

**ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA  
OLEORRESINA DE COPAIBA (*Copaifera* spp.) EN LA REGIÓN DE LA  
ORINOQUIA, BASADOS EN LA RECUPERACIÓN DEL CONOCIMIENTO  
TRADICIONAL Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA**

**LUIS CAMILO TORO CHACÓN  
NICOLÁS RAFAEL FRANCISCO ROBLES VALDERRAMA**

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
VILLAVICENCIO  
2019**

**ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA  
OLEORRESINA DE COPAIBA (*Copaifera* spp.) EN LA REGIÓN DE LA  
ORINOQUIA, BASADOS EN LA RECUPERACIÓN DEL CONOCIMIENTO  
TRADICIONAL Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA**

Requisito para la obtención del título de Ingeniero Agroindustrial

**LUIS CAMILO TORO CHACÓN  
NICOLÁS RAFAEL FRANCISCO ROBLES VALDERRAMA**

Director

**JUAN MANUEL TRUJILLO GONZÁLEZ**

Ingeniero Agrónomo, Magister en Ciencias Ambientales

**UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS  
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL  
VILLAVICENCIO**

**2019**

**NOTAS DE ACEPTACIÓN:**

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

JURADO 1

JURADO 2

DIRECTOR DE TESIS

Villavicencio, Febrero 2019.

**PERSONAL DIRECTIVO**

**PABLO EMILIO CRUZ CASALLAS**

Rector

**DORIS CONSUELO PULIDO DE GONZALEZ**

Vice-Rectora académica

**DEIVER GIOVANNY QUINTERO REYES**

Secretario general

**VICTOR NERY HURTADO**

Decano de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

**CRISTOBAL LUGO LOPÉZ**

Director de Escuela de Ciencias Agrícolas

**LUZ MERY BARRERA ROJAS**

Directora del programa de Ingeniería Agroindustrial

## **DEDICATORIA**

La plena culminación de este trabajo y por ende el otorgamiento del título de ingeniero agroindustrial fue un trabajo mancomunado de muchas personas que mostraron sin interés alguno su más sincero apoyo durante los momentos más difíciles de estos más de cinco años de estudio profesional, por tal razón dedico este gran logro principalmente a Dios y seguidamente a mi madre que está en el cielo observando todos mis actos positivos en este limitado mundo terrenal y es el motor que me hace seguir adelante día a día, destacando también el apoyo otorgado por el Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana (ICAOC) y de las familias Pulido y Caraballo, a quienes también va dedicado este nuevo logro.

***CAMILO TORO***

En primer y principal lugar, quisiera dedicar este trabajo a la persona que me ha formado y me ha traído hasta donde estoy, aquella que con enseñanzas y regaños ha hecho de mí la persona que soy ahora, mi mamá Ofelia Valderrama.

Mi familia, papá, tías, tíos, abuelos, primos, todas aquellas personas de mi núcleo familiar que de una u otra manera han sido el pilar de mi vida y me han apoyado incondicionalmente, brindándome además todo su cariño para seguir adelante día a día.

Por último, quisiera dedicar este trabajo a aquellas personas que se volvieron familia por elección y que han permanecido hasta el día de hoy a mi lado de manera incondicional, esos amigos que con su amistad sincera han enriquecido mi vida llenándola de consejos y experiencias, compartiendo conmigo tropiezos y logros.

***NICOLÁS RAFAEL FRANCISCO ROBLES VALDERRAMA***

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores expresan su agradecimiento al Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana (ICAOC), a su director Marco Aurelio Torres Mora y al profesor Juan Manuel Trujillo Gonzáles, quienes por medio del Grupo de Estudio en Gestión Ambiental Sostenible (GEGAS), fueron los principales aportantes para la realización del presente trabajo.

Agradecer de igual forma a todos los docentes y profesionales que hicieron su aporte durante la realización de este trabajo de grado, gracias a todos ellos por edificar nuestras vidas de manera sabia y llenar nuestras mentes de conocimiento aplicado.

Finalmente, agradecer a nuestras familias y allegados, quienes nos han acompañado a lo largo de este proceso académico que está a punto de culminar.

## TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN .....	15
ABSTRACT.....	16
1. INTRODUCCIÓN.....	17
2. OBJETIVOS .....	20
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	20
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
3. REVISIÓN DE LITERATURA.....	21
3.1. DISTRIBUCIÓN NATURAL DEL ÁRBOL DE COPAIBA ( <i>COPAIFERA</i> SPP.).....	21
3.2. OLEORRESINA DE COPAIBA ( <i>COPAIFERA</i> SPP.).....	21
3.3. ETNOBOTÁNICA DE LA OLEORRESINA DE COPAIBA ( <i>COPAIFERA</i> SPP.).....	22
3.4. USO ANTIMICROBIANO.....	23
3.5. USO ANTILEISHMANIAL.....	23
3.6. USO ANTIINFLAMATORIO.....	24
3.7. USO ANTITUMORAL .....	25
3.8. EFECTO MUTAGÉNICO .....	26
3.9. USO ANALGÉSICO .....	27
3.10. EFECTO GASTROPROTECTOR.....	27
3.11. EFECTO ANTINOCICEPTIVO.....	28
3.12. ATENUACIÓN DE LA ISQUEMIA/REPERFUSIÓN .....	29
3.13. EFECTO ANSIOLÍTICO.....	29
3.14. EFECTOS NEGATIVOS PARA LA SALUD .....	30
3.15. CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE LAS COMUNIDADES .....	31
4. MATERIALES Y MÉTODOS .....	32
4.1. ÁREA DE ESTUDIO .....	32
4.2. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	32
4.3. MUESTREO.....	33
4.4. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS .....	33
4.4.1. Pruebas físicas.....	33

4.4.2.	Determinación de ácidos grasos.....	34
4.4.3.	Determinación de metabolitos secundarios.....	34
4.5.	ANÁLISIS DE DATOS.....	34
5.	RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	36
5.1.	ANÁLISIS DE USOS TRADICIONALES .....	36
5.2.	ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA OLEORRESINA .....	46
5.2.1.	Análisis físico.....	46
5.2.2.	Análisis químicos .....	47
5.3.	NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN .....	104
6.	CONCLUSIONES.....	106
7.	RECOMENDACIONES.....	107
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	108



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Usos medicinales atribuidos por la comunidad rural del departamento del Meta a la oleorresina de copaiba. ....	36
<b>Figura 2.</b> Usos medicinales específicos atribuidos por la comunidad rural del departamento del Meta a la oleorresina de copaiba.....	37
<b>Figura 3.</b> Frecuencia de consumo vía oral del 80% de la población encuestada en gotas/día del departamento del Meta. ....	38
<b>Figura 4.</b> Tipo de población que hace uso de la oleorresina de copaiba en el departamento del Meta.....	39
<b>Figura 5.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 1. ....	49
<b>Figura 6.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 2. ....	50
<b>Figura 7.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 3. ....	51
<b>Figura 8.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 4. ....	52
<b>Figura 9.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 5. ....	53
<b>Figura 10.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 6. ....	54

<b>Figura 11.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 7. .....	55
<b>Figura 12.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 8. .....	56
<b>Figura 13.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 9. .....	57
<b>Figura 14.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 10. .....	58
<b>Figura 15.</b> Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 11. .....	59
<b>Figura 16.</b> Estructura molecular $\delta$ -Elemeno .....	60
<b>Figura 17.</b> Estructura molecular $\beta$ -Elemeno .....	61
<b>Figura 18.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Cubebeno .....	62
<b>Figura 19.</b> Estructura molecular $\beta$ -Cubebeno .....	63
<b>Figura 20.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Ylangeno .....	63
<b>Figura 21.</b> Estructura molecular Ciclosativeno .....	64
<b>Figura 22.</b> Estructura molecular Guaiol .....	65
<b>Figura 23.</b> Estructura molecular Óxido de Cariofileno .....	65
<b>Figura 24.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Copaeno .....	66
<b>Figura 25.</b> Estructura molecular $\beta$ -Copaeno .....	67
<b>Figura 26.</b> Estructura molecular Cis-Muurola-3,5-dieno .....	67
<b>Figura 27.</b> Estructura molecular Cipereno .....	68
<b>Figura 28.</b> Estructura molecular trans- $\beta$ -Cariofileno .....	69
<b>Figura 29.</b> Estructura molecular trans- $\alpha$ -Bergamoteno .....	69

<b>Figura 30.</b> Estructura molecular Trans-Muurola-3,5-dieno .....	70
<b>Figura 31.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Humuleno .....	71
<b>Figura 32.</b> Estructura molecular Muurola-4,14(5)-dieno .....	71
<b>Figura 33.</b> Estructura molecular Amorfa-4,7(11)-dieno.....	72
<b>Figura 34.</b> Estructura molecular $\gamma$ -Muuroleno.....	73
<b>Figura 35.</b> Estructura molecular Germacreno D .....	73
<b>Figura 36.</b> Estructura molecular Germacreno B .....	74
<b>Figura 37.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Selineno.....	75
<b>Figura 38.</b> Estructura molecular $\beta$ -Selineno.....	75
<b>Figura 39.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Cadineno .....	76
<b>Figura 40.</b> Estructura molecular Cariolan-8-ol .....	77
<b>Figura 41.</b> Estructura molecular $\gamma$ -Cadineno .....	77
<b>Figura 42.</b> Estructura molecular $\delta$ -Cadineno .....	78
<b>Figura 43.</b> Estructura molecular $\beta$ -Guaieno.....	79
<b>Figura 44.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Calacoreno .....	79
<b>Figura 45.</b> Estructura molecular Ledol.....	80
<b>Figura 46.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Muuroleno.....	81
<b>Figura 47.</b> Estructura molecular $\beta$ -Sesquifelandreno.....	81
<b>Figura 48.</b> Estructura molecular Sesquisabineno .....	82
<b>Figura 49.</b> Estructura molecular Trans-Calameneno-10-ol.....	83
<b>Figura 50.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Bisabolol.....	83
<b>Figura 51.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Eudesmol.....	84
<b>Figura 52.</b> Estructura molecular Elemol.....	85
<b>Figura 53.</b> Estructura molecular $\beta$ -Calacoreno .....	85

<b>Figura 54.</b> Estructura molecular Aromadendreno .....	86
<b>Figura 55.</b> Estructura molecular 7-epi- $\alpha$ -Selineno .....	87
<b>Figura 56.</b> Estructura molecular trans- $\beta$ -Farneseno .....	87
<b>Figura 57.</b> Estructura molecular $\beta$ -Longipineno .....	88
<b>Figura 58.</b> Estructura molecular $\gamma$ -Amorfeno .....	88
<b>Figura 59.</b> Estructura molecular $\beta$ -Bisaboleno .....	89
<b>Figura 60.</b> Estructura molecular $\delta$ -Selineno.....	90
<b>Figura 61.</b> Estructura molecular cis- $\alpha$ -Bisaboleno .....	91
<b>Figura 62.</b> Estructura molecular trans- $\alpha$ -Bisaboleno.....	92
<b>Figura 63.</b> Estructura molecular 7-epi-Sesquitujeno .....	93
<b>Figura 64.</b> Estructura molecular 6,9-Guaiadieno .....	93
<b>Figura 65.</b> Estructura molecular 10-epi- $\gamma$ -Eusdemol.....	94
<b>Figura 66.</b> Estructura molecular Selina-4,7-diol.....	95
<b>Figura 67.</b> Estructura molecular $\alpha$ -Cadinol .....	95
<b>Figura 68.</b> Estructura molecular Trans-Cadina-1,4-dieno.....	96
<b>Figura 69.</b> Estructura molecular Selin-11-en-4- $\alpha$ -ol .....	97
<b>Figura 70.</b> Estructura molecular Neo-Intermedol .....	97
<b>Figura 71.</b> Estructura molecular 1,10-di-epi-Cubenol .....	98
<b>Figura 72.</b> Estructura molecular Cis-Cadin-4-en-7-ol .....	99
<b>Figura 73.</b> Estructura molecular epi- $\alpha$ -Muurolol.....	100

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Necesidades de investigación presentadas .....	104
--	-----

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO A.</b> Encuesta .....	109
<b>ANEXO B.</b> Muestra 1 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO C.</b> Muestra 2 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO D.</b> Muestra 3 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO E.</b> Muestra 4 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO F.</b> Muestra 5 de la oleorresina de copaiba.....	109
<b>ANEXO G.</b> Muestra 6 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO H.</b> Muestra 7 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO I.</b> Muestra 8 de la oleorresina de copaiba.....	109
<b>ANEXO J.</b> Muestra 9 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO K.</b> Muestra 10 de la oleorresina de copaiba .....	109
<b>ANEXO L.</b> Muestra 11 de la oleorresina de copaiba.....	109

## RESUMEN

La oleorresina de copaiba es un fluido extraído de los árboles del género *Copaifera* spp., presentes en la región de la Orinoquia. El objetivo de este trabajo fue analizar la composición fisicoquímica de la oleorresina estimando los usos agroindustriales potenciales y generar un plan de acción mediante la caracterización de los usos tradicionales. Para esto, se aplicó una encuesta para la determinación de los usos dados por la comunidad rural de la región de la Orinoquia y se llevó a cabo un análisis de cromatografía de gases y espectrometría de masas para la determinación y cuantificación de los compuestos químicos presentes en once (11) diferentes muestras recolectadas. Los resultados determinaron que los principales usos atribuidos por la comunidad rural son como tratamiento para la gastritis, la artrosis y cicatrizante; del análisis químico se estimó que agroindustrialmente puede llegar a ser comercializado como antiinflamatorio, tratamiento para heridas externas e internas de índole gástrico, cicatrizante, antibacteriano y antifúngico. Finalmente se generó un plan de acción que comprende campos que van desde los estudios agronómicos y botánicos del árbol de copaiba hasta la comercialización de la oleorresina para la completa caracterización y desarrollo de este producto en la región de la Orinoquia impulsando la económica local rural.

## ABSTRACT

The copaiba's oleoresin is a fluid extracted from the trees of the genus *Copaifera* spp., present in the Orinoquia region. The objective of this work was to analyze the physicochemical composition of oleoresin estimating its potential agroindustrial uses and generate a plan of action by characterizing its traditional uses. For this purpose, a survey was applied to determine the uses given by the Orinoquia's rural community, and an analysis of gas chromatography and mass spectrometry was carried out to determine and quantify the chemical compounds present in 11 different samples collected. The results showed that the main uses attributed by the rural community are as a treatment for gastritis, osteoarthritis and scarring; of the chemical analysis it was estimated that agroindustrially can be commercialized as anti-inflammatory, treatment for external and internal wounds of gastric nature, healing, antibacterial and antifungal. Finally, it was generated an action plan which covers fields ranging from agronomic and botanical studies of the copaiba tree to the commercialization of the oleoresin for the complete characterization and development of this product in the Orinoquia region, boosting the rural local economy.



## 1. INTRODUCCIÓN

Las comunidades rurales en Colombia generalmente se encuentran aisladas de los centros urbanos, limitando de este modo sus actividades económicas y por consiguiente sus ingresos, a labores tradicionales agropecuarias sin posibilidades de explorar y explotar materias primas nativas con alto potencial de uso y transformación agroindustrial<sup>1</sup>, es por ello que durante los últimos años en Colombia se ha desarrollado un creciente interés por las especies de flora nativas que pueden resultar económicamente promisorias para las comunidades rurales<sup>2</sup>, lo cual ha incentivado el aprovechamiento de diferentes especies basados en la etnobotánica específica de cada región.

En la Orinoquia colombiana existe una gran variedad de especies forestales cuyos usos tradicionales son diversos y han sido transmitidos con el pasar de las generaciones en las comunidades rurales<sup>3</sup>; generalmente las plantas son utilizadas con fines culinarios o medicinales, siendo este último el principal uso que genera a las especies pertenecientes al género *Copaifera* spp., de las cuales se extrae de su tronco una oleorresina con un amplio potencial medicinal<sup>4</sup>. A pesar de tener un conocimiento rudimentario sobre el uso de aceites naturales, las comunidades rurales no dimensionan el potencial de estos como producto a explotar y transformar, como es el caso del mencionado extracto.

El género *Copaifera* spp. son árboles de tronco recto y corteza rugosa que pueden alcanzar una superficie entre 0,4 y 4 metros, y están distribuidos a nivel mundial por

---

<sup>1</sup> Pérez Martínez, M., & Pérez Correa, E. (2002). El sector rural en Colombia y su crisis actual. Cuadernos de desarrollo rural, (48).

<sup>2</sup> Andrade-C., M. Gonzalo. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 35(137), pág. 499.

<sup>3</sup> Ortega, E.H. (2015) Usos tradicionales de las plantas de la orinoquía colombiana. UG – Ciencia. 21, pág. 20.

<sup>4</sup> Pieri, F. A., Mussi, M. C., & Moreira, M. A. S. (2009). Óleo de copaíba (*Copaifera* sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, 11(4), pág. 469.

la zona tropical de la línea ecuatorial; en latinoamérica se pueden localizar árboles de este género de forma silvestre en zonas selváticas a lo largo de las riberas de los ríos<sup>5</sup>, y en Colombia se distribuyen en las regiones de la Orinoquía y la Amazonía. Debido a que en la actualidad no existe un sistema de cultivo y manejo establecido, se dificulta en gran medida la extracción de su oleorresina, teniendo en cuenta las difíciles condiciones de acceso para llegar al lugar donde las plantas se encuentran, motivo por el cual el proceso extractivo es rústico y tradicional.

La oleorresina de copaiba actualmente es apetecida tanto a nivel nacional como internacional a precios elevados debido a su baja extracción y por consiguiente baja participación en el mercado<sup>6</sup>. Su abundancia en las zonas rurales motiva la creación de una estrategia de aprovechamiento agroindustrial que articule todo el proceso, desde su extracción hasta su comercialización, con el fin de potenciar la economía rural de la región; así mismo, con estas especies como fuente de ingresos, se puede concienciar a la comunidad para generar un plan de conservación sobre las plantas del género *Copaifera* spp, en razón a que de acuerdo con Wilson Gutiérrez<sup>7</sup>, un productor de la oleorresina en Mapiripán, a pesar de que las comunidades rurales explotan en pequeñas cantidades el aceite y lo usan ampliamente, durante muchos años por falta de conocimiento, han optado por talar el árbol para usar su densa madera en la elaboración de embarcaciones, entre otros usos maderables, disminuyendo considerablemente la cantidad de plantas de este género en la región.

Tomando como base lo anterior, el propósito del presente estudio es identificar el potencial de uso agroindustrial de la oleorresina de copaiba (*Copaifera* spp.)

---

<sup>5</sup> Veiga Junior, V. F., & Pinto, A. C. (2002). The *Copaifera* L. genus. *Quimica Nova*, 25(2), pág. 277.

<sup>6</sup> QuimiNet. (2018) Precios de Aceite esencial de bálsamo de copaiba. [En línea] Recuperado el 22 de mayo de 2018, de <https://www.quiminet.com/productos/aceite-esencial-de-balsamo-de-copaiba-44658537419/precios.htm>.

<sup>7</sup> Gutiérrez W., comunicación personal, 21 de noviembre de 2017.

proveniente de la región de la Orinoquia, mediante la recolección de información sobre los usos tradicionales que le dan las comunidades rurales y el análisis físicoquímico del extracto, y de este modo crear un plan de acción para su aprovechamiento, así como líneas de investigación sobre el mismo.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. OBJETIVO GENERAL

Generar un plan de acción para el desarrollo agroindustrial de la oleorresina de copaiba (*Copaifera* spp.) en la región de la Orinoquia a través de la recuperación del conocimiento tradicional y su caracterización fisicoquímica.

### 2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar los usos y aprovechamientos tradicionales de la oleorresina de copaiba (*Copaifera* spp.) en la región de la Orinoquia.
- Identificar las características fisicoquímicas de la oleorresina de las especies de (*Copaifera* spp.) analizadas.
- Estimar el uso potencial agroindustrial del aceite de resina de palo (*Copaifera* spp.) proveniente de la región de la Orinoquia.

### 3. REVISIÓN DE LITERATURA

#### 3.1. DISTRIBUCIÓN NATURAL DEL ÁRBOL DE COPAIBA (*Copaifera* spp.)

El género *Copaifera* spp., pertenece a la familia de las fabáceas o leguminosas, los adultos son árboles robustos que alcanzan alturas de 25 a 40 metros con diámetros que van desde 0,4 hasta 4,0 metros. Este género se encuentra distribuido en la región intertropical de América Latina y África Occidental<sup>8</sup>. En el continente americano se reportan diferentes especies que pueden encontrarse desde México hasta Argentina. Brasil encabeza el listado de países con mayor número de especie reportadas con 20 de las cuales 17 son endémicas del total de 72 reportadas en el mundo<sup>9</sup>. Por su parte en Colombia se han reportado 3 especies, presentes en el Amazonas y la Orinoquia y de estas *Copaifera pubiflora* es endémica<sup>10</sup>. En Colombia la distribución del género se encuentra principalmente en la amazonia y parte de la Orinoquia siendo reportadas tres especies nativas del neotrópico entre las cuales la especie *Copaifera pubiflora* es endémica del país y la especie *Copaifera canime* tiene cuatro reportes de uso<sup>11</sup>.

#### 3.2. OLEORRESINA DE COPAIBA (*Copaifera* spp.)

La oleorresina de copaiba o aceite de palo es un líquido viscoso extraído del tronco del árbol de copaiba (árboles pertenecientes al género *Copaifera* spp.), el cual se

---

<sup>8</sup> Veiga Junior, V. F., & Pinto, A. C. Op. cit., p. 274.

<sup>9</sup> Garcia, R. F., & Yamaguchi, M. H. (2012). Óleo de copaiba e suas propriedades medicinais: revisão bibliográfica. Saúde e Pesquisa, 5(1). Pág. 11.

<sup>10</sup> Bernal, H. Y., Martínez, G., Sánchez, Q., & FelipeEd, G. (2011). Pautas para el conocimiento, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales nativas en Colombia: estrategia nacional para la conservación de plantas. Pág.21.

<sup>11</sup> Ibid., P.P. 25.

denomina un aceite esencial debido a que su composición química es mayoritariamente de metabolitos secundarios y no posee trazas de compuestos lipídicos<sup>12</sup>. Esta oleorresina de copaiba es poco conocida comercialmente debido a que es un producto relativamente novedoso, teniendo su auge a finales de la década de los 90, que aún está en análisis de usos potenciales a nivel mundial principalmente en Brasil que es donde se presenta la mayor variedad de especie endémicas del árbol de Copaiba, reportando un total de 17<sup>13</sup>.

### **3.3. ETNOBOTÁNICA DE LA OLEORRESINA DE COPAIBA (*Copaifera* spp.)**

La aplicabilidad del aceite de copaiba para el beneficio humano directo e indirecto ha tenido diferentes enfoques investigativos principalmente en Brasil donde se ha reportado un uso tradicional desde el siglo XVI por los habitantes nativos del norte y noreste del país<sup>14</sup>. Entre estos usos se le ha atribuido propiedades como antiinflamatorio, antitumoral, antiséptico urinario, contra enfermedades de la piel, úlceras y cicatrizante de heridas<sup>15</sup>. En las últimas décadas se han llevado a cabo varios estudios para comprobar científicamente las propiedades medicinales que se le han atribuido tradicionalmente, algunos de los cuales se enuncian a continuación.

---

<sup>12</sup> Veiga Junior, V. F., & Pinto, A. C. Op. cit., p. 275.

<sup>13</sup> Garcia, R. F., & Yamaguchi, M. H. Op. cit., p. 15.

<sup>14</sup> Arroyo-Acevedo, J., Quino-Florentini, M., Martínez-Heredia, J., Almora-Pinedo, Y., Alba-González, A., & Condorhuamán-Figueroa, M. (2011, April). Efecto cicatrizante del aceite de *Copaifera officinalis* (copaiba), en pacientes con úlcera péptica. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 72, No. 2, pp. 113-117). UNMSM. Facultad de Medicina.

<sup>15</sup> Arroyo, J., Almora, Y., Quino, M., Martínez, J., Condorhuamán, M., Flores, M., & Bonilla, P. (2009, June). Efecto citoprotector y antisecretor del aceite de *Copaifera officinalis* en lesiones gástricas inducidas en ratas. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 70, No. 2, pp. 92). UNMSM. Facultad de Medicina.

### 3.4. USO ANTIMICROBIANO

Uno de los principales usos que posee el aceite de copaiba es como antimicrobiano. Se ha establecido que la oleorresina obtenida de diferentes especies del género *Copaifera* spp. (*C. martii*, *C. officinalis* y *C. reticulata*) ubicadas en el estado de Acre en Brasil, presentan buena actividad antimicrobiana contra bacterias gram positivas incluyendo el *Staphylococcus aureus* resistente a la meticilina, y algunas otras como la *C. pauper* y *C. lucens* tienen una leve actividad antifúngica contra *Trichophyton rubrum* (que causa entre otras enfermedades, el pie de atleta) y *Microsporum canis*<sup>16</sup>. Otros autores confirman el potencial antimicrobiano de los aceites provenientes de este género, como es el caso de la *C. langsdorffi*, cuyo aceite esterilizado en autoclave puede considerarse como una nueva fuente de agente potencial contra la infección o para la conservación de alimentos, ya que inhibe el crecimiento del bacilo gram positivo *Listeria monocytogenes*<sup>17</sup>.

### 3.5. USO ANTILEISHMANIAL

La leishmaniasis consta de varias patologías causada por el parásito protozoos llamado leishmania, el cual produce manifestaciones clínicas que van desde úlceras cutáneas que cicatrizan espontáneamente hasta inflamaciones graves del hígado y el bazo<sup>18,19</sup>. Se ha demostrado mediante varios estudios que el aceite de copaiba

---

<sup>16</sup> Santos, A. O. D., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., Veiga Junior, V. F., Pinto, A. C., & Nakamura, C. V. (2008). Antimicrobial activity of Brazilian copaiba oils obtained from different species of the *Copaifera* genus. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(3), pág. 279.

<sup>17</sup> Pieri, F. A., José, R. M., Galvão, N. N., Nero, L. A., & Moreira, M. A. S. (2010). Antimicrobial activity of autoclaved and non autoclaved copaiba oil on *Listeria monocytogenes*. *Ciência Rural*, 40(8), pág. 1799.

<sup>18</sup> Santos, A. O., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., Junior, V. F. V., Pinto, A. C., & Nakamura, C. V. (2008). Effect of Brazilian copaiba oils on *Leishmania amazonensis*. *Journal of ethnopharmacology*, 120(2), pág. 206.

<sup>19</sup> Santos, A. O., Costa, M. A., Ueda-Nakamura, T., Dias-Filho, B. P., da Veiga-Júnior, V. F., de Souza Lima, M. M., & Nakamura, C. V. (2011). *Leishmania amazonensis*: effects of oral treatment with copaiba oil in mice. *Experimental parasitology*, 129(2), pág. 148.

presenta propiedades positivas significativas inhibiendo el desarrollo del parásito leishmania<sup>20,21,22,23</sup>, se describe explícitamente que “El principal efecto ultraestructural fue la hinchazón mitocondrial. También demostramos que el tratamiento con aceite de copaiba in vitro de *L. amazonensis* condujo a un aumento en la permeabilidad de la membrana plasmática y la despolarización en el potencial de membrana mitocondrial en las células del parásito”<sup>24</sup>. Mediante estos estudios contra la leishmania del aceite de copaiba se da por hecho de que, aunque no se ha identificado claramente el mecanismo de acción de la oleoresina sobre el parásito leishmania es una opción viable de tratamiento corta, segura y más económica que los mecanismos tradicionalmente utilizados<sup>25</sup>.

### 3.6. USO ANTIINFLAMATORIO

Otro de los principales usos que ha tenido el aceite de copaiba a nivel tradicional es como antiinflamatorio. La población no se ha equivocado al hacer esta apreciación y atribuirle este uso al producto, ya que, en un experimento realizado en el 2016, a 3 grupos de ratas se les suministraron 3 tratamientos: indometacina, cloruro de sodio y aceite de copaiba; para luego inducirles un edema por medio de un agente inflamatorio (carragenina) y comparar el efecto de cada tratamiento, resultando el aceite de copaiba con un efecto muy similar al de la indometacina al momento de

---

<sup>20</sup> Santos, A. O., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., Junior, V. F. V., Pinto, A. C., & Nakamura, C. V. (2008). Op. cit., p. 205.

<sup>21</sup> Santos, A. O., Costa, M. A., Ueda-Nakamura, T., Dias-Filho, B. P., da Veiga-Júnior, V. F., de Souza Lima, M. M., & Nakamura, C. V. (2011). Op. cit., p. 147.

<sup>22</sup> Santos, A. O., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., da Veiga Junior, V. F., & Nakamura, C. V. (2012). Copaiba oil: an alternative to development of new drugs against leishmaniasis. Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine, 2012.

<sup>23</sup> Kvist, L. P., Christensen, S. B., Rasmussen, H. B., Mejia, K., & Gonzalez, A. (2006). Identification and evaluation of Peruvian plants used to treat malaria and leishmaniasis. Journal of ethnopharmacology, 106(3), pág. 395.

<sup>24</sup> Santos, A. O., Costa, M. A., Ueda-Nakamura, T., Dias-Filho, B. P., da Veiga-Júnior, V. F., de Souza Lima, M. M., & Nakamura, C. V. (2011). Op. cit., p. 149.

<sup>25</sup> Ibid., p. 150.



evitar la formación de edemas<sup>26</sup>. También se confirma el comportamiento antiinflamatorio del aceite de copaiba al momento de tratar en un experimento el edema de la pata de rata con producto extraído de la especie *Copaifera multijuga Hayne*, obteniendo como resultado que el aceite presenta una actividad antiinflamatoria a través de la inhibición de las vías histaminérgicas y serotoninérgicas<sup>27</sup>.

### 3.7. USO ANTITUMORAL

A nivel mundial son claros los esfuerzos investigativos que se han hecho para contrarrestar los efectos negativos y mortales del cáncer, el aceite de copaiba ha sido estudiado como alternativa natural para el tratamiento contra este letal mal. Se han comprobado resultados positivos y uno negativo en pruebas hechas a diferentes tipos de cáncer, una de ellas demostró que el aceite de *C. multijuga* y sus fracciones tienen actividad antitumoral en la línea celular de melanoma en modelos in vivo e in vitro reduciendo el crecimiento del tumor en un 58% y el peso del tumor en un 76%<sup>28</sup>, otro de los resultados positivos con aceite de *C. multijuga* fue contra el tumor ascítico de Ehrlich (EAT) reduciendo su volumen demostrando así su efecto neoplásico después de su administración oral<sup>29</sup>. Así mismo se obtuvo un resultado negativo en el uso del aceite de copaiba como agente antitumoral, se suministró aceite de *C. officinalis* a ratas con carcinoma Walker 256 observando que el

---

<sup>26</sup> Viriato, E. P., Bianchetti, E. S., Santos, K., Vaz, A. F., Campos, R. M. V., Pereira, A. P., ... & Carvalho, J. C. T. (2009). Study of high dilutions of copaiba oil on inflammatory process. *Int J High Dilution Res*, 8(26), pág. 11.

<sup>27</sup> Matos Gomes, N., de Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., da Cunha Pinto, A., & Fernandes, P. D. (2010). Characterization of the antinociceptive and anti-inflammatory activities of fractions obtained from *Copaifera multijuga* Hayne. *Journal of ethnopharmacology*, 128(1), pág. 180.

<sup>28</sup> Lima, S. R., Junior, V. F. V., Christo, H. B., Pinto, A. C., & Fernandes, P. D. (2003). In vivo and in vitro studies on the anticancer activity of *Copaifera multijuga* Hayne and its fractions. *Phytotherapy Research*, 17(9), pág. 1050.

<sup>29</sup> Matos Gomes, N., de Moraes Rezende, C., Fontes, S. P., Hovell, A. M. C., Landgraf, R. G., Matheus, M. E., ... & Fernandes, P. D. (2008). Antineoplastic activity of *Copaifera multijuga* oil and fractions against ascitic and solid Ehrlich tumor. *Journal of ethnopharmacology*, 119(1), pág. 182.

bálsamo de copaiba presentó un potencial inhibitorio negativo del 70%, concluyendo que el bálsamo de copaiba estimuló el crecimiento del tumor<sup>30</sup>.

### 3.8. EFECTO MUTAGÉNICO

Se han adelantado también en los últimos años investigaciones acerca de la capacidad mutagénica del aceite de copaiba de diferentes especies presentando resultados variantes. Se ha evaluado el potencial mutagénico del aceite de copaiba de la especie *C. dukei Dwyer* en tres diferentes concentraciones y tres diferentes intervalos de tiempo en ratas presentando resultados negativos debido a que no se produjeron efectos mutagénicos sobre las células de la médula ósea ni en los reticulocitos periféricos evaluados por aberraciones cromosómicas<sup>31</sup>. Otro estudio de evaluación del potencial mutagénico con la especie *C. langsdorffii Desfon* en ratas con diferentes concentraciones y a diferentes tiempos presentó resultados positivos de potencialidad mutagénica ya que se observó un aumento significativo de frecuencia de micronúcleos en eritrocitos policromáticos (EPCMN) con frecuencia máxima a las 24 horas<sup>32</sup>.

