facilita una visión general de la naturalidad de los productos.

Asimismo, Cabrera (2017) menciona que este parámetro permite distinguir la autenticidad de los aceites esenciales, es decir, la densidad de una misma esencia varía dependiendo de su edad y modo de extracción; además las esencias obsoletas o caducas son más pesadas que las frescas. En esta investigación, los aceites esenciales obtenidos de las hojas frescas reportan valores de densidad similares a los aceites extraídos de hojas liofilizadas, por lo que, de acuerdo a los resultados obtenidos en este criterio, pueden ser utilizados en la fabricación de productos tanto comestibles como no comestibles.

4.4.3. DETERMINACIÓN DE ÍNDICE DE ACIDEZ DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO

Los resultados del índice de acidez del aceite esencial de eucalipto se muestran en la tabla 11, para el extracto obtenido de hojas frescas se obtuvo en un rango de 3.90 a 5.55mgKOH/g, mientras que para las hojas liofilizadas fue de 3.15 a 3.74mgKOH/g, estos últimos tratamientos (T5, T6, T7, T8) están acorde a lo establecido por AFNOR ISO cuyo rango fluctúa entre 0.84 - 3.74mgKOH/g (Belkhodja et al., 2021); Joseph et al. (2020) y Abera (2020) registraron un índice de acidez de 3.37 y 2.805mgKOH/g respectivamente, cuyos valores son similares a los obtenidos por T6, T7 y T8.

Tabla 11. Valores del índice de acidez de los 8 tratamientos del aceite esencial de eucalipto

Trat.	índice de acidez (mgKOH/g)	Valor estándar AFNOR ISO citado por Belkhodja et al. (2021)
T1	5.55	
T2	3.87	
T3	3.91	
T4	3.90	
T5	3.74	0.84 - 3.74 mg KOH/g
T6	3.22	
T7	3.26	
T8	3.15	

Argote et al. (2017) determinaron en tres muestras de aceite esencial de limón, mandarina y eucalipto índices de acidez superiores a esta investigación, cuyos valores fueron 7.77 ± 0.096 , 8.08 ± 0.074 y 5.32 ± 0.02 mgKOH/g respectivamente, mientras que Gonzales y Rivera (2021), extrajeron aceite esencial de eucalipto y obtuvieron un índice de acidez de 1.12 valor menor a los presentados en esta investigación.

La variación de los resultados podría deberse a que al entrar en contacto el aceite esencial con el aire, humedad, temperatura y tiempo se deteriora, lo que tiene consecuencia directa sobre el contenido de ácidos grasos libres provenientes de la hidrólisis de los glicéridos, asimismo, influye en la presencia de ácidos orgánicos de cadena corta que pueden volatilizarse fácilmente y ser solubles en la mezcla (Torre, 2012). Cuando se extraen inicialmente, los aceites contienen pequeñas cantidades de ácidos libres que aumentan al envejecer, producto de la oxidación se degradan fácilmente lo que provoca un aumento en el índice de acidez (Quispe y Taco, 2018) mientras que al obtener un índice de acidez bajo los aceites esenciales son estables y no causan oxidación (Belkhodja et al., 2021).

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- El tiempo óptimo para la obtención del aceite esencial de eucalipto fue de 120 min.
- El contenido de humedad de las hojas de eucalipto influye en el porcentaje de rendimiento de su aceite esencial, evidenciándose un 3.03% para la humedad (11.55%) presentada por las hojas liofilizadas, mientras que para la humedad (58.25%) de las hojas frescas un 1.89%, demostrando que, a menor contenido de humedad es mayor el rendimiento de aceite esencial.
- La caracterización fisicoquímica evidenció que todos los tratamientos cumplieron con los valores de pH, el índice de acidez se mantuvo en el rango permisible para las hojas liofilizadas (T5, T6, T7, T8), la densidad de T1 se encontró dentro de los valores establecidos por la norma AFNOR ISO siendo T5 y T8 los que se adaptaron a la Ficha técnica de la empresa Corquimia; por lo tanto, dichos resultados muestran la variabilidad en los parámetros de calidad de los aceites esenciales de *Eucalyptus globulus*.

