



Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional de Loja

Facultad Agropecuaria y de Recursos Naturales

Renovables

Carrera de Ingeniería Forestal

Potencial de productividad de aceite esencial a partir de rebrotes de *Eucalyptus globulus* Labill., en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja

Trabajo de Integración Curricular,
previo a la obtención del título de
Ingeniero Forestal

AUTOR:

Oscar Kenedy Cofre Betancourt

DIRECTOR:

Ing. Byron Gonzalo Palacios Herrera, Mg. Sc.

Loja – Ecuador

2024

Certificación

Loja, 25 de febrero de 2024

Ing. Byron Palacios Herrera, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Certifico:

Que he revisado y orientado todo proceso de la elaboración del Trabajo de Integración Curricular denominado: **Potencial de productividad de aceite esencial a partir de rebrotes de *Eucalyptus globulus* Labill., en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Forestal**, de autoría del estudiante **Oscar Kenedy Cofre Betancourt**, con **cedula de identidad Nro. 1105241341**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación para la respectiva sustentación y defensa.

Atentamente,



Firmado digitalmente
por BYRON GONZALO
PALACIOS HERRERA

Ing. Byron Gonzalo Palacios Herrera, Mg. Sc.
DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Autoría

Yo, **Oscar Kenedy Cofre Betancourt**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Integración Curricular y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Integración Curricular en el Repositorio Digital Institucional – Biblioteca Virtual.

Firma:

A handwritten signature in purple ink, consisting of a large, stylized initial 'O' followed by a series of loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Cédula de identidad: 1105241341

Fecha: 15 de julio del 2024

Correo electrónico: oscar.cofre@unl.edu.ec

Telf: +593 96 750 3383

Carta de autorización por parte del autor para consulta, reproducción parcial o total y publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Integración Curricular.

Yo, **Oscar Kenedy Cofre Betancourt** declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular titulado: **Potencial de productividad de aceite esencial a partir de rebrotes de *Eucalyptus globulus* Labill., en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja**, como requisito para optar el título de **Ingeniero Forestal**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad. La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Integración Curricular que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, suscribo, en la ciudad de Loja, a los quince días del mes de julio del dos mil veinticuatro.

Firma:



Autor: Oscar Kenedy Cofre Betancourt

Cédula: 1105241341

Dirección: Purunuma, Gonzanamá

Correo electrónico: oscar.cofre@unl.edu.ec

Celular: +593 96 750 3383

DATOS COPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Integración Curricular: Ing. Byron Gonzalo Palacios Herrera Mg.Sc.

Dedicatoria

Dedico mi primer trabajo de investigación a la memoria de mi abuelo Nicolas Betancourt que, pese a no conocerlo, sus logros, trabajo y compromiso de salir siempre adelante se han convertido en el legado que me motiva a nunca darme por vencido, trabajar por alcanzar mis metas y algún día ser una persona perseverante, determinada y exitosa como él lo fue en vida.

Oscar Kenedy Cofre Betancourt

Agradecimiento

Agradezco a la familia Cofre Betancourt por el apoyo incondicional a lo largo de la carrera de Ingeniería Forestal. Con la culminación de este Trabajo de Integración Curricular, quiero que reconozcan que esta meta cumplida, no es un resultado individual, sino un logro colectivo de todas las personas que me dieron la posibilidad de crecer profesional y personalmente en esta prestigiosa universidad.

De la misma manera agradezco al Ing. Alexis Mendez por la colaboración en el diseño del trabajo de campo. Me alegra saber que existen profesionales altruistas dispuestos a ayudar con su conocimiento a que las demás personas alcancen sus objetivos y sueños.

Finalmente, agradezco al Ing. Byron Palacios por darme la oportunidad de trabajar bajo su tutela. Donde sus enseñanzas, consejos y su visión profesional, me han permitido visualizar un futuro prometedor, marcado por la perseverancia y trabajo duro. Espero y lo comprometo a seguir guiando a muchos más estudiantes que buscan marcar una huella en la historia, y no que la historia marque una huella en sus vidas.

Oscar Kenedy Cofre Betancourt

Índice de contenidos

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas:.....	x
Índice de figuras:	xi
Índice de anexos.....	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco teórico	6
4.1. Inventarios forestales.....	6
4.1.1. Definición	6
4.1.2. Tipos de inventario	6
4.1.3. Inventario de PFSM.....	7
4.2. Aceite esencial.....	7
4.2.1. Definición	7
4.2.2. Fuentes de los aceites esenciales.....	8
4.2.3. Propiedades físicas de los aceites esenciales.....	9
4.2.4. Aplicación de los aceites esenciales.....	9
4.2.5. Aceite esencial de eucalipto	10
4.2.6. Clasificación de aceites esenciales	11
4.2.7. Situación actual de los aceites esenciales en la provincia de Loja.....	11
4.2.8. Factores que influyen en el rendimiento del aceite esencial en las plantas	11

4.2.9. Edad de la planta y de las hojas en el rendimiento del aceite esencial	12
4.2.10. Tipos de extracción	12
4.2.11. Extracción por arrastre de vapor de agua	12
4.3. Descripción del <i>E. globulus</i>	13
4.3.1. Generalidades	13
4.3.2. Clasificación de la especie	14
4.3.3. Descripción botánica	14
4.4. Análisis estadístico de los datos	15
4.4.1. Definición y clasificación de la estadística	15
4.4.2. Población	15
4.4.3. Muestra	15
4.4.4. Variable	15
4.4.5. Media	15
4.4.6. Covarianza	16
5. Metodología	17
5.1. Área de estudio.....	17
5.1.1. Ubicación política	17
5.1.2. Ubicación geográfica	18
5.1.3. Clima	18
5.1.4. Relieve	18
5.1.5. Cobertura vegetal.....	18
5.2. Metodología para comparar el rendimiento del aceite esencial de <i>E. globulus</i> de los diferentes rodales de rebrotes	19
5.3. Metodología para identificar las propiedades físicas del aceite esencial en rebrotes de <i>E. globulus</i> en diferentes rodales de rebrotes	23
5.3.1. Cálculo de la densidad relativa del aceite esencial a 20 °C	23
5.3.2. Análisis estadístico	24
6. Resultados.....	25
6.1. Resultados de la comparación del rendimiento del aceite esencial de <i>E. globulus</i> de los diferentes rodales de rebrotes.	25

6.1.1. Análisis de varianza.....	26
6.2. Resultados de las propiedades físicas del aceite esencial de <i>E. globulus</i> de los diferentes rodales de rebrotes.	26
6.2.1. Análisis de la densidad relativa del aceite esencial.....	27
7. Discusión.....	28
7.1. Rendimiento de aceite esencial de <i>E. globulus</i> en los diferentes rodales de rebrotes	28
7.2. Identificación de las propiedades físicas del aceite esencial de <i>E. globulus</i> de los diferentes rodales de rebrotes.	29
8. Conclusiones.....	31
9. Recomendaciones.....	32
10. Bibliografía.....	33
11. Anexos.....	41

Índice de tablas:

Tabla 1. Clasificación taxonómica del <i>E. globulus</i> (Tropicos.org).	14
Tabla 2. Ubicación geográfica de los rodales de rebrotes que constituyen el área de estudio en WGS_1984_UTM_Zone_17S.	18
Tabla 3. Características de los rodales de rebrotes de <i>E. globulus</i> , ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.	20
Tabla 4. Rendimiento del aceite esencial de las hojas de <i>E. globulus</i> proveniente de los diferentes rodales de rebrotes, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja (RASM: Submuestra del Rodal A -Musango; RBSM: Submuestra del Rodal B - La Primavera; RCSM: submuestra del Rodal C - Colambo).	25
Tabla 5. Rendimiento de aceite esencial de las hojas de <i>E. globulus</i> por rodal de rebrotes y por hectárea.	25
Tabla 6. Densidad relativa del aceite esencial de las hojas de <i>E. globulus</i> , provenientes del Rodal A (Musango), Rodal B (La Primavera), Rodal C (Colambo), ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. (RASM: Submuestra del Rodal A - Musango; RBSM: Submuestra del Rodal B – La Primavera; RCSM: submuestra del Rodal C - Colambo).	27

Índice de figuras:

Figura 1. Clasificación de los inventarios forestales por el método estadístico.	6
Figura 2. Clasificación de los inventarios forestales según el objetivo	7
Figura 3. Clasificación de los inventarios especiales	7
Figura 4. Presentación comercial del aceite esencial (Fuente: dōTERRA Ecuador C. Ltda)..	8
Figura 5. Aceites esenciales provenientes de diferentes partes de la planta (Fuente: Guía de productos dōTERRA Ecuador C. Ltda).	8
Figura 6. Aceite esencial de eucalipto (dōTERRA Ecuador C. Ltda).	10
Figura 7. Clasificación de los aceites esenciales (Martínez, 2001).	11
Figura 8. Esquema básico del proceso de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor de agua (Cerpa, 2007).	13
Figura 9. <i>Eucalyptus globulus</i> Labill.	14
Figura 10. Ubicación de los rodales de rebrotes de <i>E. globulus</i> en la parroquia Purunuma, cantón, provincia de Loja (INEC, 2013).	17
Figura 11. Fases para la obtención del aceite esencial (Orozco y Brumér, 2002 y Valarezo et al., 2012).	19
Figura 12. Conteo de los tocones en los tres rodales de rebrotes de <i>E. globulus</i> , ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.	20
Figura 13. Recolección de hojas en los diferentes rodales de rebrotes de <i>E. globulus</i> , ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.	21
Figura 14. Pesado de las hojas de <i>E. globulus</i> , provenientes de las submuestras de los tres rodales de rebrotes de ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.	21
Figura 15. Tratamiento poscosecha de las hojas de <i>E. globulus</i> , provenientes de las submuestras de los tres rodales de rebrotes, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.	22
Figura 16. Extracción del aceite esencial de las hojas de <i>E. globulus</i> por arrastre de vapor de agua.	22
Figura 17. Volumen del aceite esencial (g) obtenido de las submuestras por el método del picnómetro, provenientes de los diferentes rodales de rebrotes de <i>E. globulus</i> , ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.	23
Figura 18. Análisis de varianza del rendimiento de aceite esencial (ml) de las hojas de <i>E. globulus</i> , provenientes del Rodal A (Musango), Rodal B (La Primavera), Rodal C (Colambo), ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. Medias con una letra común no son significativamente diferentes a nivel de significancia 0,05 %.	26

Figura 19. Análisis de varianza de la densidad relativa del aceite esencial obtenido de las hojas de *E. globulus* provenientes del Rodal A (Musango), Rodal B (La Primavera), Rodal C (Colambo), ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. Medias con una letra común no son significativamente diferentes a nivel de significancia 0,05 %.....27

Índice de anexos

Anexo 1. Rodales de rebrotes de <i>E. globulus</i> , ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.	41
Anexo 2. Matriz de campo (muestra 5 % del área de cada rodal) de rebrotes de <i>E. globulus</i> , ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.....	42
Anexo 3. Supuestos para la aplicación de análisis de varianza de los valores de aceite esencial obtenidos en los diferentes rodales de rebrotes de <i>E. globulus</i>	42
Anexo 4. Certificado de traducción del resumen.....	43

1. Título

Potencial de productividad de aceite esencial a partir de rebrotes de *Eucalyptus globulus* Labill., en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja

2. Resumen

La diversificación de las actividades productivas en el sector forestal ha ocasionado el realce de los PFNM; bienes diferentes a la madera que proceden de bosques y plantaciones forestales. En este ámbito aparece el *E. globulus*, como una especie promisoría en la producción de aceite esencial, sin embargo, el potencial de productividad no ha sido aprovechado adecuadamente, debido a que la visión forestal se centra principalmente en la producción de madera. En este contexto, se comparó el rendimiento y las propiedades físicas del aceite esencial de tres rodales de rebrotes de *E. globulus*, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. Para cumplir con este propósito se aplicó un muestreo aleatorio simple sin estratificar con una intensidad mayor o igual al 5 % del área de cada rodal, estos datos fueron extrapolados a la superficie del rodal y a una hectárea. La materia prima recolectada en cada sitio se dividió en cuatro submuestras con un peso aproximado de 5 kg de hojas frescas. La extracción de aceite esencial se realizó mediante el arrastre de vapor de agua durante una hora. Además, se compararon las medias del volumen (ml) de cada rodal de rebrotes con el Test de Tukey a un nivel de confianza del 0,05 %. Como resultado del análisis estadístico, no se encontraron diferencias significativas en el rendimiento de aceite esencial de todos los rodales, dando un promedio de 1,65 litros/ha. Mientras que, la densidad promedio del aceite esencial fue de 0,89 g/ml. Por lo tanto, es importante resaltar que conocer el potencial de productividad de las áreas donde se extrae el aceite esencial es una herramienta valiosa en el manejo sustentable en la producción de este PFNM.

Palabras clave: rendimiento, hojas de eucalipto, PFNM, extracción.