---

<sup>30</sup> Brito, N. M. B., Brito, M. V. H., Carvalho, R. D. K. V., Matos, L. T. D. M. B., Lobato, R. C., Correa, S. C., & Brito, R. B. (2010). The effect of copaiba balsam on Walker 256 carcinoma inoculated into the vagina and uterine cervix of female rats. *Acta cirurgica brasileira*, 25(2), pág. 178.

<sup>31</sup> Maistro, E. L., Carvalho, J. C. T., Cascon, V., & Kaplan, M. A. C. (2005). In vivo evaluation of the mutagenic potential and phytochemical characterization of oleoresin from *Copaifera duckei* Dwyer. *Genetics and Molecular Biology*, 28(4), pág. 836.

<sup>32</sup> Chen-Chen, L., & Sena, M. A. (2002). Atividade tóxica e mutagênica do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorffii* Desfon) em camundongos. *Rev. Bras. Plant Med*, 5, pág. 39.

### 3.9. USO ANALGÉSICO

Resulta de gran relevancia en la actualidad encontrar compuestos analgésicos naturales en reemplazo de los analgésicos sintéticos que pueden llegar a producir adicción y problemas estomacales e incluso en reemplazo de analgésicos narcóticos usados en casos especiales<sup>33</sup>. A partir de lo anteriormente planteado se ha investigado el aceite de copaiba de la especie *C. dukei Dwyer* para uso analgésico en ratas a diferentes concentraciones presentando resultados positivos de inhibición del proceso de retorcimiento lo que indica que la oleorresina de *C. duckei Dwyer* tiene actividades tópicas analgésicas<sup>34</sup>.

### 3.10. EFECTO GASTROPROTECTOR

La gastroenteritis y los problemas relaciones con afectaciones en las paredes gástricas es en la actualidad un problema muy común en la población en general<sup>35</sup>. El estudio del aceite de copaiba como agente gastroprotector ha sido unos de los estudios de mayor relevancia relacionado a los usos de las diferentes especies de *Copaifera* spp. registradas oficialmente hasta hoy en día<sup>36</sup>. El estudio fue llevado a cabo con aceite de copaiba de la especie *C. langsdorffi* administrado por vía oral a diferentes concentraciones a ratas con lesiones gástricas inducidas por etanol, indometacina y restricción de la hipotermia presentando resultados positivos en todas las pruebas que destacan el potencial gastroprotector de la oleorresina de *C.*

---

<sup>33</sup> Chérrez-Ojeda, I., Calderón, J. C., Calero, E., Terán, C., & Chérrez, A. (2018). ¿Son seguros los productos naturales analgésicos en los pacientes con alergia a los antiinflamatorios no esteroideos? Revista alergia México, 65(1), pág. 100.

<sup>34</sup> Carvalho, J. C. T., Cascon, V., Possebon, L. S., Morimoto, M. S. S., Cardoso, L. G. V., Kaplan, M. A. C., & Gilbert, B. (2005). Topical antiinflammatory and analgesic activities of *Copaifera dukei* Dwyer. *Phytotherapy Research*, 19(11), pág. 948.

<sup>35</sup> Valdivia Roldán, M. (2011). Gastritis y gastropatías. *Revista de Gastroenterología del Perú*, 31(1), pág. 45.

<sup>36</sup> Arroyo, J., Almora, Y., Quino, M., Martínez, J., Condorhuamán, M., Flores, M., & Bonilla, P. Op. cit., p. 93.

*langsdorffii* y la necesidad de un estudio sistemático sobre este remedio tradicional<sup>37</sup>.

### 3.11. EFECTO ANTINOCICEPTIVO

El término nociceptor proviene del latín '*noci*' que significa "daño" y son todas aquellas terminaciones libres de las células nerviosas que provocan la sensación de dolor y producen el llamado efecto nociceptivo<sup>38</sup>. Se han llevado a cabo dos estudios con la oleorresina de copaiba para evaluar el efecto antinociceptivo que esta posee obteniendo resultados positivos. Uno de los estudios llevados a cabo por *C. Multijuga* demostró un efecto antinociceptivo probablemente mediado por receptores opioides ya que la posterior administración de naloxona inhibió tal efecto<sup>39</sup>. El otro estudio llevado a cabo por medio de una comparación de las oleorresinas de *Copaifera multijuga Hayne* y *Copaifera reticulata Ducke* demostraron primeramente que los aceites de Copaiba no desarrollan efectos tóxicos en el organismo e indicaron también que los aceites de Copaiba demuestran un efecto antinociceptivo periférico y central, el cual puede ser útil en el tratamiento de trastornos algésicos<sup>40</sup>.

---

<sup>37</sup> Paiva, L. A. F., Rao, V. S. N., Gramosa, N. V., & Silveira, E. R. (1998). Gastroprotective effect of *Copaifera langsdorffii* oleo-resin on experimental gastric ulcer models in rats. *Journal of ethnopharmacology*, 62(1), pág. 76.

<sup>38</sup> Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2001). *The nociceptive components of the thalamus and cortex*. Neuroscience. 2nd ed. Sunderland: Sinaner Associates.

<sup>39</sup> Matos Gomes, N., de Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., da Cunha Pinto, A., & Fernandes, P. D. Op. cit., p.181.

<sup>40</sup> Gomes, N. M., Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., & Fernandes, P. D. (2007). Antinociceptive activity of Amazonian Copaiba oils. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(3), pág. 490.

### 3.12. ATENUACIÓN DE LA ISQUEMIA/REPERFUSIÓN

La isquemia es la detención o disminución en la circulación sanguínea a través de las arterias de una determinada zona del cuerpo, después de una isquemia prolongada, el adenosín trifosfato se reduce y aumenta el sodio y calcio intracelular, dando lugar a la reperfusión, donde se aumenta el oxígeno en la mitocondria y se inicia una serie de eventos que provocan la lesión del tejido<sup>41</sup>. La oleoresina de *C. langsdorffii* fue estudiada para evaluar su efecto en el daño intestinal asociado con isquemia/reperfusión; a dos grupos de ratas albinas con isquemia/reperfusión se les aplicó 200 y 400 mg/kg respectivamente encontrando que con la oleoresina se causaron atenuaciones significativas en los aumentos asociados de isquemia/reperfusión de las actividades de mieloperoxidasa, malondialdehído y catalasa y en el nivel de nitrito, indicando que la oleoresina tiene una acción protectora contra el daño del tejido intestinal inducido por la isquemia/reperfusión<sup>42</sup>.

### 3.13. EFECTO ANSIOLÍTICO

Los ansiolíticos son sustancias químicas farmacéuticas cuya principal función es la de trabajar de manera positiva y directa sobre los trastornos de ansiedad causados en el sistema nervioso central reduciéndolos significativamente o eliminándolos en su totalidad<sup>43</sup>. Se analizó la oleoresina de copaiba con la finalidad de comprobar el efecto ansiolítico que esta podía llegar a presentar demostrando que la oleoresina

---

<sup>41</sup> Ramos-Gallardo, G., & Altamirano, A. M. (2014). Importancia del daño isquemia-reperfusión en cirugía plástica. *Cirugía Plástica*, 24(1), pág. 59.

<sup>42</sup> Paiva, L. A. F., Gurgel, L. A., Campos, A. R., Silveira, E. R., & Rao, V. S. N. (2004). Attenuation of ischemia/reperfusion-induced intestinal injury by oleo-resin from *Copaifera langsdorffii* in rats. *Life Sciences*, 75(16), pág. 1985.

<sup>43</sup> Vicente Sánchez, M. P., Macías Saint-Gerons, D., González Bermejo, D., Montero Corominas, D., Catalá-López, F., & de la Fuente Honrubia, C. (2013). Evolución del uso de medicamentos ansiolíticos e hipnóticos en España durante el periodo 2000-2011. *Revista Española de Salud Pública*, 87(3).

de la *Copaifera reticulata* Ducke aplicada experimentalmente a ratas produjo un efecto ansiolítico dependiente de la dosis sobre el rango de dosis probado, en parámetros convencionales y etológicos, sin afectar adversamente los niveles generales de actividad<sup>44</sup>.

### 3.14. EFECTOS NEGATIVOS PARA LA SALUD

La oleorresina de copaiba a pesar de ser conocida por su amplia variedad de propiedades benéficas para el ser humano también presenta algunas negativas que han sido evaluadas con el fin de no hacer un uso indiscriminado del producto. Se llevó a cabo un estudio acerca del efecto antiproliferativo que tiene la oleorresina extraída de la especie *C. duckei*, tratando un grupo de ratas con el producto antes de someterlas a una cirugía en el hígado; con esto encontraron que la oleorresina aumenta el consumo de oxígeno mitocondrial acoplado a la síntesis de ATP dando lugar a una disminución significativa en la relación del control respiratorio, lo que se traduce en un desacoplamiento de la fosforilación oxidativa en la mitocondria y por ende una disminución en la proliferación hepatocelular, demostrando el efecto tóxico que tiene este producto<sup>45</sup>. Adicionalmente se conoce el efecto embriotóxico que tiene la oleorresina de *C. reticulata*, a través de un estudio realizado también en ratas Wistar embarazadas; se les suministró oleorresina de la mencionada especie en diferentes concentraciones, determinando que fue tóxica para la madre reduciendo el consumo de alimentos y aumentando el peso y embriotóxico provocando menor peso corporal fetal y mayor incidencia de variaciones del

---

<sup>44</sup> Curio, M., Jacone, H., Perrut, J., Pinto, Â. C., Filho, V. F. V., & Silva, R. C. (2009). Acute effect of *Copaifera reticulata* Ducke copaiba oil in rats tested in the elevated plus-maze: an ethological analysis. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 61(8), pág. 1109.

<sup>45</sup> Castro-e-Silva, O., Zucoloto, S., Ramalho, F. S., Ramalho, L. N., Reis, J., Bastos, Á. A., & Brito, M. V. (2004). Antiproliferative activity of *Copaifera duckei* oleoresin on liver regeneration in rats. *Phytotherapy Research*, 18(1), pág. 93.

esqueleto fetal, ambos resultados en concentraciones a partir de los 500mg/kg pc/día de oleorresina de *C. reticulata*<sup>46</sup>.

### 3.15. CONOCIMIENTO TRADICIONAL DE LAS COMUNIDADES

El conocimiento tradicional de las comunidades rurales e indígenas es aquel conjunto de saberes que pasa de generación en generación sobre los diferentes usos atribuidos a los recursos del medio ambiente, la importancia de estos conocimientos radica en los aportes al campo científico que se puedan generar y a la generación de alternativas de uso de productos naturales en diferentes campos del saber cómo la medicina<sup>47</sup>.

---

<sup>46</sup> Sachetti, C. G., de Carvalho, R. R., Paumgarten, F. J., Lameira, O. A., & Caldas, E. D. (2011). Developmental toxicity of copaiba tree (*Copaifera reticulata* Ducke, Fabaceae) oleoresin in rat. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), pág. 1083.

<sup>47</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2017). Sistemas de Conocimientos Locales e Indígenas. Recuperado de la página web: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/priority-areas/links/related-information/what-is-local-and-indigenous-knowledge/>

## 4. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio para el presente proyecto es la región de la Orinoquía colombiana. La visita al productor y la recolección de las muestras se realizaron en el municipio de Mapiripán, ubicado al Sur – Oriente del departamento del Meta, éste cuenta con una extensión de 11.938 km<sup>2</sup> donde predominan las zonas de altillanura y selva; el clima es de sabana con un promedio anual de temperatura de 26 °C, una precipitación media de 2.200 mm al año y humedades relativas de 50-60% en verano y 75-80% en invierno<sup>48</sup>.

### 4.2. RECOPIACIÓN DE LA INFORMACIÓN

Para la recuperación de la información tradicional se utilizó un instrumento de captura de información cualitativa tipo encuesta (Anexo A), que de acuerdo con Díaz (2001) *“es una búsqueda sistemática de información en la que el investigador pregunta a los investigados sobre los datos que desea obtener”*<sup>49</sup>, para posteriormente obtener datos agregados.

---

<sup>48</sup> Alcaldía de Mapiripán. (2016) Plan de desarrollo “La Fuerza del Pueblo 2016 – 2019”. [En línea] Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de [https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/Plan\\_de\\_Developmento-\\_Mapirip%C3%A1n.pdf](https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/Plan_de_Developmento-_Mapirip%C3%A1n.pdf).

<sup>49</sup> Díaz, V. (2001) Diseño y elaboración de cuestionarios para la investigación comercial. Madrid, España: Esic Editorial.



### 4.3. MUESTREO

Se contactó a un productor de oleorresina del municipio de Mapiripán, con el cual se programó una visita para conocer y documentar el proceso de extracción. Allí se recolectaron muestras de oleorresina de diez (10) diferentes árboles, tomando dos muestras en diferentes puntos de uno de los árboles y en los nueve (9) árboles restantes se tomó de a una muestra; las muestras se tomaron en frascos de color ambar con capacidad de 50 mL y se conservaron a temperatura ambiente.

### 4.4. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS

#### 4.4.1. Pruebas físicas

- 4.4.1.1. **Densidad.** Se determinó por medio de un picnómetro de 10 mL en los laboratorios de química de la Universidad de los Llanos.
- 4.4.1.2. **Viscosidad.** Se determinó por medio de un viscosímetro BROOKFIELD DV-II+ Pro en la Universidad de Córdoba.
- 4.4.1.3. **Índice de refracción.** Se determinó por medio de un refractómetro METTLER TOLEDO en la Universidad de Córdoba.
- 4.4.1.4. **Solubilidad.** Se llevará a cabo en tres diferentes disolventes (Agua, alcohol al 70% y aceite vegetal) en los laboratorios de química de la Universidad de los Llanos.

- 4.4.2. Determinación de ácidos grasos.** De manera preliminar se realizó un estudio de determinación de ácidos grasos (FAME), incluyendo los isómeros *trans*:elaídico (C18:1n9t) y linolealaidico (C18:2n6t), para corroborar la presencia de ácidos grasos en las muestras extraídas.
- 4.4.3. Determinación de metabolitos secundarios.** Se realizó un análisis de aceites esenciales por cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (CG-MS); las pruebas se llevaron a cabo bajo el documento normativo: Norma ISO 7609-1985 (E): *Essential oils – Analysis by gas chromatography on capillary columns – General method*; se empleó como material de referencia la mezcla certificada de hidrocarburos C<sub>6</sub> – C<sub>25</sub> (*AccuStandard*, New Haven, CT). La preparación de las muestras se llevó a cabo por dilución e inyección directa de los aceites-resinas al equipo cromatográfico. Este análisis tuvo lugar en el “Laboratorio de Cromatografía y Espectrometría de Masas” de la Universidad Industrial de Santander.

#### **4.5. ANÁLISIS DE DATOS**

Teniendo los resultados de la encuesta aplicada se analizaron los resultados para determinar los principales usos que la comunidad rural le da a la oleorresina de copaiba; así mismo, con los resultados de la cromatografía de gases asociada a espectrometría de masas, se realizó una revisión de literatura para conocer los usos y propiedades de cada compuesto identificado.

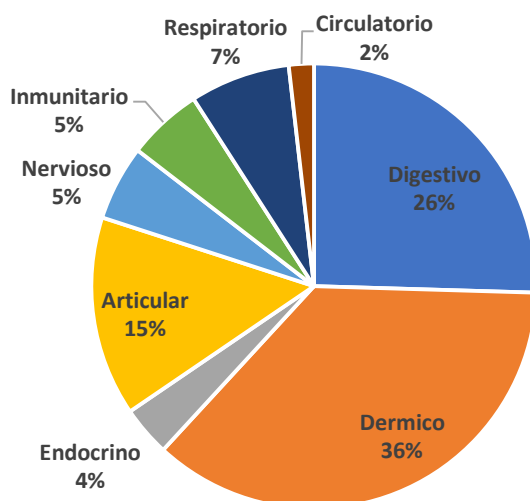
#### **4.6. GENERACIÓN DE PLAN DE ACCIÓN.**

Para la generación del plan de acción se tomó en cuenta el análisis de de los resultados identificando vacios de conocimiento en diferentes ámbitos de estudio, como aspectos botánicos, agronómicos, de mercadotecnia, sociales y químicos, que se podrían tocar dentro del proyecto con el fin de que sea una investigación completa; para ello se consultaron diferentes profesionales dentro de Instituto de Ciencias Ambientales de la Orinoquia Colombiana (ICAOC).

## 5. RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1. ANÁLISIS DE USOS TRADICIONALES

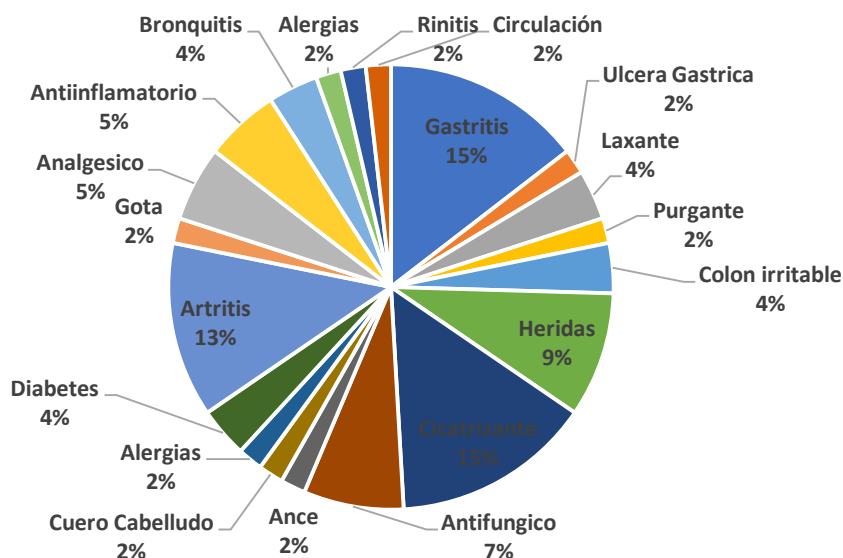
De los resultados del monitoreo llevado a cabo mediante la aplicación de encuestas a nivel rural se evidencia (Figura 1) que el mayor uso medicinal atribuido es en tratamientos de tipo dérmico con un 36%, seguido de otros tipos de usos destacados como lo son el tratamiento para el sistema digestivo y articular con un 25% y 15% respectivamente.



**Figura 1.** Usos medicinales atribuidos por la comunidad rural del departamento de Meta a la oleorresina de copaiba.

**Fuente:** Los autores.

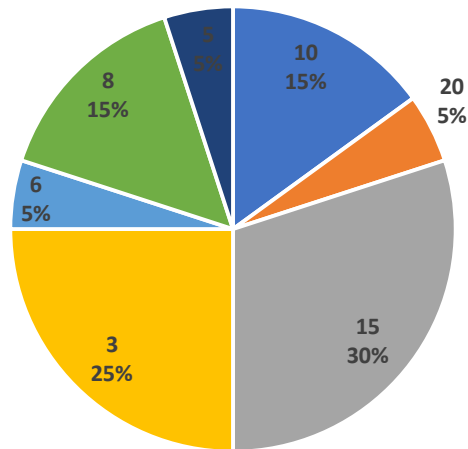
Los usos específicos de mayor frecuencia dados por la comunidad rural a la oleorresina de copaiba (Figura 2.) es como tratamiento para la gastritis (15%), cicatrices (15%), artritis (13%), heridas (9%) y antifúngico (7%).



**Figura 2.** Usos medicinales específicos atribuidos por la comunidad rural del departamento del Meta a la oleorresina de copaiba.

**Fuente:** Los autores.

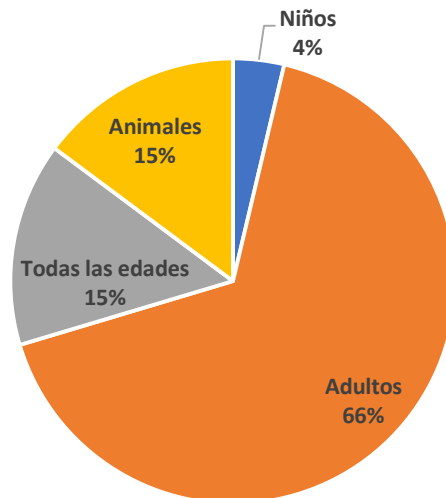
Respecto al modo de uso el 80% de los encuestados coincidieron que la mejor forma de aplicación de este producto es por vía oral (Figura 3), de los cuales el 30% ingiere 15 gotas/día y el 25% ingiere 3 gotas/día lo cual coincide con los usos medicinales atribuidos, teniendo en cuenta que la injerencia de 15 gotas/día, según palabras de los encuestados, se hace con el fin de obtener tratamientos en el sistema digestivo específicos como gastritis, laxante y colon irritable. Y el 20% restante de la población encuestada hace uso dérmico de la oleorresina de copaiba para tratamientos específicos como cicatrizante, para heridas y antifúngico.



**Figura 3.** Frecuencia de consumo vía oral del 80% de la población encuestada en gotas/día del departamento del Meta.

**Fuente:** Los autores.

Respecto al tipo de población que hace uso del producto, el 66% del total de los encuestados expresó que son los adultos los principales consumidores (Figura 4), sin embargo, un 15% manifiesta que en su hogar hacen uso de la oleorresina personas de todas las edades, y un 4% manifestó que son los menores quienes la consumen. Adicionalmente, se identificó que los compradores de la oleorresina también la utilizan para tratar a sus animales, ya que el 15% de los encuestados así lo manifestaron.



**Figura 4.** Tipo de población que hace uso de la oleorresina de copaiba en el departamento del Meta.

**Fuente:** Los autores.

Las comunidades rurales mencionan que el 25,5 % de los usos esta orientados a tratar enfermedades relacionadas con el sistema digestivo tales como: gastritis, ulcera gástrica, colon irritable y con uso laxante y purgante. Por su parte, en la literatura se reportan estudios también relacionados con el sistema digestivo como tratamiento para la gastritis, la ulcera gástrica y el cáncer gástrico; uno de los estudios para tratar la ulcera gástrica fue llevado a cabo con la oleorresina de la especie *C. langsdorffi* administrado por vía oral con diferentes concentraciones en ratas con lesiones gástricas, presentando resultados positivos en todas las pruebas, esto destaca el potencial gastroprotector de la oleorresina<sup>50</sup>; otro estudio enfocado para tratamiento de gastritis fue llevado a cabo con la oleorresina de la especie *C. officinalis* también en ratas presentó una eficacia de 100% como citoprotector, mientras que alcanzó un 97.8% con omeprazol, verificado mediante cortes histológicos, mostrando resultados efectivos nuevamente como agente

<sup>50</sup> Paiva, L. A. F., Rao, V. S. N., Gramosa, N. V., & Silveira, E. R. Op. cit., p. 77.

gastroprotector<sup>51</sup>. En un estudio para el tratamiento del cáncer gástrico fue llevado a cabo con ácido Kaurenoico obtenido a partir de la oleorresina de copaiba mostró que induce daño en el ADN y aumenta la frecuencia de micronúcleos de forma dependiente de la dosis en las células del cáncer gástrico, con una genotoxicidad significativa observada por encima de la concentración de 5 µg/ml y además, este compuesto disminuye el ciclo celular y la apoptosis en células del cáncer gástrico<sup>52</sup>.

Entre los usos medicinales se encuentran varios enfocados al sistema dérmico, representando estos un total del 36,4% de usos mencionados por las comunidades locales, donde los asocian al tratamiento para heridas, cicatrizante, antifúngico, acné, cuero cabelludo y alergias. Por su parte, en la literatura se reportan estudios de usos medicinales similares a los reportados por las comunidades locales, tales como: tratamiento de la leishmaniasis, heridas cutáneas, cicatrización y antifúngico<sup>53,54,55,56</sup>, mediante estos estudios se da por hecho de que, aunque no se ha identificado claramente el mecanismo de acción de la oleorresina sobre el parásito leishmania, es una opción viable de tratamiento corta, segura y más económica que los mecanismos tradicionalmente utilizados<sup>57</sup>; Otro estudio llevado a cabo con la oleorresina de la especie *C. Langsdorffii* en heridas cutáneas inducidas a ratas indican el efecto beneficioso en el tratamiento y cicatrización de las heridas, lo cual justifican su uso tradicional para tal fin<sup>58</sup>; Otro estudio llevado a

---

<sup>51</sup> Arroyo, J., Almora, Y., Quino, M., Martínez, J., Condorhuamán, M., Flores, M., & Bonilla, P. Op. cit., p. 94.

<sup>52</sup> dos Santos Cardoso, P. C., da Rocha, C. A. M., Leal, M. F., de Oliveira Bahia, M., Alcântara, D. D. F. Á., dos Santos, R. A., ... & do Ó Pessoa, C. (2017). Effect of diterpenoid kaurenoic acid on genotoxicity and cell cycle progression in gastric cancer cell lines. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 89, pág. 777.

<sup>53</sup> Santos, A. O., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., Junior, V. F. V., Pinto, A. C., & Nakamura, C. V. Op. cit., p. 207.

<sup>54</sup> Santos, A. O., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., da Veiga Junior, V. F., & Nakamura, C. V. Op. cit.

<sup>55</sup> Kvist, L. P., Christensen, S. B., Rasmussen, H. B., Mejia, K., & Gonzalez, A. Op. cit., p. 396.

<sup>56</sup> Santos, A. O., Costa, M. A., Ueda-Nakamura, T., Dias-Filho, B. P., da Veiga-Júnior, V. F., de Souza Lima, M. M., & Nakamura, C. V. Op. cit., p. 148.

<sup>57</sup> *Ibid.*, p.150.

<sup>58</sup> Paiva, L. A. F., de Alencar Cunha, K. M., Santos, F. A., Gramosa, N. V., Silveira, E. R., & Rao, V. S. N. (2002). Investigation on the wound healing activity of oleo-resin from *Copaifera langsdorffii* in rats. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 16(8), pág. 738.



cabo con la oleorresina de copaiba en ratas se enfocada a evaluar la capacidad de cicatrización en heridas alveolares que tiene esta oleorresina concluyendo que la administración sistémica de la oleorresina de copaiba conduce a una mejor curación ósea alveolar, sin embargo, la aplicación de la oleorresina sobre el tejido conectivo debe considerarse cuidadosamente, con respecto a la cicatrización de toda la herida<sup>59</sup>; Un último estudio que demuestra la influencia de la oleorresina en los tratamientos a afectaciones del sistema dérmico se llevó a cabo con la oleorresina de la especie *C. Langsdorffii* contra diferentes hongos que afectan los tejidos queratinizados tanto en humanos como en animales demostrando mediante los resultados un daño físico y alteraciones morfológicas tales como compresión e hifas agrupadas en la estructura de los hongos expuestos a la acción de la oleorresina lo cual confirma los beneficios de la aplicación de oleorresina extraída de copaiba en el tratamiento de la dermatofitosis, tanto en humanos como en animales<sup>60</sup>. Entre los usos medicinales tradicionales enfocados al sistema dérmico que le da la comunidad rural a la oleorresina pero que no han sido estudiados científicamente tenemos como tratamiento para el acné, alergias cutáneas y cuero cabelludo.

Entre los usos medicinales se encuentra uno enfocado al sistema endocrino, más específicamente al tratamiento contra la diabetes, representando este un total del 3,6% de las respuestas de los usos tradicionales que le da la comunidad rural a la oleorresina, por otro lado, en la literatura se encuentra un estudio relacionado indirectamente con el tratamiento para la diabetes ya que este estudio se enfoca a la capacidad de curación de heridas que tiene la oleorresina de copaiba demostrando que es incluso mejor que una pomada usada habitualmente para

---

<sup>59</sup> Dias-da-Silva, M. A., Pereira, A. C., Marin, M. C., & Salgado, M. A. (2013). The influence of topic and systemic administration of copaiba oil on the alveolar wound healing after tooth extraction in rats. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 5(4), e169.

<sup>60</sup> Zimmermam-Franco, D. C., Bolutari, E. B., Polonini, H. C., do Carmo, A. M. R., das Graças AM Chaves, M., & Raposo, N. R. (2013). Antifungal activity of *Copaifera langsdorffii* Desf oleoresin against dermatophytes. *Molecules*, 18(10), 12568.

mejorar la curación de heridas, por lo cual lo sugiere como una buena opción para su uso en pacientes diabéticos<sup>61</sup>.

Otro de los principales usos medicinales que ha tenido el aceite de copaiba a nivel tradicional en el sistema inmunitario y articular es para la artritis inflamatoria e inflamaciones en el cuerpo humano en general, ya que el 16,4% de las personas encuestadas así lo confirman. La población rural no se ha equivocado al hacer esta apreciación y atribuirle estos usos a la oleorresina, ya que en un experimento realizado en el 2016, a 3 grupos de ratas se les suministraron 3 tratamientos: indometacina, cloruro de sodio y aceite de copaiba, para luego inducirles un edema por medio de un agente inflamatorio (carragenina) y comparar el efecto de cada tratamiento, resultando la oleorresina de copaiba con un efecto muy similar al de la indometacina al momento de evitar la formación de edemas<sup>62</sup>. También se confirma el comportamiento antiinflamatorio del aceite de copaiba al momento de tratar en un experimento el edema de la pata de rata con oleorresina extraída de la especie *Copaifera multijuga* Hayne, obteniendo como resultado que el aceite presenta una actividad antiinflamatoria a través de la inhibición de las vías histaminérgicas y serotoninérgicas<sup>63</sup>. Mas específicamente otro estudio llevado a cabo con oleorresina de la especie *C. reticulata* a ratas con artritis inducida por adyuvante reveló que la oleorresina de copaiba presentó acciones sistémicas antiinflamatorias y antioxidantes en ratas artríticas, sin embargo, estos efectos beneficiosos fueron contrarrestados por modificaciones perjudiciales en el metabolismo hepático y la morfología de las ratas de control sanas<sup>64</sup>. Además de las propiedades benéficas

---

<sup>61</sup> Amorim, J. L., de Barros Figueiredo, J., Amaral, A. C. F., de Oliveira Barros, E. G., Palmero, C., MPalantinos, M. A., ... & Basso, S. L. (2017). Wound healing properties of *Copaifera paupera* in diabetic mice. *PloS one*, 12(10), e0187380.

<sup>62</sup> Canchuja, F. E. A., Lazo, K. A., & Contreras, C. (2016). Estudio experimental comparativo del efecto analgésico y antiinflamatorio de Copaiba frente a morfina e indometacina. *Revista de la facultad de medicina humana*, 14(1).

<sup>63</sup> Matos Gomes, N., de Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., da Cunha Pinto, A., & Fernandes, P. D. (2010). *Op. cit.*, p. 181.

<sup>64</sup> Castro Ghizoni, C. V., Arssufi Ames, A. P., Lameira, O. A., Bersani Amado, C. A., Sá Nakanishi, A. B., Bracht, L., ... & Comar, J. F. (2017). Anti-Inflammatory and Antioxidant Actions of Copaiba Oil Are Related to Liver Cell Modifications in Arthritic Rats. *Journal of cellular biochemistry*, 118(10), pág. 3420.

de la oleorresina de copaiba al sistema inmunitario y articular nombradas anteriormente, un 1,8% de la población rural encuestada afirma utilizar la oleorresina como tratamiento para la enfermedad de la gota, hecho que aún no se ha corroborado científicamente.

Otra de las propiedades medicinales nombradas por la comunidad rural en la encuesta aplicada fue su efecto analgésico, ya sea como antinociceptivo o ansiolítico, con un 5,5% de la población encuestada que lo confirma. Resulta de gran relevancia en la actualidad encontrar compuestos analgésicos naturales en reemplazo de los analgésicos sintéticos que pueden llegar a producir adicción y problemas estomacales e incluso en reemplazo de analgésicos narcóticos usados en casos especiales, por tal motivo se ha investigado el aceite de copaiba de la especie *C. dukei* Dwyer para uso analgésico en ratas a diferentes concentraciones presentando resultados positivos de inhibición del proceso de retorcimiento lo que indica que la oleorresina de *C. dukei* Dwyer tiene actividades tópicas analgésicas<sup>65</sup>; se han llevado a cabo de igual forma dos estudios con la oleorresina de copaiba para evaluar el efecto antinociceptivo que esta posee obteniendo resultados positivos, uno de los estudios llevados a cabo por C. Multijuga demostró un efecto antinociceptivo probablemente mediado por receptores opioides ya que la posterior administración de naloxona inhibió tal efecto<sup>66</sup>, el otro estudio llevado a cabo por medio de una comparación de las oleorresinas de *Copaifera multijuga* Hayne y *Copaifera reticulata* Ducke demostraron primeramente que los aceites de Copaiba no desarrollan efectos tóxicos en el organismo e indicaron también que los aceites de Copaiba demuestran un efecto antinociceptivo periférico y central el cual puede ser útil en el tratamiento de trastornos algésicos<sup>67</sup>; se analizó la oleorresina de copaiba también con la finalidad de comprobar el efecto ansiolítico que esta podía

---

<sup>65</sup> Carvalho, J. C. T., Cascon, V., Possebon, L. S., Morimoto, M. S. S., Cardoso, L. G. V., Kaplan, M. A. C., & Gilbert, B. (2005). *Op. cit.*, pág. 949.