5.2. RECOMENDACIONES

- Valorar la composición química, poder antimicrobiano y antioxidante del aceite obtenido bajo las condiciones óptimas (120 min de extracción en hojas liofilizadas).
- Realizar un estudio técnico de factibilidad sobre el proceso de liofilización de hojas de eucalipto a escala industrial.
- Caracterizar el hidrolato que se obtiene durante el proceso para la elaboración de cosméticos y tónicos naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- Abed, K. y Naife, T. (2018). Extraction of Essential Oil from Iraqi *Eucalyptus Camadulensis* Leaves by Water Distillation Methods. *IOP Conference Series Materials Science and Engineering*.10.1088/1757-899X/454/1/012163
- Abera, A. (2020). Extracción y análisis fisicoquímico de aceites esenciales en hojas de limoncillo cultivadas en Arbaminch, Etiopía. *Revista Internacional de Investigación y Tecnología de Ingeniería*, 9(10). 10.17577/IJERTV9IS100033
- Achmad, H. Rana, A. Fadilla, I. Fajar, A. y Muhammad, R. (2018). Determination of yield and chemical composition of eucalyptus oil from different species and locations in indonesia. *Biological and Natural Resources Engineering Journal*, 1(1). 36-49.
- Alvarado, A. (16 de septiembre de 2020). La popularidad de los aceites esenciales crece. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/salud/popularidad-aceites-esenciales-covid-salud.html>
- Amaya, P. y Sandoval, J. (2020). *Evaluación de la obtención y uso del aceite esencial de eucalipto (Eucalyptus globulus) como fungicida*. [Tesis. Ing. Químico. Fundación de Univ. América. Bogotá-Colombia]
- Antal, T. Chong, C. Law, C. Sikolya, L. 2014. Effects of freeze drying on retention of essential oils, changes in glandular trichomes of lemon balm leaves. *International Food Research Journal* 21(1), 387-394.
- Aprotosoai, A. Vlad, S. Trifan, A. Miron, A. (2019). *Potencial anti-genotóxico de algunos fitoquímicos dietéticos no fenólicos*. Estudios en Química de productos naturales. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64181-6.00007-3>
- Argote, F. Suarez, Z. Tobar, M. Pérez, J. Hurtado, A. y Delgado, J. (2017). Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 2, 52-60. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe2/1692-3561-bsaa-15-spe2-00052.pdf>
- Ashafa, A. Grierson, D. y Afolayan, A. (2008). Efectos de los métodos de secado sobre la composición química del aceite esencial de las hojas de *Felicia muricata*. *Revista asiática de ciencias vegetales*, 7, 603-606. 10.3923/ajps.2008.603.606
- Barkatullah, M., Abdur, R. y Inyat, U. (2012). Physicochemical Characterization of Essential and Fixed Oils of *Skimmia laureola* and *Zanthoxylum armatum*. *Middle-East Journal of Medicinal Plants Research* 1(3), 51-58. 10.5829/idosi.mejmpr.2011.1.3.1112
- Belkhodja, H. Bouhadi, D. Medjadel, B. Brakna, A. (2021). Physicochemical characterization and evaluation of the antioxidant activities of essential oil extracted from *Eucalyptus globulus*. *European Journal of Biological Research*, 11(3), 315-324. <http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.5033546>
- Bermudo, G. (2019). *Parámetros óptimos de operación en la extracción de aceite esencial de eucalipto (Eucalyptus globulus) con el equipo modular de extracción de aceites esenciales* [Tesis Ing. Agroindustrial, Universidad Nacional de San Cristóbal De Huamanga].
- Bhavaniramy, S. Vishnupriya, S. Al-Aboody, M. Vijayakumar, R. Y Baskaran, D. (2019). Role of essential oils in food safety: Antimicrobial and antioxidant applications. *Grain & Oil Science and Technology*.10.1016/j.gaost.2019.03.001