Abstract

The diversification of productive activities in the forestry sector has led to an increase in NTFP; goods other than timber come from forests and forest plantations. In this area, *E. globulus* appears as a promising species for the production of essential oil; however, the productivity potential has not been adequately exploited, because the forestry vision is mainly focused on timber production. In this context, the yield and physical properties of essential oil from three stands of *E. globulus* resprouts, located in the Purunuma parish, Gonzanamá canton, Loja province were compared. To fulfill this purpose, simple random sampling without stratification was applied with an intensity greater than or equal to 5 % of the area of each stand, these data were extrapolated to the area of the stand and to one hectare. The raw material collected at each site was divided into four subsamples with an approximate weight of 5 kg of fresh leaves. The extraction of essential oil was performed by steam dragging for one hour. In addition, the means of the volume (ml) of each stand of shoots were compared with Tukey's test at a confidence level of 0.05 %. As a result of the statistical analysis, no significant differences were found in the essential oil yield of all stands, giving an average of 1.65 liters/ha. Meanwhile, the average density of essential oil was 0.89 g/ml. Therefore, it is important to highlight that knowing the productivity potential of the areas where the essential oil is extracted is a valuable tool in the sustainable management of the production of this NTFP.

Key words: yield, eucalyptus leaves, NTFPS, extraction.

3. Introducción

El eucalipto es la especie forestal más plantada en la sierra ecuatoriana y en el mundo (Ecuador Forestal, 2022b). Es originaria de Tasmania y Australia (Di Marco, 2015), mientras que en Ecuador fue introducida bajo el gobierno del expresidente Gabriel García Moreno en el año 1865, con la finalidad de promover la producción maderera principalmente en la región andina (Acosta, 1949). La gran aceptación de esta especie a nivel nacional se debe al rápido crecimiento, rusticidad, fácil adaptación a las diferentes condiciones climáticas, poda natural y madera cotizada en el mercado local (Ecuador Forestal, 2022b).

No obstante, la característica más relevante de esta especie forestal exótica (Gualpa et al., 2016) es la capacidad de regeneración a partir de los tocones, donde el manejo de los rebrotes ofrece una opción para reestablecer estas plantaciones, disminuyendo los gastos asociados con la replantación (Pinilla et al., 2022). Sin embargo, Evans (1996) y Silveira y Brito (2003) mencionan que los rebrotes de la primera y segunda corta son los más productivos y que, los rendimientos disminuyen en cada uno de los rodales posteriores, hasta el punto de ser consideradas económicamente no rentables, y consecuentemente sean abandonadas o eliminadas para llevar a cabo una nueva replantación.

En la provincia de Loja, el aprovechamiento del eucalipto se enfoca de igual manera en la producción maderera (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG Loja], 2022). Sin embargo, la potencialidad de estas plantaciones no se limita a este aspecto ya que, el *E. globulus* es una de las especies forestales comerciales con gran relevancia en el campo de los aceites esenciales (AE) (Boland et al., 1991; Garcia et al., 2013). Este producto forestal no maderable (PFNM) es ampliamente utilizado en la fabricación de productos farmacéuticos, alimentos, y cosméticos (Boom et al., 2018; Pino et al., 2021; Villarreal et al., 2022). No obstante, este potencial no ha sido aprovechado apropiadamente, debido a que la visión forestal se centra principalmente en la producción de madera (Organizaicon de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 1994).

La producción de aceite esencial de eucalipto se realiza a partir las hojas, consideradas como residuos generados por la cosecha, tratamientos silviculturales o de plantaciones diseñadas para esta actividad. El presente trabajo investigativo busca estudiar el potencial de productividad de aceite esencial a partir de rebrotes de *E. globulus* en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja, con el fin de ofrecer una opción para revalorizar este tipo de material vegetal, contribuyendo así a alcanzar un manejo del recurso forestal más eficiente y sustentable.

A partir de estos antecedentes, el presente trabajo de integración curricular planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general

Contribuir con el conocimiento sobre el potencial de productividad de aceite esencial a partir de rebrotes de *E. globulus* en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

Objetivos específicos

Comparar el rendimiento del aceite esencial de *E. globulus* de los diferentes rodales de rebrotes.

Identificar las propiedades físicas del aceite esencial de *E. globulus* de los diferentes rodales de rebrotes.

Hipótesis para el primer objetivo

H0: Existe variación en el rendimiento de aceite esencial en los diferentes rodales de rebrotes.

H1: No existe variación en el rendimiento de aceite esencial en los diferentes rodales de rebrotes.

Hipótesis para el segundo objetivo

H0: Existe variación en las propiedades físicas del aceite esencial en los diferentes rodales de rebrotes.

H1: No existe variación en las propiedades físicas del aceite esencial en los diferentes rodales de rebrotes.

4. Marco teórico

4.1. Inventarios forestales

4.1.1. Definición

Según Orozco y Brumér (2002) un inventario forestal es un “procedimiento útil para obtener información necesaria para la toma de decisiones el manejo y aprovechamiento forestal”.

A su vez el MAG (2020b) describe a un inventario forestal como “el conjunto de procedimientos para recoger información cualitativa y cuantitativa de la masa forestal y de algunos aspectos del terreno donde la masa está creciendo, mediante métodos adecuados y a fin de satisfacer los objetivos perseguidos”.

4.1.2. Tipos de inventario

Según Malleux (1982) los inventarios forestales se clasifican según el método estadístico (Figura 1), de acuerdo con el objetivo que se busca obtener (Figura 2) y en inventarios especiales (Figura 3).

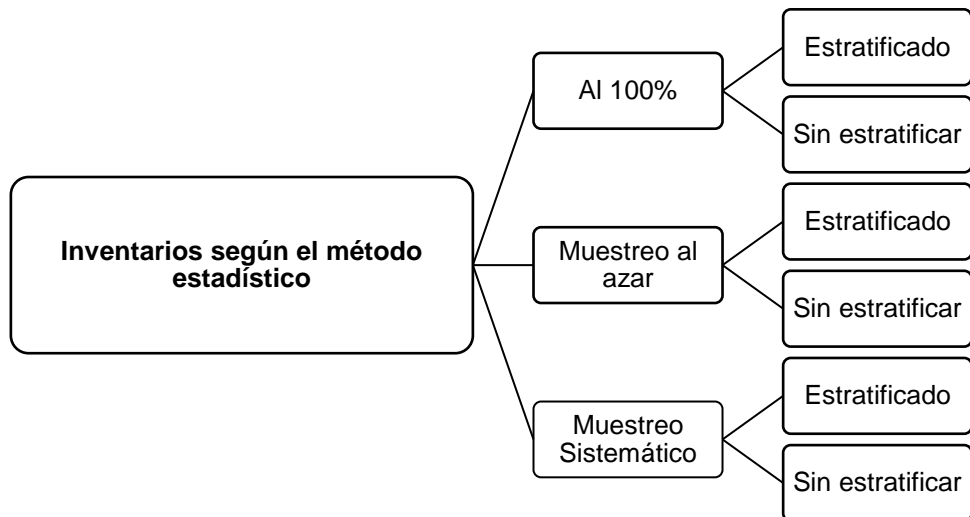


Figura 1. Clasificación de los inventarios forestales por el método estadístico.

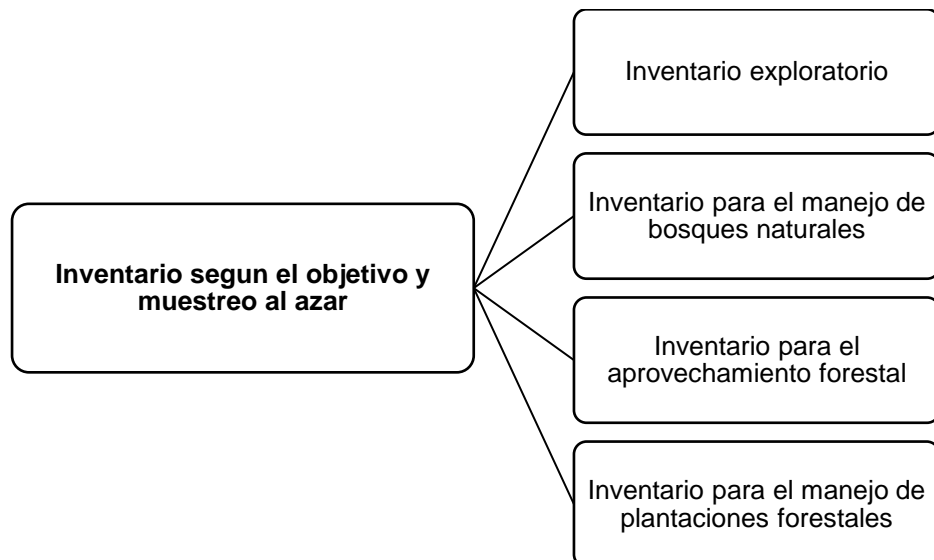


Figura 2. Clasificación de los inventarios forestales según el objetivo

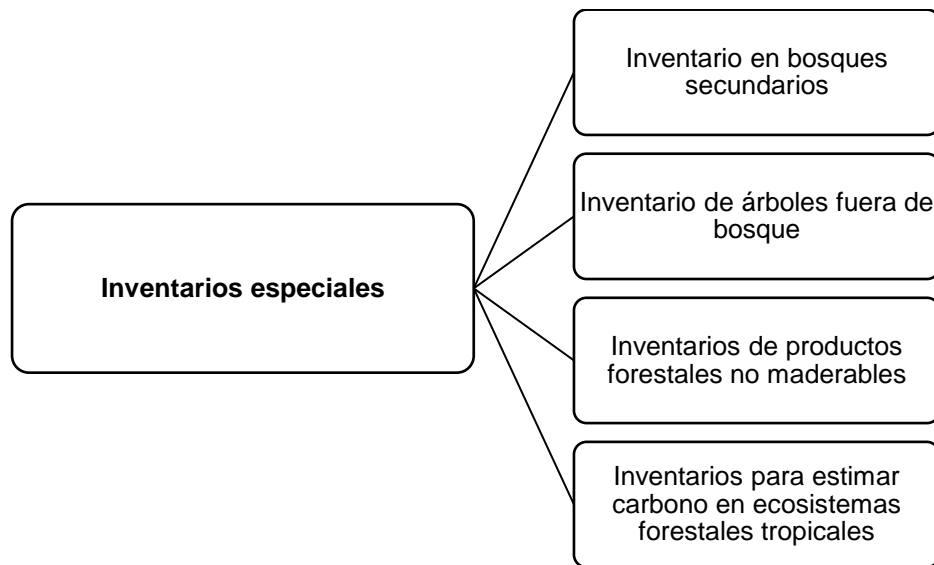


Figura 3. Clasificación de los inventarios especiales

4.1.3. Inventario de PFNM

Es un registro de los PFNM que se encuentran en un área determinada. Los inventarios de PFNM son importantes para los especialistas vinculados a la conservación y aprovechamiento de los recursos forestales, ya que permiten conocer la diversidad de especies presentes en un área y su estado de conservación (Vílchez, 2004 y Wong et al., 2001).

Sin embargo, Orozco y Brumér (2002) mencionan que, dado que los inventarios de PFNM pueden adaptar diferentes enfoques, desde documentar la presencia de una especie en un área determinada, hasta cuantificar el potencial productivo de manera constante a lo largo del tiempo, el diseño del inventario es determinado por el tipo de información requerida y la rigurosidad estadística con que necesitamos documentar las variables.

4.2. Aceite esencial

4.2.1. Definición

Según Santos (2004) el aceite esencial es una mezcla de compuestos volátiles, lipofílicos, generalmente olorosos y líquidos (Figura 4), que forman parte del metabolismo secundario de las plantas y están compuestos principalmente por terpenos en combinación con otros componentes (Bandoni, 2003). Estos aceites son los responsables del aroma y sabor de las plantas. Además, son insolubles en agua y se extraen de una planta completa o una parte de ella (Mena et al., 2020).



Figura 4. Presentación comercial del aceite esencial (Fuente: dōTERRA Ecuador C. Ltda).

4.2.2. Fuentes de los aceites esenciales

De León (2008) describe que los aceites esenciales se pueden extraer de flores, frutos, hojas, raíces, semillas y corteza de los vegetales (Figura 5). Durante el crecimiento de la planta, los aceites se forman en los tejidos verdes que contienen clorofila y son luego transportados a otros tejidos, específicamente a los brotes en flor (Lima, 2005). En el caso del eucalipto, la principal fuente de aceite esencial son las hojas, debido a que estas partes de la planta poseen numerosas glándulas productoras de estas sustancias químicas, los cuales generan su característico olor y que pueden ser separados en productos químicos de utilidad industrial (Álvarez et al., 2000).



Aceite esencial de flores de manzanilla



Aceite esencial de bayas de enebro



Aceite esencial de hojas de eucalipto



Aceite esencial de raíces de jengibre



Aceite esencial de semillas de cilantro



Aceite esencial de corteza de canela

Figura 5. Aceites esenciales provenientes de diferentes partes de la planta (Fuente: Guía de productos dōTERRA Ecuador C. Ltda).

4.2.3. Propiedades físicas de los aceites esenciales

Las propiedades físicas de los aceites esenciales, describen principalmente cómo se comportan en estado físico, la interacción con otras sustancias y determinan si un aceite esencial es adecuado para la fabricación de productos cosméticos, alimentos, de limpieza, perfumes, entre otros (Rodríguez et al., 2012). Dentro de la lista de propiedades físicas de los aceites esenciales mencionados en la ficha datos de seguridad de la empresa CORQUIMIA, necesarios para ser comercializados aparecen: densidad relativa, índice de refracción, rotación óptica, punto de inflamación, inflamabilidad (sólido, gas), liposolubilidad, temperatura de autoinflamación, temperatura de descomposición, viscosidad, propiedades explosivas (CORQUIMIA, 2020).

