



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE BABAHOYO**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**



**ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y**

**VETERINARIA**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**TRABAJO DE TITULACION**

Componente práctico del examen de carácter complejo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

**INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**TEMA:**

Influencia de las condiciones ambientales en la concentración de compuestos activos de los aceites esenciales de eucalipto *Eucalyptus globulus L.*, menta *Mentha piperita L.* y jengibre *Zingiber officinale* extraídos de cultivos de diferentes zonas de Ecuador.

**AUTORA:**

Daniela Angélica Almeida Sánchez

**TUTOR:**

Abg. Franklin Montecé Mosquera, MSc

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo de titulación fue analizar la influencia de las condiciones ambientales en la concentración de compuestos activos de los aceites esenciales de eucalipto, menta y jengibre extraídos de cultivos de diferentes zonas del Ecuador. Se llevó a cabo una investigación de tipo descriptiva, con un nivel exploratorio, utilizando un método de revisión bibliográfica. La población de estudio estuvo conformada por cultivos de eucalipto en las zonas de Bolívar y Azuay, menta en las zonas de Loja y Napo y jengibre de las zonas de Pichincha y El Oro. Se observó una variación significativa en la producción y calidad de los aceites esenciales en diferentes zonas del país, destacando la importancia de considerar estas condiciones por maximizar la producción de compuestos activos deseables. Los resultados que se obtuvieron de esta investigación fueron explícitos al denotar que la temperatura, las condiciones altitudinales y la humedad relativa, son factores determinantes en la estructura de principios activos. Dado a que, se pudo observar que hubo una alteración relativa en estos compuestos, y como tal en la calidad de estos productos con el fin de destacar las condiciones aptas para su mayor producción y eficacia medicinal. Finalmente, se pudo concluir que las condiciones climáticas son factores claves que alteran significativamente la composición de principios activos en los esenciales de cada especie en los distintos lugares de estudio. Por ende, estos estudios permiten fomentar la optimización de procesos agroindustriales, ya que da la ubicación exacta de en donde se encuentra la mayor y menor cantidad de compuestos según el aceite esencial que se desee obtener.

**Palabras clave:** Aceites esenciales, condiciones ambientales, eucalipto, menta, jengibre, calidad, compuestos activos, Ecuador.

## SUMMARY

The objective of this titration work was to analyze the influence of environmental conditions on the concentration of active compounds in essential oils of eucalyptus, peppermint and ginger extracted from crops in different areas of Ecuador. Descriptive research was carried out, with an exploratory level, using a bibliographic review method. The study population consisted of eucalyptus crops in the areas of Bolivar and Azuay, mint in the areas of Loja and Napo, and ginger in the areas of Pichincha and El Oro. A significant variation in the production and quality of essential oils was observed in different areas of the country, highlighting the importance of considering these conditions to maximize the production of desirable active compounds. The results obtained from this research were explicit in denoting that temperature, altitudinal conditions and relative alteration in these compounds, and as such will win the quality of these products in order to highlight the conditions suitable for their greater production and medicinal efficacy. Finally, it was concluded that climatic conditions are key factors that significantly alter the composition of active principles in the essential oils of each species in the different study sites. Therefore, these studies allow to promote the optimization of agroindustrial process, since it gives the extraction location of where the highest and lowest number of compounds are found according to the essential oil to be obtained.

**Key words:** Essential oils, environmental conditions, eucalyptus, mint, ginger, quality, active compounds, Ecuador.

## INDICE GENERAL

RESUMEN .....	II
SUMMARY .....	III
<b>1. CONTEXTUALIZACION PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>1</b>
1.1 Planteamiento problema.....	1
1.2 Justificación .....	2
1.3 Objetivos del estudio.....	3
1.3.1 Objetivo General .....	3
1.3.2 Objetivos específicos:.....	3
1.4 Línea de investigación .....	3
<b>2. DESARROLLO.....</b>	<b>5</b>
2.1 Marco conceptual .....	5
2.1.1 Descripción botánica.....	5
2.1.2 Condiciones ambientales de los cultivos.....	6
2.1.3 Condiciones ambientales del Ecuador.....	7
2.1.4 Condiciones ambientales óptimas para los cultivos en Ecuador .....	9
2.1.5 Aceites esenciales.....	12
2.1.6 Variación de compuestos activos de los aceites esenciales.....	13
2.2 Marco metodológico .....	17
2.3 Resultados .....	18
2.4 Discusión de resultados .....	21
<b>3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>22</b>
3.1 Conclusiones.....	22
3.2 Recomendaciones.....	23
<b>4. REFERENCIAS Y ANEXOS .....</b>	<b>24</b>
4.1 Referencias bibliográficas .....	24
4.2 Anexos .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>TABLA 1: CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS ZONAS DE ESTUDIO (INAMHI, 2023). .....</b>	<b>9</b>
<b>TABLA 2: ZONAS DE MAYOR CONCENTRACIÓN Y PRODUCCIÓN DE CULTIVOS DE EUCALIPTO, MENTA Y JENGIBRE Y SUS RESPECTIVAS CONDICIONES CLIMÁTICAS (ESPARZA, 2023). 11</b>	
<b>TABLA 3: VARIACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DEL ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO EN LAS ZONAS DE BOLÍVAR Y AZUAY (PINTO ET AL., 2022). .....</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 4: VARIACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DEL ACEITE ESENCIAL DE MENTA DE LAS PROVINCIAS DE LOJA Y NAPO (PINTO ET AL., 2022).....</b>	<b>16</b>
<b>TABLA 5: VARIACIÓN DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE EN LAS ZONAS DE PICHINCHA Y NAPO (ROUT ET AL., 2022).....</b>	<b>17</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA 1: RANGOS DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DEL AE DE EUCALIPTO CORRESPONDIENTES A BOLÍVAR Y AZUAY (PINTO ET AL., 2022) .....</b>	<b>19</b>
<b>FIGURA 2: RANGOS DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DEL AE DE MENTA CORRESPONDIENTES A LOJA Y NAPO (PINTO ET AL., 2022).....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 3: RANGOS DE CONCENTRACIÓN DE COMPUESTOS ACTIVOS DEL ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE CORRESPONDIENTES A PICHINCHA Y EL ORO (ROUT ET AL., 2022) .....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 4: IMAGEN ACEITE ESENCIAL DE EUCALIPTO .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 5: IMAGEN ACEITE ESENCIAL DE MENTA.....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 6: IMAGEN ACEITE ESENCIAL DE JENGIBRE .....</b>	<b>33</b>

# 1. CONTEXTUALIZACION PROBLEMÁTICA

## 1.1 Planteamiento problema

Ecuador, es uno de los países con mayor biodiversidad a nivel mundial, ya que se encuentra entre los 17 países más diversos del planeta. Se trata de un país con un número de especies vegetales, animales, geografía y clima extremadamente relativo (INEC, 2023). A esto se añade a que el país está ubicado en la región tropical de la tierra, con alturas que oscilan desde el nivel del mar hasta alcanzar 2668 metros en lo que respecta el volcán más alto (Powers, 2019). Esta diversidad de alturas proporciona una variedad climática, que puede ir desde el clima tropical de la costa hasta el clima frío de los Andes.

Esto se traduce en condiciones relevantes de estudio, dado a que existen notables diferencias con respecto a las distintas regiones, ya que la costa cuenta con temperaturas que varían entre los 23°C y los 35°C, mientras que en la sierra ecuatoriana las temperaturas oscilan entre 9°C y los 20°C y en la amazonia fluctúan entre los 24°C y los 28°C (Esparza 2023). Estas variaciones climáticas pueden tener un impacto significativo en la producción de aceites esenciales y en el desarrollo de los compuestos activos a partir de su composición química (Logroño, 2021).

Las plantas producen diferentes tipos de sustancias químicas necesarias para su crecimiento y desarrollo, conocidas como metabolitos primarios, así como otros que no son esenciales directamente llamados metabolitos secundarios (Guerrini et al., 2023). Estos últimos contienen una diversidad de compuestos que han sido divididos en grupos según su estructura química, tales como fenoles, alcaloides y terpenos. Los terpenos son quienes forman la mayor parte de la estructura química del aceite esencial, dado a que lo constituyen compuestos orgánicos de alta volatilidad (Chrysargyris, 2021).