- Bozovic, M. Navarra, A. Garzoli, S. Pepi, F. y Ragno, R. (2017). Essential oils extraction: a 24-hour steam distillation systematic methodology. *Natural Product Research*, 31(20), 2387-2396. <https://doi.org/10.1080/14786419.2017.1309534>
- Briones, H. y Guerrero, D. (2019). Extracción de aceites esenciales de mandarina (*Citrus reticulata*) y palo santo (*Bursera graveolens*) por el método de arrastre de vapor. *Rev. cien. INGENIAR*, 2(3), 14-23. <https://doi.org/10.46296/ig.v2i3.000>
- Bustamante, K. (2017). *Estudio comparativo de la dinámica de destilación del aceite esencial de pimenta racemosa (mill) J.W. moores por los métodos de hidrodestilación e hidrodestilación asistida por microondas* [Químico Farmacéutico, universidad de guayaquil].
- Cabrera, Y. (2017). *Determinación de las propiedades físicas, composición química y evaluación de la actividad biológica del aceite esencial de Chenopodium ambrosioides (Paico) de la provincia de Loja* [Bioquímico Farmacéutico, Universidad Técnica Particular De Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/17495/3/Cabrera%20Gualpa%20Y%20essica%20Pamela.pdf>
- Cannon, J. Cantrell, C. Astatkie, T. y Zheljazkov, V. (2013). Modification of yield and composition of essential oils by distillation time. *Industrial Crops and Products*, 41, 214–220. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.04.021>
- Casado, I. (2018). *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor* [Tesis Ing. en Tecnologías Industriales, Universidad Politécnica De Madrid] https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf
- Castelán, J. (2020). Selección del método óptimo para la extracción de aceite esencial de jengibre para maximizar el aprovechamiento de sus propiedades. *RESEARCHGATE*. https://www.researchgate.net/publication/340133903_SELECCION_DEL_METODO_OPTIMO_PARA_LA_EXTRACCION_DE_ACEITE_ESENCIAL_DE_JENGIBRE_PARA_MAXIMIZAR_EL_APROVECHAMIENTO_DE_SUS_PROPIEDADES?enrichId=rgreq-d7f518e055516c623d40020a44e44ad4-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdIOzM0MDEzMzkwMztBUzo4NzI3OTUwNjgxNzQzMzZAMTU4NTEwMTk2ODYxNg%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf
- Castro, D. Pantoja, A. y Gomajoa, A. (2017). Evaluación in vitro de la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de Eneldo (*Anethum graveolens*) como inhibidor del crecimiento de *Staphylococcus aureus*, coliformes y hongos presentes en la carne de trucha. *Rev Med Vet Zoot.* 64(2), 44-51. 10.15446/rfmvz.v64n2.67212
- Castro, K. (2011). *Tecnología de alimentos*. Ediciones de la U. <https://elibro.net/es/ereader/espam/70961?page=24>.
- Corquimia.(2020). *Ficha de datos de seguridad del aceite esencial Eucalyptus globulus Bio 80%*. https://factorchem.com/wp-content/uploads/2021/05/ACEITE-ESENCIAL-DE-EUCALIPTUS-GLOBULUS-BIO-80_S.pdf
- De Souza, E. Siqueira, L. Almeida, R. Machado, A. Garcia, C. Cassel, E. y Figueiró, R. (2020). Comparison of Different Extraction Techniques of *Zingiber officinale* Essential Oil. *Biological and Applied Sciences*, 63. <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2020190213>