<sup>66</sup> Matos Gomes, N., de Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., da Cunha Pinto, A., & Fernandes, P. D. (2010). *Op. cit.*, p. 183.

<sup>67</sup> Gomes, N. M., Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., & Fernandes, P. D. (2007). *Op. cit.*, pág. 491.

llegar a presentar demostrando que la oleorresina de la *Copaifera reticulata* Ducke aplicada experimentalmente a ratas produjo un efecto ansiolítico positivo pero dependiente de la dosis sobre el rango de dosis probado, en parámetros convencionales y etológicos, sin afectar adversamente los niveles generales de actividad<sup>68</sup> (Curio et al. 2009).

De los usos medicinales atribuidos por la comunidad rural un 7,3% de la población encuestada le atribuye a la oleorresina de copaiba propiedades benéficas para el sistema respiratorio como tratamiento para la gripa, alergias respiratorias y la rinitis, ninguna de estas propiedades han sido corroboradas científicamente pero podrían tener una explicación gracias a los científicamente comprobados efectos antimicrobianos de la oleorresina, ya que la mayoría de estas afectaciones se presentan por microorganismo patógenos y según la literatura se ha confirmado el potencial antimicrobiano de la oleorresina de copaiba proveniente de géneros de *Copaifera* como es el caso de la *C. langsdorffii*, cuya oleorresina esterilizada en autoclave puede considerarse como una fuente de agente potencial contra la infección o para la conservación de alimentos, ya que inhibe el crecimiento de bacilos gram positivos como la *Listeria monocytogenes*<sup>69</sup>.

La isquemia es la detención o disminución en la circulación sanguínea a través de las arterias de una determinada zona del cuerpo, después de una isquemia prolongada, el adenosín trifosfato se reduce y aumenta el sodio y calcio intracelular, dando lugar a la reperfusión, donde se aumenta el oxígeno en la mitocondria y se inicia una serie de eventos que provocan la lesión del tejido<sup>70</sup>. El 1,8% de la población rural encuestada dicen usar la oleorresina de copaiba como tratamiento para esta afectación del sistema circulatorio y esta propiedad que ha sido estudiada

---

<sup>68</sup> Curio, M., Jacone, H., Perrut, J., Pinto, Â. C., Filho, V. F. V., & Silva, R. C. (2009). Op. cit., pág. 1108.

<sup>69</sup> Pieri, F. A., José, R. M., Galvão, N. N., Nero, L. A., & Moreira, M. A. S. (2010). Op. cit., pág. 1800.

<sup>70</sup> Ramos-Gallardo, G., & Altamirano, A. M. (2014). Op. cit., pág. 58.

científicamente también. La oleorresina de *C. langsdorffi* fue estudiada para evaluar su efecto en el daño intestinal asociado con isquemia/reperfusión; a dos grupos de ratas albinas con isquemia/reperfusión se les aplicó 200 y 400 mg/kg respectivamente encontrando que con la oleorresina se causaron atenuaciones significativas en los aumentos asociados de isquemia/reperfusión de las actividades de mieloperoxidasa, malondialdehído y catalasa y en el nivel de nitrito, indicando que la oleoresina tiene una acción protectora contra el daño del tejido intestinal inducido por la isquemia/reperfusión<sup>71</sup>.

Además de los usos medicinales anteriormente nombrados, el 1,8% de la población rural encuestada afirma que la oleorresina de copaiba tiene propiedades insecticidas; un estudio con el objetivo de reemplazar los insecticidas 100% sintéticos con mezclas de insecticidas botánicos y sintéticos encontró que la toxicidad de la oleorresina de copaiba aumentó sustancialmente al adicionarle insecticidas sintéticos, especialmente con mezclas más bajas con beta-cipermetrina, metomilo y triazofos<sup>72</sup>, por lo cual se justifica el uso insecticida que le atribuye parte de la población rural a la oleorresina de copaiba.

---

<sup>71</sup> Paiva, L. A. F., Gurgel, L. A., Campos, A. R., Silveira, E. R., & Rao, V. S. N. (2004). Op. cit., pág. 1986.

<sup>72</sup> Almeida, W. A. D., Silva, I. H. I. D., Santos, A. C. V. D., Barros Junior, A. P., & Sousa, A. H. D. (2017). Potentiation of Copaíba Oil-resin with Synthetic Insecticides to Control of Fall Armyworm. *Revista caatinga*, 30(4), pág. 1064.

## 5.2. ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO DE LA OLEORRESINA

### 5.2.1. Análisis físico

De las pruebas físicas llevadas a cabo en la Universidad de Córdoba y en la Universidad de los Llanos a la muestra de oleorresina comúnmente comercializada se obtuvieron los siguientes resultados:

**5.2.1.1. Densidad.** Se obtuvo una densidad de 0,9964 g/mL a una temperatura de 20 °C lo cual confirma su denominación de aceite esencial, siendo una densidad por debajo de la del agua (1 g/mL) y valor aproximado al que comúnmente se reporta para aceites esenciales<sup>73</sup>.

**5.2.1.2. Viscosidad.** Se obtuvo una viscosidad de 516,7 mPa.s a una temperatura de 30,4°C y a una velocidad de 90 RPM por lo cual la oleorresina se clasifica como un fluido newtoniano estable<sup>74</sup>, lo que indica que la viscosidad de la oleorresina no varía de acuerdo con la fuerza que se le aplique. Sin embargo, ésta disminuye con el aumento de la temperatura.

---

<sup>73</sup> Gavidia, J.R., (2015). Cálculo de la densidad en distintos tipos de aceite. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de ciencias biológicas. Escuela profesional de ciencias biológicas. Extraído de la página web: [https://www.academia.edu/19367052/DENSIDAD\\_DE\\_ACEITES](https://www.academia.edu/19367052/DENSIDAD_DE_ACEITES)

<sup>74</sup> Martín, I., Salcedo, R., Font, R. (2011). Mecánica de fluidos. Tema 1. Flujo interno de fluidos incompresibles y compresibles. Universidad de Alicante. Extraído de la página web: [https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/1/tema1\\_Flujo%20interno.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/1/tema1_Flujo%20interno.pdf)

**5.2.1.3. Índice de refracción.** Se obtuvo un elevado índice de refracción de 89,9 a una temperatura de 30,4 °C debido a lo turbia y viscosa que es la oleorresina<sup>75</sup>.

**5.2.1.4. Solubilidad.** En la prueba de disolución con agua se obtuvo un resultado negativo observando que la olerresina sobrenadó, es decir, quedó en la parte superior de la mezcla ratificando que su densidad es menor a la del agua; en la prueba de disolución con alcohol al 70% la oleorresina no se disolvió y se precipitó, indicando que es insoluble en compuestos orgánicos alcohólicos; en la prueba de disolución con aceite vegetal sí se obtuvo una mezcla homogénea, es decir, se mezcló totalmente demostrando que la oleorresina es soluble en compuestos orgánicos grasos<sup>76</sup>.

## 5.2.2. Análisis químicos

### 5.2.2.1. Determinación de ácidos grasos

Del estudio para la determinación de ácidos grasos realizado a las 11 muestras de oleorresina de copaiba, los resultados estuvieron en 0%, contrario a lo mencionado por Cubillos et al.,<sup>77</sup> quien asegura haber encontrado una serie de ácidos grasos por medio de cromatografía de gases en la especie *Copaifera reticulata*.

---

<sup>75</sup> Portacio, A. A., Jiménez, A. F., & Urango, M. D. P. (2016). Estudio teórico sobre el cambio de índice de refracción y la absorción óptica en un punto cuántico en presencia de un campo magnético uniforme. *Revista Mexicana de Física*, 62(4).

<sup>76</sup> Costa, P., & Lobo, J. M. S. (2001). Modeling and comparison of dissolution profiles. *European journal of pharmaceutical sciences*, 13(2), 123-133.

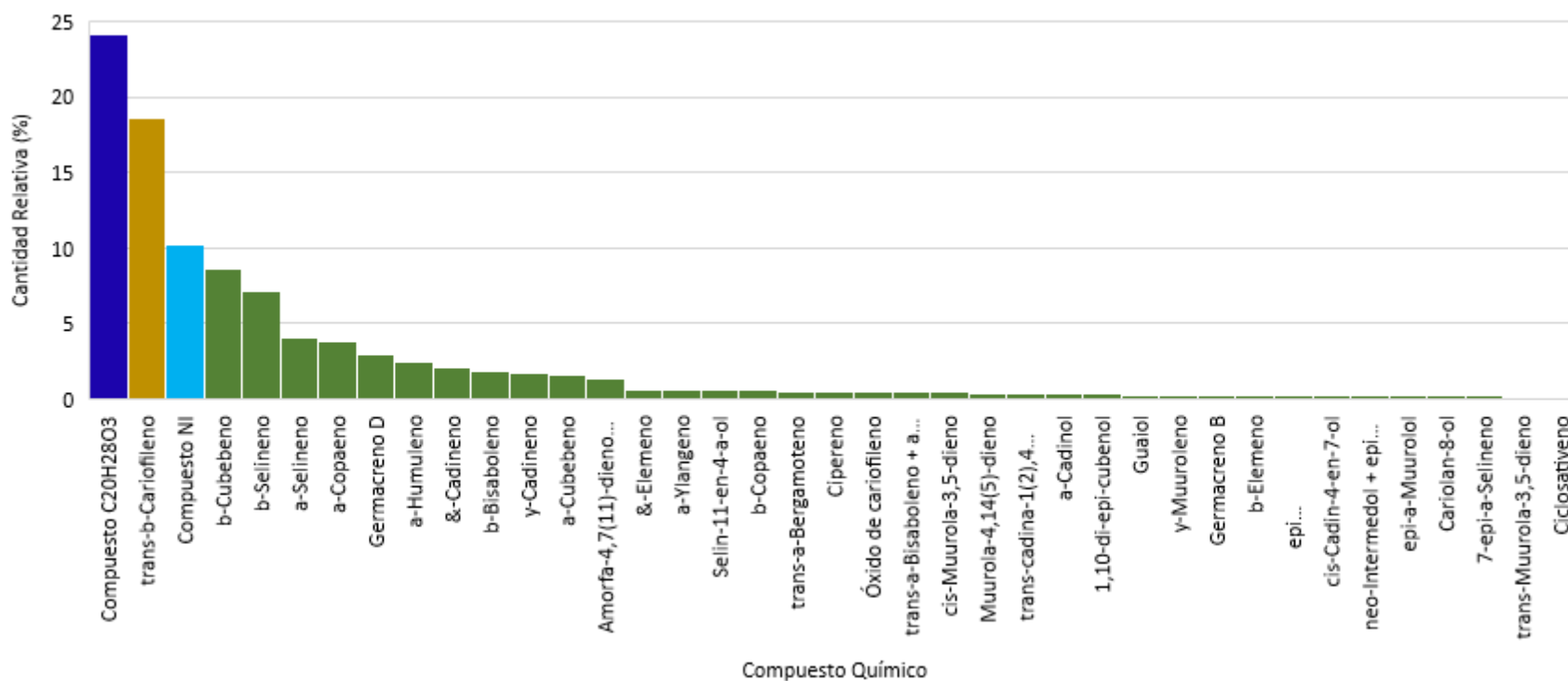
<sup>77</sup> Cubillos, A. A. E., Tobón, A. E. D., & Chaparro, W. A. A. (2018). Oleorresina de copaiba como materia prima para la producción de biodiésel. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(2), pág. 329.

### **5.2.2.2. Determinación de metabolitos secundarios**

Las 11 muestras analizadas fueron diferenciadas según aspectos visuales o de localización de las cuales en cada una se obtuvieron en el análisis cromatográfico concentraciones de compuestos diferentes.



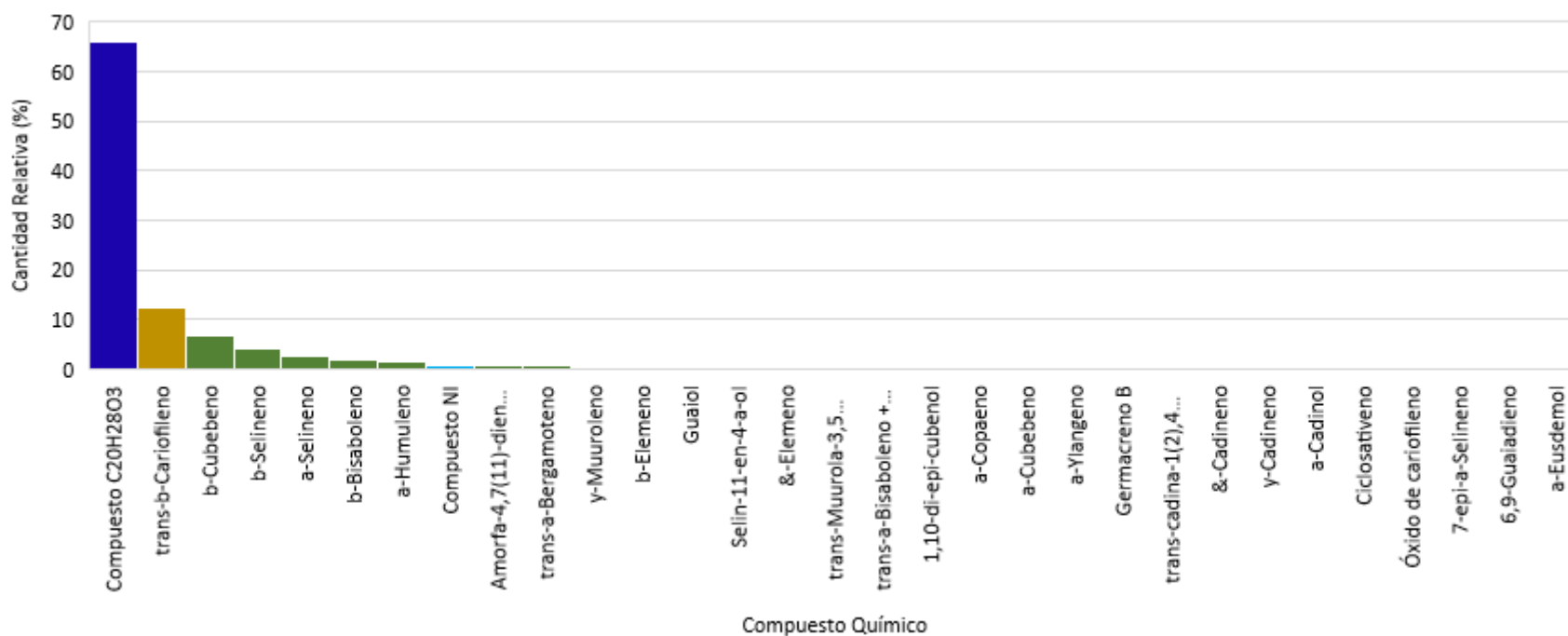
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 1 (Figura 5) la cual se caracteriza visualmente por ser más espesa que el resto de muestras (Anexo B), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (24,2%), trans- $\beta$ -Cariofileno (18,6%), compuestos NI (10,2%),  $\beta$ -Cubebeno (8,6%),  $\beta$ -Selineno (7,1%) y  $\alpha$ -Selineno (4,1%).



**Figura 5.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 1.

**Fuente:** Los autores.

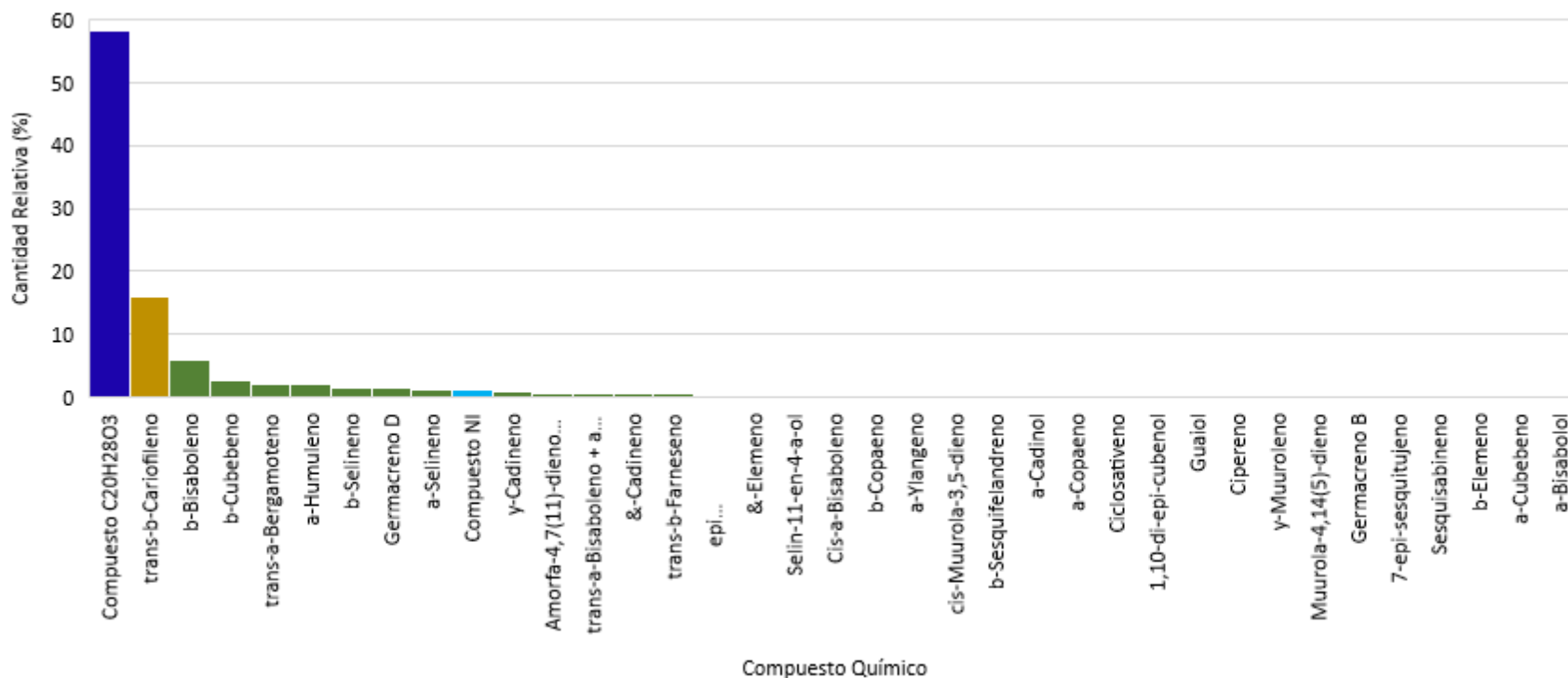
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 2 (Figura 6) la cual se caracteriza visualmente por tener un espesor considerable comparada con que el resto de muestras (Anexo C), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (65,8%), trans- $\beta$ -Cariofileno (12,3%),  $\beta$ -Cubebeno (6,7%),  $\beta$ -Selineno (4,3%) y  $\alpha$ -Selineno (2,6%).



**Figura 6.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 2.

**Fuente:** Los autores.

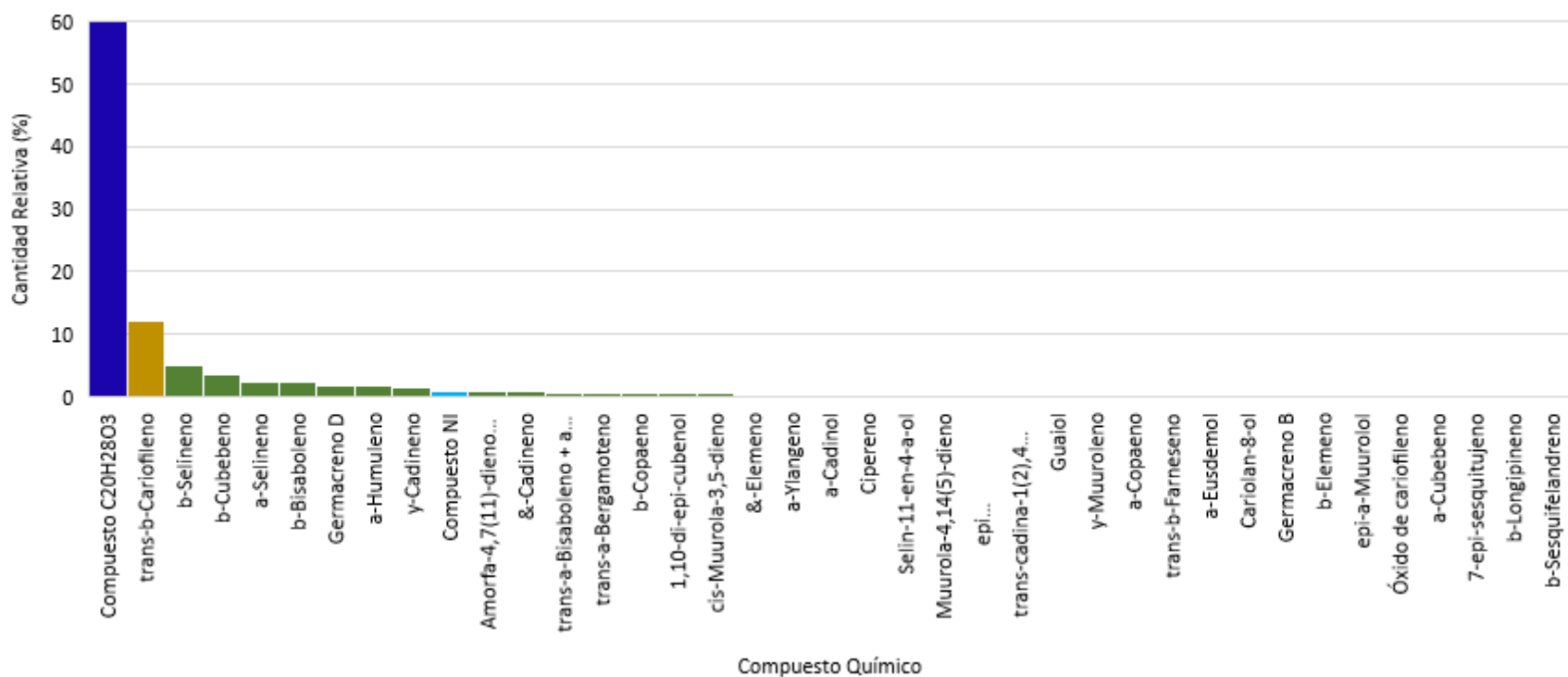
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 3 (Figura 7) la cual se caracteriza visualmente por ser de color amarillo claro (Anexo D), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (58,2%), trans- $\beta$ -Cariofileno (16,1%),  $\beta$ -Bisaboleno (5,9%),  $\beta$ -Cubebeno (2,6%), trans- $\alpha$ -Bergamoteno (2,2%) y  $\alpha$ -Humuleno (2,1%).



**Figura 7.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 3.

**Fuente:** Los autores.

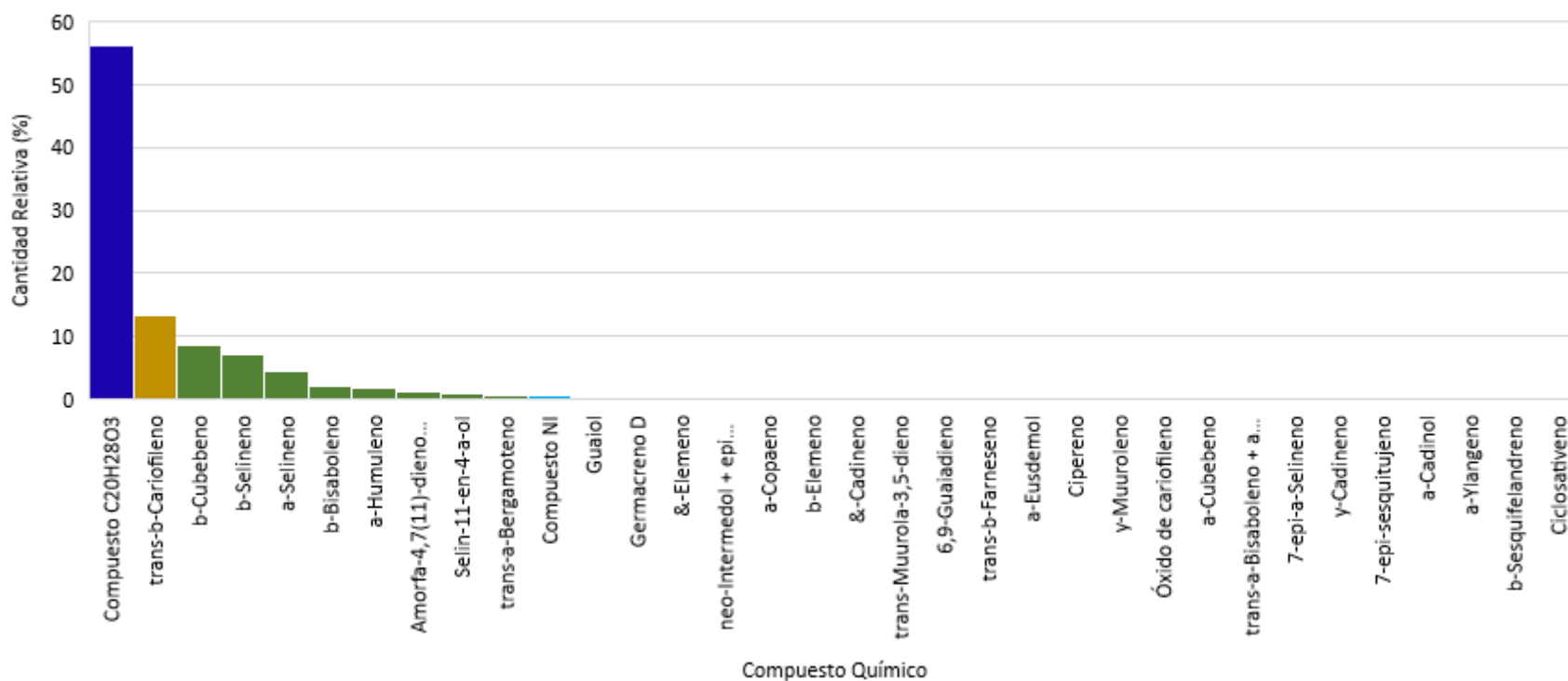
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 4 (Figura 8) la cual se caracteriza visualmente por ser de color amarillo mate (Anexo E), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (59,9%), trans- $\beta$ -Cariofileno (12,1%),  $\beta$ -Selineno (4,9%),  $\beta$ -Cubebeno (3,5%),  $\alpha$ -Selineno (2,5%) y  $\beta$ -Bisaboleno (2,3%).



**Figura 8.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 4.

**Fuente:** Los autores.

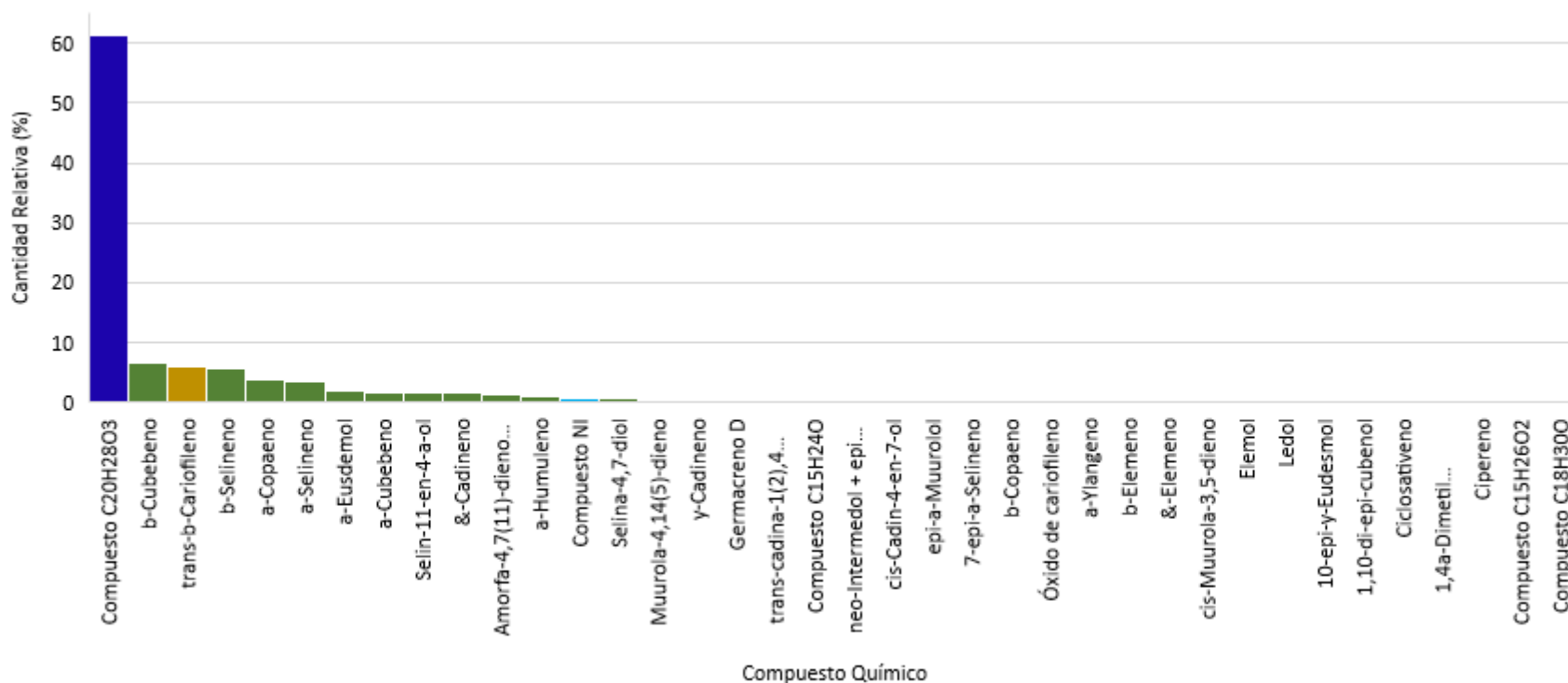
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 5 (Figura 9) la cual se caracteriza visualmente por ser de color amarillo oscuro (Anexo F), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (56,2%), trans- $\beta$ -Cariofileno (13,2%),  $\beta$ -Cubebeno (8,6%),  $\beta$ -Selineno (7%),  $\alpha$ -Selineno (4,3%) y  $\beta$ -Bisaboleno (2,2%).



**Figura 9.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 5.

**Fuente:** Los autores.

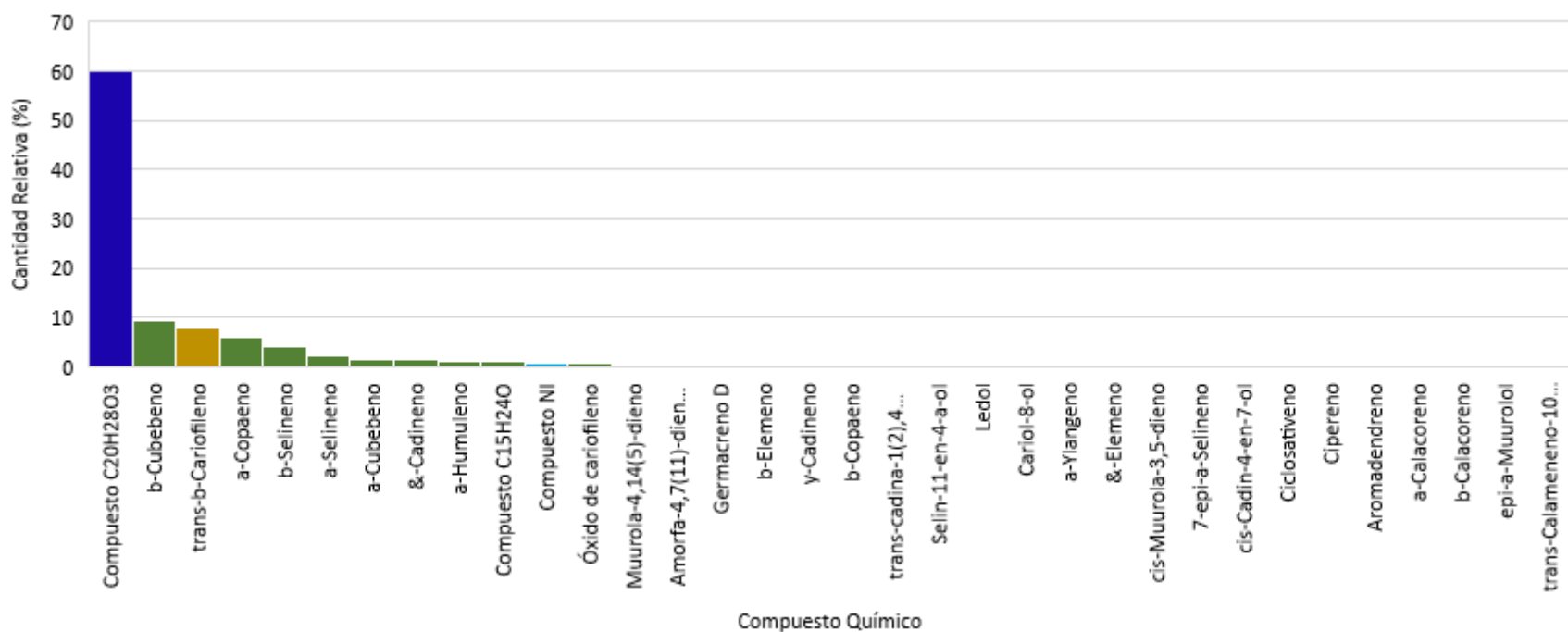
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 6 (Figura 10) la cual se caracteriza visualmente por ser de color rojo (Anexo G), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (61,2%),  $\beta$ -Cubebeno (6,5%), trans- $\beta$ -Cariofileno (5,9%),  $\beta$ -Selineno (5,5%),  $\alpha$ -Copaeno (3,6%) y  $\alpha$ -Selineno (3,5%).