El presente estudio dará énfasis en la densidad del aceite esencial de eucalipto debido a que esta propiedad, además, de describir la relación entre la masa y volumen, es decir, la cantidad de materia contenida en un determinado cantidad espacio (Alvarado, 2013); es un propiedad de fácil aplicación que permite analizar la pureza de estas sustancias, así como, detectar elementos como sedimentos o agua que podrían haberse mezclado con el aceite y que no deberían estar presentes en el mismo (Chávez et al., 2023; Sarria y Gallo, 2019). Por lo tanto, estudiar esta propiedad ayudará a indicar que las cantidades de aceite esencial obtenido de los diferentes rodales no se ven afectadas por la presencia de sustancias ajenas.

Sin embargo, si se busca garantizar la calidad del aceite esencial, evaluar sus características físicas y químicas se considera un factor básico para la identificación, comercialización y uso (Silveira y Brito, 2003). En este contexto la International Organization for Standardization (ISO) por sus siglas en inglés, menciona en la norma ISO 3044:2020, los principales análisis recomendados para los aceites esenciales de eucalipto son: densidad, rotación óptica, índice de refracción, solubilidad en alcohol etílico y contenido del principal componente químico.

4.2.4. Aplicación de los aceites esenciales

Son varios los campos en que los aceites esenciales juegan un papel importante, tal es el caso de la industria alimentaria donde estas sustancias son utilizadas como como saborizantes en muchos productos comestibles como bebidas, confitería, panadería, congelados, panadería, postres y lácteos (Harborne y Baxter, 2001).

Dentro de la industria farmacéutica el aceite esencial de menta se usa en la elaboración de cremas dentales, analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (Martínez, 2001). De la misma manera, en la industria de los cosméticos son utilizados como un ingrediente de fragancia en jabones, cremas, detergentes y en preparados aromatizantes (Harborne y Baxter, 2001).

Por otra parte, en el campo industrial estos compuestos vegetales se emplean para ocultar el olor de productos como el caucho, plásticos, juguetes y las pinturas. Mientras que

en la industria papelera ayudan a impregnar fragancia en cuadernos, tarjetas, papel higiénico, entre otros. En lo que respecta a la industria fitosanitaria los aceites esenciales y los hidrolatos se usan para el control de plagas, con ellos se elaboran principalmente fungicidas, insecticidas, desinfectantes (Arraiza, 2012).

4.2.5. Aceite esencial de eucalipto

El *E. globulus* posee glándulas en las hojas que segregan aceite esencial, los cuales son responsables del característico olor y poseen componentes de un alto valor industrial (Álvarez et al., 2000). El aceite esencial de esta especie presenta un aspecto limpio de color amarillo claro o incoloro, de olor alcanforado intenso (Quintero et al., 2004), donde el principal componente químico, el eucaliptol, sinónimo de 1,8-cineol (Torrenegra et al., 2019), ha sido utilizado comúnmente en la medicina tradicional para el tratamiento de afecciones respiratorias e infecciones bronquiales, ya que sus componentes producen efectos antiinflamatorios y analgésicos (Silva et al., 2003).

Gracias a estas características es muy cotizado por sus propiedades medicinales, principalmente para atender afecciones respiratorias (Villarreal et al., 2022). Un ejemplo de este auge fue durante la pandemia del Covid-19, donde artículos como: “Eucaliptol (1,8 cineol) del aceite esencial de eucalipto, un posible inhibidor de la infección por el virus corona COVID 19 según estudios de acoplamiento molecular”, resaltaron el potencial del aceite esencial de hojas de eucalipto como inhibidor para esta enfermedad (Sharma y Kaur, 2020).

En la actualidad el aceite esencial de eucalipto (Figura 6) es ampliamente utilizado en la fabricación de productos farmacéuticos, alimentos, cosméticos, aromaterapia, desinfectantes, bactericidas (Boom et al., 2018; Costa et al., 2020; Pino et al., 2021; Villarreal et al., 2022).



Figura 6. Aceite esencial de eucalipto (dōTERRA Ecuador C. Ltda).

4.2.6. Clasificación de aceites esenciales

Los aceites esenciales se clasifican a partir de diferentes criterios (Figura 7) como la consistencia, origen y naturaleza química de los componentes mayoritarios (Martínez, 2001).

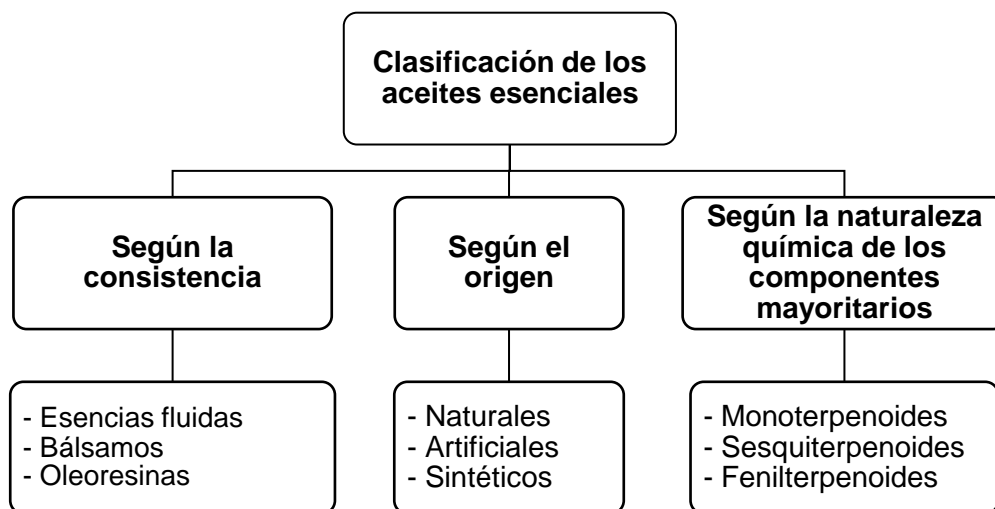


Figura 7. Clasificación de los aceites esenciales (Martínez, 2001).

4.2.7. Situación actual de los aceites esenciales en la provincia de Loja

En Ecuador, la popularidad de los aceites esenciales ha crecido en los últimos años, mientras que a nivel mundial se estima que la demanda aumente un 7,5 % para el 2027 alcanzando 389 millones de kilogramos (El Comercio, 2020). A nivel nacional la producción de aceites esenciales se ha centrado principalmente en plantas como la rosa, el geranio, el eucalipto, la lavanda, la hierbaluisa, la menta y el romero, entre otras (Malagón et al., 2003; Valarezo et al., 2012).

Con el auge de este PFNM el MAG busca fortalecer el emprendimiento y apoyar al pequeño y mediano productor de la provincia de Loja, así como acompañar al agricultor en todo el proceso productivo, desde la plantación hasta la comercialización (MAG, 2020a).

4.2.8. Factores que influyen en el rendimiento del aceite esencial en las plantas

Según Sangwan et al. (2001) la composición y rendimiento de aceites esenciales es variable producto de factores genéticos, de las condiciones agroecológicas de los sitios de procedencia del material vegetal, manejo del cultivo, estado fenológico, la parte del tejido y la procedencia de la planta. De la misma manera, Boland et al. (1991) mencionan que el contenido de estos aceites esenciales puede afectarse producto de varios factores, como las condiciones ambientales, los tratamientos silviculturales, hora de recolección, época del año, edad de la planta y de las hojas, almacenamiento del material vegetal, métodos de muestreo, el suelo y el método de obtención del aceite.

No obstante, existe nula información sobre la influencia del número de corta o aprovechamiento sobre la producción de aceite esencial en los rebrotes, ya que estudios

como el de Silveira y Brito (2003) describen a este factor como determinante en el rendimiento maderable del género *Eucalyptus*.

4.2.9. Edad de la planta y de las hojas en el rendimiento del aceite esencial

El *E. globulus* presenta dimorfismo foliar, con hojas juveniles glaucas, sésiles, opuestas y dispuestas en tallos cuadrangulares, mientras que las hojas adultas son pecioladas, alternas, falcadas, semicoriáceas y acuminadas, con el nervio central marcado (Di Marco, 2015).

En lo que respecta a la influencia de la edad de la planta, diversos estudios muestran influencia significativa de este factor sobre el rendimiento y composición del aceite esencial (Arango et al., 2012; Cueva, 2019; Quert et al., 2000). Sin embargo, Delgado et al. (2016) determinan que la edad de las plantas al momento de la cosecha no afecta la concentración y composición de los aceites esenciales.

En el caso particular del género *Eucalyptus* la tendencia antes mencionada persiste, ya que como de La Torre (2021) y Quilca (2011) que revelan una influencia de la edad de la planta sobre el rendimiento del AE, mientras que investigadores como Mwangi et al. (1980) describen que el rendimiento de aceite esencial y su composición química no están relacionados con la variación estacional y tampoco dependen de la edad del árbol.

De lo anterior, Silveira y Brito (2003) mencionan la edad de las hojas, al igual que en el caso anterior no existe una tendencia clara con relación a este tema, debido a que en las especies de eucalipto productoras de aceite esencial muestran la presencia de glándulas desde el inicio del desarrollo foliar. Por lo que, se necesitan más estudios para definir la influencia del factor.

4.2.10. Tipos de extracción

Según Linares (2008) existen múltiples métodos para extraer AE, tales como el prensado, la destilación con vapor de agua, la extracción con solventes volátiles, enflorado, con la utilización de fluidos supercríticos, arrastre de vapor de agua, entre otros. Sin embargo, la selección de un método específico dependerá de las necesidades y recursos disponibles. Cabe mencionar que, el uso de cada método está asociado con la composición en la variación del aceite esencial (Sadeh et al., 2019).

Por esta razón, la técnica comúnmente empleada a nivel industrial es la destilación por arrastre de vapor de agua, debido al alto rendimiento, pureza del aceite y la facilidad con la que se puede implementar sin la necesidad de tecnología sofisticada (Nichols, 2022).

4.2.11. Extracción por arrastre de vapor de agua

Este proceso implica la vaporización de los componentes volátiles de la materia vegetal mediante el uso de vapor de agua. Se hace pasar un flujo de vapor a través de la materia prima para arrastrar los aceites esenciales, los cuales posteriormente se condensan

en dos fases inmiscibles, la acuosa y la orgánica. Estas fases pueden separarse por decantación, gracias a la diferencia de densidad entre ellas (Figura 8) (Patiño et al., 2014).

A pesar de que existen varios métodos de destilación, el arrastre de vapor es el procedimiento industrial más común y ampliamente utilizado para la producción comercial de aceites esenciales debido a su bajo costo de producción y la capacidad de producir aceites de alta calidad (Sadeh et al., 2019; Velíz et al., 2019). Sin embargo, este proceso no siempre es el más eficiente (Alarcón et al., 2019; León et al., 2015).

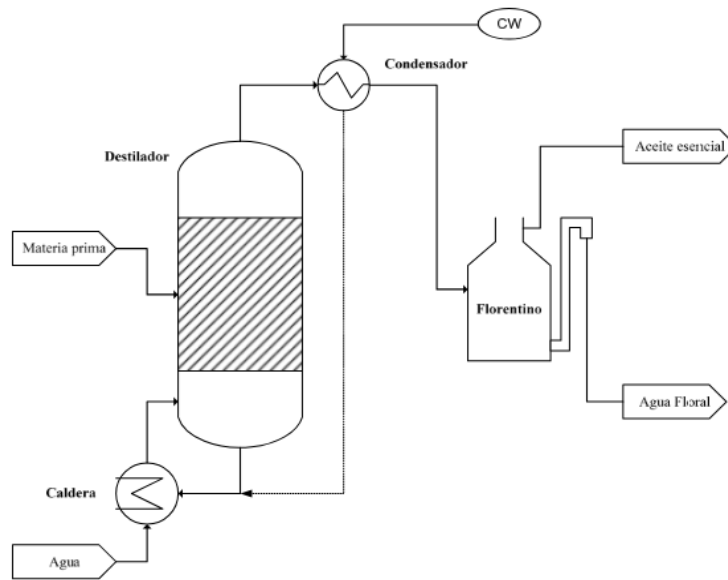


Figura 8. Esquema básico del proceso de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor de agua (Cerpa, 2007).

De la misma manera, estudios como Arroyo y Leon, (2014) y Sevillano et al. (2019) señalan que existen factores dentro de este proceso como la densidad de carga, el tiempo del flujo de vapor de agua que pueden afectar el rendimiento y contenido de AE durante la extracción del aceite esencial, por lo que para obtener valores más reales se recomienda uniformizar los pesos de extracción y el tiempo de extracción para disminuir el posible sesgo en la obtención de resultados.

4.3. Descripción del *E. globulus*

4.3.1. Generalidades

E. globulus es una de las primeras especies del género en ser descrita, es también una de las especies más plantadas en el mundo y en la sierra ecuatoriana (Ecuador Forestal, 2022a). Es originaria de Australia, mientras que en el Ecuador fue introducida bajo el gobierno del presidente Gabriel García Moreno en el año 1865, con la finalidad de promover la producción maderera principalmente en la región andina (Acosta, 1949; Di Marco, 2015).