- Delgado, J. Menjívar, J. y Sánchez, M. (2015). Influencia de la fertilización en la producción y composición del aceite esencial de *Lippia organoides* HBK (orégano criollo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(3). http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962015000300008
- Delgado, J. Sánchez, M. Bonilla, C. (2015). Efecto del secado y la edad de las plantas en la composición de los aceites esenciales de lippia alba (Mill.) N.E.Br. ex Britton y P. Wilson y *Lippia organoides* Kunth. *Acta agronómica*, 65(2),170. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.47576>
- Díaz, J. y Martínez, J. (2013). "Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género eucalyptus - el mantaro" [Tesis Ing. Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3397/Diaz%20Arco%20-%20Martinez%20Chuquillanqui.pdf?sequence=1#:~:text=\(2010\)%2C%20muestra%20los%20resultados,1%2C38%20mL%2F100g](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3397/Diaz%20Arco%20-%20Martinez%20Chuquillanqui.pdf?sequence=1#:~:text=(2010)%2C%20muestra%20los%20resultados,1%2C38%20mL%2F100g).
- Ebadi, MT. Azizi, M. Sefidkon, F. y Ahmadi, N. (2015). Influence of different drying methods on drying period, essential oil content and composition of *Lippia citriodora* Kunth *Res. Medicina. Aromat. Plantas*, 2(4), 182-187. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2015.06.001>
- Edah, A. Ede, R. Stanley, V. Samuel, J. (2019). Physicochemical Properties and Antimicrobial activities of Essential oil extracted from Eucalyptus globulus leaves. *International Journal of Chemical Science*, 3(5), 1-4. https://www.researchgate.net/publication/336119708_Physicochemical_Properties_and_Antimicrobial_activities_of_Essential_oil_extracted_from_Eucalyptus_globulus_leaves
- Gonzales, D. y Rivera, J. (2021). *Diseño y fabricación de un equipo sostenible y ecológico de extracción por arrastre a vapor para aceites esenciales comerciales, características fisicoquímicas, y elaboración de perfume* [Tesis Químico Farmacéutico, Universidad María Auxiliadora].
- González, Y. y Véliz, M. 2020. Extracción y caracterización del aceite esencial de mango obtenido de residuos agroindustriales. *Scielo*, 488-501.
- Google Earth (2021). *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López*. https://earth.google.com/web/search/Escuela+Superior+Polit%3%a9cnica+Agropecuaria+de+Manab%3%ad,+Calceta/@-0.82759103,-80.18480242,16.90926462a,1043.5466575d,35y,0h,0t,0r/data=CigiJgokCd2rt1WjXTNAEd2rt1WjXTPAGS_pVYiwGEIAISzpVYiwGEnA
- Granados, C. Santafe, G. y Acevedo, D. (2018). Composición química y evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial foliar de Eucalyptus camaldulensis De Norte De Santander (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica* 18 (1), 235 – 240. <http://www.scielo.org.co/pdf/rudca/v18n1/v18n1a27.pdf>
- Haloui, T. Farah, A. Lebrazi, s. y Fadi, M (2015). Effect of harvesting period and drying time on the essential oil yield of Pistacia lentiscus L. leaves. *Der Pharma*, 7(10), 320-324. https://www.researchgate.net/publication/283461318_Effect_of_harvesting_period_and_drying_time_on_the_essential_oil_yield_of_Pistacia_lentiscus_L_leaves

- Hayat, U. Jilani, M. Rehman. R. y Nadeem. F. (2015). A Review on Eucalyptus globulus: A New Perspective in Therapeutics. *International Journal of Chemical and Biochemical science*, 85-91. https://www.researchgate.net/publication/336825536_A_Review_on_Eucalyptus_globulus_A_New_Perspective_in_Therapeutics
- Hazarika, U. y Gosztola, B. (2020). Lyophilization and its effects on the essential oil content and composition of herbs and spices – a review. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 19(4), 467–473. <http://dx.doi.org/10.17306/J.AFS.2020.0853>
- Immaroh, N. Kuliahsari, D. y Nugraheni, S. (2021). Eucalyptus globulus essential oil extraction method. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 733(1). 10.1088/1755-1315/733/1/012103
- Joseph, B. Duniya, S. y Sokoato, M. (2020). Characterization of essential oils from hyptis suaveolens leaves by gas chromatography-mass spectroscopy and fourier transform infra-red spectroscopy. *International Journal of Molecular Biology*, 5(3), 125-133. <https://doi.org/10.15406/ijmboa.2020.05.00139>
- Khalaf, Z. y Zahra, L. (2020). Evaluation of the Activity of Essential Oil and Hydrosol from Eucalyptus Camaldulensis Against Some Bacterial Species. *Iraqi Journal of Science*. 10.24996/ijcs.2020.61.6.5
- Lainez, E. Jiménez, M. López, A. y Ramírez, N. (2021). Efecto de las variables del proceso sobre los perfiles de calentamiento y los mecanismos de extracción durante la hidrodestilación del aceite esencial de eucalipto. *Heliyon*, 7(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08234>
- León, G. Osorio, M. y Martínez. S. (2015). Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de Citrus sinensis L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4):742-750.
- Lipa, F. (2014). *Estudio comparativo en el proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (Eucalyptus Glóbulus Labill) mediante el método de destilación por arrastre de vapor y el método de hidrodestilación asistido por radiación microondas* [Tesis Ing. Químico, Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3986/IQlihufg025.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- López, R. y Caso, N. (2015). *Rendimiento y composición química de aceites esenciales de Eucalyptus archeri y Schinus molle - Valle del Mantaro* [Tesis Ing. Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Del Centro De Perú].
- Manchuta, D. y Tumnoon, C. (2019). Hydrodistillation and antimicrobial properties of lemongrass oil (Cymbopogon citratus, Stapf): An undergraduate laboratory exercise bridging chemistry and microbiology. *Food Science Education*, 19, 41-48. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1111/1541-4329.12178>
- Marcel, S. (2018). Uso de aceites esenciales como nuevos conservantes alimentarios (Caso: Eucalyptus grandis y Eucalyptus crebra). *J Plant Sci Phytopathol.* 2, 83-90. 10.29328 / journal.jpssp.1001023
- Martínez, J. y Díaz, J. (2013). *“Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género eucalyptus - el mantaro”* [Tesis Ing. Forestal y Ambiental, Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/3397/Diaz%20Arcos%20-%20Martinez%20Chuquillanqui.pdf?sequence=1>