**Figura 10.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 6.

**Fuente:** Los autores.

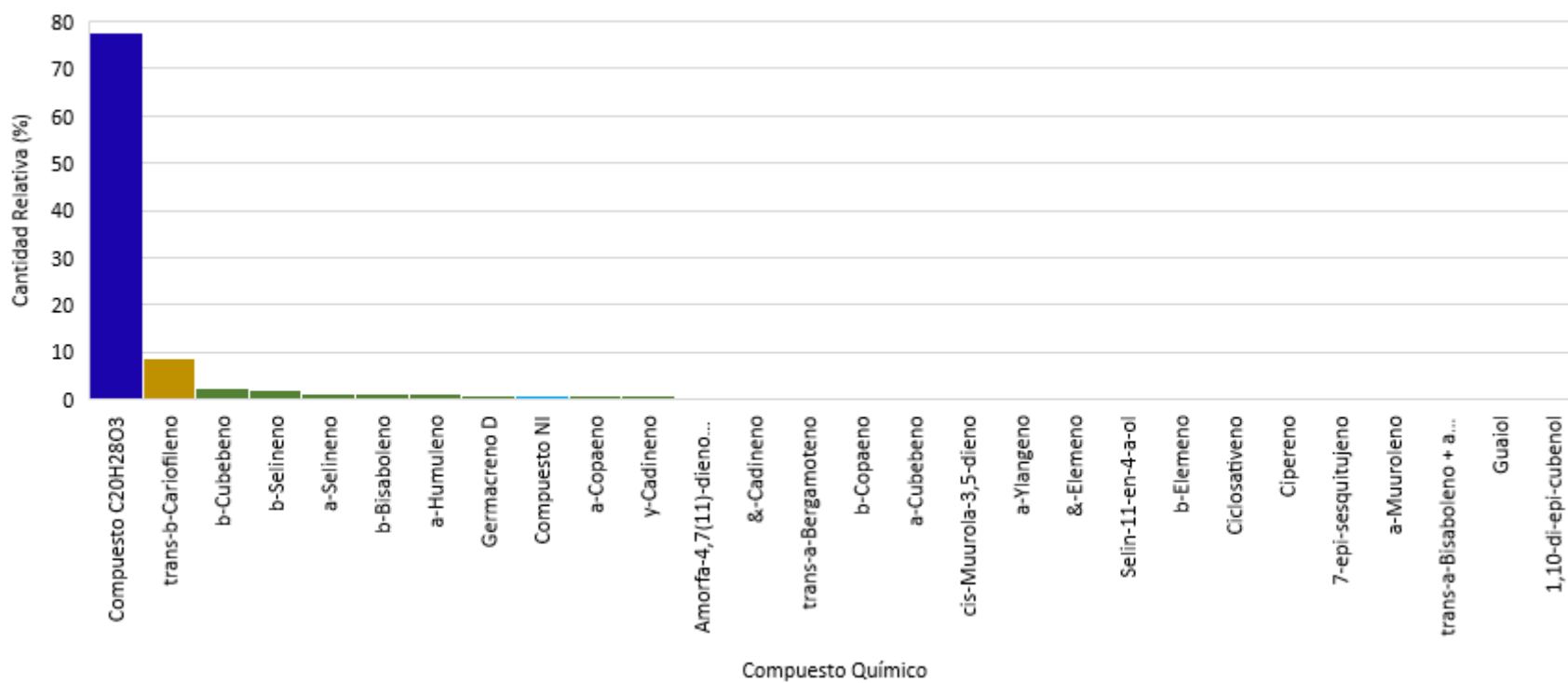
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 7 (Figura 11) la cual se caracteriza visualmente por ser de color amarillo claro (Anexo H), pero extraído del mismo árbol del cual se extrajo la muestra 6, se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (60%),  $\beta$ -Cubebeno (9,4%), *trans*- $\beta$ -Cariofileno (7,7%),  $\alpha$ -Copaeno (6,1%),  $\beta$ -Selineno (4,1%), y  $\alpha$ -Selineno (2,4%).



**Figura 11.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 7.

**Fuente:** Los autores.

Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 8 (Figura 12) la cual se caracteriza visualmente por tener partículas de agua (Anexo I), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (77,7%), trans- $\beta$ -Cariofileno (8,6%),  $\beta$ -Cubebeno (2,2%) y  $\beta$ -Selineno (2,1%).

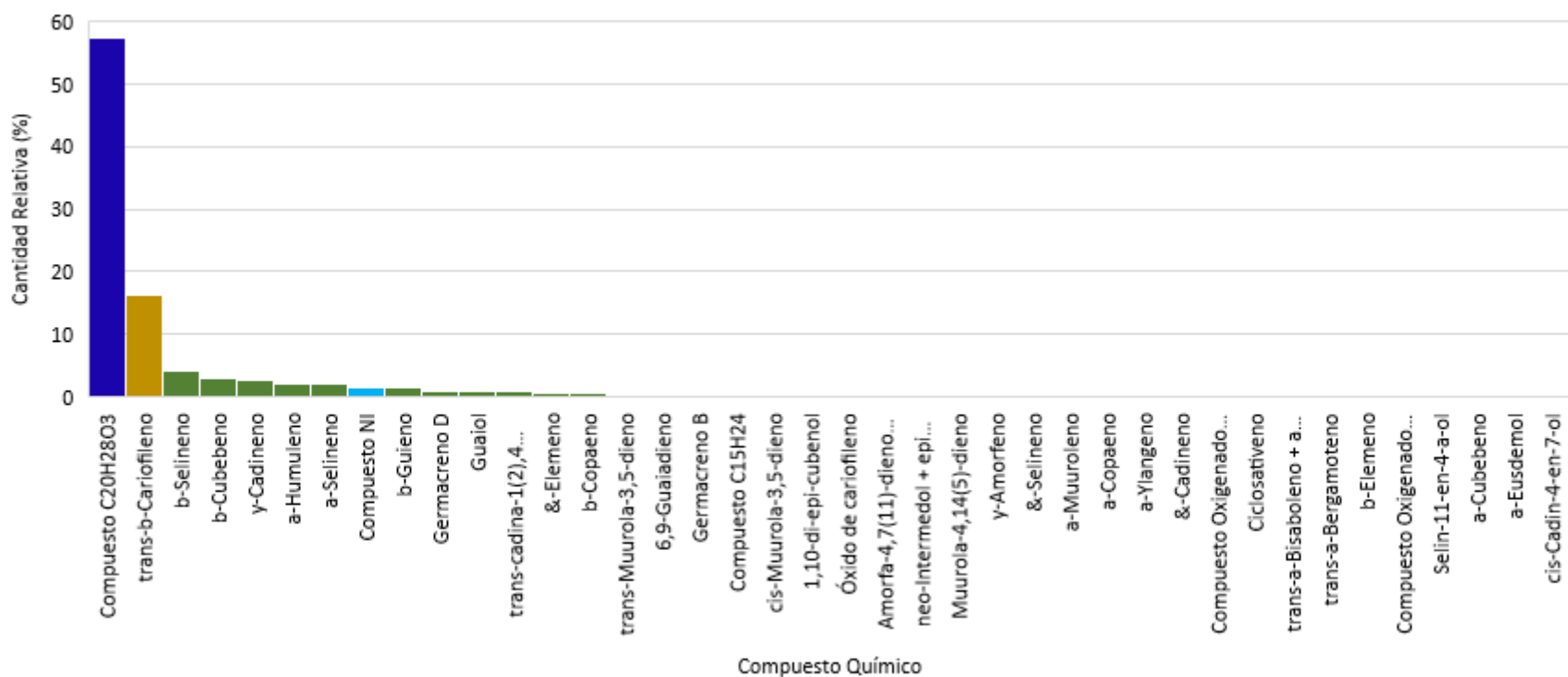


**Figura 12.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 8.

**Fuente:** Los autores.



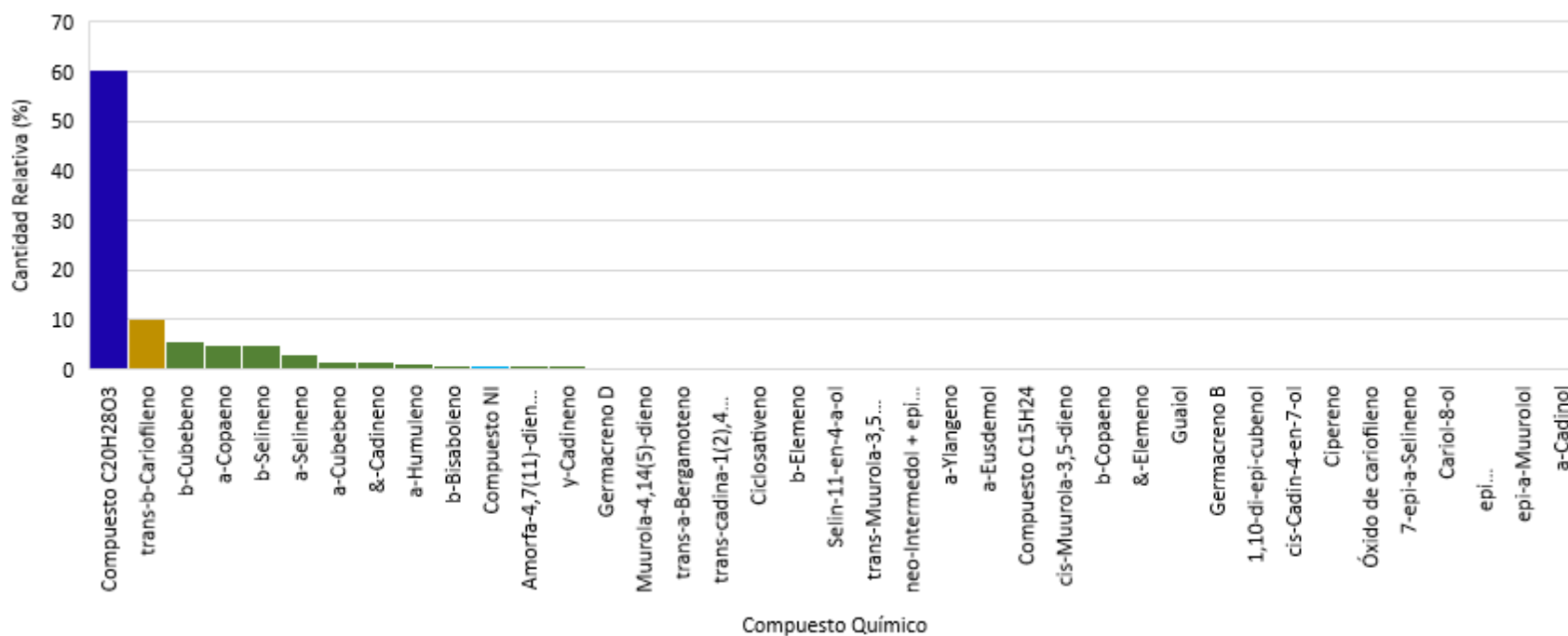
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 9 (Figura 13) la cual se caracteriza visualmente por ser de un color verde claro (Anexo J), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (57,4%), trans- $\beta$ -Cariofileno (16,4%),  $\beta$ -Selineno (4,2%),  $\beta$ -Cubebeno (3,1%),  $\gamma$ -Cadineno (2,7%),  $\alpha$ -Humuleno (2,2%) y  $\alpha$ -Selineno (2,2%).



**Figura 13.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 9.

**Fuente:** Los autores.

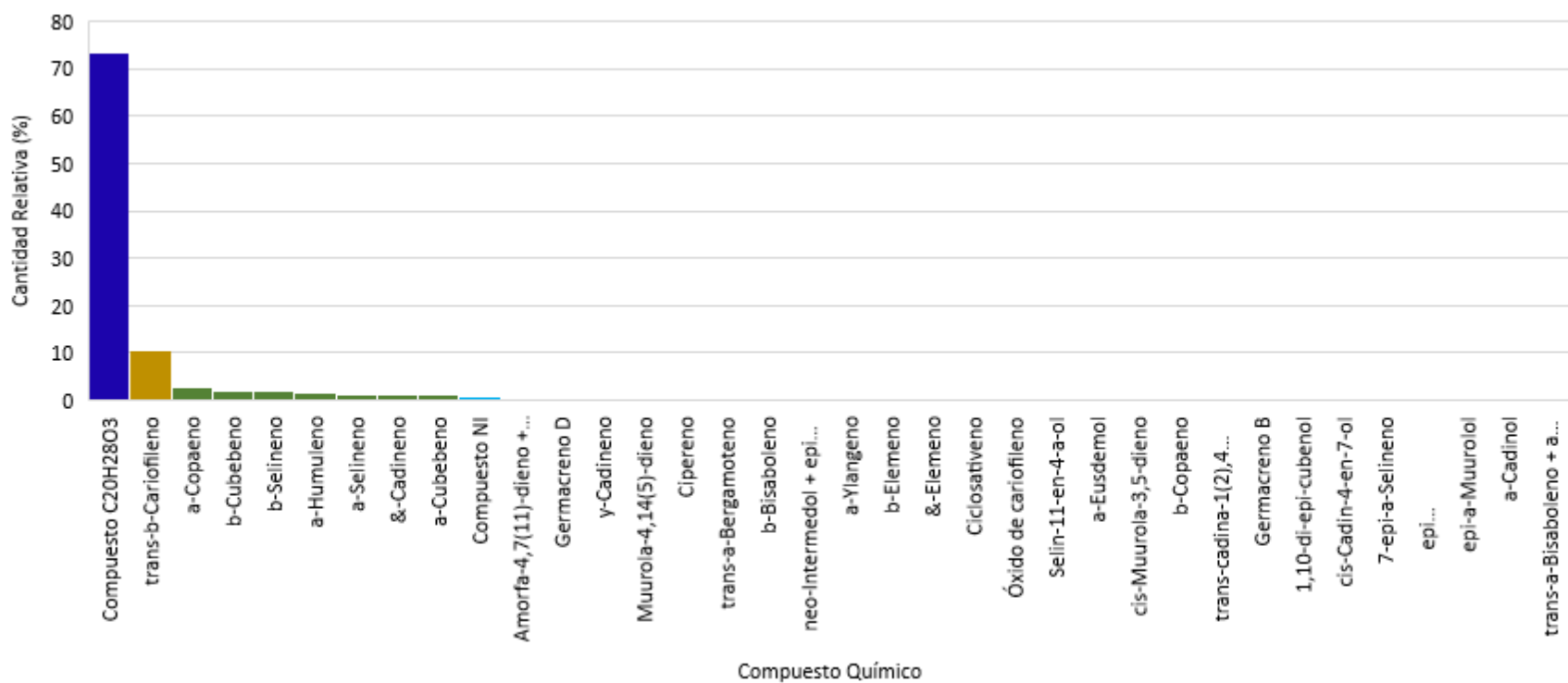
Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 10 (Figura 14) la cual se caracteriza visualmente por ser muy traslucido con algunas tonalidades de verdes (Anexo K), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (60,2%), trans- $\beta$ -Cariofileno (10,2%),  $\beta$ -Cubebeno (5,8%),  $\alpha$ -Copaeno (4,8%),  $\beta$ -Selineno (4,8%) y  $\alpha$ -Selineno (2,9%).



**Figura 14.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 10.

**Fuente:** Los autores.

Del análisis químico llevado a cabo a la muestra 11 (Figura 15) la cual se caracteriza visualmente por ser de aspecto cremoso (Anexo L), se obtuvo que los compuestos con mayor concentración son el compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  (73,5%), trans- $\beta$ -Cariofileno (10,4%),  $\alpha$ -Copaeno (2,7%) y  $\beta$ -Cubebeno (2%).

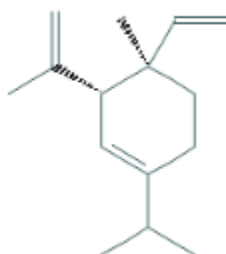


**Figura 15.** Cantidad relativa de los compuestos químicos hallados en la muestra 11.

**Fuente:** Los autores.

Del análisis para la determinación cualitativa y cuantitativa de aceites esenciales en las 11 deferentes muestras se encontraron un total de 80 diferentes Sesquiterpenos de los cuales se analizaron sus funciones y aplicaciones como se muestra a continuación:

- **Delta-Elemeno ( $\delta$ -Elemeno).** La presencia de este compuesto en algunas plantas ha demostrado que las hace menos atractivas hacia polinizadores como las abejas<sup>78</sup>, además la “Commission Implementing Regulation” (EU) No 872/2012 ha validado el uso de este compuesto en la industria de aditivos alimentarios como agente aromatizante<sup>79</sup>.



**Figura 16.** Estructura molecular  $\delta$ -Elemeno<sup>80</sup>

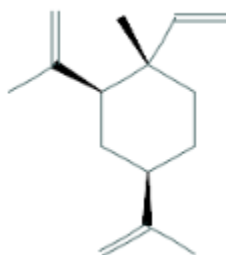
- **Beta-Elemeno ( $\beta$ -Elemeno).** “The Metabolomics Innovation Centre” (TMIC) describe la aplicación de este compuesto como biomarcador potencial para

<sup>78</sup> Benelli, G., Canale, A., Romano, D., Flamini, G., Tavarini, S., Martini, A., ... & Angelini, L. G. (2017). Flower scent bouquet variation and bee pollinator visits in *Stevia rebaudiana* Bertoni (Asteraceae), a source of natural sweeteners. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(3), pág. 386.

<sup>79</sup> Commission Implementing Regulation (EU) No 872/2012 of 1 October 2012 adopting the list of flavouring substances provided for by Regulation (EC) No 2232/96 of the European Parliament and of the Council, introducing it in Annex I to Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulation (EC) No 1565/2000 and Commission Decision 1999/217/EC Text with EEA relevance.

<sup>80</sup> PubChem (2019) delta-Elemene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/delta-Elemene#section=Top>

el consumo de hierbas, especias y vegetales de raíz<sup>81</sup>, además se ha demostrado su uso como alternativa anticancerígena en el tratamiento del cáncer de pulmón y otros tumores<sup>82,83,84,85</sup>.



**Figura 17.** Estructura molecular  $\beta$ -Elemeno<sup>86</sup>

- **Alfa-Cubebeno ( $\alpha$ -Cubebeno).** “The Metabolomics Innovation Centre” (TMIC) describe la aplicación de este compuesto como biomarcador potencial para el consumo de productos alimenticios como la mejorana, el anís estrellado, el perejil y el jengibre<sup>87</sup>, además se ha relacionado este

<sup>81</sup> El Centro de Innovación Metabolómica. (2018) Showing metabocard for beta-Elemene (HMDB0061848). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0061848>

<sup>82</sup> Wang, B., Peng, X. X., Sun, R., Li, J., Zhan, X. R., Wu, L. J., ... & Xie, T. (2012). Systematic review of  $\beta$ -elemene injection as adjunctive treatment for lung cancer. Chinese journal of integrative medicine, 18(11), pág. 820.

<sup>83</sup> Lee, R. X., Li, Q. Q., & Reed, E. (2012).  $\beta$ -elemene effectively suppresses the growth and survival of both platinum-sensitive and-resistant ovarian tumor cells. Anticancer research, 32(8), pág. 3110.

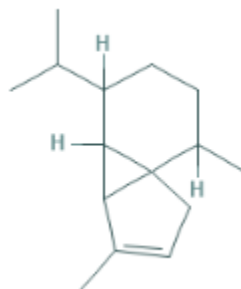
<sup>84</sup> Bao, F., Qiu, J., & Zhang, H. (2012). Potential role of  $\beta$ -elemene on histone H1 in the H22 ascites hepatoma cell line. Molecular medicine reports, 6(1), pág. 188.

<sup>85</sup> Zhao, Y. S., Zhu, T. Z., Chen, Y. W., Yao, Y. Q., Wu, C. M., Wei, Z. Q., ... & Xu, Y. H. (2012).  $\beta$ -Elemene inhibits Hsp90/Raf-1 molecular complex inducing apoptosis of glioblastoma cells. Journal of neuro-oncology, 107(2), pág. 310.

<sup>86</sup> PubChem (2019) beta-Elemene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6918391#section=Top>

<sup>87</sup> El Centro de Innovación Metabolómica. (2018) Showing metabocard for alpha-Cubebene (HMDB0036413). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0036413>

compuesto con trastornos metabólicos congénitos como la enfermedad celíaca, la enfermedad de Crohn y la colitis ulcerosa<sup>88,89</sup>.



**Figura 18.** Estructura molecular  $\alpha$ -Cubebeno<sup>90</sup>

- **Beta-Cubebeno ( $\beta$ -Cubebeno).** Actualmente no existen reportes científicos sobre funciones o aplicaciones para este sesquiterpeno, pero su presencia se ha reportado en el aceite esencial de las hojas de dos especies de *Lantana* (*L. rádula* y *L. canescens* en concentraciones de 31% y 10,1% respectivamente)<sup>91</sup> y en el aceite esencial de las flores de *Sideritis itálica* en concentraciones de 12,1%<sup>92</sup>.

---

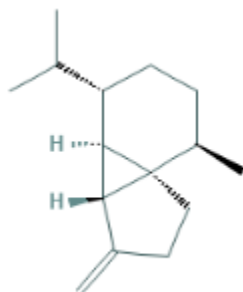
<sup>88</sup> Di Cagno, R., De Angelis, M., De Pasquale, I., Ndagijimana, M., Vernocchi, P., Ricciuti, P., ... & Gobbetti, M. (2011). Duodenal and faecal microbiota of celiac children: molecular, phenotype and metabolome characterization. *BMC microbiology*, 11(1), 219.

<sup>89</sup> Ahmed, I., Greenwood, R., Costello, B., Ratcliffe, N., & Probert, C. S. (2016). Investigation of faecal volatile organic metabolites as novel diagnostic biomarkers in inflammatory bowel disease. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 43(5), pág. 609.

<sup>90</sup> PubChem (2019) alpha-Cubebene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/86609#section=Top>

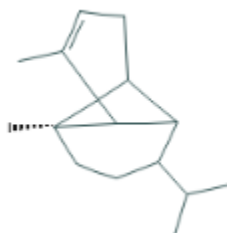
<sup>91</sup> Sena, J. F., Xavier, H. S., Barbosa, J. F., & Durringer, J. M. (2010). A chemical marker proposal for the *Lantana* genus: composition of the essential oils from the leaves of *Lantana rádula* and *L. canescens*. *Natural product communications*, 5(4), pág. 637.

<sup>92</sup> Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Tenore, G. C., Bruno, M., & Piozzi, F. (2010). Volatile compounds of flowers and leaves of *Sideritis itálica* (Miller) Greuter et Burdet (Lamiaceae), a plant used as mountain tea. *Natural product research*, 24(7), pág. 644.



**Figura 19.** Estructura molecular  $\beta$ -Cubebeno<sup>93</sup>

- **Alfa-Ylangeno ( $\alpha$ -Ylangeno).** Según “The Metabolomics Innovation Centre” (TMIC) es un biomarcador potencial para el consumo de estos productos alimenticios como la bahía dulce, la menta verde, el cardamomo y el romero<sup>94</sup>, además su presencia se ha reportado en el duramen de *Brachylaena hutchinsii* en concentraciones de 5,2%<sup>95</sup>.



**Figura 20.** Estructura molecular  $\alpha$ -Ylangeno<sup>96</sup>

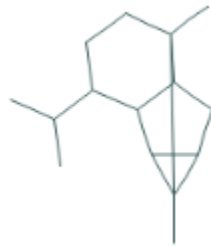
<sup>93</sup> PubChem (2019) beta-Cubebene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/93081#section=Top>

<sup>94</sup> El Centro de Innovación Metabólica. (2018) Showing Compound alpha-Ylangene (FDB001525).  
 Recuperado de: <http://foodb.ca/compounds/FDB001525>

<sup>95</sup> Oliva, M. M., Demo, M. S., Malele, R. S., Mutayabarwa, C. K., Mwangi, J. W., Thoithi, G. N., ... & Zygadlo, J. A. (2003). Essential oil of *Brachylaena hutchinsii* Hutch from Tanzania: Antimicrobial activity and composition. *East and Central African Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(3), pág. 62.

<sup>96</sup> PubChem (2019) alpha-Ylangene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/442409#section=Top>

- **Ciclosativeno.** Puede ser usado como producto natural con capacidad antioxidante para mitigar las lesiones oxidativas en el campo de los trastornos neurodegenerativos<sup>97</sup>, se ha reportado su presencia en plantas de arroz con una semana de infección del tizón bacteriano causado por *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo)<sup>98</sup>.



**Figura 21.** Estructura molecular Ciclosativeno<sup>99</sup>

- **Guaiol.** En el campo de la medicina es usado como laxante y diurético, además se utiliza también como prueba para la oxidación de enzimas para sangre oculta<sup>100</sup>. Se ha comprobado que no presenta efectos fototóxicos en humanos<sup>101</sup>, aunque puede llegar a presentar irritación, náuseas y vómito<sup>102</sup>.

<sup>97</sup> Turkez, H., Togar, B., Di Stefano, A., Taspınar, N., & Sozio, P. (2015). Protective effects of cyclosativene on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced injury in cultured rat primary cerebral cortex cells. *Cytotechnology*, 67(2), pág. 305.

<sup>98</sup> Lee, G. W., Chung, M. S., Kang, M., Chung, B. Y., & Lee, S. (2016). Direct suppression of a rice bacterial blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) by monoterpene (S)-limonene. *Protoplasma*, 253(3), pág. 688.

<sup>99</sup> PubChem (2019) Cyclosativene. Recuperado de:

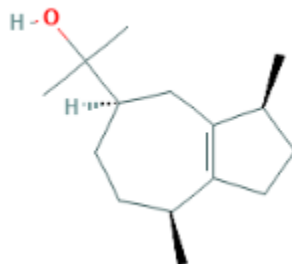
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/519960#section=Top>

<sup>100</sup> Ellenhorn, M. J., Schonwald, S., Ordog, G., & Wasserberger, J. (1997). *Ellenhorn's medical toxicology: diagnosis and treatment of human poisoning* (Vol. 81, p. 687). Baltimore: Williams & Wilkins.

<sup>101</sup> Opdyke, D. L. J. (1973). *Monographs on fragrance raw materials. Food and cosmetics toxicology*, 11(4), 855-876.

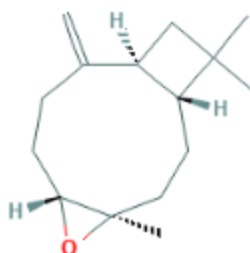
<sup>102</sup> Ellenhorn, M. J., Schonwald, S., Ordog, G., & Wasserberger, J. (1997). *Ellenhorn's medical toxicology: diagnosis and treatment of human poisoning* (Vol. 81, p. 687). Baltimore: Williams & Wilkins.





**Figura 22.** Estructura molecular Guaiol<sup>103</sup>

- **Oxido de Cariofileno.** Se ha comprobado su uso como antiinflamatorio<sup>104</sup>, además de ser un componente importante en el aceite esencial de *Cannabis sativa* siendo este el compuesto químico que identifican los perros rastreadores de drogas<sup>105</sup>.



**Figura 23.** Estructura molecular Óxido de Cariofileno<sup>106</sup>

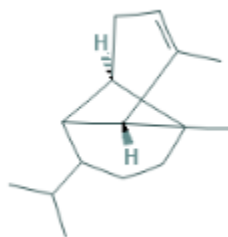
<sup>103</sup> PubChem (2019) Guaiol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Guaiol#section=Top>

<sup>104</sup> Gertsch, J., Leonti, M., Raduner, S., Racz, I., Chen, J. Z., Xie, X. Q., ... & Zimmer, A. (2008). Beta-caryophyllene is a dietary cannabinoid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(26), pág. 9102.

<sup>105</sup> Taming, T. H. C. (2011). potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects Russo, Ethan B. *British Journal of Pharmacology*, 163(7), pág. 1360.

<sup>106</sup> PubChem (2019) beta-Caryophyllene oxide. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1742210#section=Top>

- **Alfa-Copaeno ( $\alpha$ -Copaeno) y beta-Copaeno ( $\beta$ -Copaeno).** Son utilizados en el sector agrícola como cebo para la detección de plagas como el *E. nr. fornicatus*<sup>107</sup>, el *X. glabratus*<sup>108</sup> y la *Bractocera oleae* además de actuar como un promotor de la oviposición<sup>109</sup>. Se ha comprobado también la actividad antileishmanial de estos sesquiterpeno tanto en la oleorresina de copaiba como de manera aislada<sup>110</sup> (Rodrigues et al., 2018).



**Figura 24. Estructura molecular  $\alpha$ -Copaeno<sup>111</sup>**

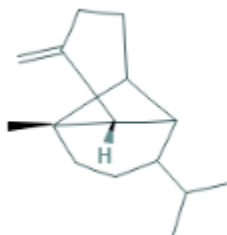
<sup>107</sup> Kendra, P. E., Owens, D., Montgomery, W. S., Narvaez, T. I., Bauchan, G. R., Schnell, E. Q., ... & Carrillo, D. (2017).  $\alpha$ -Copaene is an attractant, synergistic with quercivorol, for improved detection of *Euwallacea nr. fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *PLoS one*, 12(6), e0179416.

<sup>108</sup> Kendra, P. E., Montgomery, W. S., Schnell, E. Q., Deyrup, M. A., & Epsky, N. D. (2016). Efficacy of  $\alpha$ -copaene, cubeb, and eucalyptol lures for detection of redbay ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of economic entomology*, tow214.

<sup>109</sup> de Alfonso, I., Vacas, S., & Primo, J. (2014). Role of  $\alpha$ -copaene in the susceptibility of olive fruits to *Bactrocera oleae* (Rossi). *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(49), pág. 11978.

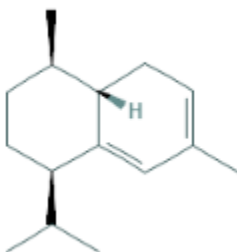
<sup>110</sup> Rodrigues, I. A., Ramos, A. D. S., Falcão, D. Q., Ferreira, J. L. P., Basso, S. L., Silva, J. R. D. A., & Amaral, A. C. F. (2018). Development of Nanoemulsions to Enhance the Antileishmanial Activity of *Copaifera paupera* Oleoresins. *BioMed research international*, 2018.

<sup>111</sup> PubChem (2019) (-)-alpha-Copaene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/76319594#section=Top>



**Figura 25.** Estructura molecular  $\beta$ -Copaeno<sup>112</sup>

- **Cis-Muurola-3,5-dieno.** Se llevó a cabo la clonación de una especie de planta en la cual se determinó que el cis-Muurola-3,5-dieno fue uno de los principales compuestos químicos generados<sup>113</sup> pero no se ha reportado usos específicos de este compuesto químico.



**Figura 26.** Estructura molecular Cis-Muurola-3,5-dieno<sup>114</sup>

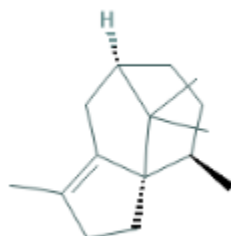
- **Cipereno.** Se considera que este compuesto ayuda a mantener la calidad de las bayas de uva y estimula las defensas contra factores estresantes

<sup>112</sup> PubChem (2019) beta-Copaene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/87529#section=Top>

<sup>113</sup> Prosser, I. M., Adams, R. J., Beale, M. H., Hawkins, N. D., Phillips, A. L., Pickett, J. A., & Field, L. M. (2006). Cloning and functional characterisation of a cis-muuroadiene synthase from black peppermint (*Mentha piperita*) and direct evidence for a chemotype unable to synthesise farnesene. *Phytochemistry*, 67(15), pág. 1569.