Algunos estudios han demostrado que la concentración de compuestos como los terpenoides en los aceites esenciales de las plantas está relacionado con la temperatura y la humedad del ambiente (Guerrini et al., 2023). En estas zonas, donde permanecen las bajas temperaturas y la humedad, se ha observado una mayor

producción de terpenoides, lo cual puede tener implicaciones en la calidad y eficacia de estos aceites.

De modo que, estas condiciones pueden generar un cambio en la composición química de estos aceites y es posible que provoque deficiencia o a su vez la ausencia de la concentración de compuestos activos como el eucaliptol y alfa-terpineol (eucalipto), el mentol, la mentona, el cineol, la isomentona (menta) y neral, geranial, cedreno, geraniol y cúrcumeno (jengibre), afectando directamente su eficacia y capacidad medicinal (Rasool, 2022).

## 1.2 Justificación

En Ecuador, de acuerdo a una investigación que realizó la Universidad Politécnica Salesiana de Quito, en las zonas de Loja, Azuay, Cañar, El Oro y Zamora Chinchipe, se ha reportado que la concentración de *cúrcumeno* y *geranial* en el aceite esencial de jengibre (*Zingiber officinale*) se asocia a la variabilidad de la altitud,. Concentraciones de (48,71%) de *cúrcumeno* y (42,2%) de *geranial* en la provincia de El Oro. A diferencia de (11,5%) de *cúrcumeno* y (5,3%) *geranial* en Azuay. Teniendo una correlación inversamente proporcional. Es decir que mientras más baja es la altitud mayor es la concentración de estos componentes (Rasool, 2022).

Otro estudio llevado a cabo por (Soltanbeigi, 2021), en las zonas de Napo a más de 1600 msnm con una temperatura de 17°C y en las zonas de Pastaza a más de 350 msnm a 24°C, se ejecutó el análisis de concentraciones de *mentol* y *mentona* del aceite esencial de menta (*Menta piperita L.*), el cual se encontró concentraciones de *mentol* (44,6 %) en Pastaza y (22,5%) en Napo. En tanto que, de las concentraciones de *mentona* (13,8%) en Pastaza y (37,4%) en Napo. Generando una diferencia significativa entre las concentraciones en cuanto a la altitud de sus zonas de cultivo.

Es por esto, que es importante analizar las condiciones externas en las zonas de cultivo de eucalipto, menta y jengibre y la composición de terpenos en sus aceites esenciales. Porque de esta manera, se logra comprender las condiciones externas en las que se encuentra la mayor concentración, el deficit o la ausencia de compuestos activos. Para que, se produzcan productos de calidad para ser empleados de manera segura en la industria.



Pues cuando de condiciones ambientales se trata, las precipitaciones, la luz y sobre todo la temperatura influyen en la creación y concentración de compuestos activos. Esta última es mucho más importante, dado a que esta se relaciona con procesos de fotosíntesis, al momento de extraer aceite esencial esta variable genera respuestas variadas volatilizando parte del aceite o generando variaciones en las concentraciones de estos principios activos (Panda, 2022).

### **1.3 Objetivos del estudio**

#### **1.3.1 Objetivo General**

Analizar la influencia de las condiciones ambientales en la concentración de compuestos activos de los aceites esenciales de eucalipto (*Eucalyptus globulus*), menta (*Mentha piperita L.*) y jengibre (*Zingiber officinale*) extraídos de cultivos de diferentes zonas del Ecuador.

#### **1.3.2 Objetivos específicos:**

- Identificar las zonas o pisos climáticos donde se concentran los cultivos de eucalipto, menta y jengibre.
- Comparar la alteración de compuestos activos que presentan los aceites esenciales de eucalipto, menta y jengibre de acuerdo a las distintas condiciones ambientales en las que se ha cultivado cada especie.

### **1.4 Línea de investigación**

**Dominio:** Recursos Agropecuarios, Ambiente, Biodiversidad y Biotecnología.

**Línea:** Desarrollo agropecuario, agroindustrial, sostenible y sustentable.

**Sublínea de investigación:** Procesos Agroindustriales

La investigación se relaciona con la sublínea de investigación “Procesos Agroindustriales”, ya que están relacionados con la transformación de productos

agrícolas en productos de valor agregado, y en este caso, se enfoca en el proceso de extracción de aceites esenciales.

## 2. DESARROLLO

### 2.1 Marco conceptual

#### 2.1.1 Descripción botánica

##### 2.1.1.1 Eucalipto (*Eucalyptus globulus L.*)

El Eucalipto (*Eucalyptus globulus L.*), tradicionalmente conocido por eucalipto blanco es un árbol de origen Australiano. Perteneciente a la familia *Myrtaceae*, se distribuye ampliamente en Sudamérica, adaptándose a varios climas (Rocha et al., 2024). Taxonómicamente se clasifica en la división *Magnoliophyta*, de clase *Magnoliophyta*, orden *Myrtales*, familia *Myrtaceae*, genero *eucalyptus* y especie *globulus* (Pan, 2020).

##### 2.1.1.2 Menta (*Mentha piperita*)

La menta, es una planta perenne de la familia *Lamiaceae*, que tiene origen Europeo y asiático, pero que se ha difundido globalmente. Fundamentalmente en América del Sur, donde se adaptó a ciertos climas y suelos, integrándose en la cultura culinaria y medicinal de la región (Azimychetabi et al., 2021). En cuanto a su taxonomía, esta se clasifica en la división *Magnoliophyta* (planta con flores), clase *Magnoliopsida* (dicotiledóneas), orden *Lamiaceae*, género *Mentha* y especie *Mentha piperita* (Gholamipourfard et al., 2021).

##### 2.1.1.3 Jengibre (*Zingiber officinale*)

El jengibre (*zingiber officinale*) es una planta comúnmente usada en términos culinarios, que se difundió por todo el mundo gracias al comercio y las exportaciones históricas (Z. Yang et al., 2024). En América del Sur, fue introducido por los colonizadores europeos y se adaptó a los climas tropicales de la región (Edo et al., 2024). Se clasifica taxonomicamente por, su división *Magnoliophyta*, ase *Liliopsida*, orden *Zingiberales*, familia *Zingiberaceae*, género *Zingiber* y especie *Zingiber officinale* (Mukjerjee & Karati, 2022).

## **2.1.2 Condiciones ambientales de los cultivos**

### **2.1.2.1 Eucalipto (*Eucalyptus globulus L.*)**

Varias investigaciones han demostrado que la temperatura es una variable cuyos beneficios se denotan mucho en el proceso de fotosíntesis de la planta, y como tal en su proceso de crecimiento (Queiroz et al., 2020). Tal es el caso que, se ha encontrado que el volumen de la densidad de la madera ha variado considerablemente entre los 0.05 metros cúbicos hasta los 0.4 metros cúbicos, cuyas plantaciones se han sometido a temperaturas de 8°C a 23° C (Liu et al., 2019).

La gama de temperaturas adecuadas para los diferentes tipos de eucalipto en las zonas del trópico y subtropical de Sudamérica varía entre los 6 y 31°C a lo largo del año (Queiroz et al., 2020). Sin embargo, las variedades de eucalyptus más usuales necesitan temperaturas ideales mensuales de entre 7 y 22°C para alcanzar su máximo desarrollo. Estos descubrimientos pueden potencialmente mejorar la exactitud de los modelos de predicción basados en procesos eco fisiológicos (Sondermann et al., 2022).

El déficit de la presencia de humedad en el suelo de la plantación, ocasionará un desbalance en el metabolismo del agua y como tal la reducción de su función fotosintética, y de esta forma corta la producción de los árboles (L. Yang et al., 2023). Este desbalance se da porque se produce un estrés hídrico, es decir, la escasez de agua, donde la concentración de dióxido de carbono a nivel intercelular no alcanza para suplir las necesidades de la fotosíntesis debido a la restricción en la conductancia estomática.