- Mejía, O. Marcial, J. Sánchez. O, Bonilla. C, Vanegas. M. (2007). Efecto de la altura y frecuencia de corte y secado en el rendimiento y calidad del aceite esencial de pronto alivio. *Scientia Et Technica*, 13(33), 253-255.
- Montoya, G. (2010). *Aceites esenciales*. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/55532/9588280264.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Morshedloo, M. Amani, M. Mohammadi, A. Maggi, F. Aghdam, M. Mumivand, H. y Javanmard, A. (2020). Comparison of drying methods for the extraction of essential oil from dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L., Lamiaceae). *Journal of Essential Oil Research*, 33, 1–9. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1848652>
- Mpiana, N. (2020). *Optimización del rendimiento de extracción de aceites esenciales de eucalyptus globulus y caracterización fisicoquímica*. [Tesis de grado. Univ. de Lubumbashi]. https://www.memoireonline.com/08/21/12156/m_Optimisation-du-rendement-d'extraction-des-huiles-essentiels-deucalyptus-globulus-et20728470.html
- Nolazco, D. Villanueva-Quejia, E. Hatta, B. y Tellez, L. (2020). Extracción y caracterización química del aceite esencial de Eucalipto obtenido por microondas y ultrasonido. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22(3), 274-284. <https://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.661>
- Nowak, D y Jakubczyk, E. (2020). The Freeze-Drying of Foods—The Characteristics of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *FOODS*, 9, 1-27. <http://dx.doi.org/10.3390/foods9101488>
- Özgüven, M. Gülseren, G. y Müller, J. (2019). Investigation of the Efficiency of Drying Conditions for Essential Oil Production from Aromatic Plants. *Makara Journal of Science*, 23 (3). DOI: 10.7454/mss.v23i3.11262
- Phakawat. T. y Soottawat, B. (2014). Essential Oils: Extraction, Bioactivities, and Their Uses for Food Preservation. *Journal of Food Science*, 79(7), <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12492>
- Pino Alea, J. (2015). *Aceites esenciales: química, bioquímica, producción y usos*. Editorial Universitaria. <https://elibro.net/es/ereader/espam/71620?page=93>.
- Pirbalouti, A. Salehi, S. y Craker, L. (2017). Efecto de métodos de secado en propiedades cualitativas y cuantitativas lazos de aceite esencial de las partes aéreas de cilantro. *J. Apl. Res. Medicina. Arom. Plantas*, 4 (1), 35–40. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2016.07.006>
- Quispe, K. y Taco, R. (2018) *Evaluación del tiempo de extracción, factor de empaquetamiento, humedad del rizoma, en el rendimiento de la extracción del aceite esencial de jengibre (Zingiber officinale roscoe) por arrastre de vapor, caracterización físico-química del aceite esencial y aplicación antioxidante en el aceite de oliva* [Tesis Ing. Químico, Universidad Nacional De San Agustín de Arequipa].
- Quispe, M. Corilla, D. Hinojosa, A. De la Cruz, A. y Manyari, G. (2022). Capacidad antioxidante de aceite esencial de hojas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) extraído por energía ultrasónica. *Journal of Agri-Food Science*, 1(1), 19-29.
- Rahimmalek, M. y Hossein, S. (2013). Evaluation of six drying treatments with respect to essential oil yield, composition and color characteristics of *Thymys daenensis*