<sup>114</sup> PubChem (2019) cis-Muurola-3,5-diene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/51351708#section=Top>

bióticos y abióticos<sup>115</sup>, además se ha determinado su presencia en el aceite esencial extraído de los rizomas frescos de la especie *Cyperus rotundus* en un 41,03% de su composición total identificando en esta especie propiedades analgésicas<sup>116</sup>.



**Figura 27.** Estructura molecular Cipereno<sup>117</sup>

- **Trans-beta-Cariofileno (trans-β-Cariofileno).** Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) este sesquiterpeno puede ser usado como agente saborizante<sup>118</sup>, según el Centro Nacional de Información Biotecnológica (NCBI) puede ser usado como agente antiinflamatorio<sup>119</sup> y según El Centro de Innovación Metabolómica (TMIC) influye en la enfermedad celíaca, la colitis ulcerosa y en la enfermedad del hígado graso no alcohólico<sup>120</sup>.

---

<sup>115</sup> Todorova, I. T., Batovska, D. I., Parushev, S. P., Djakova, G. J., & Popov, S. S. (2010). Surface metabolic composition of berries collected from 13 Bulgarian grapevine plants. *Natural product research*, 24(10), pág. 939.

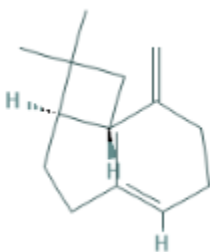
<sup>116</sup> Chen, Y., Zhao, Y. Y., Wang, X. Y., Liu, J. T., Huang, L. Q., & Peng, C. S. (2011). GC-MS analysis and analgesic activity of essential oil from fresh rhizoma of *Cyperus rotundus*. *Zhong yao cai= Zhongyaocai= Journal of Chinese medicinal materials*, 34(8), pág. 1228.

<sup>117</sup> PubChem (2019) Cyperene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12308843#section=Top>

<sup>118</sup> Organización Mundial de la Salud. (2018). Evaluations of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Recuperado de: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=5167>

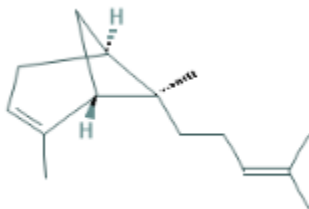
<sup>119</sup> Centro Nacional de Información Biotecnológica. (1987). Anti-Inflammatory Agents, Non-Steroidal. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68000894>

<sup>120</sup> El Centro de Innovación Metabolómica. (2018). Showing metabocard for beta-Caryophyllene. Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0036792>



**Figura 28.** Estructura molecular *trans*- $\beta$ -Cariofileno<sup>121</sup>

- **Trans-alfa-Bergamoteno (trans- $\alpha$ -Bergamoteno).** Al ser un hidrocarburo sesquiterpénico presenta propiedades de mejora al estrés biótico como efectos antioxidantes directos y estabilización de la membrana, además presenta mejoras al estrés abiótico reaccionando rápidamente con el ozono<sup>122</sup>.



**Figura 29.** Estructura molecular *trans*- $\alpha$ -Bergamoteno<sup>123</sup>

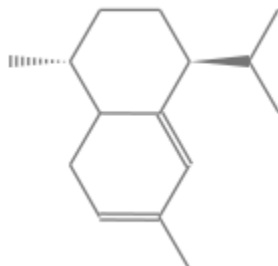
- **Trans-Muurola-3,5-dieno.** No se han reportado funciones o aplicaciones para este sesquiterpeno, pero su presencia también se ha reportado en la

<sup>121</sup> PubChem (2019) Caryophyllene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-caryophyllene#section=Top>

<sup>122</sup> Palmer-Young, E. C., Veit, D., Gershenzon, J., & Schuman, M. C. (2015). The Sesquiterpenes (E)- $\beta$ -Farnesene and (E)- $\alpha$ -Bergamotene quench ozone but fail to protect the wild tobacco *Nicotiana attenuata* from ozone, UVB, and Drought Stresses. *PloS one*, 10(6), e0127296.

<sup>123</sup> PubChem (2019) alpha-Bergamotene, (E)-(-)-. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/trans-alpha-Bergamotene#section=Top>

composición química obtenida por hidrodestilación de doce especies de *Myrtaceae*<sup>124</sup>.



**Figura 30.** Estructura molecular *Trans-Muurolo-3,5-dieno*<sup>125</sup>

- **Alfa-Humuleno ( $\alpha$ -Humuleno).** Este sesquiterpeno presenta propiedades biológicas insecticidas<sup>126</sup>, antimicrobiana<sup>127</sup> antiinflamatoria y antinociceptivo<sup>128</sup>, además según El Centro de Innovación Metabólica (TMIC) influye en la generación de colitis ulcerosa y en la enfermedad del hígado graso no alcohólico<sup>129</sup>.

---

<sup>124</sup> Pereira, R. A., Zoghbi, M. D. G. B., & Bastos, M. D. N. D. C. (2010). Essential oils of twelve species of Myrtaceae growing wild in the sandbank of the Resex Maracanã, State of Pará, Brazil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(4), pág. 448.

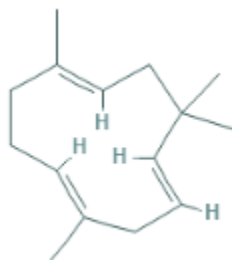
<sup>125</sup> National Institute of Standards and Technology (2018) trans-Muurolo-3,5-diene. Recuperado de: [https://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/C15H24/c1-10\(2\)13-8-6-12\(4\)14-7-5-11\(3\)9-15\(13\)14/h5%2C9-10%2C12-14H%2C6-8H2%2C1-4H3/t12-%2C13%2B%2C14%3F/m0/s1](https://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/C15H24/c1-10(2)13-8-6-12(4)14-7-5-11(3)9-15(13)14/h5%2C9-10%2C12-14H%2C6-8H2%2C1-4H3/t12-%2C13%2B%2C14%3F/m0/s1)

<sup>126</sup> Benelli, G., Govindarajan, M., Rajeswary, M., Vaseeharan, B., Alyahya, S. A., Alharbi, N. S., ... & Maggi, F. (2018). Insecticidal activity of camphene, zerumbone and  $\alpha$ -humulene from *Cheilocostus speciosus* rhizome essential oil against the Old-World bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 148, pág. 785.

<sup>127</sup> Jeliaskova, E., Zheljaskov, V. D., Kačániova, M., Astatkie, T., & Tekwani, B. L. (2018). Sequential Elution of Essential Oil Constituents during Steam Distillation of Hops (*Humulus lupulus* L.) and Influence on Oil Yield and Antimicrobial Activity. *Journal of oleo science*, ess17216.

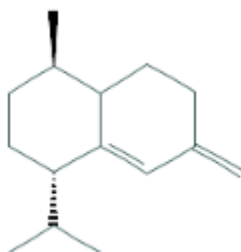
<sup>128</sup> Chaves, J. S., Leal, P. C., Pianowisky, L., & Calixto, J. B. (2008). Pharmacokinetics and tissue distribution of the sesquiterpene  $\alpha$ -humulene in mice. *Planta medica*, 74(14), pág. 1682.

<sup>129</sup> El Centro de Innovación Metabólica. (2018). Showing metabocard for alpha-Humulene (HMDB0036467). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0036467>



**Figura 31.** Estructura molecular  $\alpha$ -Humuleno<sup>130</sup>

- **Muurola-4,14(5)-diene.** No se han reportado funciones o aplicaciones para este sesquiterpeno, pero su presencia también se ha reportado en plantas genéticamente modificadas de menta negra (*Mentha piperita*)<sup>131</sup>.



**Figura 32.** Estructura molecular Muurola-4,14(5)-diene<sup>132</sup>

- **Amorpha-4,7(11)-diene.** Es un compuesto precursor de la artemisinina según la Base Química de Datos Abierta (PubChem)<sup>133</sup>, además de

<sup>130</sup> PubChem (2019) Humulene. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Humulene#section=Top>

<sup>131</sup> Prosser, I. M., Adams, R. J., Beale, M. H., Hawkins, N. D., Phillips, A. L., Pickett, J. A., & Field, L. M. Op. cit., p. 1568.

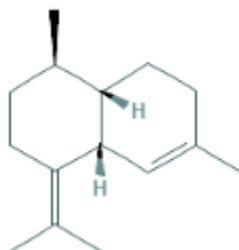
<sup>132</sup> PubChem (2019) (E)-Muurola-4-(14),5-diene. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91747875#section=Top>

<sup>133</sup> Base Química de Datos Abierta. (2018). Compound Summary for CID 129320465. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/129320465>

encontrarse en mínimas proporciones en el aceite esencial de *Achyrocline satureioides*<sup>134</sup> y *Myrcia sylvatica*<sup>135</sup>.



**Figura 33.** Estructura molecular Amorfa-4,7(11)-dieno<sup>136</sup>

- **Gamma-Muuroleno ( $\gamma$ -Muuroleno).** No se han reportado aplicaciones específicas para este sesquiterpeno, pero su presencia se ha encontrado en el aceite esencial de *Schinus terebinthifolius* en un 45,3% el cual es usado como una especia<sup>137</sup>, también se ha reportado su presencia en el aceite esencial de *Salvia mukerjeei* en proporciones de 15,5% el cual se ha comprobado que tiene propiedades antibacterianas<sup>138</sup>.

---

<sup>134</sup> Buitrago B. D., Morales M. A., Rojas F. L., Aparicio Z. R., Meléndez G. P. (2017). Composición química del aceite esencial de *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC de los Andes Venezolanos. Revista de la Facultad de Farmacia - Volumen 59(1), pág. 24.

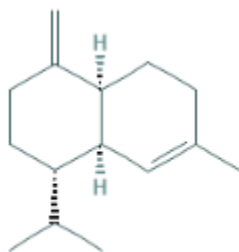
<sup>135</sup> Rosa, C. S., Veras, K. S., Silva, P. R., Neto, J. L., Cardoso, H. L. M., Alves, L. P. L., ... & Moraes, D. F. C. (2016). Composição química e toxicidade frente *Aedes aegypti* L. e *Artemia salina* Leach do óleo essencial das folhas de *Myrcia sylvatica* (G. Mey.) DC. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 18(1), pág. 25.

<sup>136</sup> PubChem (2019) Amorpha-4,7(11)-diene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91753509#section=Top>

<sup>137</sup> Abdallah Sallam, S. M., Mohamed Abdelgaleil, S. A., da Silva Bueno, I. C., Abdelwahab Nasser, M. E., Araujo, R. C., & Abdalla, A. L. (2011). Effect of some essential oils on in vitro methane emission. Archives of animal nutrition, 65(3), pág. 213.

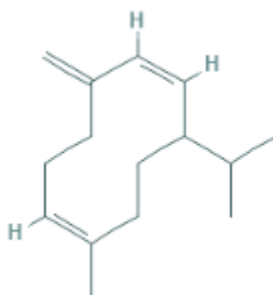
<sup>138</sup> Mohan, L., Negi, A., Melkani, A. B., & Dev, V. (2011). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from *Salvia mukerjeei*. Natural product communications, 6(12), pág. 1951.





**Figura 34.** Estructura molecular  $\gamma$ -Muuroloeno<sup>139</sup>

- **Germacreno D.** Es el principal componente del aceite esencial de *Verbesina macrophylla* el cual presente propiedades antiinflamatorias y antipiréticas<sup>140</sup>. También se reporta como principal componente del aceite esencial de *Phlomis olivieri*, con concentraciones de hasta el 56,41%, el cual presenta propiedades antibacterianas<sup>141</sup>.



**Figura 35.** Estructura molecular Germacreno D<sup>142</sup>

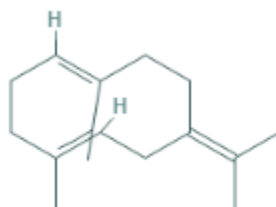
<sup>139</sup> PubChem (2019) gamma-Muuroloene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12313020#section=Top>

<sup>140</sup> Bezerra, L. D. A., Mangabeira, P. A. O., de Oliveira, R. A., Costa, L. C. D. B., & Da Cunha, M. (2018). Leaf blade structure of *Verbesina macrophylla* (Cass.) FS Blake (Asteraceae): ontogeny, duct secretion mechanism and essential oil composition. *Plant Biology*, 20(3), pág. 441.

<sup>141</sup> Bajalan, I., Rouzbahani, R., Pirbalouti, A. G., & Maggi, F. (2017). Variation in chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of wild populations of *Phlomis olivieri*. *Chemistry & biodiversity*, 14(5), e1600444.

<sup>142</sup> PubChem (2019) Germacrene D. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5373727#section=Top>

- **Germacreno B.** Este compuesto representa el 0,35% de la composición total del aceite de cascara de lima el cual tiene un cálido, potente, dulce y leñoso-picante olor a geranio, además de ser muy importante en la determinación de la frescura del aceite de cascara de lima<sup>143</sup>. Es también uno de los compuestos de mayor citotoxicidad aislado de la madera de *Vepris punctata* con concentraciones de 6,4 µg/mL<sup>144</sup>.



**Figura 36.** Estructura molecular Germacreno B<sup>145</sup>

- **Alfa-Selineno (α-Selineno).** No se han reportado aun funciones específicas para este compuesto, pero es el mayor constituyente del aceite esencial de la rama de *L. linii* y de las flores de *Tridax procumbens* con concentraciones de 15,5% y 15,3% respectivamente, de los cuales se ha demostrado que presentan propiedades antimicrobianas<sup>146,147</sup>.

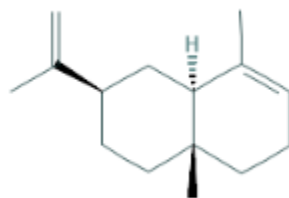
<sup>143</sup> Clark Jr, B. C., Chamblee, T. S., & Iacobucci, G. A. (1987). HPLC isolation of the sesquiterpene hydrocarbon germacrene B from lime peel oil and its characterization as an important flavor impact constituent. *Journal of agricultural and food chemistry*, 35(4), pág. 517.

<sup>144</sup> Chaturvedula, V. P., Schilling, J. K., Miller, J. S., Andriantsiferana, R., Rasamison, V. E., & Kingston, D. G. (2004). New Cytotoxic Terpenoids from the Wood of *Vepris punctata* from the Madagascar Rainforest. *Journal of natural products*, 67(5), pág. 897.

<sup>145</sup> PubChem (2019) Germacrene B. Recuperado de: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Germacrene\\_B#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Germacrene_B#section=Top)

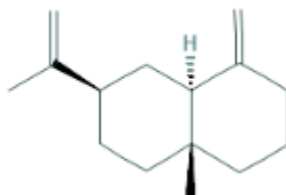
<sup>146</sup> Ho, C. L., Wang, E. I., Tseng, Y. H., Liao, P. C., Lin, C. N., Chou, J. C., & Su, Y. C. (2010). Composition and antimicrobial activity of the leaf and twig oils of *Litsea mushaensis* and *L. linii* from Taiwan. *Natural product communications*, 5(11), pág. 1827.

<sup>147</sup> Joshi, R. K., & Badakar, V. (2012). Chemical composition and in vitro antimicrobial activity of the essential oil of the flowers of *Tridax procumbens*. *Natural product communications*, 7(7), pág. 942.



**Figura 37. Estructura molecular  $\alpha$ -Selineno<sup>148</sup>**

- **Beta-Selineno ( $\beta$ -Selineno).** Esta en proporciones considerables en el aceite esencial de *Senecio polyanthemoides* llegando a concentraciones de hasta 32,7% la cual es una planta usada en medicina tradicional para la curación de heridas y problemas del tracto respiratorio<sup>149</sup>, además se ha reportado en mínimas concentraciones en el aceite esencial de *Myrothamnus moschatus*<sup>150</sup> y *Petasites albus*<sup>151</sup>.



**Figura 38. Estructura molecular  $\beta$ -Selineno<sup>152</sup>**

<sup>148</sup> PubChem (2019) alpha-Selinene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-selinene#section=Top>

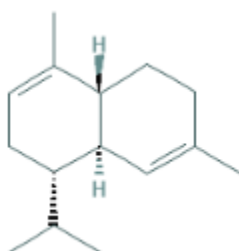
<sup>149</sup> Oladipupo, L. A., & Adebola, O. O. (2009). Chemical composition of the essential oils of the flowers, leaves and stems of two *Senecio polyanthemoides* Sch. Bip. samples from South Africa. *Molecules*, 14(6), pág. 2084.

<sup>150</sup> Nicoletti, M., Maggi, F., Papa, F., Vittori, S., Quassinti, L., Bramucci, M., ... & Rasoanaivo, P. (2012). In vitro biological activities of the essential oil from the 'resurrection plant' *Myrothamnus moschatus* (Baillon) Niedenzu endemic to Madagascar. *Natural product research*, 26(24), pág. 2298.

<sup>151</sup> Mohammadi, M., Yousefi, M., Habibi, Z., & Dastan, D. (2012). Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of aerial parts of *Petasites albus* from Iran: a good natural source of euparin. *Natural product research*, 26(4), pág. 298.

<sup>152</sup> PubChem (2019) alpha-Cadinene, (+)-. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Cadinene#section=Top>

- **Alfa-Cadineno ( $\alpha$ -Cadineno).** Este compuesto se destaca por ser uno de los los principales constituyentes del lúpulo (*Humulus lupulus*) los cual quiere decir que es comúnmente encontrado en las bebidas alcohólicas<sup>153</sup>.



**Figura 39.** Estructura molecular  $\alpha$ -Cadineno<sup>154</sup>

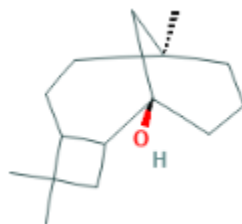
- **Cariolan-8-ol.** Esta presente en concentraciones de 17,6% en el aceite esencial *Nasturtium officinale* el cual se ha comprobado que tiene propiedades antioxidantes<sup>155</sup>. Es también uno de los principales compuestos del aceite esencial de *Heracleum thomsonii* con concentraciones de 2,61% y al cual se le han comprobado propiedades antibacterianas<sup>156</sup>.

<sup>153</sup> Nance, M. R., & Setzer, W. N. (2011). Volatile components of aroma hops (*Humulus lupulus* L.) commonly used in beer brewing. *Journal of Brewing and Distilling*, 2(2), pág. 20.

<sup>154</sup> PubChem (2019) alpha-Cadinene, (+)-. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Cadinene#section=Top>

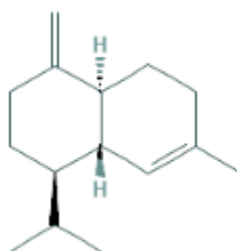
<sup>155</sup> Amiri, H. (2012). Volatile constituents and antioxidant activity of flowers, stems and leaves of *Nasturtium officinale* R. Br. *Natural product research*, 26(2), pág. 114.

<sup>156</sup> Guleria, S., Saini, R., Jaitak, V., Kaul, V. K., Lal, B., Rahi, P., ... & Singh, B. (2011). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Heracleum thomsonii* (Clarke) from the cold desert of the western Himalayas. *Natural product research*, 25(13), pág. 1259.



**Figura 40.** Estructura molecular Caryolan-8-ol<sup>157</sup>

- **Gamma-Cadinene ( $\gamma$ -Cadineno).** Es uno de los principales componentes presente en los frutos de la pimienta de Jamaica (*Pimenta dioica*) la cual es comúnmente usada como especia<sup>158</sup>. Es también uno de los principales compuestos del aceite de citronela extraído de las hojas y tallos de la especie *Cymbopogon winterianus* al cual se le ha comprobado que presenta propiedades antimicrobianas<sup>159</sup>.



**Figura 41.** Estructura molecular  $\gamma$ -Cadineno<sup>160</sup>

<sup>157</sup> PubChem (2019) Caryolan-8-ol. Recuperado de:

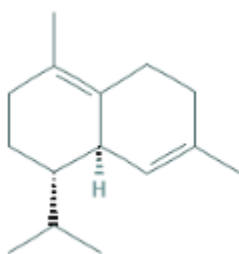
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91746499#section=Top>

<sup>158</sup> Stewart, T. M. A., Lowe, H. I., & Watson, C. T. (2016). Quantification and characterization of *Pimenta dioica* (Allspice) essential oil extracted via hydrodistillation, solvent and super critical fluid extraction methodologies. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 4(3), pág. 29.

<sup>159</sup> Simic, A., Rančić, A., Sokovic, M. D., Ristic, M., Grujic-Jovanovic, S., Vukojevic, J., & Marin, P. D. (2008). Essential oil composition of *Cymbopogon winterianus*. and *Carum carvi*. and their antimicrobial activities. *Pharmaceutical Biology*, 46(6), pág. 439.

<sup>160</sup> PubChem (2019) gamma-Cadinene, (-)-. Recuperado de: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_-\\_-gamma-cadinene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/_-_-gamma-cadinene#section=Top)

- **Delta-Cadinene ( $\delta$ -Cadineno).** Es uno de los principales componentes de los aceites esenciales de *Salvia x jamensis*, *Helichrysum armenium* y *Litsea acutivena* con concentraciones de 5,5%, 9% y 6,3% respectivamente, los cuales se ha demostrado que presentan propiedades antimicrobianas<sup>161,162,163</sup>.



**Figura 42.** Estructura molecular  $\delta$ -Cadineno<sup>164</sup>

- **Beta-Guaieno ( $\beta$ -Guaieno).** Es usado según la Organización Mundial de la Salud (OMS) como agente saborizante<sup>165</sup>, además este sesquiterpeno es uno de los principales constituyentes del aceite esencial de las hojas de *Pogostemon paniculatus*, con concentraciones de 9,09%, el cual presenta propiedades bacterianas<sup>166</sup>.

<sup>161</sup> Fraternali, D., Flamini, G., Bisio, A., Albertini, M. C., & Ricci, D. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of *Salvia x jamensis* essential oil. *Natural product communications*, 7(9), pág. 1239.

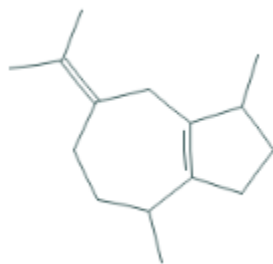
<sup>162</sup> Oji, K. A., & Shafaghat, A. (2012). Constituents and antimicrobial activity of the essential oils from flower, leaf and stem of *Helichrysum armenium*. *Natural product communications*, 7(5), pág. 673.

<sup>163</sup> Ho, C. L., Liao, P. C., Wang, E. I., & Su, Y. C. (2011). Composition and antimicrobial activity of the leaf and twig oils of *Litsea acutivena* from Taiwan. *Natural product communications*, 6(11), pág. 1757.

<sup>164</sup> PubChem (2019) delta-Cadinene, (+)-. Recuperado de: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_\\_\\_-delta-Cadinene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/___-delta-Cadinene#section=Top)

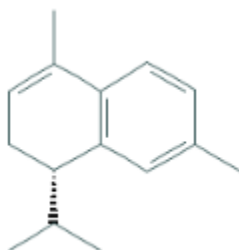
<sup>165</sup> Organización Mundial de la Salud. (2018). Evaluations of the Joint Fao/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Recuperado de: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=4626>

<sup>166</sup> Manoj, G., Manohar, S. H., & Murthy, H. N. (2012). Chemical constituents, antioxidant and antimicrobial activity of essential oil of *Pogostemon paniculatus* (Willd.). *Natural product research*, 26(22), pág. 2153.



**Figura 43.** Estructura molecular  $\beta$ -Guaieno<sup>167</sup>

- **Alfa-Caracoleno ( $\alpha$ -Calacoreno).** Su presencia se encuentra también en el aceite esencial de los frutos de *S. fasciculatus* y es uno de los compuestos a los cuales se le atribuye el efecto antifúngico de este aceite esencial<sup>168</sup>.



**Figura 44.** Estructura molecular  $\alpha$ -Calacoreno<sup>169</sup>

- **Ledol.** Es el principal compuesto del aceite esencial de semilla de *Renealmia chrysotrycha* la cual tiene propiedades desparasitantes del sistema

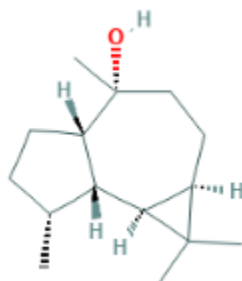
---

<sup>167</sup> PubChem (2019) beta-Guaiene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/guaiene#section=Top>

<sup>168</sup> Sampietro, D. A., Belizana, M. M., Baptista, Z. P., Vattuone, M. A., & Catalán, C. A. (2014). Essential oils from Schinus species of northwest Argentina: Composition and antifungal activity. *Natural product communications*, 9(7), pág. 1021.

<sup>169</sup> PubChem (2019) alpha-Caracolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12302243#section=Top>

digestivo<sup>170</sup>, además se ha categorizado como un sesquiterpeno venenoso que en altas dosis puede llegar a causar calambres, parálisis y delirio<sup>171</sup>.



**Figura 45. Estructura molecular Ledol<sup>172</sup>**

- **Alfa-Muuroleno ( $\alpha$ -Muuroleno).** No se han reportado aplicaciones o usos para este sesquiterpeno, pero se ha encontrado su presencia en la síntesis de metabolitos secundarios del hongo *Coprinus cinereus*<sup>173,174</sup>.

---

<sup>170</sup> Kaplan, M. A. C., Pugialli, H. R., Lopes, D., & Gottlieb, H. E. (2000). The stereochemistry of ledol from *Renealmia chrysotrycha*: an NMR study. *Phytochemistry*, 55(7), pág. 752.

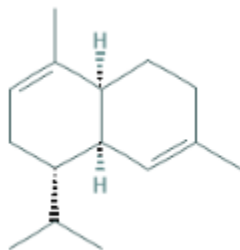
<sup>171</sup> Andrews, Steve; Rindsberg, Katrina (April 2001). *Herbs of the Northern Shaman: A Guide to Mind-Altering Plants of the Northern Hemisphere*. Loompanics Unlimited. ISBN 9781559502115. OCLC 780276732.

<sup>172</sup> PubChem (2019) Ledol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/92812#section=Top>

<sup>173</sup> López-Gallego, F., Wawrzyn, G., & Schmidt-Dannert, C. (2010). Selectivity of fungal sesquiterpene synthases: role of the active site's H-1 $\alpha$  loop in catalysis. *Applied and environmental microbiology*, 76(23), pág. 7732.

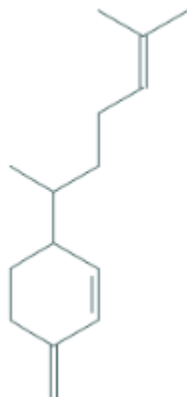
<sup>174</sup> Agger, S., Lopez-Gallego, F., & Schmidt-Dannert, C. (2009). Diversity of sesquiterpene synthases in the basidiomycete *Coprinus cinereus*. *Molecular microbiology*, 72(5), pág. 1193.





**Figura 46.** Estructura molecular  $\alpha$ -Muuroloeno<sup>175</sup>

- **Beta-Sesquifelandreno ( $\beta$ -Sesquifelandreno).** Se infiere que influye en la enfermedad del hígado graso no alcohólico y es el principal compuesto del jengibre (*Zingiber officinale*) según El Centro de Innovación Metabolómica (TMIC)<sup>176</sup>, se le atribuyen también propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antieméticas y anticancerígenas<sup>177</sup>.



**Figura 47.** Estructura molecular  $\beta$ -Sesquifelandreno<sup>178</sup>

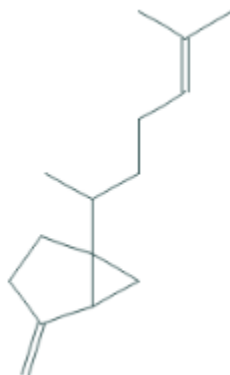
<sup>175</sup> PubChem (2019) alpha-Muuroloene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Muuroloene#section=Top>

<sup>176</sup> El Centro de Innovación Metabolómica. (2018). Showing metabocard for beta-Sesquiphellandrene (HMDB0036163). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0036163>

<sup>177</sup> Zambrano-Blanco, E. (2015). Diversidad genética del jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe.) A nivel molecular: Avances de la última década. *Entramado*, 11(2), pág. 197.

<sup>178</sup> PubChem (2019) beta-Sesquiphellandrene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/519764#section=Top>

- **Sesquisabineno.** Según El Centro de Innovación Metabolómica (TMIC) es un biomarcador potencial para el consumo de productos alimenticios como hierbas, especias y pimienta<sup>179</sup>, pero no se han reportado funciones específicas de este compuesto.



**Figura 48.** Estructura molecular Sesquisabineno<sup>180</sup>

- **Trans-Calameneno-10-ol.** Presenta una dilución de sabor similar al clavo, es decir herbáceo<sup>181</sup> pero aplicaciones o funciones específicas no se han reportado, además se presenta en el perfil químico de la corteza y rama de canela (*Cinnamomum cassia*)<sup>182</sup> y en el aceite esencial de *Cinnamomum burmannii* Blume<sup>183</sup>.

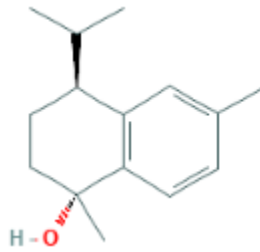
<sup>179</sup> El Centro de Innovación Metabolómica. (2018). Showing metabocard for Sesquisabinene (HMDB0034943). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0034943>

<sup>180</sup> PubChem (2019) Sesquisabinene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/25202482#section=Top>

<sup>181</sup> Neiens, S. D., Geißlitz, S. M., & Steinhaus, M. (2017). Aroma-active compounds in Spondias mombin L. fruit pulp. *European Food Research and Technology*, 243(6), pág. 1079.

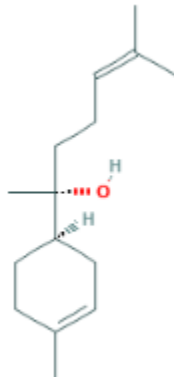
<sup>182</sup> Deng, X., Liao, Q., Xu, X., Yao, M., Zhou, Y., Lin, M., ... & Xie, Z. (2014). Analysis of essential oils from cassia bark and cassia twig samples by GC-MS combined with multivariate data analysis. *Food analytical methods*, 7(9), pág. 1846.

<sup>183</sup> Wei, L., Lin, M., Han, B., Deng, X., Hou, W., Liao, Q., & Xie, Z. (2016). The Comparison of Cinnamomi Cortex and *Cinnamomum burmannii* Blume Using 1H NMR and GC-MS Combined with Multivariate Data Analysis. *Food Analytical Methods*, 9(9), pág. 2425.



**Figura 49.** Estructura molecular *Trans-Calameneno-10-ol*<sup>184</sup>

- **Alfa-Bisabolol ( $\alpha$ -Bisabolol).** Su principal aplicación es como agente antiinflamatorio, pero también se han demostrado propiedades analgésicas, antibióticas y anticancerígenas<sup>185</sup>.



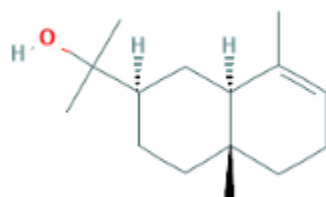
**Figura 50.** Estructura molecular  $\alpha$ -Bisabolol<sup>186</sup>

<sup>184</sup> PubChem (2019) trans-Calamenen-10-ol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10798883#section=Top>

<sup>185</sup> Kamatou, G. P., & Viljoen, A. M. (2010). A review of the application and pharmacological properties of  $\alpha$ -Bisabolol and  $\alpha$ -Bisabolol-rich oils. *Journal of the American oil chemists' society*, 87(1), pág. 5.

<sup>186</sup> PubChem (2019) alpha-Bisabolol, (+)-. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bisabolol#section=Top>

- **Alfa-Eudesmol ( $\alpha$ -Eudesmol).** Se ha demostrado la capacidad de reducir la proliferación celular e inducir la muerte de células tumorales<sup>187</sup>. Se ha demostrado también que el alfa-eudesmol muestra una capacidad para inhibir la liberación de glutamato excitotóxico y para atenuar la lesión cerebral post-isquémica<sup>188</sup>, además de ser útil para el tratamiento de la inflamación neurogénica en el sistema trigemino-vascular como la migraña<sup>189</sup>.



**Figura 51.** Estructura molecular  $\alpha$ -Eudesmol<sup>190</sup>

- **Elemol.** Se ha comprobado que puede tener un potencial terapéutico en el tratamiento de la dermatitis atópica debido a sus efectos inmunosupresores<sup>191</sup>, además es el principal compuesto del aceite esencial de la especie *Dioscorea* la cual es conocida por su importancia en la producción de diosgenina<sup>192</sup>.