Según Di marco (2015) es una especie heliófila, pionera y sensible a la competencia, requiere de suelos profundos, bien drenados, no salinos ni alcalinos, de textura franco-arenosa a franco arcillosa para un normal desarrollo (Pathauer, 2005), mientras que, en

Ecuador se desarrolla en altitudes comprendidas entre 2 000 hasta 3 300 m s.n.m., con temperaturas óptimas que oscilan los 10,8 a 16,8 °C y una precipitación anual de 800 a 1 500 mm (Ecuador Forestal, 2013).

La madera de esta especie exótica se exporta a países como Japón, Estados Unidos y Europa para la producción de pulpa. Además, la durabilidad de la madera se utiliza en la construcción estructural y en la fabricación revestimientos, muebles, postes, mangos de herramientas y como combustible o leña (Ecuador Forestal, 2013).

4.3.2. Clasificación de la especie

El *E. globulus* se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera (Tabla 1).

Tabla 1. Clasificación taxonómica del *E. globulus* (Tropicos.org).

Taxonomía	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Myrtales
Familia	Myrtaceae
Género	<i>Eucalyptus</i>
Especie	<i>globulus</i>

4.3.3. Descripción botánica

Di Marco (2015) describe a *E. globulus* como un árbol de hoja perenne que suelen alcanzar alturas de entre 30 y 50 m, el tronco generalmente recto, la corteza es de color gris y persiste en la base, pero se desprende en largas fajas longitudinales en el resto del tronco (Figura 9).



Figura 9. *Eucalyptus globulus* Labill.

Estos árboles presentan dimorfismo foliar, con hojas juveniles glaucas, sésiles, opuestas y dispuestas en tallos cuadrangulares, mientras que las hojas adultas son pecioladas, alternas, falcadas y acuminadas, con el nervio central marcado. Las hojas adultas son semicoriáceas, miden entre 10 y 20 cm de largo (Di Marco, 2015).

Las flores son blancas, grandes y bisexuales, generalmente se encuentran solitarias en las axilas de las ramas superiores. Constan de cuatro pétalos y cuatro sépalos fusionados formando un opérculo que se desprende durante la floración, dejando al descubierto muchos estambres de color cremoso claro muy llamativos. El fruto es una cápsula leñosa que se abre en cuatro o cinco valvas anchas y triangulares. Las semillas son negras y angulosas, con un diámetro de 2 a 2,5 mm (Di Marco, 2015).

4.4. Análisis estadístico de los datos

4.4.1. Definición y clasificación de la estadística

La estadística hace referencia a diversas técnicas para manejar la recolección, presentación y análisis de datos numéricos. Su objetivo es proveer una descripción del conjunto de datos obtenidos y tomar decisiones o realizar generalizaciones acerca de las características de todas las posibles observaciones bajo consideración. A la vez, esta ciencia se divide en dos grandes ramas. La estadística descriptiva, que se enfoca en la recolección, organización, presentación y descripción de información numérica. Por otro lado, la estadística inferencial es una técnica utilizada para tomar decisiones o hacer generalizaciones basadas en información obtenida a través de técnicas descriptivas, aunque esta información puede ser parcial o incompleta (Triola, 2018).

4.4.2. Población

La población es el conjunto total de individuos, cosas o eventos que se desean investigar para una característica particular. La colección completa de datos correspondiente a la población, que a menudo es difícil de recopilar debido a su tamaño o a otras limitaciones, es la base para realizar inferencias (Triola, 2018).

4.4.3. Muestra

Según Triola (2018) la muestra es un subconjunto de miembros seleccionados de una población.

4.4.4. Variable

Cuestas (2009) define que las variables hacen referencia a una característica de los elementos u objetos que se estudian y según el tipo de medición, las variables se pueden clasificar en cualitativas (ordinal y nominal) y cuantitativas (discreta y continua).

4.4.5. Media

La media o también llamada media aritmética de una población o conjunto de datos es la medida de tendencia central que se encuentra al sumar todos los valores divididos por el número de datos (Triola, 2018).

4.4.6. Covarianza

El análisis de varianza (ANOVA, Analysis of Variance por su nomenclatura en inglés) es un conjunto de técnicas estadísticas que permite analizar los cambio en un variable de repuesta (continua aleatoria) medida en condiciones definidas por factores discretos (variables de clasificación). Es útil cuando se requiere comparar más de dos grupos, cuando existen mediciones repetidas en más de dos ocasiones, cuando los sujetos pueden variar en una o más características que afectan el resultado y se necesita ajustar su efecto o cuando se quiere analizar simultáneamente el efecto de dos o más tratamientos distintos (Dagnino, 2014).

5. Metodología

5.1. Área de estudio

5.1.1. Ubicación política

La investigación se desarrolló en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. Limita al norte con las parroquias de Nambacola y El Tambo pertenecientes a los cantones Gonzanamá y Catamayo, respectivamente; al sur con el cantón Quilanga, al este con la parroquia Malacatos que pertenece al cantón Loja y al oeste con la parroquia urbana Gonzanamá, del cantón del mismo nombre (GAD Purunuma, 2015).

El área de estudio está constituida de tres rodales de *E. globulus*: Rodal A de 0,43 ha, fue aprovechado por primera vez, tiene una edad de 24 años y una densidad de 5 x 4 m; el Rodal B de 0,41 ha, con una edad de 32 años, ha sido aprovechado por segunda vez y presenta una densidad de 5 x 4 m y finalmente, el Rodal C de 0,43 ha, atravesó la tercera cosecha, una edad de 43 años, mientras los árboles están dispuestos 4,5 x 4 m (Figura 10 y Anexo 1). Por otra parte, al estar ubicadas en el mismo ecosistema andino, poseen condiciones climáticas, altitudinales y edafológicas similares (GAD Purunuma, 2015). Cabe destacar que, los rodales fueron cosechados a tala raza entre los meses de mayo – junio del 2022 al finalizar el turno de corta, es decir los rebrotes de todos los rodales atraviesan una edad de 18 meses. Por otra parte, esta localidad se ha seleccionado por ser uno de los sitios que presentan una alta actividad productiva proveniente de plantaciones forestales comerciales a nivel provincial durante el año 2022 (MAG Loja, 2022).

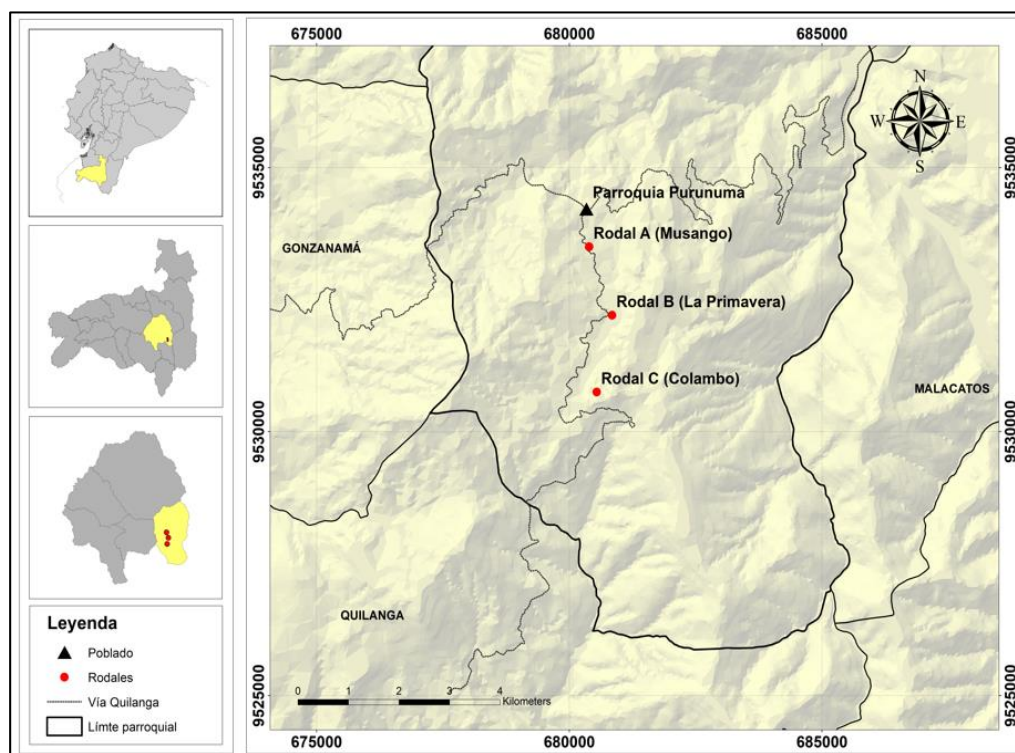


Figura 10. Ubicación de los rodales de rebrotes de *E. globulus* en la parroquia Purunuma, cantón, provincia de Loja (INEC, 2013).

5.1.2. Ubicación geográfica

Los diferentes rodales de rebrotes que constituyen el área de investigación se distribuyen al sur de la cabecera parroquial de Purunuma, específicamente en los sectores conocidos como: Musango, La Primavera y Colambo (Figura 10). Estas plantaciones forestales se encuentran a una altitud de entre 2 512 a 2 602 m s.n.m., mientras las coordenadas geográficas de estas tres áreas se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Ubicación geográfica de los rodales de rebrotes que constituyen el área de estudio en WGS_1984_UTM_Zone_17S.

Nombre	Edad de los rodales (años)	Coordenadas	
		X	Y
Rodal A (Musango)	24	680278	9530582
Rodal B (La Primavera)	32	680851	9532194
Rodal C (Colambo)	43	680404	9533508

5.1.3. Clima

La mayor parte del territorio de la parroquia Purunuma cuenta con una temperatura cercana a los 17 °C. Sin embargo, a medida que aumenta la altitud, la temperatura disminuye, y en las zonas más altas de este sector, estos valores se mantienen en torno a los 14 °C y varía según la estación del año (GAD Purunuma, 2015). Este territorio posee precipitaciones que varían entre los 700 a los 1 200 mm anuales y una humedad relativa del 85 %, donde los meses más lluviosos son los comprendidos entre enero – abril y la segunda mitad del año es de un régimen más seco (Gobierno Autónomo Descentralizado de Gonzanamá [GAD Gonzanamá], 2015).

5.1.4. Relieve

La parroquia Purunuma tiene un relieve heterogéneo que va desde lo montañoso en el 95 % de su superficie total, lo que se caracteriza por presentar pendientes muy fuertes hasta escarpadas, además, presenta otras unidades morfológicas como colinados muy altos, altos, medios, bajos y ondulados (GAD Purunuma, 2015).

5.1.5. Cobertura vegetal

La mayor parte de la vegetación natural de la parroquia Purunuma está compuesta por Matorral Húmedo Montano (13,99 %), matorral montano (8,04 %) y Rosetal Saxícola Montano Interandino (0,06 %). Por otro lado, en las zonas pobladas predominan tipos de cobertura que han sido influenciados por la intervención humana, tales como los cultivos de maíz (1,19%), las plantaciones forestales (3,66 %), los pastos cultivados en diferentes sistemas (10,24 %) y estratos misceláneos indiferenciados (64,03 %). Estos últimos corresponden principalmente a mosaicos agropecuarios, áreas en proceso de regeneración y otros sistemas agrícolas y ganaderos (GAD Purunuma, 2015).

5.2. Metodología para comparar el rendimiento del aceite esencial de *E. globulus* de los diferentes rodales de rebrotes

Para obtener el aceite esencial de las hojas en cada uno de los rodales de rebrotes, las actividades realizadas se dividieron en dos fases, la primera abarca el inventario forestal, mientras que la segunda comprende el proceso de extracción del aceite esencial (Figura 11).

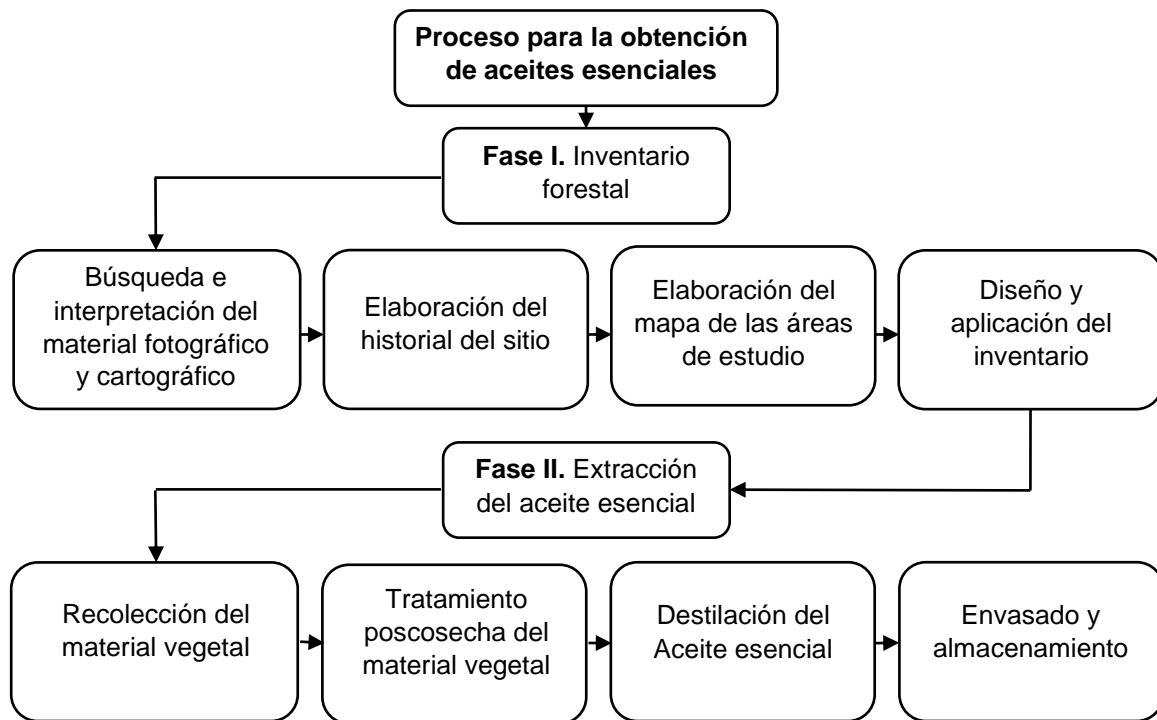


Figura 11. Fases para la obtención del aceite esencial (Orozco y Brumér, 2002 y Valarezo et al., 2012).