- subsp. daenensis. Celak leaves. *Industrial Crops and Products*, 42, 613-619. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.06.012>
- Rojas, K. (2016). *Caracterización física y química de aceites esenciales de especies aromáticas de la Región sur del Ecuador* [Tesis Bioquímico Farmacéutico, Universidad Técnica Particular De Loja]. <http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/15274/1/Rojas%20Jaramillo%20Katty%20Yasmin.pdf>
- Salata, A. Buczkowska, H. y Nurzy, R. (2020). Rendimiento, contenido de aceite esencial y rendimiento de calidad de las hojas de *Lavandula angustifolia*, según lo afectado por métodos complementarios de riego y secado. *Agricultura*, 10, 1-19. <http://dx.doi.org/10.3390/agriculture10120590>
- Setiawan, S. Nadhilah, A. Ilhamisari, R. (2022). Effects of Leaf Storage and Distillation Time on the Quality of Eucalyptus (*Eucalyptus grandis*) Essential Oil. *3Bio Journal of Biological Science, Technology and Management* 4(1), 1-7. 10.5614/3bio.2022.4.1.1
- Sevillano, R. Siche, R. Castillo, W. y Silva, E. (2019). Optimización de la extracción por arrastre de vapor de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) utilizando diseños secuenciales. *Revista de Investigación Científica*, 16(1), 53-61. 10.17268/manglar.2019.008
- Shiferaw, Y. Kassahun, A. Tedla, A. Feleke, G. y Abebe, A. (2019). Investigation of Essential Oil Composition Variation with Age of Eucalyptus Globulus Growing in Ethiopia. *Nat Prod Chem Res*, 7(360), 1-5. 10.35248/2329-6836.19.7.360
- Silver, N. (2021). *Benefits of Hydrosols*. <https://www.healthline.com/health/hydrosol>
- Thamkaew, G. Sjöholm, I. y Gómez, F. (2021) Una revisión de los métodos de secado para mejorar la calidad de las hierbas secas, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61:11, 1763-1786. 10.1080/10408398.2020.1765309
- Torres, J. (2012). *Caracterización fisicoquímica de los aceites esenciales, obtenidos a nivel laboratorio y piloto para el control de afidos* [Tesis Licenciado En Química Industrial, Universidad Mayor De San Andrés]. https://docs.bvsalud.org/biblioref/2019/05/997509/caracterizacion-fisicoquimica-de-los-aceites-esenciales-obtenid_Ee3fh2V.pdf
- Tubay, C. (2018). *Composición química (volátiles), caracterización físico química y actividades biológicas del aceite esencial de Lippia alba de Ecuador* [Máster en Gestión de Calidad y Seguridad Alimentaria, Escuela Superior de Turismo y Tecnología del Mar]. <https://iconline.ipleiria.pt/bitstream/10400.8/3474/1/TESIS%20LIPPIA%20ALBA%20DEL%20ECUADOR%2C%20MANABI%2C%20CHARAPOTO%201.pdf>
- Turek, C. y Stintzing, FC (2013). Estabilidad de los aceites esenciales: una revisión. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12(1), 40–53. 10.1111/1541-4337.12006
- Zhao, S. y Zhang, D. (2014). Extracción con CO₂ supercrítico de aceite de hojas de *eucalipto* y comparación con los métodos de extracción e hidrodestilación de Soxhlet. *Tecnología de separación y purificación*, 133, 443-451. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2014.07.018>
- Zheljazkov, V. Astatkie, T. Horgan, T. Schlegel, V. y Simonnet, X. (2013). Efecto del tiempo de destilación en el rendimiento, la composición y la capacidad antioxidante del

aceite esencial de aceite de salvia dulce (*Artemisia annua* L.). *HORTSCIENCE*, 48(10), 1288–1292. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.48.10.1288>