<sup>187</sup> Bomfim, D. S., Ferraz, R. P., Carvalho, N. C., Soares, M. B., Pinheiro, M. L., Costa, E. V., & Bezerra, D. P. (2013). Eudesmol Isomers Induce Caspase-Mediated Apoptosis in Human Hepatocellular Carcinoma H ep G 2 Cells. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 113(5), pág. 304.

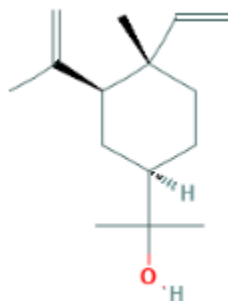
<sup>188</sup> Asakura, K., Matsuo, Y., Oshima, T., Kihara, T., Minagawa, K., Araki, Y., ... & Ninomiya, M. (2000).  $\omega$ -Agatoxin IVA-sensitive Ca<sup>2+</sup> channel blocker,  $\alpha$ -eudesmol, protects against brain injury after focal ischemia in rats. *European journal of pharmacology*, 394(1), pág. 63.

<sup>189</sup> Asakura, K., Kanemasa, T., Minagawa, K., Kagawa, K., Yagami, T., Nakajima, M., & Ninomiya, M. (2000).  $\alpha$ -Eudesmol, a P/Q-type Ca<sup>2+</sup> channel blocker, inhibits neurogenic vasodilation and extravasation following electrical stimulation of trigeminal ganglion. *Op. cit.*, pág. 99.

<sup>190</sup> PubChem (2019) alpha-Eudesmol. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Eudesmol#section=Top>

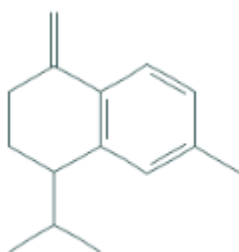
<sup>191</sup> Yang, H., Jung, E. M., Ahn, C., Lee, G. S., Lee, S. Y., Kim, S. H., ... & Jeung, E. B. (2015). Elemol from *Chamaecyparis obtusa* ameliorates 2, 4-dinitrochlorobenzene-induced atopic dermatitis. *International journal of molecular medicine*, 36(2), pág. 470.

<sup>192</sup> Odimegwu, J. I., Odukoya, O., Yadav, R. K., Chanotiya, C. S., Ogbonnia, S., & Sangwan, N. S. (2013). A new source of elemol rich essential oil and existence of multicellular oil glands in leaves of the *Dioscorea* species. *The Scientific World Journal*, 2013.



**Figura 52.** Estructura molecular Elemol<sup>193</sup>

- **Beta-Calacoreno ( $\beta$ -Calacoreno).** No se han reportado usos o aplicaciones para este sesquiterpeno, pero su presencia se ha reportado en el aceite esencial de *Lepidagathis fasciculata* en concentraciones de 3,6%<sup>194</sup> y *Bothriochloa alta* (*Hitchc.*) en concentraciones de 1,1%<sup>195</sup>.



**Figura 53.** Estructura molecular  $\beta$ -Calacoreno<sup>196</sup>

<sup>193</sup> PubChem (2019) Elemol. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Elemol#section=Top>

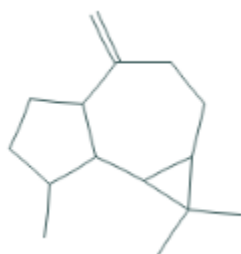
<sup>194</sup> Joshi, R. K. (2013). Chemical composition of the essential oil of *Lepidagathis fasciculata* from Bondla forest of Goa, India. *Natural product communications*, 8(8), pág. 1164.

<sup>195</sup> Scrivanti, L. R., Bernardello, G., & Anton, A. M. (2008). The foveola of *Bothriochloa alta* (Poaceae: Andropogoneae): Extrafloral nectary or secretory gland of essential oils?. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 203(1), pág. 58.

<sup>196</sup> PubChem (2019) beta-Calacorene. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/529621#section=Top>

- **Aromadendreno.** Se ha identificado como uno de los principales compuestos en el aceite esencial de *Onychopetalum amazonicum* el cual presenta propiedades antimicrobianas<sup>197</sup>, se ha reportado también como compuesto defensivo ya que es persistir en la propagación vegetativa ya sea por inducción mecánica o entomológica<sup>198</sup>.



**Figura 54.** Estructura molecular Aromadendreno<sup>199</sup>

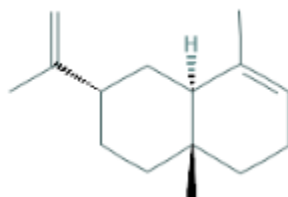
- **7-epi-alfa-Selieno (7-epi- $\alpha$ -Selineno).** Es uno de los principales compuestos del aceite esencial de *Salvia mirzayanii* con concentraciones de 2,23% al cual se le han comprobado propiedades antimicrobianas<sup>200</sup>.

<sup>197</sup> de Lima, B. R., da Silva, F. M., Soares, E. R., de Almeida, R. A., da Silva Filho, F. A., Pereira Junior, R. C., ... & Pinheiro, M. L. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Onychopetalum amazonicum* RE Fr. *Natural product research*, 30(20), pág. 2358.

<sup>198</sup> Troncoso, C., Becerra, J., Perez, C., Hernandez, V., San Martin, A., Sanchez-Olate, M., & Rios, D. (2012). Induction of defensive responses in *Eucalyptus globulus* (Labill) plants, against *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell)(Hemiptera: Psyllidae). *American Journal of Plant Sciences*, 3(05), 589.

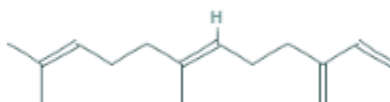
<sup>199</sup> PubChem (2019) Alloaromadendrene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aromadendrene#section=Top>

<sup>200</sup> Haghghat, M. H., Alizadeh, A., & Nouroznejad, M. J. (2012). Essential oil composition and antimicrobial activity in Iranian *Salvia mirzayanii* Rech. & Esfand. *Advances in Environmental Biology*, pág. 1989.



**Figura 55. Estructura molecular 7-epi- $\alpha$ -Selineno**<sup>201</sup>

- **Trans-beta-Farneseno (trans- $\beta$ -Farneseno).** Según la Sociedad Química Americana (ACS) es usado por los áfidos como una señal de muerte para alejar a otros individuos y por las papas para repeler a los insectos además de ser usado de forma sintética como material de partida para productos que van desde el biodiesel hasta los perfumes<sup>202</sup>. Según la Agencia de Protección Ambiental (EPA) es usado también para lubricante y grasas, productos de cuidado personal y productos de plástico y caucho<sup>203</sup>.



**Figura 56. Estructura molecular trans- $\beta$ -Farneseno**<sup>204</sup>

- **Beta-Longipineno ( $\beta$ -Longipineno).** No se han reportado usos o aplicaciones para este compuesto, pero su presencia se ha reportado

<sup>201</sup> PubChem (2019) 7-Epi-alpha-selinene. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10726905#section=Top>

<sup>202</sup> Sociedad Química Americana. (2010). trans- $\beta$ -Farnesene. Recuperado de:

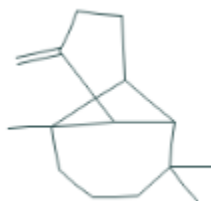
<https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/f/trans-beta-farnesene.html>

<sup>203</sup> Agencia de Protección Ambiental. (2018). Chemical Data Reporting under the Toxic Substances Control Act. Recuperado de: <https://www.epa.gov/chemical-data-reporting>

<sup>204</sup> PubChem (2019) beta-Farnesene, (6E)-. Recuperado de:

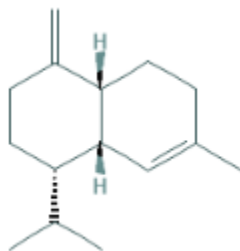
[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_E\\_-beta-farnesene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/_E_-beta-farnesene#section=Top)

también en el aceite esencial de *Senecio rufinervis* en una mínima proporción de 4%<sup>205</sup> y en el aceite esencial de *Salvia macrosiphon* L en un 2,02%<sup>206</sup>.



**Figura 57.** Estructura molecular  $\beta$ -Longipineno<sup>207</sup>

- **Gamma-Amofeno ( $\gamma$ -Amorfeno).** No se han reportado usos específicos para este sesquiterpeno, pero es uno de los principales constituyentes del aceite esencial de *Vernonia albicans* en una concentración de 19,5%, la cual es utilizada con fines culinarios como especia<sup>208</sup>.



**Figura 58.** Estructura molecular  $\gamma$ -Amorfeno<sup>209</sup>

---

<sup>205</sup> Thakuri, B. C., Padalia, R. C., Chanotiya, C. S., Tiwari, A., Mathela, C. S., & Kharkwal, H. (2008).

Sesquiterpene Rich Oils from Leaves and Roots of *Senecio rufinervis* DC. *Journal of Essential Oil Research*, 20(5), pág. 436.

<sup>206</sup> Rowshan, V., Khoi, M. K., & Javidnia, K. (2010). Effects of salicylic acid on quality and quantity of essential oil components in *Salvia macrosiphon*. *J. Biol. Environ. Sci*, 4(11), pág. 81.

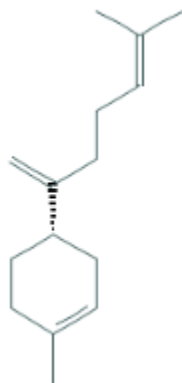
<sup>207</sup> PubChem (2019) beta-Longipinene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/25203064#section=Top>

<sup>208</sup> Joshi, R. K. (2014). Chemical composition of *Vernonia albicans* essential oil from India. *Natural product communications*, 9(7), pág. 998.

<sup>209</sup> PubChem (2019) (+)-gamma-Amorphene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12313019#section=Top>



- **Beta-Bisaboleno ( $\beta$ -Bisaboleno).** Esta presente en concentraciones de 13,1% en el aceite esencial *Lavandula coronopifolia* el cual se ha comprobado que tiene propiedades antioxidantes<sup>210</sup>. Es también uno de los principales compuestos del aceite esencial de *Bidens tripartita* L. con concentraciones de 9,3% y al cual se le han comprobado propiedades antibacterianas y antifúngicas<sup>211</sup>.



**Figura 59.** Estructura molecular  $\beta$ -Bisaboleno<sup>212</sup>

- **Delta-Selineno ( $\delta$ -Selineno).** Es una de las principales sustancias volátiles presentes en el aceite esencial del *Panax ginseng* el cual es usado por la medicina popular para fortalecer la memoria y el sistema inmunitario<sup>213</sup>. Ha sido también reportado como uno de los principales componentes del aceite

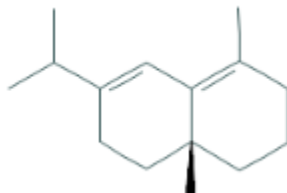
<sup>210</sup> Messaoud, C., Chograni, H., & Boussaid, M. (2012). Chemical composition and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of three wild *Lavandula* L. species. *Natural product research*, 26(21), pág. 1983.

<sup>211</sup> Tomczykowa, M., Leszczyńska, K., Tomczyk, M., Tryniszewska, E., & Kalemba, D. (2011). Composition of the essential oil of *Bidens tripartita* L. roots and its antibacterial and antifungal activities. *Journal of medicinal food*, 14(4), pág. 432.

<sup>212</sup> PubChem (2019) beta-Bisabolene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-Bisabolene#section=Top>

<sup>213</sup> Lee, S. J., Moon, T. W., & Lee, J. (2010). Increases of 2-furanmethanol and maltol in Korean red ginseng during explosive puffing process. *Journal of food science*, 75(2), pág. 150.

esencial de *Vetiveria zizanioides* el cual es usado con fines alimentarios, en aromaterapia y en perfumería<sup>214</sup>.



**Figura 60.** Estructura molecular  $\delta$ -Selineno<sup>215</sup>

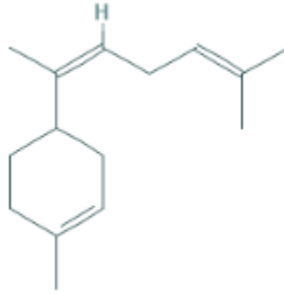
- **Cis-alfa-Bisanoleno (cis- $\alpha$ -Bisaboleno).** Según documentación de la Unión Europea (EU) este compuesto puede ser usado como agente saborizante, además es de los principales constituyentes del aceite esencial de las hojas de *Ficus benjamina L.*<sup>216</sup> y del aceite esencial de *Antrodia camphorata*<sup>217</sup>.

<sup>214</sup> Mallavarapu, G. R., Syamasundar, K. V., Ramesh, S., & Rao, B. R. (2012). Constituents of south Indian vetiver oils. *Natural product communications*, 7(2), pág. 224.

<sup>215</sup> PubChem (2019) (+)-delta-Selinene. Recuerdo de: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_\\_\\_-delta-selinene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/___-delta-selinene#section=Top)

<sup>216</sup> Ogunwande, I. A., Jimoh, R., Ajetunmobi, A. A., Avoseh, N. O., & Flamini, G. (2012). Essential oil composition of *Ficus benjamina* (Moraceae) and *Irvingia barteri* (Irvingiaceae). *Natural product communications*, 7(12), pág. 1674.

<sup>217</sup> Xia, Y., Zhang, B., Li, W., & Xu, G. (2011). Changes in volatile compound composition of *Antrodia camphorata* during solid state fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(13), pág. 2469.



**Figura 61.** Estructura molecular *cis- $\alpha$ -Bisaboleno*<sup>218</sup>

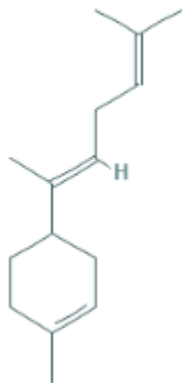
- **Trans-alfa-Bisaboleno (trans- $\alpha$ -Bisaboleno).** Según documentación de la Unión Europea (EU) este compuesto puede ser usado como agente saborizante<sup>219</sup>. Se ha reportado como el principal compuesto del aceite esencial de *Piper hispidum Sw.*, con concentraciones de 11,28% el cual presenta propiedades antimicrobianas contra *X. albilineans*<sup>220</sup>.

---

<sup>218</sup> PubChem (2019) alpha-Bisabolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5352653#section=Top>

<sup>219</sup> Reglamento de Ejecución (UE) n ° 872/2012 de la Comisión, de 1 de octubre de 2012 , por el que se adopta la lista de sustancias aromatizantes prevista en el Reglamento (CE) n ° 2232/96 del Parlamento Europeo y del Consejo, se incluye dicha lista en el anexo I del Reglamento (CE) n ° 1334/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, y se derogan el Reglamento (CE) n ° 1565/2000 de la Comisión y la Decisión 1999/217/CE de la Comisión Texto pertinente a efectos del EEE. Recuperado de:  
[http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2012/872/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2012/872/oj)

<sup>220</sup> Sánchez Pérez, Y., Correa Vidal, T. M., Abreu Machado, Y., Cotilla Pelier, L., Berroa Navarro, G., & Pino Pérez, O. (2014). Composición química del aceite esencial de *Piper hispidum Sw.* y actividad antimicrobiana sobre *Xanthomonas albilineans* (Ashby) Dowson y *Xanthomonas campestris pv. campestris* (Pammel) Dowson. *Revista de Protección Vegetal*, 29(3), pág. 189.



**Figura 62.** Estructura molecular *trans- $\alpha$ -Bisaboleno*<sup>221</sup>

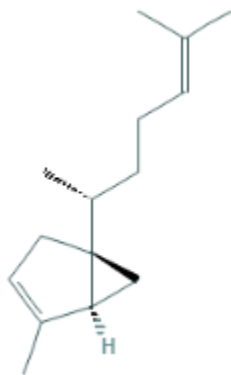
- **7-epi-Sesquitujeno.** No se han reportado usos o aplicaciones para este compuesto y su presencia se ha reportado en concentración por debajo del 0,7% en el aceite esencial de *Teucrium flavum L.*<sup>222</sup> y *Vitex agnus-castus L.*<sup>223</sup>.

---

<sup>221</sup> PubChem (2019) (E)-alpha-Bisabolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5315468#section=Top>

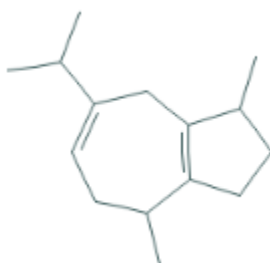
<sup>222</sup> Maggi, F., Bílek, T., Cristalli, G., Papa, F., Sagratini, G., & Vittori, S. (2009). Comparison of the characterisation of the fruit-like aroma of *Teucrium flavum L. subsp flavum* by hydrodistillation and solid-phase micro-extraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(14), pág. 2515.

<sup>223</sup> Neves, R., & Da Camara, C. A. (2016). Chemical composition and acaricidal activity of the essential oils from *Vitex agnus-castus L.* (Verbenaceae) and selected monoterpenes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(3), pág. 1230.



**Figura 63.** Estructura molecular 7-epi-Sesquitujeno<sup>224</sup>

- **6,9-Guaiadieno.** No se han reportado funciones o usos para este sesquiterpeno y su presencia se ha encontrado en el aceite esencial de *Pelargonium sp.* en una mínima concentración de 2,3%<sup>225</sup> y en el aceite esencial de *Pelargonium graveolen* en una mínima concentración de 1,4%<sup>226</sup>.



**Figura 64.** Estructura molecular 6,9-Guaiadieno<sup>227</sup>

<sup>224</sup> PubChem (2019) Sesquithujene. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/56927990#section=Top>

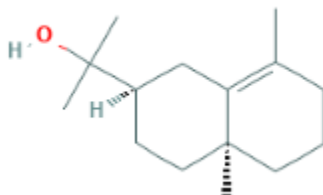
<sup>225</sup> Rajeswara Rao, B. R., Sastry, K. P., Saleem, S. M., Prakasa Rao, E. V. S., Syamasundar, K. V., & Ramesh, S. (2000). Volatile flower oils of three genotypes of rose-scented geranium (*Pelargonium sp.*). *Flavour and fragrance journal*, 15(2), pág. 106.

<sup>226</sup> Čavar, S., & Maksimović, M. (2012). Antioxidant activity of essential oil and aqueous extract of *Pelargonium graveolens* L'Her. *Food Control*, 23(1), pág. 266.

<sup>227</sup> PubChem (2019) 6,9-Guaiadiene. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/527113#section=Top>

- **10-epi-gamma-Eudesmol (10-epi-γ-Eusdemol).** Es una enzima que cataliza la reacción química “(2E, 6E) difosfato de farnesilo + H<sub>2</sub>O ----- 10-epi-gamma-eudesmol + difosfato” y es una de las enzimas recombinantes del jengibre (*Zingiber zerumbet*)<sup>228</sup>.



**Figura 65.** Estructura molecular 10-epi-γ-Eusdemol<sup>229</sup>

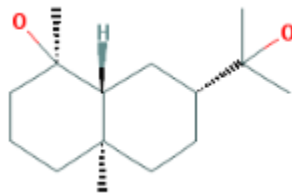
- **Selina-4,7-diol.** No se reportan aplicaciones para este compuesto ni reportes recientes de su presencia en alguna sustancia, sus últimos reportes datan de 1963 en el aceite esencial de *Widdringtonia*<sup>230</sup> y 1961 en el aceite esencial de *Fokienia hodginsii*<sup>231</sup>.

<sup>228</sup> Yu, F., Harada, H., Yamasaki, K., Okamoto, S., Hirase, S., Tanaka, Y., ... & Utsumi, R. (2008). Isolation and functional characterization of a β-eudesmol synthase, a new sesquiterpene synthase from *Zingiber zerumbet* Smith. *FEBS letters*, 582(5), pág. 570.

<sup>229</sup> PubChem (2019) 10-Epi-gamma-Eudesmol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10-epi-gamma-Eudesmol#section=Top>

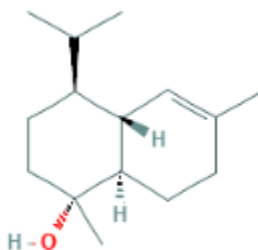
<sup>230</sup> Enzell, C., & Krolikowska, M. (1963). The chemistry of the natural order Cupressales 48. Heartwood constituents of *Cupressus arizonica* GREENE. *Ark. Kemi*20, pág. 160.

<sup>231</sup> Dolejš, L., & Herout, V. (1961). On terpenes. CXXIX. Composition of the oil and root-extract from *Fokienia hodginsii*. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, 26(8), pág. 2048.



**Figura 66.** Estructura molecular Selina-4,7-diol<sup>232</sup>

**Alfa-Cadinol ( $\alpha$ -Cadinol).** Se han comprobado propiedades antifúngicas para este compuesto<sup>233</sup>, además se dice que actúa como hepatoprotector<sup>234</sup> y se planteó como viable remedio para la resistencia a los medicamentos de la tuberculosis<sup>235</sup>.



**Figura 67.** Estructura molecular  $\alpha$ -Cadinol<sup>236</sup>

<sup>232</sup> PubChem (2015) (1R,4aR,7R,8aR)-7-(2-Hydroxypropan-2-yl)-1,4a-dimethyldecahydronaphthalen-1-ol. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/substance/250029579#section=Top>

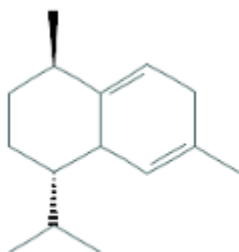
<sup>233</sup> Ho, C. L., Liao, P. C., Wang, E. I., & Su, Y. C. (2011). Composition and antifungal activities of the leaf essential oil of *Neolitsea parvigemma* from Taiwan. *Natural product communications*, 6(9), pág. 1359.

<sup>234</sup> Tung, Y. T., Huang, C. C., Ho, S. T., Kuo, Y. H., Lin, C. C., Lin, C. T., & Wu, J. H. (2011). Bioactive phytochemicals of leaf essential oils of *Cinnamomum osmophloeum* prevent lipopolysaccharide/D-galactosamine (LPS/D-GalN)-induced acute hepatitis in mice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(15), pág. 8121.

<sup>235</sup> Bueno, J., Escobar, P., Martínez, J. R., Leal, S. M., & Stashenko, E. E. (2011). Composition of three essential oils, and their mammalian cell toxicity and antimycobacterial activity against drug resistant-tuberculosis and nontuberculous mycobacteria strains. *Natural product communications*, 6(11), pág. 1747.

<sup>236</sup> PubChem (2019) Alpha-Cadinol, (-) -. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Cadinol#section=Top>

- **Trans-Cadina-1,4-dieno.** No se han reportado usos o aplicaciones específicas para este compuesto y su presencia se ha determinado en minimas concentraciones en el aceite esencial de las hojas de *Uvaria chamae*<sup>237</sup> y en la grasa subcutánea de corderos criados y terminados en pasto<sup>238</sup>.



**Figura 68.** Estructura molecular *Trans-Cadina-1,4-dieno*<sup>239</sup>

- **Selin-11-en-4-alfa-ol (Selin-11-en-4- $\alpha$ -ol).** No se han reportado propiedades específicas para este compuesto, pero su presencia se determinó en un 13,4% en el aceite esencial de guayaba *Psidium guajava* L.<sup>240</sup>, siendo aislado primeramente en 1967 por Corbett y Smith del aceite esencial de *Podocarpus dactyloides*<sup>241</sup>.

<sup>237</sup> Owolabi, M. S., Adewale, O. R., Dosoky, N. S., & Setzer, W. N. (2013). 1-Nitro-2-phenylethane dominates the chemical composition of the leaf essential oil of *Uvaria chamae* from Badagry, Nigeria. *Amer. J. Essent. Oil Nat. Prod*, 1(1), pág. 49.

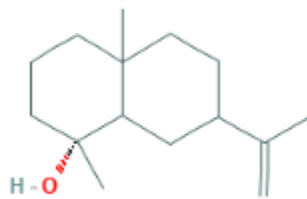
<sup>238</sup> Priolo, A., Cornu, A., Prache, S., Krogmann, M., Kondjoyan, N., Micol, D., & Berdagué, J. L. (2004). Fat volatiles tracers of grass feeding in sheep. *Meat Science*, 66(2), pág. 479.

<sup>239</sup> PubChem (2019) *Trans-Cadina-1,4-dieno*. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6430869#section=Top>

<sup>240</sup> Pino, J. A., Agüero, J., Marbot, R., & Fuentes, V. (2001). 2076201. Leaf oil of *Psidium guajava* L. from Cuba. *The Journal*, 13(1), pág. 62.

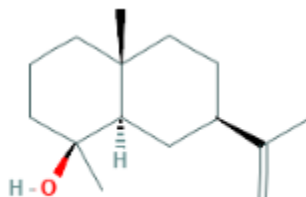
<sup>241</sup> Corbett, R. L., & Smith R.A.J. (1967). Selin-II-en-4a-ol from the essential oil of *Podocarpus dactyloides*. *Tetrahedron Letter* 8 No.11, pág. 1009.





**Figura 69.** Estructura molecular Selin-11-en-4-ol<sup>242</sup>

- **Neo-Intermedeol.** La presencia de este compuesto se ha reportado en concentraciones de 14,2% en los compuestos volátiles del fruto de *Myrcianthes pungens* el cual se ha demostrado que presenta propiedades antioxidantes<sup>243</sup>, además su presencia también se ha reportado en el aceite esencial de *Laggera decurrens*<sup>244</sup>.



**Figura 70.** Estructura molecular Neo-Intermedol<sup>245</sup>

<sup>242</sup> PubChem (2019) Selin-11-en-4-ol. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6428433#section=Top>

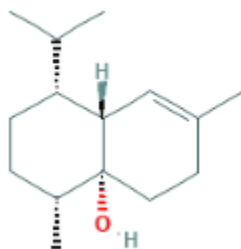
<sup>243</sup> Marin, R., Apel, M. A., Limberger, R. P., Raseira, M. C., Pereira, J. F., Zuanazzi, J. A., & Henriques, A. T. (2008). Volatile components and antioxidant activity from some Myrtaceous fruits cultivated in Southern Brazil. *Latin American Journal of Pharmacy*, 27(2), 172.

<sup>244</sup> Mothana, R. A., Alsaid, M. S., & Al-Musayeb, N. M. (2011). Phytochemical analysis and in vitro antimicrobial and free-radical-scavenging activities of the essential oils from *Euryops arabicus* and *Laggera decurrens*. *Molecules*, 16(6), pág. 5156.

<sup>245</sup> PubChem (2019) Neointermedol. Recuperado de:

<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11877394#section=Top>

- **1,10-di-epi-Cubenol.** Es uno de los principales compuestos del aceite esencial de *Inula graveolens* con concentraciones de 5,7%<sup>246</sup> el cual se ha demostrado que presenta propiedades antioxidantes<sup>247</sup>, citotóxicas y antibacteriales<sup>248</sup>, además de ser también uno de los principales componentes del aceite esencial de *Ageratum fastigiatum* con concentraciones de 15,7% el cual presenta propiedades antimicrobinas<sup>249</sup>.



**Figura 71.** Estructura molecular 1,10-di-epi-Cubenol<sup>250</sup>

- **Cis-Cadin-4-en-7-ol.** No se han reportado usos o funciones para este compuesto, pero su presencia se ha determinado en una concentración de 7,7% en el aceite esencial de *Neolitsea kedahense* el cual se ha comprobado que tiene propiedades antibacterianas<sup>251</sup>, además la presencia de este

<sup>246</sup> Marongiu, B., Piras, A., Pani, F., Porcedda, S., & Ballero, M. (2003). Extraction, separation and isolation of essential oils from natural matrices by supercritical CO<sub>2</sub>. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(6), pág. 508.

<sup>247</sup> Al-Fartosy, A. J. (2011). Antioxidant properties of methanolic extract from *Inula graveolens* L. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(6), pág. 595.

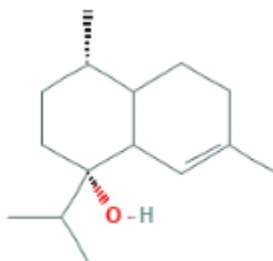
<sup>248</sup> Topçu, G., Öksüz, S., Shieh, H. L., Cordell, G. A., Pezzuto, J. M., & Bozok-Johansson, C. (1993). Cytotoxic and antibacterial sesquiterpenes from *Inula graveolens*. *Phytochemistry*, 33(2), pág. 409.

<sup>249</sup> Del-Vechio-Vieira, G., Sousa, O. V., Yamamoto, C. H., & Kaplan, M. A. (2009). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of *Ageratum fastigiatum* (Asteraceae). *Records of Natural Products*, 3(1).

<sup>250</sup> PubChem (2019) 1,10-Di-epicubenol. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91748749#section=Top>

<sup>251</sup> Jani, N. A., Sirat, H. M., Ahmad, F., Mohamad Ali, N. A., & Jamil, M. (2017). Chemical profiling and biological properties of *Neolitsea kedahense* Gamble essential oils. *Natural product research*, 31(23), pág. 2795.

compuesto se ha reportado también en el aceite esencial de *Goniothalamus marcanii*<sup>252</sup>.



**Figura 72.** Estructura molecular *Cis-Cadin-4-en-7-ol*<sup>253</sup>

- **Epi-biciclo Sesquifelandreno.** No se han determinado propiedades específicas para este compuesto y su presencia se ha reportado en el aceite esencial de caléndula *Calendula officinalis L.*<sup>254</sup> y el aceite esencial de *Satureja incana*<sup>255</sup>.

---

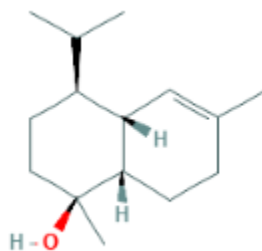
<sup>252</sup> Monggoot, S., & Pripdeevech, P. (2017). Chemical Composition and Antibacterial Activities of *Goniothalamus marcanii* Flower Essential Oil. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol, 7(01), pág. 147.

<sup>253</sup> PubChem (2019) cis-Cadin-4-en-7-ol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91746528#section=Top>

<sup>254</sup> Salomé, L.F. (2014). Fotosíntesis, crecimiento y aceites esenciales en morfotipos florales de caléndula (*Calendula officinalis L.*). Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Recuperado de la página web: <https://studylib.es/doc/6439324/cal%C3%A9ndula--calendula-officinalis-l.->

<sup>255</sup> Sarapura, J. R., & Martínez, A. M. (2014). Cromatografía de gases–espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de *Satureja incana*. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 4(2).

- **Epi-alfa-Muurolol (epi- $\alpha$ -Muurolol).** Se ha comprobado el papel de este compuesto como antifúngico<sup>256,257,258</sup>, además de reportarse también propiedades como antioxidante y antibacteriano<sup>259</sup>.



**Figura 73. Estructura molecular epi- $\alpha$ -Muurolol<sup>260</sup>**

- **1,4 $\alpha$ -Dimetil-decahidronaftalen-1-ol-7-(2-dihidroxiopropan-1-il).** No hay reporte de aplicaciones o de la presencia de este compuesto químico en alguna otra sustancia, su presencia en la oleorresina es tentativa. Cabe resaltar también que el decahidronaftaleno o decalina es usado como solvente orgánico<sup>261</sup>.

<sup>256</sup> Policegoudra, R. S., Goswami, S., Aradhya, S. M., Chatterjee, S., Datta, S., Sivaswamy, R., ... & Singh, L. (2012). Bioactive constituents of Homalomena aromatica essential oil and its antifungal activity against dermatophytes and yeasts. *Journal de Mycologie Médicale/Journal of Medical Mycology*, 22(1), pág. 86.

<sup>257</sup> Cheng, S. S., Chung, M. J., Lin, C. Y., Wang, Y. N., & Chang, S. T. (2011). Phytochemicals from *Cunninghamia konishii* Hayata act as antifungal agents. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(1), pág. 127.

<sup>258</sup> Chang, H. T., Cheng, Y. H., Wu, C. L., Chang, S. T., Chang, T. T., & Su, Y. C. (2008). Antifungal activity of essential oil and its constituents from *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* Florin leaf against plant pathogenic fungi. *Bioresource technology*, 99(14), pág. 6269.

<sup>259</sup> Zhu, L., Zhu, S. M., & Tian, Y. J. (2012). Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil and Extracts of *Saurauia lantsangensis* Hu Root. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 67(5-6), pág. 287.

<sup>260</sup> PubChem (2019) T- Muurolol. [En línea] Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/T-Muurolol#section=Top>

<sup>261</sup> Tarquino, P., & Alfonzo, R. (2014). Mecanismos de formación de aromáticos en cortes de destilados medios del FCC. Impacto sobre su calidad y consecuencias del uso de residuos (Doctoral dissertation).