Fase I. Inventario forestal

Esta fase tomó como guía las actividades básicas para la preparación del inventario propuestas por Orozco y Brumér (2002). La cual inició con la búsqueda e interpretación del material fotográfico y cartográfico del lugar, para luego realizar la elaboración del historial de cada sitio, posteriormente se elaboró el mapa de ubicación de los tres rodales de rebrotes.

Una vez delimitadas las diferentes áreas de estudio, se contabilizaron los individuos de cada rodal (Anexo 2) y se aplicó un muestreo aleatorio simple con una intensidad de muestreo igual o mayor al 5 % del área de cada sitio (Tabla 3 y Figura 12), porcentaje acoplado del método estadístico al azar sin estratificar para inventarios para el manejo de plantaciones forestales (Orozco y Brumér, 2002).



Figura 12. Conteo de los tocones en los tres rodales de rebrotes de *E. globulus*, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

Tabla 3. Características de los rodales de rebrotes de *E. globulus*, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

Rodal	Área (ha)	Nro. tocones/rodal	Nro. tocones/muestra	Peso promedio muestra (Kg)	Promedio rebrotes/tocón	Promedio altura (m)
A (Musango)	0,43	211	11	21	4,5	2,97
B (La Primavera)	0,41	198	11	21	6,2	3,22
C (Colambo)	0,43	235	12	21	7,3	2,99

Posterior a esta actividad, se realizó un inventario para el aprovechamiento de productos forestales no maderables (PFNM), con el objetivo de estimar la cantidad de producto cosechable y a la vez garantizar la conservación de los rebrotes, por lo cual, se dio énfasis en las hojas ya que, estas poseen la mayor cantidad de aceite esencial (Álvarez et al., 2000). De esta manera, se midió la altura de los rebrotes con una vara graduada de 3 m. Se procuró recolectar un estimado del 60 % del total de las hojas de todos los rebrotes de cada tocón seleccionado, aprovechando aproximadamente dos tercios de la parte inferior de la copa, con el fin de no producir un debilitamiento a los rebrotes (Chahin y Azocar, 2012; Silveira y Brito, 2003).

Fase II. Extracción del aceite esencial

Para la obtención del aceite esencial de *E. globulus*, la presente investigación tomó como base metodológica el proceso utilizado por Valarezo et al. (2012).

La recolección de la materia prima (Figura 13) se realizó en noviembre de 2023. Donde el material vegetal (hojas enteras) resultante de la muestra del 5 % del área de cada rodal, se distribuyó en fracciones de peso similar, tomando en cuenta la densidad óptima del equipo de extracción de aceite esencial. Por lo que, se obtuvo como resultado cuatro submuestras con

un peso fresco aproximado de 5,3 kg, mismas que fueron codificadas y transportadas al laboratorio de Bioalimentos de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) para el tratamiento poscosecha y extracción del aceite esencial (Figura 14).



Figura 13. Recolección de hojas en los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus*, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.



Figura 14. Pesado de las hojas de *E. globulus*, provenientes de las submuestras de los tres rodales de rebrotes de ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

El tratamiento poscosecha, se basó en la metodología utilizada por Garcia et al. (2013) con el fin de eliminar impurezas, materia deteriorada, putrefacta o cualquier otro material ajeno a las mismas (Figura 15).



Figura 15. Tratamiento poscosecha de las hojas de *E. globulus*, provenientes de las submuestras de los tres rodales de rebrotes, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

Posteriormente, se extrajo el aceite esencial mediante destilación por arrastre de vapor de agua, método empleado por el alto rendimiento (Sadeh et al., 2019). Para llevar a cabo este proceso se utilizó un destilador tipo Clevenger (Figura 16) y se siguió el procedimiento propuesto por Rodriguez et al. (2019) adaptado a una escala industrial y conservando los mismos principios de funcionalidad. El proceso de destilación se aplicó a cada submuestra de hojas enteras durante una hora, desde el inicio de la destilación (Sevillano et al., 2019).



Figura 16. Extracción del aceite esencial de las hojas de *E. globulus* por arrastre de vapor de agua.

El volumen del aceite esencial obtenido se midió con la ayuda de una probeta, posteriormente, se envasó en frascos de color ámbar y se etiquetó adecuadamente con el código correspondiente a las submuestras de las que provienen.

Finalmente, para calcular el rendimiento de aceite esencial (%) de cada rodal se utilizó la fórmula propuesta por Bandoni (2003) para cada submuestra.

$$R = \frac{M2}{M1} \times 100$$

donde:

R= Rendimiento %

M1= Volumen total del aceite esencial obtenido en la destilación (ml)

M2= Peso total del material vegetal cargada en el destilador (g)

Para estimar la productividad de las áreas estudiadas se extrapolo el rendimiento de la muestra (5 %) extraída de cada rodal de rebrotes a el área total de cada sitio y posterior a una hectárea.

5.3. Metodología para identificar las propiedades físicas del aceite esencial en rebrotes de *E. globulus* en diferentes rodales de rebrotes

5.3.1. Cálculo de la densidad relativa del aceite esencial a 20 °C

El cálculo de la densidad relativa del aceite esencial se lo realizó en el laboratorio de Bromatología de una Universidad Nacional de Loja (UNL), donde se siguió el procedimiento y fórmula utilizada por León et al. (2015). Para ello se empleó un picnómetro con la certificación ISO 4787, de 5,517 ml de capacidad. Se calculó el peso vacío de este instrumento en una balanza analítica; seguidamente se llenó con aceite esencial a la capacidad óptima de este instrumento, tapándose y eliminando el exceso de submuestra (Figura 17). Luego de pesar y obtener los valores de cada muestra se aplicó la siguiente ecuación.

$$\text{Densidad (g/ml)} = \frac{[(\text{Peso del picnómetro} + \text{muestra}) - (\text{peso del picnómetro vacío})]}{\text{Volumen del aceite esencial (ml)}}$$

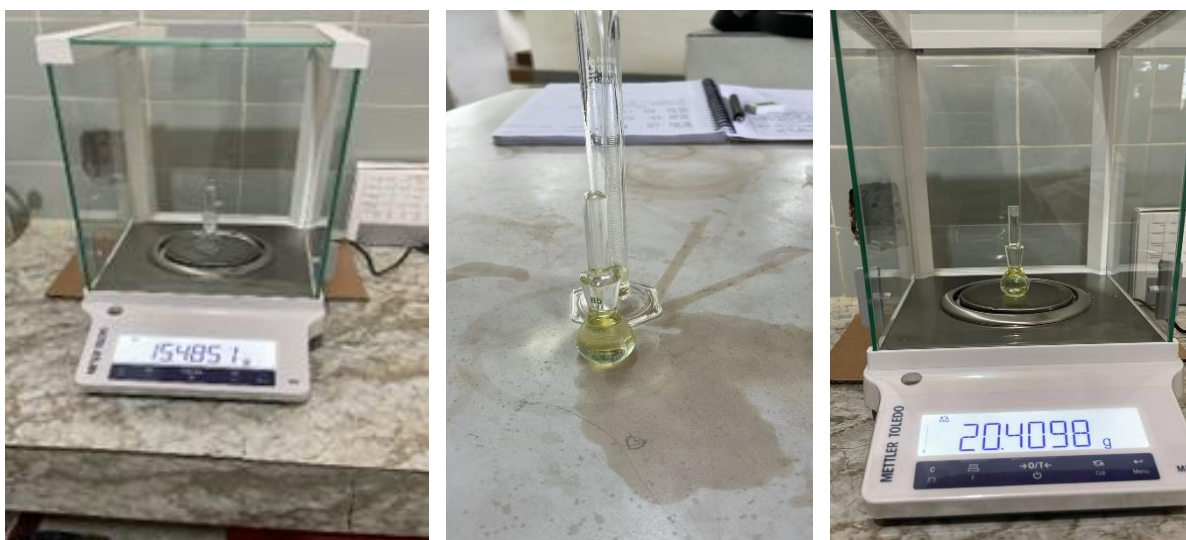


Figura 17. Volumen del aceite esencial (g) obtenido de las submuestras por el método del picnómetro, provenientes de los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus*, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

5.3.2. Análisis estadístico

Para determinar el efecto de productividad de aceite esencial de las hojas de *E. globulus*, se comparó el volumen (ml) de las submuestras provenientes de los rodales de rebrotes, para lo cual, se aplicó la prueba de Shapiro Wilks (al cumplir el supuesto de normalidad) (Anexo 3), mientras que, para la comparación de medias se realizó un análisis de varianza (ANOVA) por el Test de Tukey a un nivel de significancia del 0,05 %. Todos los análisis fueron realizados en el programa estadístico InfoStat versión 2023.

6. Resultados

6.1. Resultados de la comparación del rendimiento del aceite esencial de *E. globulus* de los diferentes rodales de rebrotes.

La muestra extraída de cada rodal de rebrotes arrojó un peso promedio de 21,3 Kg de hojas frescas. La cantidad de material vegetal obtenida de cada sitio se dividió a la capacidad óptima del equipo de destilación. Luego de extraer los aceites esenciales por el método de arrastre de vapor de agua, en la Tabla 4 se presenta el rendimiento del aceite esencial de las submuestras provenientes de los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus*.

Tabla 4. Rendimiento del aceite esencial de las hojas de *E. globulus* proveniente de los diferentes rodales de rebrotes, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja (RASM: Submuestra del Rodal A -Musango; RBSM: Submuestra del Rodal B - La Primavera; RCSM: submuestra del Rodal C - Colambo).

Rodal	Código submuestra	Peso de la submuestra (g)	Vol. aceite esencial submuestra (ml)	Rendimiento (%)
A	RASM1	5 16	12,20	0,24
A	RASM2	4 91	2,60	0,05
A	RASM3	5 14	14,00	0,27
A	RASM4	5 10	17,00	0,33
B	RBSM1	4 98	10,30	0,21
B	RBSM2	5 05	5,07	0,10
B	RBSM3	5 20	14,20	0,27
B	RBSM4	5 03	8,95	0,18
C	RCSM1	5 15	12,20	0,24
C	RCSM2	4 93	1,70	0,03
C	RCSM3	5 09	7,40	0,15
C	RCSM4	5 11	5,50	0,11

En la Tabla 5 se presenta una comparación de los resultados del rendimiento de aceite esencial en volumen por muestra (5 % área del rodal de rebrotes), posteriormente se exponen estos valores a la superficie de cada rodal y finalmente por hectárea.

Tabla 5. Rendimiento de aceite esencial de las hojas de *E. globulus* por rodal de rebrotes y por hectárea.

Rodal	Rendimiento por muestra (ml)	Rendimiento por rodal (ml)	Rendimiento por hectárea (ml)	Rendimiento por hectárea (litros)
A	45,80	895,18	2 081,82	2,08
B	38,52	717,87	1 750,91	1,75
C	26,80	482,78	1 122,75	1,12

La densidad de plantación del Rodal A (Musango) y Rodal B (La primavera) es de 5 x 4 m, por otra parte, el rodal C (Colambo), presenta un distanciamiento entre individuos de 4,5 x 4 m.

6.1.1. Análisis de varianza

Luego de haber obtenido el aceite esencial provenientes de las muestras (5 % de área de cada rodal), en la Figura 18 se presenta la comparación del rendimiento en volumen (ml) entre los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus*, donde se pudo observar que no existe diferencia estadísticamente significativa entre rodales.