ANEXOS

Anexo 1. Recepción de hojas de eucalipto



Anexo 2. Hojas de eucalipto cortadas



Anexo 3. Liofilización de las hojas de eucalipto



Anexo 4. Humedad de las hojas de eucalipto liofilizadas



Anexo 5. Humedad de las hojas de eucalipto frescas



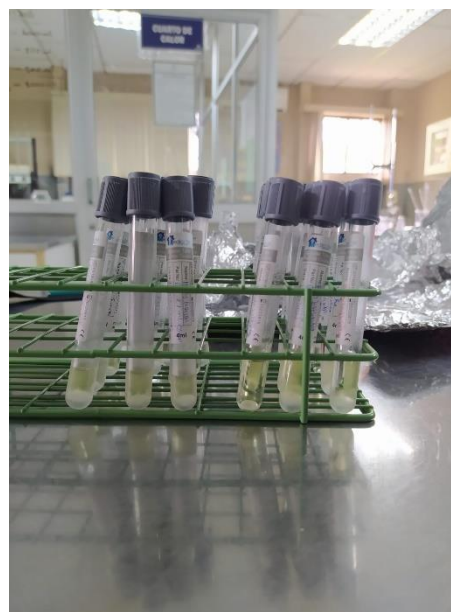
Anexo 6. Equipo de extracción

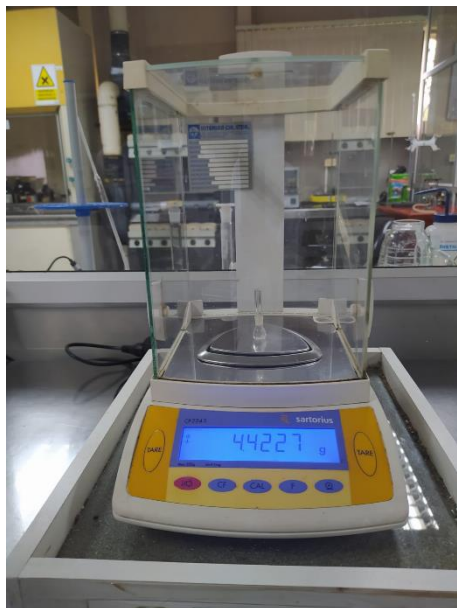


Anexo 7. Separación del aceite



Anexo 8. Envasado de aceites esenciales



Anexo 9. Determinación de densidad**Anexo 10.** Determinación de pH**Anexo 11.** Determinación de acidez**Anexo 12.** Aceites esenciales de mayor rendimiento

Anexo 13. Prueba de los supuestos de ANOVA para la variable Rendimiento

Rendimiento	Shapiro-Wilk			Levene
	Estadístico	gl	Sig.	Sig.
	0.892	24	0.015	-


Anexo 14. Prueba no paramétrica de Kruskal Wallis para la variable rendimiento

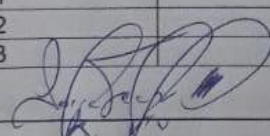
Hipótesis nula	Test	sig	Decisión
La distribución de Rendimiento es la misma entre las categorías de Contenido_de_Humedad.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.000	Rechazar la hipótesis nula.
La distribución de Rendimiento es la misma entre las categorías de Tiempo_de_extracción.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.170	Retener la hipótesis nula.
La distribución de Rendimiento es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba Kruskal-Wallis de muestras independientes	0.0018	Rechazar la hipótesis nula.


Anexo 15. Análisis del porcentaje de rendimiento del aceite esencial a través de la interacción de los factores A y B

Tratamientos	Medias%
T1 HOJA FRESCA:30 minutos	1.44 ± 0.10 ^d
T2 HOJA FRESCA:60 minutos	1.66 ± 0.00 ^{c d}
T3 HOJA FRESCA:90 minutos	1.66 ± 0.00 ^{c d}
T4 HOJA FRESCA:120 minutos	1.89 ± 0.10 ^{c b d}
T5 HOJA LIOFILIZADA:30 minutos	2.33 ± 0.17 ^{a b c}
T6 HOJA LIOFILIZADA:60 minutos	2.66 ^{ab} ± 0.00
T7 HOJA LIOFILIZADA:90 minutos	2.66 ^{ab} ± 0.00
T8 HOJA LIOFILIZADA:120 minutos	3,03 ^a ± 0.05
P-Valor	0.0018