- **Compuesto C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>, C<sub>15</sub>H<sub>26</sub>O<sub>2</sub>, C<sub>15</sub>H<sub>24</sub>O, C<sub>30</sub>H<sub>28</sub>O.** Son formulas moleculares de sesquiterpenos, los cuales no fueron identificados con exactitud, por ende, es imposible la identificación de funciones o aplicaciones para ellos, además están presentes en bajas concentraciones en la oleorresina.
- **Compuestos Oxigenado M<sup>+</sup> 204 y M<sup>+</sup> 222.** Estos son Sesquiterpenos no identificados los cuales han sido reportados también en el aceite esencial de hojas de *Hedyosmum translucidum* a bajas concentraciones y en diferentes tiempos de retención<sup>262</sup>, también se ha identificado el sesquiterpeno oxigenado M<sup>+</sup> 222 en aceite esencial de *Lippia organoides*<sup>263</sup>.
- **Compuesto C<sub>20</sub>H<sub>28</sub>O<sub>3</sub>.** Es la formula molecular de un sesquiterpeno oxigenado no identificado pero su presencia se ha reportado en varias sustancias con diferentes denominaciones como en el fruto de *Litsea cubeba* denominado como "(+)-6-(4-hydroxy-4-methyl-2-pentenoyl)-4,6-dimethyl-5-(3-methyl-2-butenyl)-1,3-cyclohexadienecarbaldehyde"<sup>264</sup>, en el aceite esencial de *Bruguiera sexangula* var. *rhynchopetala* denominado como "(16R)-13,17-epoxy-16-hydroxy-ent-kaur-9(11)-en-19-al"<sup>265</sup> y se identificó estructuralmente en un nuevo diterpeno denominado Helioscopinolida A<sup>266</sup>; por ende, es imposible la identificación de funciones o aplicaciones de estos compuestos.

<sup>262</sup> Zamora-Burbano, A. M., & Arturo-Perdomo, D. E. (2016). Composición química del aceite esencial de hojas *Hedyosmum translucidum* Cuatrec., Chloranthaceae (Granizo). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas, 15(3), pág. 197.

<sup>263</sup> Ospina, J. D., Flores, J. C. M., & Orozco, M. S. S. (2015). Influencia de la fertilización en la producción y composición del aceite esencial de *Lippia organoides* HBK (orégano criollo). Revista Cubana de Plantas Medicinales, 20(3), pág. 345.

<sup>264</sup> Trisonthi, P., Sato, A., Nishiwaki, H., & Tamura, H. (2014). A new diterpene from *Litsea cubeba* fruits: structure elucidation and capability to induce apoptosis in HeLa cells. *Molecules*, 19(5), pág. 6847.

<sup>265</sup> Bao, S., Deng, Z., Fu, H., Proksch, P., & Lin, W. (2005). Diterpenes and disulfides from the marine mangrove plant *Bruguiera sexangula* var. *rhynchopetala*. *Helvetica chimica acta*, 88(10), pág. 2762.

<sup>266</sup> Ohba, S., Ito, M., Saito, Y., Shizuri, Y., Kosemura, S., & Yamamura, S. (1983). Structure of helioscopinolide A, C<sub>20</sub>H<sub>28</sub>O<sub>3</sub>, a novel diterpene. *Acta Crystallographica Section C*, 39(8), pág. 1140.

- **Compuestos NI.** Son compuestos no identificados pero reportados en el análisis cromatográfico los cuales están distribuidos en diferentes tiempos de retención a diferentes concentraciones, por ende, es imposible la identificación de funciones o aplicaciones de estos compuestos.

Mediante el análisis químico llevado a cabo a las 11 diferentes muestras de oleorresina de copaiba y con base en el análisis aplicativo de cada uno de los compuestos químicos hecho con anterioridad se han estimado:

Un posible enfoque agroindustrial como antiinflamatorio, considerando que uno de sus mayores compuestos es el trans- $\beta$ -Cariofileno con concentraciones de entre 5,9% y 18,6% al cual se le han reportado estas propiedades y por lo cual se explica que uno de los mayores usos atribuidos por la población rural entrevistada sea como tratamiento para la artritis.

Otro de los posibles usos agroindustriales estimados es como tratamiento para las heridas tanto internas como externas debido a que otro de sus mayores compuestos es el  $\beta$ -Selineno con concentraciones de 2% a 7,1% al cual se le atribuyen propiedades benéficas en el manejo de heridas dérmicas y gastrointestinales, por lo cual se explica que el mayor uso atribuido por la población rural sea al sistema dérmico y sistema digestivo como cicatrizante, tratamiento de heridas externas, tratamiento para la gastritis y la úlcera gástrica.

Se puede llegar a estimar también a la oleorresina de copaiba un posible uso como agente antifúngico ya que son varios de los compuestos que la componen en pequeñas concentraciones que presentan esta propiedad como lo son el  $\alpha$ -

Caracoleno,  $\beta$ -Bisaboleno,  $\alpha$ -Cadinol y epi- $\alpha$ -Muurolol, también esto explicaría porque el 7% de la población rural encuestada le atribuye esta propiedad.

Un último enfoque agroindustrial estimado para la oleorresina de copaiba es como agente antibacteriano ya que otro de sus mayores constituyentes es el  $\beta$ -Selineno, compuesto al cual se le han confirmado tales propiedades y lo cual explica que la comunidad rural lo use ampliamente en el sistema dérmico como prevención para infecciones en el tratamiento de heridas externas.

Es posible también que se pueda llegar a estimar una aplicación agroindustrial más exacta puesto que las mayores concentraciones de este aceite esencial son designadas al compuesto  $C_{20}H_{28}O_3$  el cual es la fórmula molecular perteneciente a varios sesquiterpenos con tiempos de retención ( $t_R$ ) en la prueba cromatográfica de 53,97 minutos y 59,89 minutos y con concentraciones que van desde 24% hasta 76,4%, es decir, se abre una brecha para otro estudio cromatográfico en el cual se tengan ya identificados una más amplia gama de sesquiterpenos en el sistema, identificando así el compuesto exacto que representa esta fórmula molecular.

Cabe aclarar que, aunque no todos los compuestos químicos determinados en el análisis cromatográfico están presentes en las 11 muestras, los compuestos con los cuales se pudo llegar a estimar un enfoque agroindustrial si lo están.

### 5.3. NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN

A partir de los resultados del presente estudio, se presentan las necesidades de investigación que permitan el aprovechamiento de este recurso natural a nivel agroindustrial.

**Tabla 1. Necesidades de investigación presentadas**

**Fuente:** Los autores

LÍNEA DE ACCIÓN	OBJETIVO	ACTIVIDADES	PLAZO	RESPONSABLES
1. Estudios botánicos	Determinar a nivel taxonómico y morfológico del género <i>Copaifera</i> spp. presente en la región de la Orinoquia.	*Análisis morfológico del género <i>Copaifera</i> spp. para la determinación de especies presentes.	Mediano plazo	*Programa de biología de la Universidad de los Llanos. *Institutos de Investigación biológica del país.
2. Potencial agronómico	Evaluar el potencial agronómico del género <i>Copaifera</i> spp. en la Orinoquia	*Estudios fenológicos Producción de plantas *Tiempo de producción *Mejoramiento de cosecha de olerresina *Evaluación de las condiciones agroecológicas para el cultivo.	Mediano a largo plazo	Programa de Ingeniería agronómica de la Universidad de los Llanos. Agrosavia Institutos de Investigación biológica del país.
3. Saberes de las comunidades rurales	Rescatar los conocimientos o saberes de las comunidades rurales con la respecto a la oleorresina de copaiba	*Determinación de los diferentes nombres atribuidos a la oleorresina de copaiba. *Identificación de las diferentes formas de extracción del aceite de copaiba que las comunidades rurales aplican. *Recopilar mayor información sobre los diferentes usos atribuidos y las formas de aplicación.	Mediano a largo plazo	*Proyección social de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos. *Programas de proyección social de la gobernación del Meta.



<p>4. Comercialización de la oleoresina de copaiba y desarrollo social.</p>	<p>Crear canales de comercialización para la oleoresina de copaiba incentivando a la economía rural local</p>	<p>*Ayudar a fomentar la extracción de la oleoresina identificando más árboles y vías de acceso en la región de la Orinoquia.          *Dar a conocer la oleoresina de copaiba como producto naturista a nivel regional.          *Originar un nombre y etiqueta para el producto que pueda ser avalado por el Invima.</p>	<p>Mediano a largo plazo</p>	<p>*Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de los Llanos.          *Cualquier entidad que lleve a cabo estudios de mercadeo o administrativos.</p>
<p>5. Conocimientos de postcosecha y aplicación funcional de la oleoresina de copaiba.</p>	<p>Identificar los manejos de postcosecha y los usos exactos para la oleoresina de copaiba en la región de la Orinoquia</p>	<p>*Determinación de los tiempos correctos de cosecha para la oleoresina de copaiba.          *Evaluación del tiempo de vida útil de la oleoresina y las condiciones óptimas de almacenamiento y conservación.          *Aplicación de pruebas específicas a la oleoresina de copaiba como antiinflamatorio, cicatrizante, tratamiento de heridas externas, tratamiento para la gastritis, antibacteriano y antifúngico, confirmando los usos estimados en este trabajo.          *Estudio cromatográfico especializado identificando el compuesto C<sub>20</sub>H<sub>28</sub>O<sub>3</sub> en tiempos de retención 53,97 minutos y 59,89 minutos presente en grandes proporciones en la oleoresina de copaiba.</p>	<p>Mediano a largo plazo</p>	<p>*Facultad de Ciencias Agropecuarios y Recursos Naturales de la Universidad de los Llanos.          *Cualquier entidad que lleve a cabo estudios químicos o agroindustriales.</p>

## 6. CONCLUSIONES

Mediante la recopilación de conocimientos y saberes de la comunidad rural de la región de la Orinoquia colombiana se determinó que las principales aplicaciones que le atribuyen a la oleorresina de copaiba son como tratamiento para la gastritis, la artrosis y cicatrizante, determinando de igual forma que quienes mayor la usan son los adultos de manera ingerida 15 gotas/día.

A partir de las pruebas físicas aplicadas a la oleorresina se corroboró que es un aceite esencial, teniendo en cuenta que su densidad es menor a la del agua, además estas pruebas exponen que es un fluido newtoniano estable con alto índice de refracción y con solubilidad solo en compuestos orgánicos grasos.

Se verificó mediante análisis químicos que la oleorresina no es un aceite ya que su perfil lipídico fue 0%; además mediante el análisis de cromatografía de gases y espectrometría de masas del aceite esencial se estimó que agroindustrialmente puede llegar a ser usado como antiinflamatorio, tratamiento para heridas externas e internas de índole gástrico, cicatrizante, antibacteriano y antifúngico.

## **7. RECOMENDACIONES**

Adelantar estudios sobre especies propias de la región y así aprovechar el potencial natural.

Desarrollar las líneas planteadas en las necesidades de investigación encontradas en el desarrollo de este estudio.

## 8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abdallah Sallam, S. M., Mohamed Abdelgaleil, S. A., da Silva Bueno, I. C., Abdelwahab Nasser, M. E., Araujo, R. C., & Abdalla, A. L. (2011). Effect of some essential oils on in vitro methane emission. *Archives of animal nutrition*, 65(3), 203-214.

Agencia de Protección Ambiental. (2018). *Chemical Data Reporting under the Toxic Substances Control Act*. Recuperado de: <https://www.epa.gov/chemical-data-reporting>

Agger, S., Lopez-Gallego, F., & Schmidt-Dannert, C. (2009). Diversity of sesquiterpene synthases in the basidiomycete *Coprinus cinereus*. *Molecular microbiology*, 72(5), 1181-1195.

Ahmed, I., Greenwood, R., Costello, B., Ratcliffe, N., & Probert, C. S. (2016). Investigation of faecal volatile organic metabolites as novel diagnostic biomarkers in inflammatory bowel disease. *Alimentary pharmacology & therapeutics*, 43(5), 596-611.

Alcaldía de Mapiripán. (2016) Plan de desarrollo “La Fuerza del Pueblo 2016 – 2019”. [En línea] Recuperado el 16 de Mayo de 2018, de [https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/Plan\\_de\\_Desarrollo-\\_Mapirip%C3%A1n.pdf](https://ceo.uniandes.edu.co/images/Documentos/Plan_de_Desarrollo-_Mapirip%C3%A1n.pdf)

Al-Fartosy, A. J. (2011). Antioxidant properties of methanolic extract from *Inula graveolens* L. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(6), 591-596.

Almeida, W. A. D., Silva, I. H. I. D., Santos, A. C. V. D., Barros Junior, A. P., & Sousa, A. H. D. (2017). Potentiation of Copaíba Oil-resin with Synthetic Insecticides to Control of Fall Armyworm. *Revista caatinga*, 30(4), 1059-1066.

Amiri, H. (2012). Volatile constituents and antioxidant activity of flowers, stems and leaves of *Nasturtium officinale* R. Br. *Natural product research*, 26(2), 109-115.

Amorim, J. L., de Barros Figueiredo, J., Amaral, A. C. F., de Oliveira Barros, E. G., Palmero, C., MPalantinos, M. A., ... & Basso, S. L. (2017). Wound healing properties of *Copaifera paupera* in diabetic mice. *PloS one*, 12(10), e0187380.

Andrade-C., M. Gonzalo. (2011). Estado del conocimiento de la biodiversidad en Colombia y sus amenazas. consideraciones para fortalecer la interacción ciencia-política. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 35(137), 491-507.

Andrews, Steve; Rindsberg, Katrina (April 2001). *Herbs of the Northern Shaman: A Guide to Mind-Altering Plants of the Northern Hemisphere*. Loompanics Unlimited. ISBN 9781559502115. OCLC 780276732.

Arroyo, J., Almora, Y., Quino, M., Martínez, J., Condorhuamán, M., Flores, M., & Bonilla, P. (2009, June). Efecto citoprotector y antisecretor del aceite de *Copaifera officinalis* en lesiones gástricas inducidas en ratas. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 70, No. 2, pp. 89-96). UNMSM. Facultad de Medicina.

Arroyo-Acevedo, J., Quino-Florentini, M., Martínez-Heredia, J., Almora-Pinedo, Y., Alba-González, A., & Condorhuamán-Figueroa, M. (2011, April). Efecto cicatrizante del aceite de *Copaifera officinalis* (copaiba), en pacientes con úlcera péptica. In *Anales de la Facultad de Medicina* (Vol. 72, No. 2, pp. 113-117). UNMSM. Facultad de Medicina.

Asakura, K., Kanemasa, T., Minagawa, K., Kagawa, K., Yagami, T., Nakajima, M., & Ninomiya, M. (2000).  $\alpha$ -Eudesmol, a P/Q-type  $Ca^{2+}$  channel blocker, inhibits neurogenic vasodilation and extravasation following electrical stimulation of trigeminal ganglion. *Brain research*, 873(1), 94-101.

Asakura, K., Matsuo, Y., Oshima, T., Kihara, T., Minagawa, K., Araki, Y., ... & Ninomiya, M. (2000).  $\omega$ -Agatoxin IVA-sensitive  $Ca^{2+}$  channel blocker,  $\alpha$ -eudesmol, protects against brain injury after focal ischemia in rats. *European journal of pharmacology*, 394(1), 57-65.

Bajalan, I., Rouzbahani, R., Pirbalouti, A. G., & Maggi, F. (2017). Variation in chemical composition and antibacterial activity of the essential oil of wild populations of *Phlomis olivieri*. *Chemistry & biodiversity*, 14(5), e1600444.

Bao, F., Qiu, J., & Zhang, H. (2012). Potential role of  $\beta$ -elemene on histone H1 in the H22 ascites hepatoma cell line. *Molecular medicine reports*, 6(1), 185-190.

Bao, S., Deng, Z., Fu, H., Proksch, P., & Lin, W. (2005). Diterpenes and disulfides from the marine mangrove plant *Bruguiera sexangula* var. *rhynchopetala*. *Helvetica chimica acta*, 88(10), 2757-2763.

Base Química de Datos Abierta. (2018). *Compound Summary for CID 129320465*. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/129320465>

Benelli, G., Canale, A., Romano, D., Flamini, G., Tavarini, S., Martini, A., ... & Angelini, L. G. (2017). Flower scent bouquet variation and bee pollinator visits in *Stevia rebaudiana* Bertoni (Asteraceae), a source of natural sweeteners. *Arthropod-Plant Interactions*, 11(3), 381-388.

Benelli, G., Govindarajan, M., Rajeswary, M., Vaseeharan, B., Alyahya, S. A., Alharbi, N. S., ... & Maggi, F. (2018). Insecticidal activity of camphene, zerumbone and  $\alpha$ -humulene from *Cheilocostus speciosus* rhizome essential oil against the Old-World bollworm, *Helicoverpa armigera*. *Ecotoxicology and environmental safety*, 148, 781-786.

Bernal, H. Y., Martínez, G., Sánchez, Q., & FelipeEd, G. (2011). Pautas para el conocimiento, conservación y uso sostenible de las plantas medicinales nativas en Colombia: estrategia nacional para la conservación de plantas.

Bezerra, L. D. A., Mangabeira, P. A. O., de Oliveira, R. A., Costa, L. C. D. B., & Da Cunha, M. (2018). Leaf blade structure of *Verbesina macrophylla* (Cass.) FS Blake (Asteraceae): ontogeny, duct secretion mechanism and essential oil composition. *Plant Biology*, 20(3), 433-443.

Bomfim, D. S., Ferraz, R. P., Carvalho, N. C., Soares, M. B., Pinheiro, M. L., Costa, E. V., & Bezerra, D. P. (2013). Eudesmol Isomers Induce Caspase-Mediated Apoptosis in Human Hepatocellular Carcinoma Hep G 2 Cells. *Basic & clinical pharmacology & toxicology*, 113(5), 300-306.

Brito, N. M. B., Brito, M. V. H., Carvalho, R. D. K. V., Matos, L. T. D. M. B., Lobato, R. C., Correa, S. C., & Brito, R. B. (2010). The effect of copaiba balsam on Walker

256 carcinoma inoculated into the vagina and uterine cervix of female rats. *Acta cirurgica brasileira*, 25(2), 176-180.

Bueno, J., Escobar, P., Martínez, J. R., Leal, S. M., & Stashenko, E. E. (2011). Composition of three essential oils, and their mammalian cell toxicity and antimycobacterial activity against drug resistant-tuberculosis and nontuberculous mycobacteria strains. *Natural product communications*, 6(11), 1743-1748.

Buitrago B. D., Morales M. A., Rojas F. L., Aparicio Z. R., Meléndez G. P. (2017). Composición química del aceite esencial de *Achyrocline satureioides* (Lam.) DC de los Andes Venezolanos. *Revista de la Facultad de Farmacia - Volumen 59(1)*, 22-25.

Canchuja, F. E. A., Lazo, K. A., & Contreras, C. (2016). Estudio experimental comparativo del efecto analgésico y antiinflamatorio de Copaiba frente a morfina e indometacina. *Revista de la facultad de medicina humana*, 14(1).

Carvalho, J. C. T., Cascon, V., Possebon, L. S., Morimoto, M. S. S., Cardoso, L. G. V., Kaplan, M. A. C., & Gilbert, B. (2005). Topical antiinflammatory and analgesic activities of *Copaifera duckei* Dwyer. *Phytotherapy Research*, 19(11), 946-950.

Castro-e-Silva, O., Zucoloto, S., Ramalho, F. S., Ramalho, L. N., Reis, J., Bastos, Á. A., & Brito, M. V. (2004). Antiproliferative activity of *Copaifera duckei* oleoresin on liver regeneration in rats. *Phytotherapy Research*, 18(1), 92-94.

Castro Ghizoni, C. V., Arssufi Ames, A. P., Lameira, O. A., Bersani Amado, C. A., Sá Nakanishi, A. B., Bracht, L., ... & Comar, J. F. (2017). Anti-Inflammatory and Antioxidant Actions of Copaiba Oil Are Related to Liver Cell Modifications in Arthritic Rats. *Journal of cellular biochemistry*, 118(10), 3409-3423.

Ćavar, S., & Maksimović, M. (2012). Antioxidant activity of essential oil and aqueous extract of *Pelargonium graveolens* L'Her. *Food Control*, 23(1), 263-267.

Centro Nacional de Información Biotecnológica. (1987). *Anti-Inflammatory Agents, Non-Steroidal*. Recuperado de: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/mesh/68000894>

Chang, H. T., Cheng, Y. H., Wu, C. L., Chang, S. T., Chang, T. T., & Su, Y. C. (2008). Antifungal activity of essential oil and its constituents from *Calocedrus macrolepis*

var. formosana Florin leaf against plant pathogenic fungi. *Bioresource technology*, 99(14), 6266-6270.

Chaturvedula, V. P., Schilling, J. K., Miller, J. S., Andriantsiferana, R., Rasamison, V. E., & Kingston, D. G. (2004). New Cytotoxic Terpenoids from the Wood of *Vepris punctata* from the Madagascar Rainforest. *Journal of natural products*, 67(5), 895-898.

Chaves, J. S., Leal, P. C., Pianowisky, L., & Calixto, J. B. (2008). Pharmacokinetics and tissue distribution of the sesquiterpene  $\alpha$ -humulene in mice. *Planta medica*, 74(14), 1678-1683.

Chen, Y., Zhao, Y. Y., Wang, X. Y., Liu, J. T., Huang, L. Q., & Peng, C. S. (2011). GC-MS analysis and analgesic activity of essential oil from fresh rhizoma of *Cyperus rotundus*. *Zhong yao cai= Zhongyaocai= Journal of Chinese medicinal materials*, 34(8), 1225-1229.

Chen-Chen, L., & Sena, M. A. (2002). Atividade tóxica e mutagênica do óleo de copaíba (*Copaifera langsdorfii* Desfon) em camundongos. *Rev. Bras. Plant Med*, 5, 37-40.

Cheng, S. S., Chung, M. J., Lin, C. Y., Wang, Y. N., & Chang, S. T. (2011). Phytochemicals from *Cunninghamia konishii* Hayata act as antifungal agents. *Journal of agricultural and food chemistry*, 60(1), 124-128.

Chérrez-Ojeda, I., Calderón, J. C., Calero, E., Terán, C., & Chérrez, A. (2018). ¿Son seguros los productos naturales analgésicos en los pacientes con alergia a los antiinflamatorios no esteroideos? *Revista alergia México*, 65(1), 99-102.

Clark Jr, B. C., Chamblee, T. S., & Iacobucci, G. A. (1987). HPLC isolation of the sesquiterpene hydrocarbon germacrene B from lime peel oil and its characterization as an important flavor impact constituent. *Journal of agricultural and food chemistry*, 35(4), 514-518.

Commission Implementing Regulation (EU) No 872/2012 of 1 October 2012 adopting the list of flavouring substances provided for by Regulation (EC) No 2232/96 of the European Parliament and of the Council, introducing it in Annex I to



Regulation (EC) No 1334/2008 of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulation (EC) No 1565/2000 and Commission Decision 1999/217/EC Text with EEA relevance.

Corbett, R. L., & Smith R.A.J. (1967). Selin-II-en-4a-ol from the essential oil of *Podocarpus dacrydioides*. *Tetrahedron Letter* 8 No.11, pp, 1009-101.

Costa, P., & Lobo, J. M. S. (2001). Modeling and comparison of dissolution profiles. *European journal of pharmaceutical sciences*, 13(2), 123-133.

Cubillos, A. A. E., Tobón, A. E. D., & Chaparro, W. A. A. (2018). Oleorresina de copaiba como materia prima para la producción de biodiésel. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 34(2), 317-329.

Curio, M., Jacone, H., Perrut, J., Pinto, Â. C., Filho, V. F. V., & Silva, R. C. (2009). Acute effect of *Copaifera reticulata* Ducke copaiba oil in rats tested in the elevated plus-maze: an ethological analysis. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 61(8), 1105-1110.

de Alfonso, I., Vacas, S., & Primo, J. (2014). Role of  $\alpha$ -copaene in the susceptibility of olive fruits to *Bactrocera oleae* (Rossi). *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(49), 11976-11979.

de Lima, B. R., da Silva, F. M., Soares, E. R., de Almeida, R. A., da Silva Filho, F. A., Pereira Junior, R. C., ... & Pinheiro, M. L. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Onychopetalum amazonicum* RE Fr. *Natural product research*, 30(20), 2356-2359.

Del-Vechio-Vieira, G., Sousa, O. V., Yamamoto, C. H., & Kaplan, M. A. (2009). Chemical Composition and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of *Ageratum fastigiatum* (Asteraceae). *Records of Natural Products*, 3(1).

Deng, X., Liao, Q., Xu, X., Yao, M., Zhou, Y., Lin, M., ... & Xie, Z. (2014). Analysis of essential oils from cassia bark and cassia twig samples by GC-MS combined with multivariate data analysis. *Food analytical methods*, 7(9), 1840-1847.

Di Cagno, R., De Angelis, M., De Pasquale, I., Ndagijimana, M., Vernocchi, P., Ricciuti, P., ... & Gobbetti, M. (2011). Duodenal and faecal microbiota of celiac

children: molecular, phenotype and metabolome characterization. *BMC microbiology*, 11(1), 219.

Dias-da-Silva, M. A., Pereira, A. C., Marin, M. C., & Salgado, M. A. (2013). The influence of topic and systemic administration of copaiba oil on the alveolar wound healing after tooth extraction in rats. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 5(4), e169.

Díaz, V. (2001) Diseño y elaboración de cuestionarios para la investigación comercial. Madrid, España: Esic Editorial.

Dolejš, L., & Herout, V. (1961). On terpenes. CXXIX. Composition of the oil and root-extract from *Fokienia hodginsii*. *Collection of Czechoslovak Chemical Communications*, 26(8), 2045-2049.

dos Santos Cardoso, P. C., da Rocha, C. A. M., Leal, M. F., de Oliveira Bahia, M., Alcântara, D. D. F. Á., dos Santos, R. A., ... & do Ó Pessoa, C. (2017). Effect of diterpenoid kaurenoic acid on genotoxicity and cell cycle progression in gastric cancer cell lines. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 89, 772-780.

El Centro de Innovación Metabolómica. (2018) Showing Compound alpha-Ylangene (FDB001525). Recuperado de: <http://foodb.ca/compounds/FDB001525>

El Centro de Innovación Metabolómica. (2018) Showing metabocard for alpha-Cubebene (HMDB0036413). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0036413>

El Centro de Innovación Metabolómica. (2018) Showing metabocard for beta-Elemene (HMDB0061848). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0061848>

El Centro de Innovación Metabolómica. (2018). *Showing metabocard for beta-Caryophyllene*. Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0036792>

El Centro de Innovación Metabolómica. (2018). *Showing metabocard for beta-Sesquiphellandrene* (HMDB0036163). Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0036163>

El Centro de Innovación Metabolómica. (2018). *Showing metabocard for Sesquisabinene (HMDB0034943)*. Recuperado de: <http://www.hmdb.ca/metabolites/HMDB0034943>

Ellenhorn, M. J., Schonwald, S., Ordog, G., & Wasserberger, J. (1997). *Ellenhorn's medical toxicology: diagnosis and treatment of human poisoning* (Vol. 81, p. 687). Baltimore: Williams & Wilkins.

Enzell, C., & Krolikowska, M. (1963). The chemistry of the natural order Cupressales 48. Heartwood constituents of *Cupressus arizonica* GREENE. *Ark. Kemi*20, 157-162.

Formisano, C., Rigano, D., Senatore, F., Tenore, G. C., Bruno, M., & Piozzi, F. (2010). Volatile compounds of flowers and leaves of *Sideritis italica* (Miller) Greuter et Burdet (Lamiaceae), a plant used as mountain tea. *Natural product research*, 24(7), 640-646.

Fraternale, D., Flamini, G., Bisio, A., Albertini, M. C., & Ricci, D. (2012). Chemical composition and antimicrobial activity of *Salvia x jamensis* essential oil. *Natural product communications*, 7(9), 1237-1240.

Garcia, R. F., & Yamaguchi, M. H. (2012). Óleo de copaíba e suas propriedades medicinais: revisão bibliográfica. *Saúde e Pesquisa*, 5(1).

Gavidia, J.R., (2015). Cálculo de la densidad en distintos tipos de aceite. Universidad Nacional de Trujillo. Facultad de ciencias biológicas. Escuela profesional de ciencias biológicas. Extraído de la página web: [https://www.academia.edu/19367052/DENSIDAD\\_DE\\_ACEITES](https://www.academia.edu/19367052/DENSIDAD_DE_ACEITES)

Gertsch, J., Leonti, M., Raduner, S., Racz, I., Chen, J. Z., Xie, X. Q., ... & Zimmer, A. (2008). Beta-caryophyllene is a dietary cannabinoid. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(26), 9099-9104.

Gomes, N. M., Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., & Fernandes, P. D. (2007). Antinociceptive activity of Amazonian Copaiba oils. *Journal of Ethnopharmacology*, 109(3), 486-492.

Guleria, S., Saini, R., Jaitak, V., Kaul, V. K., Lal, B., Rahi, P., ... & Singh, B. (2011). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Heracleum thomsonii* (Clarke) from the cold desert of the western Himalayas. *Natural product research*, 25(13), 1250-1260.

Gutiérrez W., comunicación personal, 21 de noviembre de 2017. Mapiripán, Colombia.

Haghighat, M. H., Alizadeh, A., & Nouroznejad, M. J. (2012). Essential oil composition and antimicrobial activity in Iranian *Salvia mirzayanii* Rech. & Esfand. *Advances in Environmental Biology*, 1985-1990.

Ho, C. L., Liao, P. C., Wang, E. I., & Su, Y. C. (2011). Composition and antifungal activities of the leaf essential oil of *Neolitsea parvigemma* from Taiwan. *Natural product communications*, 6(9), 1357-1360.

Ho, C. L., Liao, P. C., Wang, E. I., & Su, Y. C. (2011). Composition and antimicrobial activity of the leaf and twig oils of *Litsea acutivena* from Taiwan. *Natural product communications*, 6(11), 1755-1758.

Ho, C. L., Wang, E. I., Tseng, Y. H., Liao, P. C., Lin, C. N., Chou, J. C., & Su, Y. C. (2010). Composition and antimicrobial activity of the leaf and twig oils of *Litsea mashaensis* and *L. linii* from Taiwan. *Natural product communications*, 5(11), 1823-1828.

Jani, N. A., Sirat, H. M., Ahmad, F., Mohamad Ali, N. A., & Jamil, M. (2017). Chemical profiling and biological properties of *Neolitsea kedahense* Gamble essential oils. *Natural product research*, 31(23), 2793-2796.

Jeliazkova, E., Zheljzakov, V. D., Kačániova, M., Astatkie, T., & Tekwani, B. L. (2018). Sequential Elution of Essential Oil Constituents during Steam Distillation of Hops (*Humulus lupulus* L.) and Influence on Oil Yield and Antimicrobial Activity. *Journal of oleo science*, ess17216.

Joshi, R. K. (2013). Chemical composition of the essential oil of *Lepidagathis fasciculata* from Bondla forest of Goa, India. *Natural product communications*, 8(8), 1163-1164.

- Joshi, R. K. (2014). Chemical composition of Vernonia albicans essential oil from India. *Natural product communications*, 9(7), 997-998.
- Joshi, R. K., & Badakar, V. (2012). Chemical composition and in vitro antimicrobial activity of the essential oil of the flowers of *Tridax procumbens*. *Natural product communications*, 7(7), 941-942.
- Junior, V. V., & Pinto, A. C. (2002). O GÊNERO *Copaifera* L. *Quim. Nova*, 25(2), 273-286.
- Kamatou, G. P., & Viljoen, A. M. (2010). A review of the application and pharmacological properties of  $\alpha$ -Bisabolol and  $\alpha$ -Bisabolol-rich oils. *Journal of the American oil chemists' society*, 87(1), 1-7.
- Kaplan, M. A. C., Pugialli, H. R., Lopes, D., & Gottlieb, H. E. (2000). The stereochemistry of ledol from *Renealmia chrysotrycha*: an NMR study. *Phytochemistry*, 55(7), 749-753.
- Kendra, P. E., Montgomery, W. S., Schnell, E. Q., Deyrup, M. A., & Epsky, N. D. (2016). Efficacy of  $\alpha$ -copaene, cubeb, and eucalyptol lures for detection of redbay ambrosia beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Journal of economic entomology*, tow214.
- Kendra, P. E., Owens, D., Montgomery, W. S., Narvaez, T. I., Bauchan, G. R., Schnell, E. Q., ... & Carrillo, D. (2017).  $\alpha$ -Copaene is an attractant, synergistic with quercivorol, for improved detection of *Euwallacea nr. fornicatus* (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *PloS one*, 12(6), e0179416.
- Kvist, L. P., Christensen, S. B., Rasmussen, H. B., Mejia, K., & Gonzalez, A. (2006). Identification and evaluation of Peruvian plants used to treat malaria and leishmaniasis. *Journal of ethnopharmacology*, 106(3), 390-402.
- Lee, G. W., Chung, M. S., Kang, M., Chung, B. Y., & Lee, S. (2016). Direct suppression of a rice bacterial blight (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) by monoterpene (S)-limonene. *Protoplasma*, 253(3), 683-690.
- Lee, R. X., Li, Q. Q., & Reed, E. (2012).  $\beta$ -elemene effectively suppresses the growth and survival of both platinum-sensitive and-resistant ovarian tumor cells. *Anticancer research*, 32(8), 3103-3113.