En los últimos años, se han realizado un sin número de investigaciones, en donde se ha analizado los impactos de las precipitaciones en el rendimiento de las plantaciones de eucaliptos, encontrando que la productividad de estas se vio notablemente restringida por la variación en las lluvias. En donde se observó una notable disminución de la productividad de 4.5 MgHa/año por cada 100 mm/año (Wang et al., 2023). Finalmente, (G. Yang et al., 2022) acota que el bajo rendimiento de estas plantaciones se debe en mayormente a la evaporación del suelo.

En cuanto a sus condiciones altitudinales, estas plantaciones se concentran a altitudes de 2200 a 3000 metros sobre el nivel del mar (Gualpa et al., 2019). Mediante muchos métodos estadísticos se ha revelado que a una elevación de 2775 metros sobre el nivel del mar, el volumen promedio total estimado por árbol fue de 2.32 metros cúbicos, mientras que a una altura de 2929 msnm el volumen del árbol fue de 0,25 metros cúbicos (Aguirre et al., 2021).

#### **2.1.2.2 Menta (*Mentha piperita*)**

Por lo general la mentha piperita, prospera en regiones con temperaturas moderadas, que van desde alrededor de 15°C a 25°C. Prefieren ambientes con humedad relativa relativamente alta, generalmente entre el 50% y el 70% aunque pueden tolerar variaciones dentro de este rango (Adel et al., 2024). En cuanto a la altitud, las plantaciones de menta tienden a concentrarse por debajo de los 1000 msnm. Estas condiciones proporcionan de un entorno adecuado para el crecimiento saludable y la producción de aceites esenciales de alta calidad en la menta (Prasad & Kumar, 2024).

#### **2.1.2.3 Jengibre (*Zingiber officinale*)**

Los obstáculos que han restringido la relevancia económica del jengibre incluyen desafíos como el estrés biótico, variaciones climáticas como sequías o inundaciones, así como otros impactos externos. La inestabilidad notoria en los precios de los alimentos ha generado una reducción en rendimientos, a pesar de los altos costos de producción. Para su óptimo desarrollo, el jengibre requiere condiciones específicas, tales como temperaturas que oscilen entre los 19 y 35°C, un pH del suelo entre 6,0 y 6,5, y una humedad relativa del aire de entre el 30 – 90% (Vedashree et al., 2020).

### **2.1.3 Condiciones ambientales del Ecuador**

#### **2.1.3.1 Región Litoral o Costa**

La zona costera de la provincia de El Oro experimenta temperaturas calientes durante todo el año, con un promedio diario de 30.8 a 35°C, gracias a su posición

ecuatorial (INAMHI, 2023). Así mismo, esta área se caracteriza por su humedad, con niveles de relatividad que fluctúan entre 30- 60% según su ubicación geográfica, en tanto que, su altitud es de alrededor 435 msnm (Moreno Izquierdo et al., 2022).

### **2.1.3.2 Región Interandina o Sierra**

La temperatura en la región interandina del Ecuador, experimenta cambios significativos dependiendo de la altura. En áreas como la provincia de Loja, las temperaturas diurnas pueden fluctuar entre los 14°C y los 22°C, mostrando variaciones estacionales moderadas (INAMHI, 2023). Se trata de una zona alta con alrededor 2060 msnm, una humedad relativa de 97% como en ciudades como Cuenca, las temperaturas suelen ser más frescas (Toulkeridis et al., 2020).

Las zonas más bajas tienden a ser más secas, mientras que las montañosas y altas pueden ser más húmedas, especialmente en la época de lluvias, teniendo una humedad relativa de hasta 94%. Tal es el caso de la provincia de Azuay, cuyas temperaturas son más templadas con valores máximos que usualmente alcanzan los 14°C y mínimos que pueden caer por debajo de los 8°C, especialmente durante la noche. Siendo una zona alta con alrededor de 2500 msnm (INAMHI, 2023).

Así mismo, la provincia de Pichincha cuya temperatura varía de entre 12 a 22°C, siendo un poco más fresca. En líneas generales el ambiente alcanza una humedad relativa de 60%. Así mismo, estas zonas a pesar de tener temperaturas frescas, poseen altitudes que van desde los 2300 msnm (INAMHI, 2023).

En el extremo septentrional y zonas cercanas a la cordillera de los Andes, como la provincia de Bolívar, la temperatura varía de entre 16 a 25°C (INAMHI, 2023). Provincia que posee una humedad relativa de 70 – 90%. En términos de altitud, esta zona tiene alrededor de 3000 msnm lo que contribuye a las condiciones templadas y húmedas predominantes (Bonnesoeur et al., 2019).

### **2.1.3.3 Región Amazonía u Oriente**

En la Amazonía ecuatoriana, el clima generalmente se caracteriza por ser caluroso y húmedo durante todas las estaciones. Durante el día, las temperaturas suelen oscilar entre los 19°C y los 32°C, en la noche raramente bajan de los 18°C. No

obstante, pueden existir cambios climáticos dependiendo de la época del año y la ubicación precisa de la región (INAMHI, 2023).

Es por ello que, la provincia de Napo predomina con temperaturas que van desde 20 a 29°C. En esta provincia se presenta una humedad constante debido a su ubicación en la cuenca amazonas, con niveles de humedad relativa superiores de 80%, creando un ambiente tropical y húmedo. Experimentando lluvias frecuentes durante el año, pero con más intensidad entre septiembre y abril (INAMHI, 2023). En cuanto a la altitud de la provincia, estas van desde el nivel del mar hasta unos 1500 metros sobre este, dado a que existen áreas ligeramente más elevadas, especialmente en las estribaciones orientales de los Andes, que específicamente superan los 1500 msnm (Mato et al., 2019).

En la tabla 1, se detalla las condiciones ambientales de cada provincia de estudio:

<b>Provincia</b>	<b>Temperatura</b>	<b>Altitud</b>	<b>Humedad relativa</b>
El Oro	30°C – 35°C	435 msnm	30 – 60%
Loja	14°- 22°C	2060 msnm	97%
Azuay	8°C - 24°C	2600 msnm	80%
Pichincha	12°C – 22 °C	2300 msnm	60-90%
Bolívar	16°C – 25°C	3000 msnm	70 - 90%
Napo	20°C – 29°C	0-1500 msnm	80%

*Tabla 1: Condiciones ambientales de las zonas de estudio (INAMHI, 2023).*

## **2.1.4 Condiciones ambientales óptimas para los cultivos en Ecuador**

### **2.1.4.1 Eucalipto (*Eucalytus globulus*)**

El Eucalipto (*Eucalyptus globulus* L.) se adapta mejor a climas templados y húmedos, comúnmente es cultivado en regiones con temperaturas promedio anuales entre 7°C y 22°C con una precipitación anual de 900 – 1800mm (Sondermann et al.,

2022). Debido a estas condiciones climáticas la producción de esta especie ha sido muy limitada en Ecuador en los últimos años. Sin embargo, es muy importante destacar que en la región sierra si ha habido el crecimiento de esta especie arbórea (Rocha et al., 2024).

(Toulkeridis et al., 2020), asegura que plantaciones de eucalipto azul se concentran mayormente en la provincia de Bolívar, por su mayor susceptibilidad a la humedad relativa ambiental primordialmente en meses agosto hasta noviembre, y la zona edáfica altitudinal. Así mismo, (Esparza, 2023) señala que por las condiciones ambientales aptas para el crecimiento de eucalipto azul (*eucaliptus globulus*) en el Ecuador, corresponde favorablemente a la provincia de Azuay, dado que en esta zona se posee una humedad relativa constante de 84 % durante todo el año, sin que esta varíe significativamente.

#### **2.1.4.2 Menta (*Mentha piperita*)**

La menta (*Mentha piperita*) se cultiva principalmente en zonas cuyas condiciones como la altitud es equivalente a 1500-2500 msnm siendo propicio para el crecimiento de la planta, tanto que permiten un cultivo exitoso (Gholamipourfard, 2021). Así como la producción de variedades de *Lamiaceae* el orégano, la albahaca y el poleo, se estima que la producción de menta piperita ha aumentado, convirtiéndose en uno de los principales cultivos de plantas aromáticas en el país (Chrysargyris, 2021).