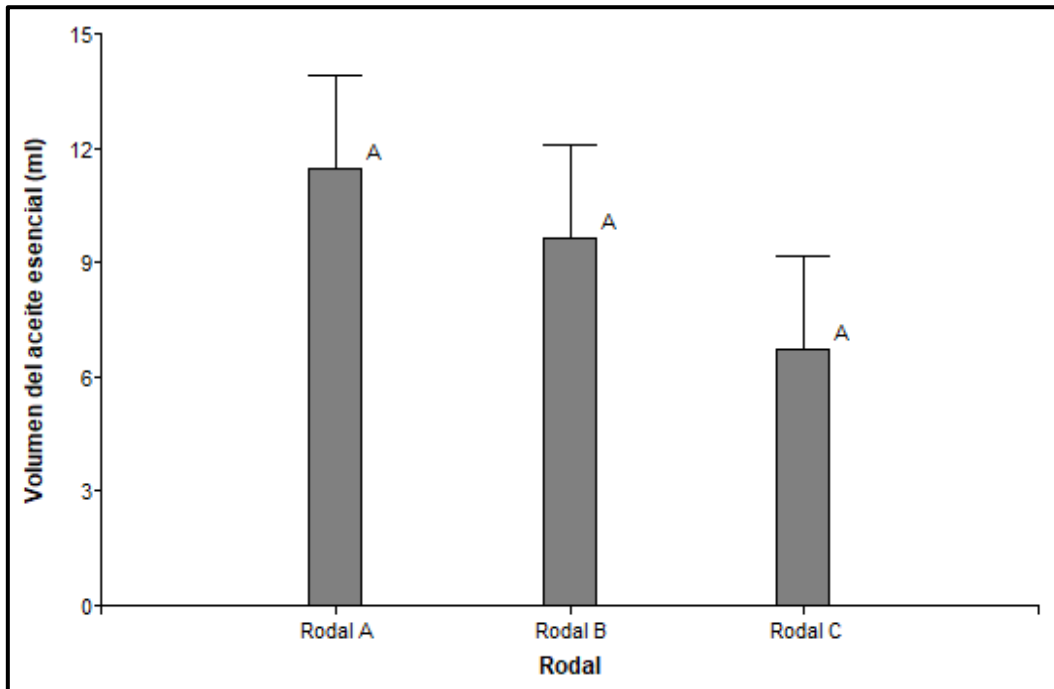


Figura 18. Análisis de varianza del rendimiento de aceite esencial (ml) de las hojas de *E. globulus*, provenientes del Rodal A (Musango), Rodal B (La Primavera), Rodal C (Colambo), ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. Medias con una letra común no son significativamente diferentes a nivel de significancia 0,05 %.

6.2. Resultados de las propiedades físicas del aceite esencial de *E. globulus* de los diferentes rodales de rebrotes.

En la Tabla 6 se presenta la densidad relativa del aceite esencial proveniente de los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus*; considerando que se trabajó con hojas frescas, enteras, destiladas durante una 1 hora por el método de arrastre de vapor de agua.

Tabla 6. Densidad relativa del aceite esencial de las hojas de *E. globulus*, provenientes del Rodal A (Musango), Rodal B (La Primavera), Rodal C (Colambo), ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. (RASM: Submuestra del Rodal A - Musango; RBSM: Submuestra del Rodal B – La Primavera; RCSM: submuestra del Rodal C - Colambo).

Rodales	Código submuestra	Peso Picnómetro vacío (g)	Peso Picnómetro + submuestra (g)	Volumen del aceite esencial en el picnómetro (ml)	Densidad relativa (g/ml)
A	RASM1	15,48	20,40	5,51	0,893
A	RASM2	15,49	20,42	5,51	0,893
A	RASM3	15,50	20,41	5,51	0,891
A	RASM4	15,49	20,43	5,51	0,895
B	RASM1	15,50	20,44	5,51	0,895
B	RASM2	15,48	20,45	5,51	0,900
B	RASM3	15,48	20,40	5,51	0,892
B	RASM4	15,49	20,41	5,51	0,891
C	RCSM1	15,49	20,45	5,51	0,898
C	RCSM2	15,49	20,43	5,51	0,895
C	RCSM3	15,49	20,41	5,51	0,892
C	RCSM4	15,48	20,44	5,51	0,899

6.2.1. Análisis de la densidad relativa del aceite esencial

En la Figura 19, se comparan los valores de la densidad relativa de cada muestra de aceite esencial (5% del área de cada rodal) donde los datos obtenidos muestran que no existe diferencia estadísticamente significativa entre rodales de rebrotes de *E. globulus*.

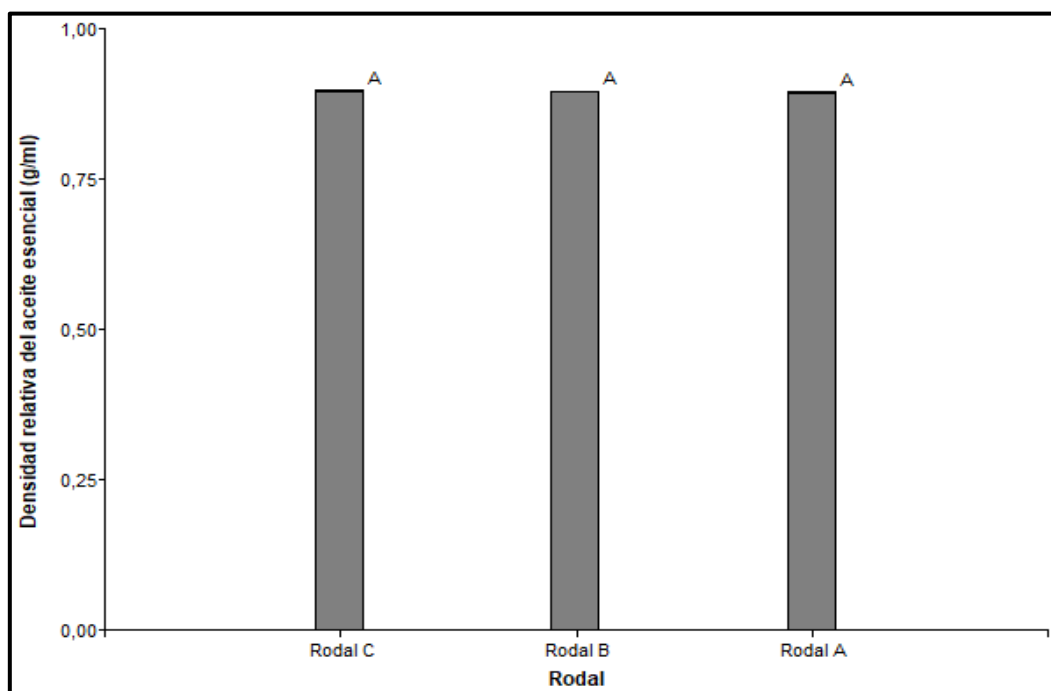


Figura 19. Análisis de varianza de la densidad relativa del aceite esencial obtenido de las hojas de *E. globulus* provenientes del Rodal A (Musango), Rodal B (La Primavera), Rodal C (Colambo), ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja. Medias con una letra común no son significativamente diferentes a nivel de significancia 0,05 %.

7. Discusión

7.1. Rendimiento de aceite esencial de *E. globulus* en los diferentes rodales de rebrotes

En primer lugar, es válido resaltar la limitada información referente al potencial de productividad de aceite esencial por hectárea de estas plantaciones forestales, esto demuestra que los PFM son considerados como bienes secundarios del bosque, debido a que la visión del sector forestal se centra en la producción de madera (FAO, 1994). Esta filosofía ha ocasionado que el sector de los aceites esenciales sea estudiado principalmente por carreras dentro del campo económico, químico, industrial (Malagón et al., 2003; Moreno et al., 2010; S. Moreno et al., 2006 y Valarezo et al., 2012) donde las metodologías aplicadas para la recolección del material vegetal carecen de bases silviculturales, imposibilitando la generación de datos productivos a gran escala y a la vez, dificultando la planificación sustentable a lo largo del tiempo.

Dentro del género *Eucalyptus* el rendimiento de aceite esencial de las hojas puede variar entre especie: *E. citriodora* (0,77 %), *E. camaldulensis* (1,15 %), *E. badjensis* (1,25 %), *E. dunni* (0,30 %), *E. grandis* (0,27 %), *E. smithii* (1,05 %) (De León, 2008; Mantero et al., 2007). En el caso específico del *E. globulus* estos valores, por lo general varían en un rango de 0,55 a 1,21 % (Nolazco et al., 2020; Torrenegra et al., 2019). Resultados superiores a los obtenidos en el presente estudio donde se encontró un rendimiento promedio de 0,18 % en los tres rodales de rebrotes. Esta diferencia se infiere que es producto a que el rendimiento puede verse afectado por la variabilidad genética, condiciones ambientales, contenido de humedad del material vegetal, método de extracción del aceite esencial, manejo del cultivo, época de año, edad de la planta y las hojas (Boland et al., 1991; Sangwan et al., 2001 y Silveira y Brito, 2003).

Sin embargo, los datos encontrados en esta investigación se relacionan con los valores obtenidos por Pino et al. (2021), donde el rendimiento de aceite esencial de las hojas de *E. globulus* provenientes de dos cantones de la provincia de Cañar fue de 0,17 y 0,15 %. La semejanza en los resultados puede atribuirse a la recolección del material vegetal en la época lluviosa que, generalmente ocurre de octubre a mayo en la región Sierra del Ecuador (Pourrut, 1983), por lo que, estos resultados corroboran lo mencionado por Guenther (1950); Shiva y Jain (1987) y Zrira y Benjilali (1996) quienes afirman que la época del año influye de manera directa en el rendimiento del aceite esencial, siendo los meses con mayor temperatura y radiación solar los más favorables para la producción de aceites esenciales de las hojas de *E. globulus*.

Otro factor que puede responder al rendimiento de aceite esencial de los diferentes rodales de rebrotes es la edad de la hoja. Aunque, Silveira y Brito (2003) mencionan que las especies de eucalipto productoras de aceite esencial muestran la presencia de glándulas desde el inicio del desarrollo foliar. Franich (1985) menciona que las hojas juveniles tienden a

producir menos de la mitad (1 %) del rendimiento que normalmente producen las hojas adultas (2,5 %). Estos resultados respaldan la hipótesis de que las hojas adultas de esta especie forestal exótica contienen mayor cantidad de aceite esencial a diferencia de las hojas jóvenes (Boland et al., 1991; Rodríguez, 1998).

De la misma manera, Boland et al. (1991) comparó el rendimiento de aceite esencial en dos tipos de hojas de eucalipto, donde reportan rendimientos de 1,4 % a 2,4 % en hojas frescas y 4,6 % en hojas secas. Estos resultados se asemejan a los reportados por Frerichs y Zornig (1950) donde el volumen (ml) fue menor en las hojas frescas de esta especie. A la vez, existen estudios que muestran un efecto opuesto (López y Caso, 2015 y Quilca, 2011). De lo anterior se desprende que no existe una tendencia clara sobre la influencia de los diferentes factores en la producción de aceite esencial de eucalipto (Silveira y Brito, 2003).

Por otra parte, rodales de rebrotes de *E. globulus* mostraron un potencial de producir a los 18 meses luego de haber cosechados un promedio de 1, 65 litros por hectárea. Al comparar estos resultados con lo obtenidos por Sarria y Gallo (2019) donde una hectárea registró 10, 7 litros de aceite esencial. Cabe recalcar que, está marcada diferencia se debe a que los autores encontraron un rendimiento de 0,5 % y un total de 1 300 árboles por ha. De lo antes mencionado se puede afirmar que el rendimiento por hectárea está directamente relacionado a la cantidad de material vegetal que producen los individuos en una etapa fisiológica específica, y el hecho de que, a mayor número de individuos por hectárea, mayor aceite esencial por la existencia de más árboles productores.

Conocer el potencial de productividad de una determinada área, permite utilizar estos valores como herramienta en la toma de decisiones durante las actividades de recolección del material vegetal, el tamaño y tipo de equipos e infraestructura para el tratamiento de las hojas, además, ayudará al productor pactar una negociación anticipada basada en los volúmenes de producción. También cabe mencionar que dentro de requisitos que exigen los supermercados para que emprendedores y artesanos lleguen con sus productos a sus tiendas, empresas como La Favorita indican que el análisis de un producto no depende del tipo de proveedor; sin embargo, consideran su potencial de producción y capacidad logística para asegurar un abastecimiento constante (El Universo, 2021).

7.2. Identificación de las propiedades físicas del aceite esencial de *E. globulus* de los diferentes rodales de rebrotes.

Como se puede observar en la Figura 19, no existe diferencia estadísticamente significativa en la densidad del aceite esencial de las hojas de *E. globulus* provenientes de los diferentes rodales de rebrotes; por lo que, los valores expuestos en la Tabla 5 arrojan una densidad promedio de 0,89 g/ml. Los datos obtenidos en la presente investigación al ser comparados con los registrados por Alarcón et al., (2019) y Moreno et al. (2010) quienes obtuvieron una densidad de 0,90 g/ml para esta misma especie forestal. Estudios similares

muestran la densidad del aceite esencial de hojas de varias especies dentro del género *Eucalyptus*: *E. camaldulensis* (0,91 g/ml), *E. globulus* (0,90 g/ml), *E. cinérea* (0,89 g/ml), *E. nitens* (0,77 g/ml) y *E. viminalis* (0,89 g/ml) (Díaz, 2013; Torrenegra et al., 2016, 2019), por lo tanto, se podría afirmar que existe similitud en los resultados.

Por otra parte, al ser este un estudio de carácter productivo, es importante mencionar que, para la comercialización del aceite esencial, este PFNM debe cumplir con los criterios de calidad establecidos por los organismos reguladores nacionales como la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria e internacionales AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). Donde un aspecto clave es la densidad, que sirve para identificar la pureza del producto, ya que permite detectar adulteraciones y elementos que podrían haberse mezclado con el aceite y que no deberían estar presentes en el mismo debido a que pueden alterar la calidad del mismo (Martínez, 2001; Sarria y Gallo, 2019).