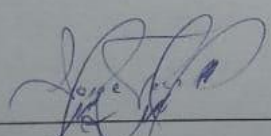
Anexo 16. Resultados de rendimiento del aceite esencial de eucalipto

		
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ "MANUEL FÉLIX LÓPEZ"		
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA ÁREA AGROINDUSTRIAL		
ESTUDIANTES:	CALDERÓN RODRÍGUEZ MARICELA ESTEFANÍA LOOR VERA MARCELA MARÍA	
DIRECCIÓN:	CALCETA	
FECHA DE ENTREGA DE LA MUESTRA:	16, 17, 20, 22, 27, 28, 29 de Junio y 08, 11, 12, y 13 de Julio de 2022	
FECHA DE REALIZACIÓN:	16, 17, 20, 22, 27, 28, 29 de Junio y 08, 11, 12, y 13 de Julio de 2022	
MUESTRAS ENVIADAS:	24	
Materia Prima Aceite esencial	INFLUENCIA DEL TIEMPO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE HOJAS DE EUCALIPTO FRESCAS Y LIOFILIZADAS	
	Tratamientos y Repeticiones	% Rendimiento
11/07/22	T1R1	1.33
11/07/22	T1R2	1.50
11/07/22	T1R3	1.50
08/07/22	T2R1	1.66
12/07/22	T2R2	1.66
12/07/22	T2R3	1.66
12/07/22	T3R1	1.66
13/07/22	T3R2	1.66
13/07/22	T3R3	1.66
08/07/22	T4R1	1.83
11/07/22	T4R2	2.00
12/07/22	T4R3	1.83
16/06/22	T5R1	2.50
22/06/22	T5R2	2.16
28/06/22	T5R3	2.33
17/06/22	T6R1	2.66
22/06/22	T6R2	2.66
29/06/22	T6R3	2.66
27/06/22	T7R1	2.66
27/06/22	T7R2	2.66
28/06/22	T7R3	2.66
20/06/22	T8R1	3.00
29/06/22	T8R2	3.08
29/06/22	T8R3	3.00


 ING. JORGE TECCA DELGADO
 TÉCNICO DE LABORATORIO



Anexo 17. Resultados de pH, densidad e índice de acidez del aceite esencial de eucalipto

 ESPAMMFL ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ					
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ "MANUEL FÉLIX LÓPEZ"					
LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA ÁREA AGROINDUSTRIAL					
ESTUDIANTES:		CALDERÓN RODRÍGUEZ MARICELA ESTEFANÍA LOOR VERA MARCELA MARÍA			
DIRECCIÓN:		CALCETA			
FECHA DE ENTREGA DE LA MUESTRA:		15 y 18 de julio del 2022			
FECHA DE REALIZACIÓN:		15 y 18 de julio del 2022			
MUESTRAS ENVIADAS:		8			
Aceite esencial	INFLUENCIA DEL TIEMPO Y CONTENIDO DE HUMEDAD EN EL RENDIMIENTO DEL ACEITE ESENCIAL OBTENIDO DE HOJAS DE EUCALIPTO FRESCAS Y LIOFILIZADAS				
		Tratamientos	Densidad g/mL	Índice de acidez mgKOH/g	pH
	15/07/2022 y 18/07/2022	T1	0.91	5.55	5.0
	15/07/2022 y 18/07/2022	T2	0.87	3.87	4.5
	15/07/2022 y 18/07/2022	T3	0.86	3.91	4.5
	15/07/2022 y 18/07/2022	T4	0.86	3.90	5.0
	15/07/2022 y 18/07/2022	T5	0.90	3.74	5.0
	15/07/2022 y 18/07/2022	T6	0.87	3.22	4.5
	15/07/2022 y 18/07/2022	T7	0.86	3.26	4.5
	15/07/2022 y 18/07/2022	T8	0.89	3.15	
		 ING. JORGE TECA DELGADO TÉCNICO DE LABORATORIO DE BROMATOLOGÍA			
		