(Gholamipourfard, 2021) asegura que, la producción de menta, fundamentalmente la variedad de menta piperita, se concentra en la provincia de Loja, debido a su zona edáfica altitudinal, puesto a que se encuentra entre los 500 a los 2000 msnm y la temperatura de esta con alrededor de 20°C. Por otra parte, (Afkar Soheila, 2024), destaca que, la provincia de Napo es una zona apta para estos sembríos debido a la humedad que esta posee que es de 80%, y su estacionalidad durante toda la época del año.



### 2.1.4.3 Jengibre (*Zingiber officinale*)

El jengibre (*zingiber officinale*) crece favorablemente a una altitud de entre 150 – 1500 msnm bajo clima cálido y húmedo, puesto que se produce mayormente en Imbabura, Pichincha, El Oro y Loja (Guerrini et al., 2023). En los últimos años, la producción de jengibre ha ido en aumento, puesto que ha pasado de 1298 toneladas en 2016 a 2739 toneladas en 2020 (INEC, 2023).

Sin embargo, el (MAG, 2020), ha reportado que en los últimos años la siembra y producción de jengibre se concentra primordialmente en la zona de San Miguel de los bancos de la provincia de Pichincha, esto se da porque esta zona posee temperaturas cálidas que van desde los 20 a los 30°C, y una humedad relativa de hasta 90%. Por otra parte, (Vedashree et al., 2020) destaca que, este cultivo se da en zonas calientes como la provincia de El Oro cuyas temperaturas son relativamente altas mayor a 30°C. Esto se da por su condición geográfica, en donde su metabolismo no se vea alterado ya que de este depende la calidad del mismo.

En la tabla 2, se detalla las condiciones ambientales en donde se concentra la mayor parte de eucalipto, menta y jengibre en el Ecuador:

Cultivos	Zona de mayor concentración	T°	msnm	Hr
Eucalipto ( <i>eucaliptus globulu L.</i> )	Azuay	8-22°C	2000	84%
	Bolívar	22°C	-	80%
Menta ( <i>Mentha piperita L.</i> )	Loja	20°C	500 – 2000 msnm	-
	Napo	25°C	-	80%
Jengibre ( <i>Zingiber officinale</i> )	Pichincha	20-30°C	-	80-90%
	El Oro	30-35°C	400 msnm	30-60%

Tabla 2: Zonas de mayor concentración y producción de cultivos de eucalipto, menta y jengibre y sus respectivas condiciones climáticas (Esparza, 2023).

### 2.1.5 Aceites esenciales

Los aceites esenciales son sustancias cuya composición es compleja, producido por plantas que en su mayor proporción son plantas aromáticas. (Esparza, 2023), destaca que actualmente, se han desarrollado más de 2500 distintos aceites esenciales provenientes de materias primas como la menta, el limón, el eucalipto, la lavanda y muchos otros quienes son utilizados para distintos fines, tales como alimentos, productos de belleza, fragancias, entre otros.

Por otra parte (Li et al., 2022), asegura que el estudio de los aceites esenciales ha ido en constante avance, producto de los constantes análisis y su precisión. Según los análisis de estos, se ha demostrado que los aceites esenciales se componen principalmente de terpenos, cuya división se sitúa en monoterpenos y sesquiterpenos. Sin embargo (Rout et al., 2022) señala que, los aceites esenciales también contienen otros compuestos como aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres, fenoles, ácidos grasos y muchos otros compuestos químicos.

Sin embargo, la composición de estos productos siempre va a depender de las distintas variaciones como las condiciones de cultivo, botánica y genética de la especie, fisiología y factores externos como las condiciones ambientales (Pan, 2020). Pues, para garantizar la calidad de estos aceites se deben regir las normas de calidad y seguridad puesto que debe cumplirse en cada proceso de producción y distribución del mismo (Toulkeridis et al., 2020).

#### 2.1.5.1 Aceite esencial de eucalipto

El aceite esencial de *eucalyptus globulus*, contiene una variedad de compuestos, siendo el eucaliptol,  $\alpha$ -terpineol, p-cimeno,  $\beta$ -mirceno, terpinen-4-ol y  $\gamma$ -terpineno los más prominentes (Almas et al., 2021). Estos compuestos pueden tener diferentes propiedades medicinales y aromáticas, lo que hace que el eucalipto (*eucalyptus globulus*) sea una especie interesante desde un punto de vista científico y comercial, dado a que mayormente se usan como fragancias y cosméticos en el campo de la belleza (Esparza, 2023).

### **2.1.5.2 Aceite esencial de menta**

El aceite esencial de *Mentha piperita* L. está formulado por mentol, mentona, acetato de metilo, isomentona, mentofurano, cineol, limoneno, isopulegol y carvona (Chrysargyris, 2021). Siendo esta su composición química, no siempre va a ser la misma en formulación exacta, debido a que la cantidad de cada compuesto va a variar en calidad de las condiciones en las que se cultiva la planta, es decir, las sustancias van a variar por factores geográficos, climáticos e incluso por el proceso de extracción al que fue sometido el producto (Li et al., 2022).

### **2.1.5.3 Aceite esencial de jengibre**

Los fotoquímicos presentes en el jengibre tienen propiedades antibacterianas, lo que significa que pueden combatir bacterias dañinas en el cuerpo, tal es el caso del gingerol, Shagoles y el 6-gingediol que contribuyen al sabor picante del jengibre (Jayasundara & Arampath, 2021). Por otro lado, compuestos como la zingiberina, el canfeno, el ar-curcumeno, el geraniol y el neral se han identificado como los principales factores de fragancia en el aceite esencial de jengibre (Rout et al., 2022).

### **2.1.6 Variación de compuestos activos de los aceites esenciales**

De las plantas estudiadas se mencionará factores importantes como la composición o estructura de sus aceites esenciales, y su variabilidad bajo factores ambientales de diferentes zonas de Ecuador.

#### **2.1.6.1 Compuestos activos del aceite esencial de eucalipto**

Por medio de la extracción de materia acuosa de las hojas de eucalipto, se encuentra una diversidad de metabolitos secundarios, fundamentalmente compuestos volátiles y polifenoles, aquellos quienes proveen propiedades biológicas y farmacológicas (Pinto et al., 2022). Los compuestos volátiles, son aquellos también denominados terpenos o aceites esenciales, dado que cumplen un rol importante al proveer compuestos activos aplicados en varios campos.

Los terpenos monocíclicos con o sin oxígeno, además de los terpenos sesquicíclicos oxigenados, conforman la mayor proporción del aceite esencial de eucaliptus globulus.

Los terpenos monocíclicos más oxigenados incluyen principalmente el eucaliptol (51,62) y el terpinen -4-ol (2.74%), mientras que los principales terpenos monocíclicos sin oxígeno  $\alpha$ -pineno (23.62%), el p-cimeno (10%) y el  $\beta$ -mirceno (8.74%) (Čmiková et al., 2023).

Sin embargo, (da Fonsêca et al., 2019) reportó que, la estructura química de los aceites esenciales extraídos de las hojas de las plantas de *Eucalytus globulus* Labill, cultivadas a 1347 y 3191 metros sobre el nivel del mar de la provincia de Bolívar del Ecuador, resultó idéntica, siendo el 1,8-cineol el compuesto responsable de más del 67% de la composición total. Es decir, de 1300 a 2600 msnm y humedades relativas mayores de 90%, se encuentra la mayor concentración de compuestos activos del eucalipto (Pinto et al., 2022). Mientras que, en la provincia de Azuay no se encontró mayor referencia de compuestos, dado a que al ser una zona mayormente templada sus compuestos no se desarrollan como tal. Es decir, sus compuestos principales como el eucaliptol o el terpinel siguen estando presente pero en menor proporción debido a que esta zona no posee una humedad cuyo metabolismo principal como la fotosíntesis no se desarrolla correctamente (Pinto et al., 2022).