Los aceites esenciales son una mezcla compleja de más de 100 componentes donde se encuentran los terpenos y terpenoides que, a su vez contienen diferentes grupos de hidrocarburos, ácidos, alcoholes, aldehídos, ésteres, éteres y cetonas que les confieren características físicas específicas a cada uno (Zhang y Lu, 2016). En este contexto, Alam y Alandis (2014) mencionan que la densidad de un aceite es el producto de la densidad de sus componentes por el porcentaje presente en la mezcla de cada uno. Por lo tanto, la densidad es una herramienta analítica valiosa para comprobar la pureza, composición y calidad de los aceites esenciales. Cualquier variación significativa de este parámetro puede indicar la presencia de adulterantes o impurezas, por lo que su medición es crucial para ayudar a garantizar la autenticidad de estos productos naturales (Alam y Alandis, 2014; Paucar et al., 2015)

Por ende, al comparar la densidad del aceite esencial de *E. globulus* descrita en la ficha técnica de la empresa CORQUIMIA (2020) cuyos rangos oscilan entre 0,89 – 0,927g/ml, sumadas a las especificaciones recomendadas en la Norma Internacional ISO 3044:2020, donde los valores varían entre 0,860 a 0,880 con los resultados obtenidos de los rodales de rebrotes (Musango, La Primavera y Colambo) 0,89 g/ml. Por lo tanto, se puede afirmar que esta sustancia cumple con los valores estándares requeridos para la comercialización nacional e internacional.

Análogamente, si se busca garantizar la pureza y la calidad de un aceite esencial es importante tomar en cuenta los análisis recomendados para los aceites esenciales para esta especie descritos en la Norma ISO 3044:2020, tales como; densidad, rotación óptica, índice de refracción, cuyos valores normales de este género oscilan entre 0,860 a 0,880 g/ml; 1,450 a 1,460 y -1° a $+3$ respectivamente, sumado al contenido del principal componente químico.

8. Conclusiones

- Los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus* tienen un potencial de productividad promedio de 1,65 litros/ha de aceite esencial a los 18 meses de haber emergido de los tocones, durante la época de lluvias. Estos datos muestran que las hojas de esta especie consideradas como desperdicios, pueden considerarse como una fuente de materia prima apta para la extracción de aceite esencial.
- La investigación muestra que no existen diferencias significativas en la densidad del aceite esencial proveniente de los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus*, con un valor promedio de 0,89 g/ml, similar a estudios previos que reportan 0,88 g/ml. Estos valores cumplen con los estándares regulatorios de organismos internacionales (Norma ISO 3044:2020), asegurando que los aceites esenciales están libres de impurezas o sedimentos que podrían haberse mezclado dado que, los aceites esenciales poseen características físicas propias que los identifican.

9. Recomendaciones

- Se recomienda realizar estudios sobre el potencial de productividad de aceite esencial en rebrotes de *E. globulus* con recolección de muestras en función a la época del año para entender la influencia de este factor ambiental en el rendimiento del material vegetal.
- Realizar estudios sobre la composición química del aceite esencial en rebrotes de *E. globulus*, con el fin de identificar las sustancias químicas que las componen y las posibles variaciones ocasionados por los factores ambientales.
- Se sugiere realizar estudios sobre la identificación de otras propiedades físicas del aceite esencial en rebrotes de *E. globulus*.
- Estudiar la relación del rendimiento de aceite esencial en rebrotes de *E. globulus* con el contenido de humedad de las hojas.
- Al realizar estudios futuros sobre esta temática se recomienda al momento de recolectar el material vegetal utilizar metodologías con bases silviculturales, que permitan la conservación de las especies con las que se trabaje, garantizando de esta manera una actividad productiva sustentable a lo largo del tiempo.
- Se sugiere ampliar los estudios sobre el potencial de productividad de aceite esencial otras especies forestales como: el pino y el ciprés, con el fin de resaltar los beneficios que ofrecen estas masas arboladas en la economía de las comunidades rurales.

10. Bibliografía

- Acosta, M. (1949). El eucalipto en Ecuador. In *Instituto Ecuatoriano de Ciencias Forestales*. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/20449/1/13631> El eucalipto en el Ecuador.pdf
- Alam, M., y Alandis, N. M. (2014). Corn oil based poly(ether amide urethane) coating material- Synthesis, characterization and coating properties. *Industrial Crops and Products*, 57, 17–28. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.023>
- Alvarado, J. (2013). Principios de ingeniería aplicados en alimentos. *Researchgate*, 2.
- Álvarez, D., Mendizábal, R., y Roggero, M. (2000). Influencia del tiempo y contenido de humedad en el rendimiento del aceite esencial obtenido de hojas de eucalipto frescas y liofilizadas. In *Universidad del Pacífico*.
- Arango, O., Hurtado, A., y Toro, I. (2012). Efecto del origen, la época de recolección y la edad de las hojas en el rendimiento y el contenido de timol de aceites esenciales de *Lippia origanoides* H.B.K. *Acta Agronómica*, 61(3), 207–213. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122012000300002&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Arraiza, M. (2012). *Uso industrial de plantas aromáticas y medicinales*.
- Arroyo, O., y Leon, A. (2014). *Densidad de carga y método de extracción en el rendimiento y calidad de aceite esencial de los flaveados de dos variedades de naranja (Citrus sinensis)* [Universidad Nacional del Santa]. <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2064/26771.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bandoni, A. (2003). Los aceites esenciales. In *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica* (2nd ed., pp. 27–38). Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED). https://www.academia.edu/15574491/Bandoni_LOS_RECURSOS_VEGETALES_AROMÁTICOS_EN_LATINOAMÉRICA_
- Boland, D., Brophy, J., y House, A. (1991). Eucalyptus leaf oils, use, chemistry, distillation and marketing. *Flavour and Fragrance Journal*, 7(2), 105–105. <https://doi.org/10.1002/FFJ.2730070209>
- Boom, E., Orozco, J., Alean, J., y Rojano, B. (2018). Evaluación de la actividad antioxidante de aceites esenciales de eucaliptos cultivados en Colombia. *Información Tecnológica*, 29. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642018000600057>
- Chahin, M., y Azocar, G. (2012). Cultivo del Eucalipto. In *Temuco: Boletín INIA - Instituto de*

<http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR38364.pdf>

- Chávez, J., Lizárraga, V., y Vargas, M. (2023). Extracción, estudio físico químico y actividad biológica del aceite esencial de la *Tagetes multiflora* (Chiqchipa). *South Florida Journal of Development*, 4(8), 3150–3160. <https://doi.org/10.46932/SFJDV4N8-016>
- CORQUIMIA. (2020). *Ficha de datos de seguridad aceite esencial eucaliptus globulus*. www.corquimia.com
- Costa, F., Toro, C., Wong, F. J., Robles, M. D. R., Cárdenas, J., y Borboa, J. (2020). Aceites esenciales para el control de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) y efecto sobre la calidad del grano de maíz *Zea mays* Linnaeus (Poales: Poaceae). *Revista Chilena de Entomología*, 46(4), 639–652. <https://doi.org/10.35249/RCHE.46.4.20.10>
- Cuestas, E. (2009). Trabajo de revisión, estudio de variables. *Facultad de Ciencias Médicas*, 118–122. https://www.revista2.fcm.unc.edu.ar/Rev.2009.3/VARIABLES_CUESTA.pdf
- Cueva, J. (2019). *Obtención de aceite esencial de Pinus patula Schl.et Chan en la comunidad de Azuleta, Parroquia Angacocha, provincia de Imbabura*.
- Dagnino, J. (2014). Análisis de varianza. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(4), 306–310. <https://doi.org/10.2307/j.ctvvn8k0.7>
- De León, M. (2008). *Comparación del rendimiento del aceite esencial de dos especies de eucalipto (Eucalyptus citriodora Hook y Eucalyptus camaldulensis Dehnh), aplicando el método de hridodestilación a nivel laboratorio*. <https://docplayer.es/109780615-Comparacion-del-rendimiento-del-aceite-esencial-de-dos-especies-de-eucalipto.html>
- Delgado, J., Sánchez, M., y Bonilla, C. (2016). 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 & P. Wilson y *Lippia origanoides* Kunth. *Acta Agronomica*, 65(2), 170–175. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n2.47576>
- Di Marco, E. (2015). *Eucalyptus globulus sp. globulus Labill (Eucalipto blanco) Familia Myrtaceae*. <https://forestindustria.magyp.gob.ar/archivos/procedimiento-requerido-en-plantaciones/eucalyptus-globulus-sp-globulus-labill-familia-myrtace.pdf>
- Díaz, J. (2013). *Cantidad y calidad de aceites esenciales en hojas de cuatro especies del género Eucalyptus -El Mantaro*.
- Ecuador Forestal. (2013). Ficha Técnica No. 15 *Eucalyptus globulus* Labill. In

- EcuadorForestal.org*. <https://ecuadorforestal.org/fichas-tecnicas-de-especies-forestales/ficha-tecnica-no-15-eucalyptus-globulus-labill/>
- Ecuador Forestal. (2022a). Bosque en Ecuador: Bosque Plantado. In *EcuadorForestal.org*. <http://ecuadorforestal.org/informacion-s-f-e/bosque-forestal/bosque-plantado/>
- Ecuador Forestal. (2022b). Ficha técnica No. 10 Eucalipto. In *EcuadorForestal.org*. <http://ecuadorforestal.org/wp-content/uploads/2010/08/EUCALIPTO.pdf>
- El Comercio. (2020). *Popularidad de aceites esenciales crece*. <https://www.elcomercio.com/tendencias/salud/popularidad-aceites-esenciales-covid-salud.html>
- El Universo. (2021). *¿Qué requisitos exigen los supermercados para que emprendedores y artesanos lleguen a sus perchas? | Economía | Noticias | El Universo*. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/que-requisitos-exigen-los-supermercados-para-que-emprendedores-y-artesanos-lleguen-a-sus-perchas-nota/>
- Evans, J. (1996). *The sustainability of wood production from plantations: evidence over three successive rotations in the Usutu Forest, Swazilandia*. https://bookxos.google.com.ec/books?id=h1oF-88qKRc&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
- FAO. (1994). *Consulta de expertos sobre productos forestales no madereros para América Latina y El Caribe*. <https://www.fao.org/documents/card/en/c/deb2f72f-9981-57d2-b4b8-4e926fd58ed6/>
- Franich, R. (1985). Essential oil composition of juvenile leaves from coppiced *Eucalyptus nitens*. *Phytochemistry*, 25(1), 245–246. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)94539-4](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)94539-4)
- Frerichs, B., y Zornig, H. (1950). *Tratado de farmacia: Tomo II* (S. A. Labor (ed.); 3rd ed.).
- GAD Gonzanamá. (2015). *Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial del cantón Gonzanamá*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0360001200001_BORRADOR_DIAGNOSTICO_PDyOT2015_ULTIMO_20-02-2015_17-18-52.pdf
- GAD Purunuma. (2015). *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Purunuma - cantón Gonzanamá*. 312.
- García, C., Montero, G., Coronado, M., y Vázquez, A. (2013). *Extracción de aceite esencial de hojas de eucalipto (*Eucalyptus Camaldulensis*) en Baja California*.

https://www.researchgate.net/publication/298283511_Extraccion_de_aceite_esencial_de_hojas_de_eucalipto_Eucalyptus_Camaldulensis_en_Baja_California

Gualpa, M., Rosero, S., Samaniego, M., y Cevallos, E. (2016). Caracterización edáfica y dasométrica de una plantación de *Eucalyptus globulus* Labill y propuesta de manejo en la zona estepa espinosa Montano Bajo, Riobamba, Ecuador. *Enfoque UTE*, 7(3), 26–40. <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/enfoqueute/v7n3/1390-6542-enfoqueute-7-03-00026.pdf>

Guenther, E. (1950). *The essential oils. Volume one: history-origins in plants production-analysis*. https://ia803001.us.archive.org/13/items/TheEssentialOilsVol1HisErnestGuenther/TheEssentialOils-Vol1_His-ErnestGuenther.pdf

Harborne, J., y Baxter, H. (2001). *Chemical dictionary of economic plants*. 217. <https://www.wiley.com/en-fr/Chemical+Dictionary+of+Economic+Plants-p-9780471492269>

La Torre, N. (2021). *Rendimiento y calidad de aceite esencial de hojas y frutos de Eucalyptus citriodora Hook Oxapamba-Pasco*.

León, G., Osorio, M., y Martínez, S. (2015). Comparison of two methods for extraction of essential oil from *Citrus sinensis* L. *Revista Cubana de Farmacia*, 49(4), 742–750. <http://scielo.sld.cu>

Lima, S. (2005). *Análisis de los rendimientos obtenidos de dos especies de eucalipto trabajados en seco a nivel laboratorio y a nivel planta piloto en la extracción de su aceite esencial*.

Linares, P. (2008). *Prácticas de química de los aceites esenciales*. <http://www4.ujaen.es/~plinares/PracAAEE.pdf>

López, R., y Caso, N. (2015). *Rendimiento y composición química de aceites esenciales de Eucalyptus archeri y Schinus molle-Valle del Mantaro*.