En la tabla 3, se detalla la concentración en porcentaje de los principales compuestos activos del aceite esencial de eucalipto en ambas provincias:

<b>Compuestos Activos</b>	<b>Concentración de compuestos (Provincia de Bolívar) %</b>	<b>Concentración de compuestos (Provincia de Azuay) %</b>
<i>Eucaliptol</i>	55	52
<i>p-cimeno</i>	11	9
<i><math>\alpha</math>-Pineno</i>	23	20
<i><math>\beta</math>-Pineno</i>	9	7
<i><math>\gamma</math>-Terpineno</i>	3	1.5
<i>Citronelal</i>	0.5	1.5
<i>Otros compuestos</i>	Variados	Variados

*Tabla 3: Variación de compuestos activos del aceite esencial de eucalipto en las zonas de Bolívar y Azuay (Pinto et al., 2022).*

### **2.1.6.2 Compuestos activos del aceite esencial de menta**

Se reportó la disminución en la concentración de aceites esenciales desde 0.9 hasta un máximo de 0.6. Sin embargo, este mismo autor describe una disminución en el porcentaje de menta y un aumento de mentofuranos durante la sequía. Por otro lado, (Kumar et al., 2024) indicó que a medida que aumentaba el estrés hídrico, se observaba un aumento considerable de sesquiterpenos.

Otro estudio realizado por (Stefanakis et al., 2022), demostró la variación estacional de los compuestos de mentha piperita. Este influyo en su producción y la distribución de su contenido esencial, al mostrar discrepancias entre los meses de primavera y verano. Se registró la menor cantidad de aceite esencial de menta durante abril (1.01% con una variación del 0.16), y se observó un incremento significativo ( $p < 0.05$ ) en su contenido durante Julio, alcanzando el 3.22% con una variación de 0.27.

De las provincias de estudio anteriormente mencionadas, la provincia de Loja es la más apta para la creación y mayor producción de estos activos, dado a que esta zona se caracteriza porque de los meses entre enero y marzo sus efectos de humedad son de 50 %. Sin embargo, en los meses posteriores este promedio varía relativamente, ascendiendo a valores mayores de 70% (Liu et al., 2019).

Sin embargo, Napo al ser una provincia de mayor humedad, cuyos valores fluctúan alrededor del 80%. Por lo tanto, la concentración de compuestos activos se ve afectada significativamente. Cabe destacar que en esta es una de las provincias que mayormente se destacan por su producción de cultivos de menta (Pinto et al., 2022).

En la tabla 4, se detalla el rango de composición o variación de compuestos activos del aceite esencial de menta en las distintas provincias, en la siguiente tabla:

<b>Compuestos activos</b>	<b>Concentración de compuestos</b>	<b>Concentración de compuestos</b>
	<b>(Provincia de Loja)</b>	<b>(Provincia de Napo)</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>
<i>Mentol</i>	71	50
<i>Mentona</i>	15	12
<i>Limoneno</i>	4.5	4
<i>Acetato de mentilo</i>	4	3
<i><math>\beta</math>-cariofileno</i>	3	3
<i>Otros</i>	Variados	Variados

*Tabla 4: Variación de compuestos activos del aceite esencial de menta de las provincias de Loja y Napo (Pinto et al., 2022).*

### **2.1.6.3 Compuestos activos del aceite esencial de jengibre**

(He et al., 2023) reportó que, una plantación de jengibre sometido a estrés hídrico a 120 días antes de cosechar resultó en una mayor concentración de aceite esencial casi duplicando muestras que fueron expuestas a 30 días sin agua, y un incremento en la presencia de sabineno. Tal es el caso del terpinen-4-ol cuyo máximo rendimiento se observó a los 60 días de prueba, mientras que la presencia de butaleno E-(3,4-dimetoxifenil) butaleno mostró una tendencia a disminuir conforme se prolongaba el estrés hídrico.

Por otra parte, las actividades antioxidantes fueron 53, 42 y 43% respectivamente en plantas cultivadas al 100, 50 y 25 de exposición a la luz solar. Siendo esta última prueba, la causante del incremento de biomasa del jengibre, pero a su vez redujo el contenido de aceite esencial. Sin embargo, la actividad antioxidante no se vio significativamente afectada (Ooi et al., 2022).

La provincia de El Oro, al ser caracterizada una zona cálida de menor humedad relativa, es apta para la creación y producción de compuestos activos del aceite esencial de jengibre de mejor calidad. Dado a que, estudios como el de jengibre (Rout

et al., 2022), han demostrado que compuestos como el ar-curcumeno que es quien le da el sabor picante se concentra mayormente a temperaturas superiores a 32°C. Por otro lado, este mismo autor destaca que el geranial quien le da el olor, se concentra mayormente bajo estrés hídrico o zonas secas con menor humedad.

Sin embargo, en la provincia de Pichincha se destaca mayormente la producción del cultivo como tal, pero en cuanto a la concentración de compuestos activos este se ve afectado por la humedad que es mayor a 90%. Por ello, la cantidad de vapor de agua que se expande en el ambiente no es apto para que se dé una mayor concentración de estos compuestos (Rout et al., 2022).

En la tabla 5, se detalla la variación de la concentración de cada compuesto principal en las provincias de Pichincha y Napo:

<b>Compuestos activos</b>	<b>Concentración de compuestos</b>	<b>Concentración de compuestos</b>
	<b>(Provincia de Pichincha)</b>	<b>(Provincia de El Oro)</b>
	<b>%</b>	<b>%</b>
<i>Zingibereno</i>	10-15	20-28
<i>Ar-curcumeno</i>	5	10
<i>β-Sesquifelandreno</i>	5-7	11
<i>Canfeno</i>	1 – 8	4 – 10
<i>kLimoneno</i>	1 -7	8
<i>Geranial</i>	3	6
<i>Otros</i>	Variados	Variados

*Tabla 5: Variación de concentración de compuestos activos del aceite esencial de jengibre en las zonas de Pichincha y Napo (Rout et al., 2022).*

## **2.2 Marco metodológico**

En la redacción del documento se recopiló información de diversas fuentes bibliográficas como bibliotecas virtuales, textos actualizados, revistas científicas, artículos y libros. Estos materiales bibliográficos tienen en común su carácter científico, lo que implica que la información obtenida es fiable y respaldada por investigaciones

y estudios de alto impacto. Finalmente, la información recopilada fue sometida a procesos de análisis, síntesis y resumen, en donde se extrajeron los puntos más relevantes sintetizados de manera clara y concisa

## **2.3 Resultados**

### **2.3.1 Eucalipto**

Se ha observado que las plantaciones de Eucalipto se concentran a altitudes específicas, como entre 2200 y 3000 metros sobre el nivel del mar, se ha encontrado que la humedad relativa constante, como la que se registra en la provincia de Azuay con un 84%, pero que la humedad de la provincia de Bolívar 90% y su temperatura (9-22°C) es mucho más destacable para su crecimiento y producción.

En la provincia de Bolívar, se destaca mayor concentración de Eucaliptol (55%) en comparación con la provincia de Azuay (52%). Se observa una variabilidad en la presencia de otros compuestos como el r-pineno de un 11% en la provincia de Bolívar en comparación de un 8% en la provincia de Azuay, así como el  $\alpha$ -pineno en Bolívar (22%) y Azuay (20%) y el  $\beta$ -mirreno en Bolívar (8%) y en Azuay (7%), entre otros variados en menor proporción.

En la figura 1, se detalla la gráfica del rango de mayor y menor concentración de compuestos activos del aceite esencial de eucalipto en cada provincia:



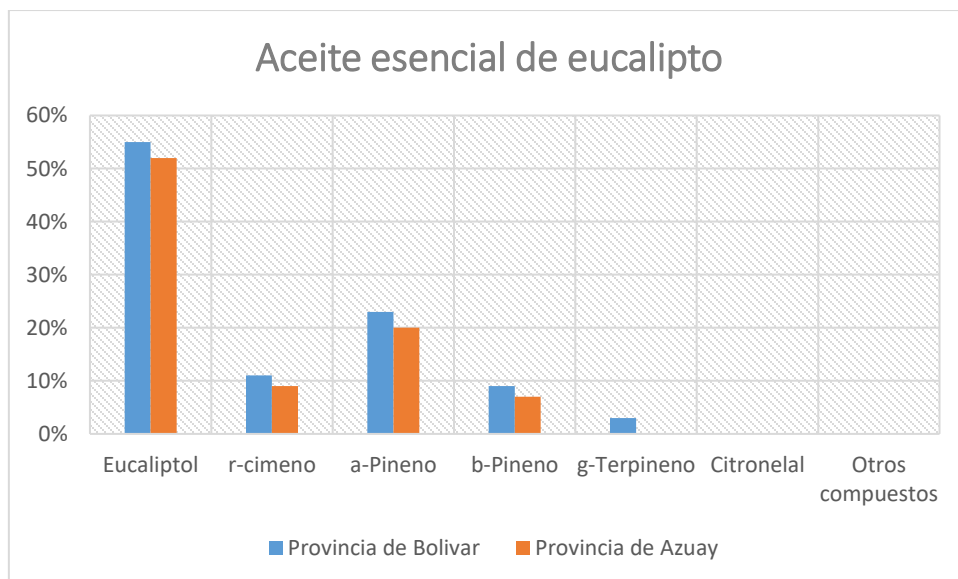


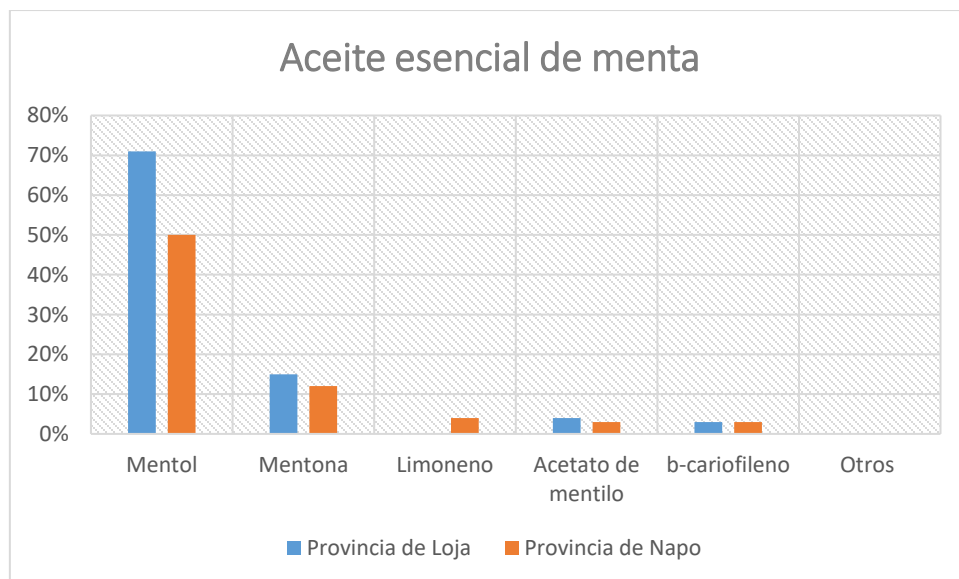
Figura 1: Rangos de concentración de compuestos activos del AE de eucalipto correspondientes a Bolívar y Azuay (Pinto et al., 2022)

### 2.3.2 Menta

Se ha observado que la provincia de Loja, con su altitud entre 500 y 2000 metros sobre el nivel del mar y una temperatura promedio de alrededor de 20°C, es una zona propicia para la producción de menta, especialmente la variedad de *menta piperita*. Por otro lado, la provincia de Napo, con su alta humedad del 80% y estacionalidad durante todo el año, también se destaca como una zona apta para el cultivo de menta.

En la provincia de Loja, se registra una alta concentración de Mentol (71%) en comparación con la provincia de Napo (50%). Se identifica una variación en la presencia de otros compuestos como la mentona (13%) en Loja y (11%) en Napo, el limoneno solo se encontró trazas en Napo, y en cuanto acetato de mentilo y al beta cariofileno en igual proporción en ambas provincias.

En la figura 2, se detalla la gráfica del rango de mayor y menor concentración de compuestos activos del aceite esencial de menta en cada provincia:



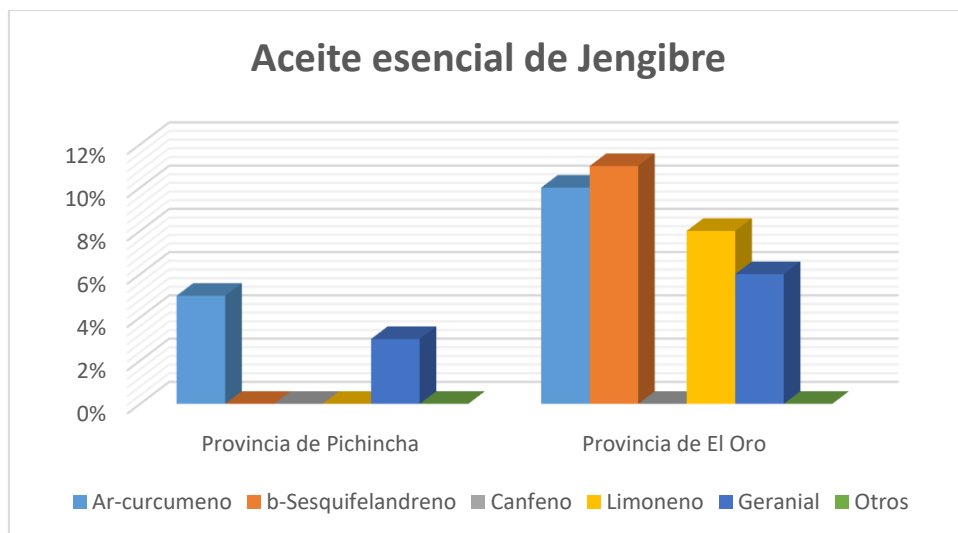
*Figura 2: Rangos de concentración de compuestos activos del AE de menta correspondientes a Loja y Napo (Pinto et al., 2022).*

### 2.3.3 Jengibre

Se ha observado que el jengibre crece favorablemente en altitudes que van desde 150 a 1500 metros sobre el nivel del mar, en climas cálidos y húmedos. Se destaca que en la provincia de Pichincha especialmente en la zona de San Miguel de Los Bancos es en donde se produce el jengibre con éxito, mucho más que El Oro. Además, se ha evidenciado un aumento en la producción de jengibre en los últimos años, lo que sugiere un interés creciente en esta planta.

En la provincia de El Oro, se observa una mayor concentración de compuestos como el zingibereno (11%), el ar-curcumeno (9%); el limoneno (7%) y el geranial (5%) en comparación con la provincia de Pichincha que se destaca la presencia de ar-curcumeno (4) y geranial (2%), en cuanto a los demás compuestos menores a 1%.

En la figura 3, se detalla la gráfica del rango de mayor y menor concentración de compuestos activos del aceite esencial de jengibre en cada provincia:



*Figura 3: Rangos de concentración de compuestos activos del aceite esencial de jengibre correspondientes a Pichincha y El Oro (Rout et al., 2022)*

## 2.4 Discusión de resultados

Se observa que factores como la altitud, la temperatura y la humedad tienen un impacto significativo en la concentración de compuestos activos. Por ejemplo, la provincia de Bolívar, con altitudes más elevadas y altos niveles de humedad muestra una composición química distinta en comparación con otras provincias

De acuerdo con (Kumar et al., 2024), la variación estacional en la concentración de compuestos activos, especialmente en el aceite esencial de menta, sugiere que factores como la época del año pueden influir en la producción calidad de los aceites esenciales. Esta variabilidad estacional puede ser fundamental para la planificación de la cosecha y el procesamiento de estas plantas.

Finalmente, (Rout et al., 2022) destaca que, mientras en una zona exista mayor productividad del cultivo no necesariamente se dará una mayor concentración de compuestos activos. Tal es el caso, de la diferencia de la concentración de compuestos del aceite esencial de jengibre en las zonas de Pichincha y El Oro, en donde se puede verificar que mientras en Pichincha se produce mayormente el cultivo, pero los compuestos son escasos, mientras que en El Oro al ser menor la producción de jengibre es mayor la concentración de su composición de principios activos.

### **3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **3.1 Conclusiones**

Se ha identificado que el Eucalipto se cultiva principalmente en zonas con climas templados y húmedos, como la provincia de Bolívar, donde la humedad relativa es un factor clave para la concentración de compuestos activos en el aceite esencial.

La Menta se cultiva en zonas con altitudes entre 500 y 2000 metros sobre el nivel del mar, como en las provincias de Loja y Napo, donde la temperatura y la humedad son determinantes para la producción de compuestos activos en el aceite esencial.

El Jengibre se desarrolla en climas cálidos y húmedos, con altitudes que van desde 150 a 1500 metros sobre el nivel del mar, siendo provincias como Imbabura, Pichincha, Azuay y Loja áreas propicias para su cultivo.

Se observa una diferencia significativa en la concentración de compuestos activos del aceite esencial de eucalipto entre las provincias de Bolívar y Azuay. La mayor concentración de componentes como el eucaliptol en altitudes específicas y niveles de humedad resalta la influencia de las condiciones ambientales en la composición química del aceite esencial de eucalipto

Se destaca la variación de compuestos activos en el aceite esencial de menta en las provincias de Loja y Napo. Se observa como la concentración de compuestos como el mentol, la mentona y el limoneno difiere según las condiciones de humedad en cada provincia, lo que resalta la influencia de las condiciones ambientales en la composición del aceite esencial de menta.

Se demuestra la variación en la concentración de compuestos activos en el aceite esencial de jengibre en las provincias de El Oro y Pichincha. Se destaca como factores como la temperatura y la humedad puede influir en la presencia de

compuestos como el curcumeno y el geranial, lo que sugiere la importancia de las condiciones ambientales en la calidad del aceite esencial de jengibre.

### **3.2 Recomendaciones**

Se recomienda realizar estudios más detallados sobre como factores específicos como la altitud, humedad y temperatura afectan la composición de compuestos activos en los aceites esenciales de plantas como eucalipto, menta y el jengibre. Comprender mejor estas interacciones permitirá optimizar procesos.

Se sugiere implementar sistemas de monitoreo continuo de la composición química de aceites esenciales durante diferentes épocas del año en diversas ubicaciones geográficas.

Considerando las variaciones en la composición de compuestos activos según las condiciones ambientales, se recomienda explorar aplicaciones industriales específicas para los aceites esenciales de cada cultivo en función de sus perfiles químicos.

## 4. REFERENCIAS Y ANEXOS

### 4.1 Referencias bibliográficas

- Adel, M., Sakhaie, F., Hosseini Shekarabi, S. P., Gholamhosseini, A., Impellitteri, F., & Faggio, C. (2024). Dietary *Mentha piperita* essential oil loaded in chitosan nanoparticles mediated the growth performance and humoral immune responses in Siberian sturgeon (*Acipenser baerii*). *Fish & Shellfish Immunology*, *145*, 109321. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2023.109321>
- Aguirre, Z., Espinoza Ami, F., Jaramillo Díaz, N., & Peña, J. (2021). *Sucesión de especies vegetales leñosas bajo una plantación de Eucalyptus globulus Labill., en la hoya de Loja, Ecuador*. *9*, 241-263.
- Almas, I., Innocent, E., Machumi, F., & Kisinza, W. (2021). Chemical composition of essential oils from *Eucalyptus globulus* and *Eucalyptus maculata* grown in Tanzania. *Scientific African*, *12*, e00758. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00758>
- Azimychetabi, Z., Sabokdast Nodehi, M., Karami Moghadam, T., & Motesharezadeh, B. (2021). Cadmium stress alters the essential oil composition and the expression of genes involved in their synthesis in peppermint (*Mentha piperita* L.). *Industrial Crops and Products*, *168*, 113602. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113602>
- Bonnesoeur, V., Locatelli, B., Guariguata, M. R., Ochoa-Tocachi, B. F., Vanacker, V., Mao, Z., Stokes, A., & Mathez-Stiefel, S.-L. (2019). Impacts of forests and forestation on hydrological services in the Andes: A systematic review. *Forest*

*Ecology and Management*, 433, 569-584.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.11.033>

Censos, I. N. de E. y. (s. f.). *Estadísticas Agropecuarias*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Recuperado 26 de diciembre de 2023, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>

Chrysargyris, A., Evangelides, E., & Tzortzakis, N. (2021). Seasonal Variation of Antioxidant Capacity, Phenols, Minerals and Essential Oil Components of Sage, Spearmint and Sideritis Plants Grown at Different Altitudes. *Agronomy*, 11(9), Article 9. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091766>

*Cifras de Biodiversidad en Ecuador*. (s. f.). Recuperado 17 de enero de 2024, de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Sitios/pagina%20ambientales/>

Čmíková, N., Galovičová, L., Schwarzová, M., Vukic, M. D., Vukovic, N. L., Kowalczewski, P. Ł., Bakay, L., Kluz, M. I., Puchalski, C., & Kačániová, M. (2023). Chemical Composition and Biological Activities of Eucalyptus globulus Essential Oil. *Plants*, 12(5), 1076. <https://doi.org/10.3390/plants12051076>

da Fonsêca, D. V., da Silva Maia Bezerra Filho, C., Lima, T. C., de Almeida, R. N., & de Sousa, D. P. (2019). Anticonvulsant Essential Oils and Their Relationship with Oxidative Stress in Epilepsy. *Biomolecules*, 9(12), 835. <https://doi.org/10.3390/biom9120835>

Edo, G. I., Onoharigho, F. O., Jikah, A. N., Ezekiel, G. O., Essaghah, A. E. A., Ekokotu, H. A., Ugbune, U., Oghroro, E. E. A., Emakpor, O. L., Ainyanbhor, I. E., Akpogheli, P. O., Ojulari, A. E., Okoronkwo, K. A., & Owheru, J. O. (2024). Evaluation of the physicochemical, phytochemical and anti-bacterial potential of

- Zingiber officinale* (ginger). *Food Chemistry Advances*, 4, 100625.  
<https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100625>
- Esparza, K., Campoverde, K., & Correa-Quezada, R. (2023). Índice de Desarrollo de las Regiones de Ecuador. *Revista Economía y Política*, 37, 18-30.
- Gholamipourfard, K., Salehi, M., & Banchio, E. (2021a). *Mentha piperita* phytochemicals in agriculture, food industry and medicine: Features and applications. *South African Journal of Botany*, 141, 183-195.  
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.014>
- Gholamipourfard, K., Salehi, M., & Banchio, E. (2021b). *Mentha piperita* phytochemicals in agriculture, food industry and medicine: Features and applications. *South African Journal of Botany*, 141, 183-195.  
<https://doi.org/10.1016/j.sajb.2021.05.014>
- Guallpa, M., Suatunce, J., Canchignia, H., Guallpa, M., Suatunce, J., & Canchignia, H. (2019). Tiempos y rendimiento en el proceso de aserrado de *Eucalyptus globulus* Labill, con sierra circular y de cinta. *Enfoque UTE*, 10(2), 126-143.  
<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v10n2.477>
- Guerrini, A., Tacchini, M., Chiocchio, I., Grandini, A., Radice, M., Maresca, I., Paganetto, G., & Sacchetti, G. (2023). A Comparative Study on Chemical Compositions and Biological Activities of Four Amazonian Ecuador Essential Oils: *Curcuma longa* L. (Zingiberaceae), *Cymbopogon citratus* (DC.) Stapf, (Poaceae), *Ocimum campechianum* Mill. (Lamiaceae), and *Zingiber officinale* Roscoe (Zingiberaceae). *Antibiotics*, 12(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.3390/antibiotics12010177>



- He, J., Hadidi, M., Yang, S., Khan, M. R., Zhang, W., & Cong, X. (2023). Natural food preservation with ginger essential oil: Biological properties and delivery systems. *Food Research International*, 173, 113221. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2023.113221>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología – INAMHI*. (s. f.). Recuperado 14 de febrero de 2024, de <https://www.inamhi.gob.ec/>
- Jayasundara, N. D. B., & Arampath, P. (2021). Effect of variety, location & maturity stage at harvesting, on essential oil chemical composition, and weight yield of *Zingiber officinale roscoe* grown in Sri Lanka. *Heliyon*, 7(3), e06560. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06560>
- Kumar, D., Punetha, A., Khan, A., Suryavanshi, P., N.d., Y., & Padalia, R. C. (2024). Assessment of soil moisture stress induced variability in oil content and composition in mint species. *Biochemical Systematics and Ecology*, 113, 104774. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104774>
- Li, J., Xu, J., Yang, X., Ren, L., Wang, Y., Ma, D., Fan, P., Wang, H., Liu, L., Dong, B., Chen, Q., & Wu, T. (2022). Effects of phenanthrene on the essential oil composition and leaf metabolome in peppermint plants (*Mentha piperita* L.). *Industrial Crops and Products*, 187, 115383. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115383>
- Liu, B., Marques Dos Santos, B., Kanagendran, A., Neilson, E. H. J., & Niinemets, Ü. (2019). Ozone and Wounding Stresses Differently Alter the Temporal Variation in Formylated Phloroglucinols in *Eucalyptus globulus* Leaves. *Metabolites*, 9(3), 46. <https://doi.org/10.3390/metabo9030046>