MAG. (2020a). *Aceites esenciales, una alternativa de emprendimiento en Loja – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. <https://www.agricultura.gob.ec/aceites-esenciales-una-alternativa-de-emprendimiento-en-loja/>

MAG. (2020b). *Norma técnica para regular el registro, la elaboración, aprobación y ejecución de los planes de corta, las licencias de aprovechamiento forestal y las guías de circulación de producción maderables y no maderables provenientes de plantaciones forestales y*. <http://www.pudeleco.com/infos/acu95minganaderia.pdf>

- MAG Loja. (2022). *Informe de Informe de Gestión de los años 2019-2020-2021-2022*.
- Malagón, O., Vila, R., Iglesias, J., Zaragoza, T., y Cañigüeral, S. (2003). Composition of the essential oils of four medicinal plants from Ecuador. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(6), 527–531. <https://doi.org/10.1002/FFJ.1262>
- Malleux, J. (1982). *Inventarios forestales en bosques tropicales*. Universidad Nacional Agraria.
- Mantero, C., García, C., Rodríguez, P., Escudero, R., Priore, E., y Menéndez, P. (2007). Potencialidad para producción de aceites esenciales en especies de Eucalyptus cultivadas en Uruguay. *Agrociencia*, 11(2), 17–23. <https://doi.org/10.31285/agro.11.754>
- Martínez, A. (2001). Aceites esenciales. *Universidad de Antioquia*, 1.
- Moreno, J., López, G., y Siche, R. (2010). Modelación y optimización del proceso de extracción de aceite esencial de eucalipto (*Eucalyptus globulus*). *Scientia Agropecuaria*, 1(2), 147–154. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2010.02.05>
- Moreno, S., Crescente, O., Ortiz, S., y Quintero, M. (2006). Composición química y actividad tóxica del aceite esencial de *Simsia pubescens* TRIANA. *Interciencia*, 31(10), 745–747.
- Mwangi, J., Guantai, A., y Muriuki, G. (1980). Eucalyptus citriodora - essential oil content and chemical varieties in Kenya. *East African Agricultural and Forestry Journal*, 46(1/4), 89–96.
- Nichols, L. (2022). *Técnicas de laboratorio de química orgánica (destilación a vapor)*. LibreTexts. https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Organic_Chemistry/Organic_Chemistry_Lab_Techniques_%28Nichols%29/05%3A_Distillation/5.05%3A_Steam_Distillation
- Nolazco, D., Villanueva, 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://doi.org/10.18271/RIA.2020.661>
- Orozco, L., y Brumér, C. (2002). *Inventarios forestales para bosques latifoliados en América Central*. CATIE.
- Pathauer, P. (2005). *Subprograma eucaliptos y pinos en la región Pampeana*. https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/pluginfile.php/89132/mod_resource/content/1/pathauer.pdf
- Patiño, L., Saavedra, A., y Martínez, J. (2014). *Extracción por arrastre de vapor de aceite esencial del romero*. [https://handbook.usfx.bo/nueva/Dicyt/Handbooks/Ciencias Tecnológicas y Agrarias_2/Ciencias Tecnológicas y Agrarias_Handbook_Vol](https://handbook.usfx.bo/nueva/Dicyt/Handbooks/Ciencias_Tecnológicas_y_Agrarias_2/Ciencias_Tecnológicas_y_Agrarias_Handbook_Vol)

- Paucar, L., Salvador, R., Guillén, J., Capa, J., y Moreno, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. *Scientia Agropecuaria*, 6. <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v6n4/a05v6n4.pdf>
- Pinilla, J., Luengo, K., Navarrete, M., y Navarrete, F. (2022). Crecimiento del monte bajo de *Eucalyptus globulus* en la Región del Biobío. *Ciencia & Investigación Forestal*, 28(1), 7–22. <https://doi.org/10.52904/0718-4646.2022.559>
- Pino, J., Moncayo, L., Spengler, I., y Pérez, J. (2021). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de hoja de *Eucalyptus globulus* Labill. desde dos altos del cantón Cañar, Ecuador. *Revista CENIC Ciencias Químicas*, 52(1), 26–33. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24422021000100026&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Pourrut, P. (1983). *Los climas del Ecuador: fundamentos explicativos*.
- Quert, R., Martínez, M., Martínez, J., y Ayón, F. (2000). Contenido del aceite esencial en el follaje de *Pinus Caribaea* morelet en función de la edad del árbol. *Revista Cubana de Farmacia*.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0034-75152000000200007&script=sci_arttext
- Quilca, C. (2011). *Rendimiento de aceites esenciales en hojas de Eucalyptus globulus* Labill - bosque El Tambo, Huancayo.
- Quintero, A., González, N., y Staschenko, E. (2004). *Aceite esencial de las hojas de Eucalyptus globulus*. Universidad Nacional Experimental del Táchira.
- Rodríguez, C., Lafargue, F., Sotolongo, J., Rodríguez, A., y Assuncao, J. (2012). *Determinación de las propiedades físicas y carga crítica del aceite vegetal Jatropha curcas* L.
- Rodríguez, M. (1998). Introducción a la fitoterapia y la medicina tradicional. *Editorial Herbal*, 48–66.
- Rodriguez, M., Alcaraz, L., y Real, S. (2019). Procedimientos para la extracción de aceite en plantas aromáticas. *Centro de Investigaciones Biológicas Del Noroeste, S.C*, 12–17. https://cibnor.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1001/540/1/rodriguez_m.pdf
- Sadeh, D., Nitzan, N., Chaimovitsh, D., Shachter, A., y Ghanim, M. (2019). Efectos interactivos del genotipo, la estacionalidad y el método de extracción sobre la composición química

- y el rendimiento del aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis* L.). *Cultivos y Productos Industriales*, 138. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.068>
- Sangwan, N., Farooqi, A., Shabih, F., y Sangwan, R. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, 34(1), 3–21. <https://doi.org/10.1023/A:1013386921596/METRICS>
- Santos, R. (2004). Metabolismo básico e origem dos metabólitos secundários. *Farmacognosia: Da Planta Ao Medicamento*, 403–434.
- Sarria, R., y Gallo, J. (2019). El eucalipto como fuente de materia prima para la extracción de aceites esenciales. *Jou. Cie. Ing*, 11(1), 57–64. <https://doi.org/10.46571/JCI.2019.1.6>
- 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. *Manglar*, 16(1), 53–61. <https://doi.org/10.17268/MANGLAR>
- Sharma, A., y Kaur, I. (2020). *Eucalyptol (1,8 cineole) from Eucalyptus essential oil a potential inhibitor of COVID 19 corona virus infection by molecular docking studies*. <https://doi.org/10.20944/PREPRINTS202003.0455.V1>
- Shiva, M., y Jain, P. (1987). Seasonal effect on essential oil yield from *Eucalyptus* hybrid leaves. *Indian Forester*, 113(12), 798–800. <https://doi.org/10.36808/IF/1987/V113I12/9495>
- Silva, J., Abebe, W., Sousa, S., Duarte, V., Machado, M., y Matos, F. (2003). Analgesic and anti-inflammatory effects of essential oils of *Eucalyptus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 89(2–3), 277–283. <https://doi.org/10.1016/J.JEP.2003.09.007>
- Silveira, A., y Brito, J. (2003). Oleo esencial de eucalipto. *Aromavida*, 22–23. <http://www.aceitesesencialesde.com/Aceite-esencial-de-Eucalipto-extraccion/133>
- Torrenegra, M., Granados, C., Durán, M., León, G., Yáñez, X., Martínez, C., y Pájaro, N. (2016). Composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de *Minthostachys mollis*. *Orinoquia*, 1(20), 69. <https://doi.org/10.22579/20112629.329>
- Torrenegra, M., Granados, C., y León, G. (2019). Extracción, caracterización y actividad antioxidante del aceite esencial de *Eucalyptus globulus* Labill. *Revista Cubana de Farmacia*, 52(1). <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/266/206>
- Triola, M. (2018). *Estadística* (Decimosegu). <http://librodigital.sangregorio.edu.ec/librosusgp/B0038.pdf>
- Valarezo, E., Castillo, A., Guaya, D., Morocho, V., y Malagón, O. (2012). *Chemical composition*

of essential oils of two species of the Lamiaceae family: Scutellaria volubilis and Lepechinia paniculata from Loja, Ecuador.
<https://doi.org/10.1080/10412905.2012.645638>

Velíz, M., González, Y., y Martínez, Y. (2019). Evaluación a escala de planta piloto del proceso industrial para la obtención de aceite esencial de cardamomo, bajo la filosofía “Cero Emisiones.” *Tecnología Química*, 42.
<https://www.redalyc.org/journal/4455/445558836014/html/>

Vílchez, B. (2004). Muestreo de *Zamia fairchildiana* L. D. Gómez: un producto no maderable del bosque. *Revista Forestal Mesoamerica Kurú*, 1(1), pág. 90-95.

Villarreal, H., Cruz, D., y Legua, J. (2022). El eucalipto utilizado como alternativa de tratamiento para afecciones respiratorias en la población de Barranca. *Revista Vive*, 5(13), 98–109. <https://doi.org/10.33996/revistavive.v5i13.134>

Wong, J., Thornber, K., y Baker, N. (2001). *Productos forestales no madereros 13. Evaluación de los recursos de productos forestales no madereros: experiencia y principios biométricos.* <https://www.fao.org/3/Y1457s/Y1457S08.htm>

Zhang, L., y Lu, S. (2016). Overview of Medicinally Important Diterpenoids Derived from Plastids. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*, 17(12).
<https://doi.org/10.2174/1389557516666160614005244>

Zrira, S., y Benjilali, B. (1996). Seasonal Changes in the Volatile Oil and Cineole Contents of Five Eucalyptus Species Growing in Morocco. *Journal of Essential Oil Research*, 8(1), 19–24. <https://doi.org/10.1080/10412905.1996.9700548>

11. Anexos

Anexo 1. Rodales de rebrotes de *E. globulus*, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.



Anexo 2. Matriz de campo (muestra 5 % del área de cada rodal) de rebrotes de *E. globulus*, ubicados en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja.

Rodal	Número	Número de rebrotes/tocón	Altura de los rebrotes (m)	Peso de las hojas / tocón (Kg)	Total individuos (rodal)
A (Musango)	1	4	3	2,4	
A (Musango)	2	3	2,8	1,3	
A (Musango)	3	4	3	2,5	
A (Musango)	4	4	3,5	1,2	
A (Musango)	5	4	2,6	2,2	
A (Musango)	6	7	3	2,8	211
A (Musango)	7	5	3	1,9	
A (Musango)	8	3	3,2	1,1	
A (Musango)	9	6	2,7	2,1	
A (Musango)	10	5	2,9	2,1	
A (Musango)	11	5	3	1,7	
	Promedio	4,5	2,97	21,3	
B (La Primavera)	1	5	2,5	2,21	
B (La Primavera)	2	5	2,6	1,89	
B (La Primavera)	3	5	3	1,4	
B (La Primavera)	4	7	5	1,6	
B (La Primavera)	5	7	3	2,8	
B (La Primavera)	6	5	4	1,22	198
B (La Primavera)	7	5	3	2,1	
B (La Primavera)	8	6	3	1,34	
B (La Primavera)	9	6	3,3	1,68	
B (La Primavera)	10	5	3	1,5	
B (La Primavera)	11	12	3	3,4	
	Promedio	6,2	3,22	21,14	
C (Colambo)	1	8	2,8	1,9	
C (Colambo)	2	5	4	1,5	
C (Colambo)	3	8	3	1,7	
C (Colambo)	4	6	3	1,6	
C (Colambo)	5	8	3	1,2	
C (Colambo)	6	9	2,2	3,1	235
C (Colambo)	7	8	3	2	
C (Colambo)	8	7	3,5	1,5	
C (Colambo)	9	8	2,7	1,51	
C (Colambo)	10	10	3	3,2	
C (Colambo)	11	7	3	1,22	
C (Colambo)	12	4	2,7	1,2	
	Promedio	7,3	2,99	1,9	

Anexo 3. Supuestos para la aplicación de análisis de varianza de los valores de aceite esencial obtenidos en los diferentes rodales de rebrotes de *E. globulus*.

Shapiro-Wilks (modificado)

Variable	n	Media	D.E.	W*	p(Unilateral D)
Vol (ml) submuestra	12	9,26	4,88	0,94	0,6036

Anexo 4. Certificado de traducción del resumen

Lic. Jordy Christian Granda F., Mgs.

0967352473

Chris-gra1993@hotmail.com

Loja – Ecuador Loja, 8 de julio de 2024

El suscrito, Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs., **DOCENTE EDUCACIÓN SUPERIOR DEL ÁREA DE INGLÉS - CIS DEL INSTITUTO SUPERIOR TECNOLÓGICO SUDAMERICANO LOJA**, a petición de la parte interesada y en forma legal,

CERTIFICA:

Que, la traducción del documento adjunto solicitado por el Sr. **Oscar Kenedy Cofre Betancourt**, con cedula de ciudadanía **No. 1105241341**, cuyo tema de investigación se titula: **Potencial de productividaxd de aceite esencial a partir de rebrotes de *Eucalyptus globulus* Labill, en la parroquia Purunuma, cantón Gonzanamá, provincia de Loja**, ha sido realizado y aprobado por mi persona, docente de Educación Superior en la enseñanza del inglés como lengua extranjera. El apartado del Abstract es una traducción textual del Resumen aprobado en español.

Particular que comunico en honor a la verdad para los fines académicos, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

English is a piece of cake!



Lic. Jordy Christian Granda Feijoo, Mgs.

ENGLISH PROFESSOR