- Logroño Logroño, J. E. (2021). *Ishpingo (Ocotea quixos) como fuente de aceite esencial para su uso en la industria alimentaria*.  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15546>
- Mato, F., Toulkeridis, T., Masabanda-Caisaguano, M., & Morales, B. (2019). *AMAZONÍA ECUATORIANA: CAMBIO CLIMÁTICO NATURAL Y ANTRÓPICO* (pp. 35-48).
- Moreno Izquierdo, J., Sevillano, G., Valverde, O., Loayza, V., Prado, R., Zambrano, J., & Pozo, M. (2022). *Suelos Ecuador / Suelos de la Costa* (pp. 45-103).
- Mukjerjee, S., & Karati, D. (2022). A mechanistic view on phytochemistry, pharmacognostic properties, and pharmacological activities of phytochemicals present in *Zingiber officinale*: A comprehensive review. *Pharmacological Research - Modern Chinese Medicine*, 5, 100173.  
<https://doi.org/10.1016/j.prmcm.2022.100173>
- Ooi, S. L., Pak, S. C., Campbell, R., & Manoharan, A. (2022). Polyphenol-Rich Ginger (*Zingiber officinale*) for Iron Deficiency Anaemia and Other Clinical Entities Associated with Altered Iron Metabolism. *Molecules*, 27(19), 6417.  
<https://doi.org/10.3390/molecules27196417>
- Pan, M., Lei, Q., & Zhang, H. (2020). Prediction and confirmation of active ingredients in *Eucalyptus globulus Labill* leaves. *Industrial Crops and Products*, 154, 112631. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112631>
- Pinto, M., Soares, C., Pereira, R., Rodrigues, J. A., Fidalgo, F., & Valente, I. M. (2022). Untargeted metabolomic profiling of fresh and dried leaf extracts of young and mature *Eucalyptus globulus* trees indicates differences in the presence of

specialized metabolites. *Frontiers in Plant Science*, 13.

<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.986197>

Powers, J. S. (2019). ¿Serán vulnerables los bosques tropicales secos a los cambios climáticos, y cuáles serán sus efectos sociales? *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1), S18-S23.

Prasad, P., & Kumar, B. (2024). Gamma irradiation induced morpho-chemical and molecular diversity in the mutagenized population of *Mentha piperita* L. *Industrial Crops and Products*, 210, 118036. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118036>

Queiroz, T. B., Campoe, O. C., Montes, C. R., Alvares, C. A., Cuartas, M. Z., & Guerrini, I. A. (2020). Temperature thresholds for *Eucalyptus* genotypes growth across tropical and subtropical ranges in South America. *Forest Ecology and Management*, 472, 118248. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118248>

Rasool, N., Saeed, Z., Pervaiz, M., Ali, F., Younas, U., Bashir, R., Bukhari, S. M., Mahmood khan, R. R., Jelani, S., & Sikandar, R. (2022). Evaluation of essential oil extracted from ginger, cinnamon and lemon for therapeutic and biological activities. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 44, 102470. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2022.102470>

Rocha, J., Nunes, P. J., Pinto, A., Fenina, L., Afonso, A. L., Seixas, A. R., Cruz, R., Pereira, R. F. P., Fernandes, M., Casal, S., Bermudez, V. de Z., & Crespí, A. L. (2024a). Adaptación ecológica de *Myrtaceae* australiana a través del análisis de ceras foliares: *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus gunnii* y *Eucalyptus globulus*. *Flora*, 310, 152435. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152435>

- Rocha, J., Nunes, P. J., Pinto, A., Fenina, L., Afonso, A. L., Seixas, A. R., Cruz, R., Pereira, R. F. P., Fernandes, M., Casal, S., Bermudez, V. de Z., & Crespí, A. L. (2024b). Ecological adaptation of Australian *Myrtaceae* through the leaf waxes analysis: *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus gunnii*, and *Eucalyptus globulus*. *Flora*, *310*, 152435. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2023.152435>
- Rout, S., Tambe, S., Deshmukh, R. K., Mali, S., Cruz, J., Srivastav, P. P., Amin, P. D., Gaikwad, K. K., Andrade, E. H. de A., & Oliveira, M. S. de. (2022). Recent trends in the application of essential oils: The next generation of food preservation and food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, *129*, 421-439. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.10.012>
- Soltanbeigi, A., Özgüven, M., & Hassanpouraghdam, M. B. (2021). Planting-date and cutting-time affect the growth and essential oil composition of *Mentha × piperita* and *Mentha arvensis*. *Industrial Crops and Products*, *170*, 113790. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113790>
- Sondermann, M., Chou, S. C., Lyra, A., Latinovic, D., Siqueira, G. C., Junior, W. C., Giornes, E., & Leite, F. P. (2022). Climate change projections and impacts on the eucalyptus plantation around the Doce River basin, in Minas Gerais, Brazil. *Climate Services*, *28*, 100327. <https://doi.org/10.1016/j.cliser.2022.100327>
- Stefanakis, M. K., Papaioannou, C., Lianopoulou, V., Philotheou-Panou, E., Giannakoula, A. E., & Lazari, D. M. (2022). Seasonal Variation of Aromatic Plants under Cultivation Conditions. *Plants*, *11*(16), 2083. <https://doi.org/10.3390/plants11162083>
- Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-Baile, D., Merizalde-Mora, M. J., Reyes –Yunga, D. F., Viera-Torres, M., Heredia, M., Toulkeridis, T., Tamayo, E., Simón-Baile, D.,

- Merizalde-Mora, M. J., Reyes –Yunga, D. F., Viera-Torres, M., & Heredia, M. (2020). Cambio Climático según los académicos ecuatorianos—Percepciones versus hechos. *LA GRANJA. Revista de Ciencias de la Vida*, 31(1), 21-46. <https://doi.org/10.17163/lgr.n31.2020.02>
- Vedashree, M., Asha, M. R., Roopavati, C., & Naidu, M. M. (2020). Characterization of volatile components from ginger plant at maturity and its value addition to ice cream. *Journal of Food Science and Technology*, 57(9), 3371-3380. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04370-0>
- Wang, Y., He, C., Shi, Y., Li, H., Tang, Y., Chen, B., Ke, Q., Wu, L., & Chen, L. (2023). Short-term cultivation limiting soil aggregate stability and macronutrient accumulation associated with glomalin-related soil protein in *Eucalyptus urophylla* × *Eucalyptus grandis* plantations. *Science of The Total Environment*, 878, 163187. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.163187>
- Yang, G., Deng, Y., Lan, P., Xie, L., He, T., Su, X., Shi, X., & Chen, G. (2022). Estimation of evapotranspiration in *Eucalyptus* plantation and mixed forests based on air temperature and humidity. *Forest Ecology and Management*, 504, 119862. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119862>
- Yang, L., Kong, J., Gao, Y., Chen, Z., Lin, Y., Zeng, S., Su, Y., Li, J., He, Q., & Qiu, Q. (2023). A simulated drier climate reduces growth and alters functional traits of *Eucalyptus* trees: A three-year experiment in South China. *Forest Ecology and Management*, 549, 121435. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2023.121435>
- Yang, Z., Guo, Z., Yan, J., & Xie, J. (2024). Nutritional components, phytochemical compositions, biological properties, and potential food applications of ginger

(*Zingiber officinale*): A comprehensive review. *Journal of Food Composition and Analysis*, 106057. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106057>

## 4.2 Anexos



*Figura 4: Imagen aceite esencial de eucalipto*



*Figura 5: Imagen aceite esencial de menta*



*Figura 6: Imagen aceite esencial de jengibre*