Lee, S. J., Moon, T. W., & Lee, J. (2010). Increases of 2-furanmethanol and maltol in Korean red ginseng during explosive puffing process. *Journal of food science*, 75(2), C147-C151.

Lima, S. R., Junior, V. F. V., Christo, H. B., Pinto, A. C., & Fernandes, P. D. (2003). In vivo and in vitro studies on the anticancer activity of *Copaifera multijuga* Hayne and its fractions. *Phytotherapy Research*, 17(9), 1048-1053.

López-Gallego, F., Wawrzyn, G., & Schmidt-Dannert, C. (2010). Selectivity of fungal sesquiterpene synthases: role of the active site's H-1 $\alpha$  loop in catalysis. *Applied and environmental microbiology*, 76(23), 7723-7733.

Maggi, F., Bílek, T., Cristalli, G., Papa, F., Sagratini, G., & Vittori, S. (2009). Comparison of the characterisation of the fruit-like aroma of *Teucrium flavum* L. subsp *flavum* by hydrodistillation and solid-phase micro-extraction. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(14), 2505-2518.

Maistro, E. L., Carvalho, J. C. T., Cascon, V., & Kaplan, M. A. C. (2005). In vivo evaluation of the mutagenic potential and phytochemical characterization of oleoresin from *Copaifera duckei* Dwyer. *Genetics and Molecular Biology*, 28(4), 833-838.

Mallavarapu, G. R., Syamasundar, K. V., Ramesh, S., & Rao, B. R. (2012). Constituents of south Indian vetiver oils. *Natural product communications*, 7(2), 223-225.

Manoj, G., Manohar, S. H., & Murthy, H. N. (2012). Chemical constituents, antioxidant and antimicrobial activity of essential oil of *Pogostemon paniculatus* (Willd.). *Natural product research*, 26(22), 2152-2154.

Marin, R., Apel, M. A., Limberger, R. P., Raseira, M. C., Pereira, J. F., Zuanazzi, J. A., & Henriques, A. T. (2008). Volatile components and antioxidant activity from some Myrtaceous fruits cultivated in Southern Brazil. *Latin American Journal of Pharmacy*, 27(2), 172.

Marongiu, B., Piras, A., Pani, F., Porcedda, S., & Ballero, M. (2003). Extraction, separation and isolation of essential oils from natural matrices by supercritical CO<sub>2</sub>. *Flavour and Fragrance Journal*, 18(6), 505-509.

Martín, I., Salcedo, R., Font, R. (2011). Mecánica de fluidos. Tema 1. Flujo interno de fluidos incompresibles y compresibles. Universidad de Alicante. Extraído de la página [web: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/1/tema1\\_Flujo%20interno.pdf](https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/1/tema1_Flujo%20interno.pdf)

Matos Gomes, N., de Moraes Rezende, C., Fontes, S. P., Hovell, A. M. C., Landgraf, R. G., Matheus, M. E., ... & Fernandes, P. D. (2008). Antineoplastic activity of *Copaifera multijuga* oil and fractions against ascitic and solid Ehrlich tumor. *Journal of ethnopharmacology*, 119(1), 179-184.

Matos Gomes, N., de Rezende, C. M., Fontes, S. P., Matheus, M. E., da Cunha Pinto, A., & Fernandes, P. D. (2010). Characterization of the antinociceptive and anti-inflammatory activities of fractions obtained from *Copaifera multijuga* Hayne. *Journal of ethnopharmacology*, 128(1), 177-183.

Messaoud, C., Chograni, H., & Boussaid, M. (2012). Chemical composition and antioxidant activities of essential oils and methanol extracts of three wild *Lavandula L.* species. *Natural product research*, 26(21), 1976-1984.

Mohammadi, M., Yousefi, M., Habibi, Z., & Dastan, D. (2012). Chemical composition and antioxidant activity of the essential oil of aerial parts of *Petasites albus* from Iran: a good natural source of euparin. *Natural product research*, 26(4), 291-297.

Mohan, L., Negi, A., Melkani, A. B., & Dev, V. (2011). Chemical composition and antibacterial activity of essential oil from *Salvia mukerjeei*. *Natural product communications*, 6(12), 1949-1952.

Monggoot, S., & Pripdeevech, P. (2017). Chemical Composition and Antibacterial Activities of *Goniothalamus marcanii* Flower Essential Oil. *Journal of Applied Pharmaceutical Science* Vol, 7(01), 144-148.

Mothana, R. A., Alsaid, M. S., & Al-Musayeib, N. M. (2011). Phytochemical analysis and in vitro antimicrobial and free-radical-scavenging activities of the essential oils from *Euryops arabicus* and *Laggera decurrens*. *Molecules*, 16(6), 5149-5158.

Nance, M. R., & Setzer, W. N. (2011). Volatile components of aroma hops (*Humulus lupulus* L.) commonly used in beer brewing. *Journal of Brewing and Distilling*, 2(2), 16-22.

National Institute of Standards and Technology (2018) trans-Muurolo-3,5-diene. Recuperado de: [https://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/C15H24/c1-10\(2\)13-8-6-12\(4\)14-7-5-11\(3\)9-15\(13\)14/h5%2C9-10%2C12-14H%2C6-8H2%2C1-4H3/t12-%2C13%2B%2C14%3F/m0/s1](https://webbook.nist.gov/cgi/inchi/InChI%3D1S/C15H24/c1-10(2)13-8-6-12(4)14-7-5-11(3)9-15(13)14/h5%2C9-10%2C12-14H%2C6-8H2%2C1-4H3/t12-%2C13%2B%2C14%3F/m0/s1)

Neiens, S. D., Geißlitz, S. M., & Steinhaus, M. (2017). Aroma-active compounds in *Spondias mombin* L. fruit pulp. *European Food Research and Technology*, 243(6), 1073-1081.

Neves, R., & Da Camara, C. A. (2016). Chemical composition and acaricidal activity of the essential oils from *Vitex agnus-castus* L. (Verbenaceae) and selected monoterpenes. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 88(3), 1221-1233.

Nicoletti, M., Maggi, F., Papa, F., Vittori, S., Quassinti, L., Bramucci, M., ... & Rasoanaivo, P. (2012). In vitro biological activities of the essential oil from the 'resurrection plant' *Myrothamnus moschatus* (Baillon) Niedenzu endemic to Madagascar. *Natural product research*, 26(24), 2291-2300.

Odimegwu, J. I., Odukoya, O., Yadav, R. K., Chanotiya, C. S., Ogbonna, S., & Sangwan, N. S. (2013). A new source of elemol rich essential oil and existence of multicellular oil glands in leaves of the *Dioscorea* species. *The Scientific World Journal*, 2013.

Ogunwande, I. A., Jimoh, R., Ajetunmobi, A. A., Avoseh, N. O., & Flamini, G. (2012). Essential oil composition of *Ficus benjamina* (Moraceae) and *Irvingia barteri* (Irvingiaceae). *Natural product communications*, 7(12), 1673-1675.



Ohba, S., Ito, M., Saito, Y., Shizuri, Y., Kosemura, S., & Yamamura, S. (1983). Structure of helioscopinolide A, C<sub>20</sub>H<sub>28</sub>O<sub>3</sub>, a novel diterpene. *Acta Crystallographica Section C*, 39(8), 1139-1141.

Oji, K. A., & Shafaghat, A. (2012). Constituents and antimicrobial activity of the essential oils from flower, leaf and stem of *Helichrysum armenium*. *Natural product communications*, 7(5), 671-674.

Oladipupo, L. A., & Adebola, O. O. (2009). Chemical composition of the essential oils of the flowers, leaves and stems of two *Senecio polyanthemoides* Sch. Bip. samples from South Africa. *Molecules*, 14(6), 2077-2086.

Oliva, M. M., Demo, M. S., Malele, R. S., Mutayabarwa, C. K., Mwangi, J. W., Thoithi, G. N., ... & Zygadlo, J. A. (2003). Essential oil of *Brachylaena hutchinsii* Hutch from Tanzania: Antimicrobial activity and composition. *East and Central African Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(3), 61-63.

Opdyke, D. L. J. (1973). Monographs on fragrance raw materials. *Food and cosmetics toxicology*, 11(4), 855-876.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2017). *Sistemas de Conocimientos Locales e Indígenas*. Recuperado de la página web: <http://www.unesco.org/new/es/natural-sciences/priority-areas/links/related-information/what-is-local-and-indigenous-knowledge/>

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Evaluations of the Joint Fao/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. Recuperado de: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=5167>

Organización Mundial de la Salud. (2018). *Evaluations of the Joint Fao/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA)*. Recuperado de: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemID=4626>

Ortega, E.H.(2015) Usos tradicionales de las plantas de la orinoquía colombiana. *UG – Ciencia*. 21, 16-28.

- Ospina, J. D., Flores, J. C. M., & Orozco, M. S. S. (2015). Influencia de la fertilización en la producción y composición del aceite esencial de *Lippia organoides* HBK (orégano criollo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 20(3), 335-347.
- Owolabi, M. S., Adewale, O. R., Dosoky, N. S., & Setzer, W. N. (2013). 1-Nitro-2-phenylethane dominates the chemical composition of the leaf essential oil of *Uvaria chamae* from Badagry, Nigeria. *Amer. J. Essent. Oil Nat. Prod*, 1(1), 48-50.
- Paiva, L. A. F., de Alencar Cunha, K. M., Santos, F. A., Gramosa, N. V., Silveira, E. R., & Rao, V. S. N. (2002). Investigation on the wound healing activity of oleo-resin from *Copaifera langsdorffii* in rats. *Phytotherapy Research: An International Journal Devoted to Pharmacological and Toxicological Evaluation of Natural Product Derivatives*, 16(8), 737-739.
- Paiva, L. A. F., Gurgel, L. A., Campos, A. R., Silveira, E. R., & Rao, V. S. N. (2004). Attenuation of ischemia/reperfusion-induced intestinal injury by oleo-resin from *Copaifera langsdorffii* in rats. *Life Sciences*, 75(16), 1979-1987.
- Paiva, L. A. F., Rao, V. S. N., Gramosa, N. V., & Silveira, E. R. (1998). Gastroprotective effect of *Copaifera langsdorffii* oleo-resin on experimental gastric ulcer models in rats. *Journal of ethnopharmacology*, 62(1), 73-78.
- Palmer-Young, E. C., Veit, D., Gershenzon, J., & Schuman, M. C. (2015). The Sesquiterpenes (E)- $\beta$ -Farnesene and (E)- $\alpha$ -Bergamotene quench ozone but fail to protect the wild tobacco *Nicotiana attenuata* from ozone, UVB, and Drought Stresses. *PloS one*, 10(6), e0127296.
- Pereira, R. A., Zoghbi, M. D. G. B., & Bastos, M. D. N. D. C. (2010). Essential oils of twelve species of Myrtaceae growing wild in the sandbank of the Resex Maracanã, State of Pará, Brazil. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 13(4), 440-450.
- Pérez Martínez, M., & Pérez Correa, E. (2002). El sector rural en Colombia y su crisis actual. *Cuadernos de desarrollo rural*, (48).
- Pieri, F. A., José, R. M., Galvão, N. N., Nero, L. A., & Moreira, M. A. S. (2010). Antimicrobial activity of autoclaved and non autoclaved copaiba oil on *Listeria monocytogenes*. *Ciência Rural*, 40(8), 1797-1801.

Pieri, F. A., Mussi, M. C., & Moreira, M. A. S. (2009). Óleo de copaíba (*Copaifera* sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 11(4), 465-472.

Pino, J. A., Agüero, J., Marbot, R., & Fuentes, V. (2001). 2076201. Leaf oil of *Psidium guajava* L. from Cuba. *The Journal*, 13(1), 61-62.

Policegoudra, R. S., Goswami, S., Aradhya, S. M., Chatterjee, S., Datta, S., Sivaswamy, R., ... & Singh, L. (2012). Bioactive constituents of *Homalomena aromatica* essential oil and its antifungal activity against dermatophytes and yeasts. *Journal de Mycologie Médicale/Journal of Medical Mycology*, 22(1), 83-87.

Portacio, A. A., Jiménez, A. F., & Urango, M. D. P. (2016). Estudio teórico sobre el cambio de índice de refracción y la absorción óptica en un punto cuántico en presencia de un campo magnético uniforme. *Revista Mexicana de Física*, 62(4).

Priolo, A., Cornu, A., Prache, S., Krogmann, M., Kondjoyan, N., Micol, D., & Berdagué, J. L. (2004). Fat volatiles tracers of grass feeding in sheep. *Meat Science*, 66(2), 475-481.

Prosser, I. M., Adams, R. J., Beale, M. H., Hawkins, N. D., Phillips, A. L., Pickett, J. A., & Field, L. M. (2006). Cloning and functional characterisation of a cis-muroladiene synthase from black peppermint (*Mentha × piperita*) and direct evidence for a chemotype unable to synthesise farnesene. *Phytochemistry*, 67(15), 1564-1571.

PubChem (2015) (1R,4aR,7R,8aR)-7-(2-Hydroxypropan-2-yl)-1,4a-dimethyldecahydronaphthalen-1-ol. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/substance/250029579#section=Top>

PubChem (2019) (-)-alpha-Copaene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/76319594#section=Top>

PubChem (2019) (+)-delta-Selinene. Recuperado de: [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_\\_\\_-delta-selinene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/___-delta-selinene#section=Top)

PubChem (2019) (+)-gamma-Amorphene. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12313019#section=Top>

PubChem (2019) (E)-alpha-Bisabolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5315468#section=Top>

PubChem (2019) (E)-Muurolo-4-(14),5-diene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91747875#section=Top>

PubChem (2019) 1,10-Di-epcubenol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91748749#section=Top>

PubChem (2019) 10-Epi-gamma-Eudesmol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10-epi-gamma-Eudesmol#section=Top>

PubChem (2019) 6,9-Guaiadiene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/527113#section=Top>

PubChem (2019) 7-Epi-alpha-selinene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10726905#section=Top>

PubChem (2019) Alloaromadendrene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Aromadendrene#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Bergamotene, (E)-(-). Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/trans-alpha-Bergamotene#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Bisabolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5352653#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Bisabolol, (+)-. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Bisabolol#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Cadinene, (+)-. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Cadinene#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Cadinene, (+)-. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Cadinene#section=Top>

PubChem (2019) Alpha-Cadinol, (-) -. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Cadinol#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Caracolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12302243#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Cubebene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/86609#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Eudesmol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Eudesmol#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Muurolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-Muurolene#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Selinene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/alpha-selinene#section=Top>

PubChem (2019) alpha-Ylangene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/442409#section=Top>

PubChem (2019) Amorpha-4,7(11)-dieno. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91753509#section=Top>

PubChem (2019) beta-Bisabolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-Bisabolene#section=Top>

PubChem (2019) beta-Calacorene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/529621#section=Top>

PubChem (2019) beta-Caryophyllene oxide. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/1742210#section=Top>

PubChem (2019) beta-Copaene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/87529#section=Top>

PubChem (2019) beta-Cubebene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/93081#section=Top>

PubChem (2019) beta-Elemene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6918391#section=Top>

PubChem (2019) beta-Farnesene, (6E)-. Recuperado de:  
[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_E\\_-beta-farnesene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/_E_-beta-farnesene#section=Top)

PubChem (2019) beta-Guaiene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/guaiene#section=Top>

PubChem (2019) beta-Longipinene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/25203064#section=Top>

PubChem (2019) beta-Sesquiphellandrene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/519764#section=Top>

PubChem (2019) Caryolan-8-ol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91746499#section=Top>

PubChem (2019) Caryophyllene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/beta-caryophyllene#section=Top>

PubChem (2019) cis-Cadin-4-en-7-ol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/91746528#section=Top>

PubChem (2019) cis-Muurola-3,5-diene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/51351708#section=Top>

PubChem (2019) Cyclosativene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/519960#section=Top>

PubChem (2019) Cyperene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12308843#section=Top>

PubChem (2019) delta-Cadinene, (+)-. Recuperado de:  
[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_\\_\\_-delta-Cadinene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/___-delta-Cadinene#section=Top)

PubChem (2019) delta-Elemene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/delta-Elemene#section=Top>

PubChem (2019) Elemol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Elemol#section=Top>

PubChem (2019) gamma-Cadinene, (-)-. Recuperado de:  
[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/\\_-\\_gamma-cadinene#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/_-_gamma-cadinene#section=Top)

PubChem (2019) gamma-Muurolene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/12313020#section=Top>

PubChem (2019) Germacrene B. Recuperado de:  
[https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Germacrene\\_B#section=Top](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Germacrene_B#section=Top)

PubChem (2019) Germacrene D. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/5373727#section=Top>

PubChem (2019) Guaiol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Guaiol#section=Top>

PubChem (2019) Humelene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Humulene#section=Top>

PubChem (2019) Ledol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/92812#section=Top>

PubChem (2019) Neointermedol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/11877394#section=Top>

PubChem (2019) Selin-11-en-4-ol. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6428433#section=Top>

PubChem (2019) Sesquisabinene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/25202482#section=Top>

PubChem (2019) Sesquithujene. Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/56927990#section=Top>

PubChem (2019) T- Muurolol. [En línea] Recuperado de:  
<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/T-Muurolol#section=Top>

PubChem (2019) Trans-Cadina-1,4-dieno. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/6430869#section=Top>

PubChem (2019) trans-Calamenen-10-ol. Recuperado de: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/10798883#section=Top>

Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Katz, L. C., LaMantia, A. S., McNamara, J. O., & Williams, S. M. (2001). The nociceptive components of the thalamus and cortex. *Neuroscience*. 2nd ed. Sunderland: Sinaner Associates.

QuimiNet. (2018) Precios de Aceite esencial de bálsamo de copaiba. [En línea] Recuperado el 22 de mayo de 2018, de <https://www.quiminet.com/productos/aceite-esencial-de-balsamo-de-copaiba-44658537419/precios.htm>.

Rajeswara Rao, B. R., Sastry, K. P., Saleem, S. M., Prakasa Rao, E. V. S., Syamasundar, K. V., & Ramesh, S. (2000). Volatile flower oils of three genotypes of rose-scented geranium (*Pelargonium* sp.). *Flavour and fragrance journal*, 15(2), 105-107.

Ramos-Gallardo, G., & Altamirano, A. M. (2014). Importancia del daño isquemia-reperusión en cirugía plástica. *Cirugía Plástica*, 24(1), 57-60.

Reglamento de Ejecución (UE) n ° 872/2012 de la Comisión, de 1 de octubre de 2012 , por el que se adopta la lista de sustancias aromatizantes prevista en el Reglamento (CE) n ° 2232/96 del Parlamento Europeo y del Consejo, se incluye dicha lista en el anexo I del Reglamento (CE) n ° 1334/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, y se derogan el Reglamento (CE) n ° 1565/2000 de la Comisión y la Decisión 1999/217/CE de la Comisión Texto pertinente a efectos del EEE. Recuperado de: [http://data.europa.eu/eli/reg\\_impl/2012/872/oj](http://data.europa.eu/eli/reg_impl/2012/872/oj)

Rodrigues, I. A., Ramos, A. D. S., Falcão, D. Q., Ferreira, J. L. P., Basso, S. L., Silva, J. R. D. A., & Amaral, A. C. F. (2018). Development of Nanoemulsions to Enhance the Antileishmanial Activity of *Copaifera paupera* Oleoresins. *BioMed research international*, 2018.

Rosa, C. S., Veras, K. S., Silva, P. R., Neto, J. L., Cardoso, H. L. M., Alves, L. P. L., ... & Moraes, D. F. C. (2016). Composição química e toxicidade frente *Aedes aegypti*



L. e Artemia salina Leach do óleo essencial das folhas de Myrcia sylvatica (G. Mey.) DC. Revista Brasileira de Plantas Mediciniais, 18(1), 19-26.

Rowshan, V., Khoi, M. K., & Javidnia, K. (2010). Effects of salicylic acid on quality and quantity of essential oil components in Salvia macrosiphon. J. Biol. Environ. Sci, 4(11), 77-82.

Sachetti, C. G., de Carvalho, R. R., Paumgarten, F. J., Lameira, O. A., & Caldas, E. D. (2011). Developmental toxicity of copaiba tree (Copaifera reticulata Ducke, Fabaceae) oleoresin in rat. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1080-1085.

Salomé, L.F. (2014). Fotosíntesis, crecimiento y aceites esenciales en morfotipos florales de caléndula (*Calendula officinalis*L.). Instituto de enseñanza e investigación en ciencias agrícolas. Recuperado de la página web: <https://studylib.es/doc/6439324/cal%C3%A9ndula--calendula-officinalis-l.->

Sampietro, D. A., Belizana, M. M., Baptista, Z. P., Vattuone, M. A., & Catalán, C. A. (2014). Essential oils from Schinus species of northwest Argentina: Composition and antifungal activity. *Natural product communications*, 9(7), 1019-1022.

Sánchez Pérez, Y., Correa Vidal, T. M., Abreu Machado, Y., Cotilla Pelier, L., Berroa Navarro, G., & Pino Pérez, O. (2014). Composición química del aceite esencial de Piper hispidum Sw. y actividad antimicrobiana sobre Xanthomonas albilineans (Ashby) Dowson y Xanthomonas campestris pv. campestris (Pammel) Dowson. *Revista de Protección Vegetal*, 29(3), 185-191.

Santos, A. O. D., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., Veiga Junior, V. F., Pinto, A. C., & Nakamura, C. V. (2008). Antimicrobial activity of Brazilian copaiba oils obtained from different species of the Copaifera genus. *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(3), 277-281.

Santos, A. O., Costa, M. A., Ueda-Nakamura, T., Dias-Filho, B. P., da Veiga-Júnior, V. F., de Souza Lima, M. M., & Nakamura, C. V. (2011). Leishmania amazonensis: effects of oral treatment with copaiba oil in mice. *Experimental parasitology*, 129(2), 145-151.

Santos, A. O., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., da Veiga Junior, V. F., & Nakamura, C. V. (2012). Copaiba oil: an alternative to development of new drugs

against leishmaniasis. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012.

Santos, A. O., Ueda-Nakamura, T., Dias Filho, B. P., Junior, V. F. V., Pinto, A. C., & Nakamura, C. V. (2008). Effect of Brazilian copaiba oils on *Leishmania amazonensis*. *Journal of ethnopharmacology*, 120(2), 204-208.

Sarapura, J. R., & Martínez, A. M. (2014). Cromatografía de gases–espectrometría de masas de compuestos fitobioactivos del aceite esencial de *Satureja incana*. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 4(2).

Scrivanti, L. R., Bernardello, G., & Anton, A. M. (2008). The foveola of *Bothriochloa alta* (Poaceae: Andropogoneae): Extrafloral nectary or secretory gland of essential oils?. *Flora-Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*, 203(1), 55-59.

Sena, J. F., Xavier, H. S., Barbosa, J. F., & Durringer, J. M. (2010). A chemical marker proposal for the *Lantana* genus: composition of the essential oils from the leaves of *Lantana radula* and *L. canescens*. *Natural product communications*, 5(4), 635-640.

Simic, A., Rančić, A., Sokovic, M. D., Ristic, M., Grujic-Jovanovic, S., Vukojevic, J., & Marin, P. D. (2008). Essential oil composition of *Cymbopogon winterianus*. and *Carum carvi*. and their antimicrobial activities. *Pharmaceutical Biology*, 46(6), 437-441.

Sociedad Química Americana. (2010). *trans-β-Farnesene*. Recuperado de: <https://www.acs.org/content/acs/en/molecule-of-the-week/archive/f/trans-beta-farnesene.html>

Stewart, T. M. A., Lowe, H. I., & Watson, C. T. (2016). Quantification and characterization of *Pimenta dioica* (Allspice) essential oil extracted via hydrodistillation, solvent and super critical fluid extraction methodologies. *American Journal of Essential Oils and Natural Products*, 4(3), 27-30.

Taming, T. H. C. (2011). potential cannabis synergy and phytocannabinoid-terpenoid entourage effects Russo, Ethan B. *British Journal of Pharmacology*, 163(7), 1344-1364.

- Tarquino, P., & Alfonzo, R. (2014). Mecanismos de formación de aromáticos en cortes de destilados medios del FCC. Impacto sobre su calidad y consecuencias del uso de residuos (Doctoral dissertation).
- Thakuri, B. C., Padalia, R. C., Chanotiya, C. S., Tiwari, A., Mathela, C. S., & Kharkwal, H. (2008). Sesquiterpene Rich Oils from Leaves and Roots of *Senecio rufinervis* DC. *Journal of Essential Oil Research*, 20(5), 435-436.
- Todorova, I. T., Batovska, D. I., Parushev, S. P., Djakova, G. J., & Popov, S. S. (2010). Surface metabolic composition of berries collected from 13 Bulgarian grapevine plants. *Natural product research*, 24(10), 935-941.
- Tomczykowa, M., Leszczyńska, K., Tomczyk, M., Tryniszewska, E., & Kalemba, D. (2011). Composition of the essential oil of *Bidens tripartita* L. roots and its antibacterial and antifungal activities. *Journal of medicinal food*, 14(4), 428-433.
- Topçu, G., Öksüz, S., Shieh, H. L., Cordell, G. A., Pezzuto, J. M., & Bozok-Johansson, C. (1993). Cytotoxic and antibacterial sesquiterpenes from *Inula graveolens*. *Phytochemistry*, 33(2), 407-410.
- Trisonthi, P., Sato, A., Nishiwaki, H., & Tamura, H. (2014). A new diterpene from *Litsea cubeba* fruits: structure elucidation and capability to induce apoptosis in HeLa cells. *Molecules*, 19(5), 6838-6850.
- Troncoso, C., Becerra, J., Perez, C., Hernandez, V., San Martin, A., Sanchez-Olate, M., & Rios, D. (2012). Induction of defensive responses in *Eucalyptus globulus* (Labill) plants, against *Ctenarytaina eucalypti* (Maskell)(Hemiptera: Psyllidae). *American Journal of Plant Sciences*, 3(05), 589.
- Tung, Y. T., Huang, C. C., Ho, S. T., Kuo, Y. H., Lin, C. C., Lin, C. T., & Wu, J. H. (2011). Bioactive phytochemicals of leaf essential oils of *Cinnamomum osmophloeum* prevent lipopolysaccharide/D-galactosamine (LPS/D-GalN)-induced acute hepatitis in mice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 59(15), 8117-8123.

- Turkez, H., Togar, B., Di Stefano, A., Taspınar, N., & Sozio, P. (2015). Protective effects of cyclosativene on H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-induced injury in cultured rat primary cerebral cortex cells. *Cytotechnology*, 67(2), 299-309.
- Valdivia Roldán, M. (2011). Gastritis y gastropatías. *Revista de Gastroenterología del Perú*, 31(1), 38-48.
- Veiga Junior, V. F., & Pinto, A. C. (2002). The *Copaifera* L. genus. *Quimica Nova*, 25(2), 273-286.
- Vicente Sánchez, M. P., Macías Saint-Gerons, D., González Bermejo, D., Montero Corominas, D., Catalá-López, F., & de la Fuente Honrubia, C. (2013). Evolución del uso de medicamentos ansiolíticos e hipnóticos en España durante el periodo 2000-2011. *Revista Española de Salud Pública*, 87(3).
- Viriato, E. P., Bianchetti, E. S., Santos, K., Vaz, A. F., Campos, R. M. V., Pereira, A. P., ... & Carvalho, J. C. T. (2009). Study of high dilutions of copaiba oil on inflammatory process. *Int J High Dilution Res*, 8(26), 9-14.
- Wang, B., Peng, X. X., Sun, R., Li, J., Zhan, X. R., Wu, L. J., ... & Xie, T. (2012). Systematic review of  $\beta$ -elemene injection as adjunctive treatment for lung cancer. *Chinese journal of integrative medicine*, 18(11), 813-823.
- Wei, L., Lin, M., Han, B., Deng, X., Hou, W., Liao, Q., & Xie, Z. (2016). The Comparison of *Cinnamomi Cortex* and *Cinnamomum burmannii* Blume Using <sup>1</sup>H NMR and GC-MS Combined with Multivariate Data Analysis. *Food Analytical Methods*, 9(9), 2419-2428.
- Xia, Y., Zhang, B., Li, W., & Xu, G. (2011). Changes in volatile compound composition of *Antrodia camphorata* during solid state fermentation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(13), 2463-2470.
- Yang, H., Jung, E. M., Ahn, C., Lee, G. S., Lee, S. Y., Kim, S. H., ... & Jeung, E. B. (2015). Elemol from *Chamaecyparis obtusa* ameliorates 2, 4-dinitrochlorobenzene-induced atopic dermatitis. *International journal of molecular medicine*, 36(2), 463-472.
- Yu, F., Harada, H., Yamasaki, K., Okamoto, S., Hirase, S., Tanaka, Y., ... & Utsumi, R. (2008). Isolation and functional characterization of a  $\beta$ -eudesmol synthase, a new

sesquiterpene synthase from *Zingiber zerumbet* Smith. *FEBS letters*, 582(5), 565-572.

Zambrano-Blanco, E. (2015). Diversidad genética del jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe.) A nivel molecular: Avances de la última década. *Entramado*, 11(2), 190-199.

Zamora-Burbano, A. M., & Arturo-Perdomo, D. E. (2016). Composición química del aceite esencial de hojas *Hedyosmum translucidum* Cuatrec., Chloranthaceae (Granizo). *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 15(3), 192-198.

Zhao, Y. S., Zhu, T. Z., Chen, Y. W., Yao, Y. Q., Wu, C. M., Wei, Z. Q., ... & Xu, Y. H. (2012).  $\beta$ -Elemene inhibits Hsp90/Raf-1 molecular complex inducing apoptosis of glioblastoma cells. *Journal of neuro-oncology*, 107(2), 307-314.

Zhu, L., Zhu, S. M., & Tian, Y. J. (2012). Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil and Extracts of *Saurauia lantsangensis* Hu Root. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 67(5-6), 282-290.

Zimmerman-Franco, D. C., Bolutari, E. B., Polonini, H. C., do Carmo, A. M. R., das Graças AM Chaves, M., & Raposo, N. R. (2013). Antifungal activity of *Copaifera langsdorffii* Desf oleoresin against dermatophytes. *Molecules*, 18(10), 12561-12570.

## ANEXOS

### ANEXO A. Encuesta



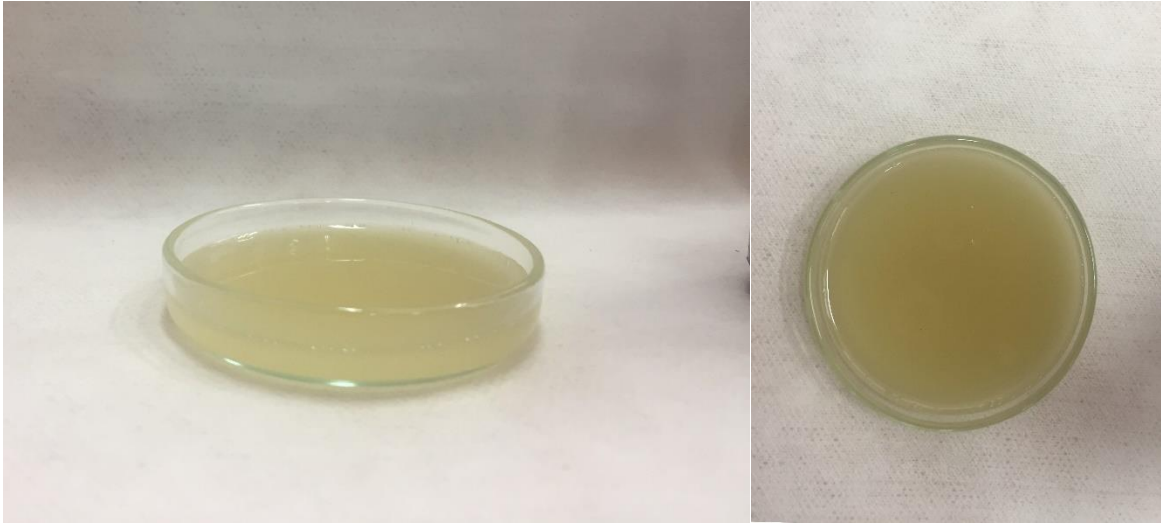
# GE GAS

Grupo de estudio de la Universidad de los Llanos

### ENCUESTA SOBRE EL USO TRADICIONAL DEL ACEITE DE PALO

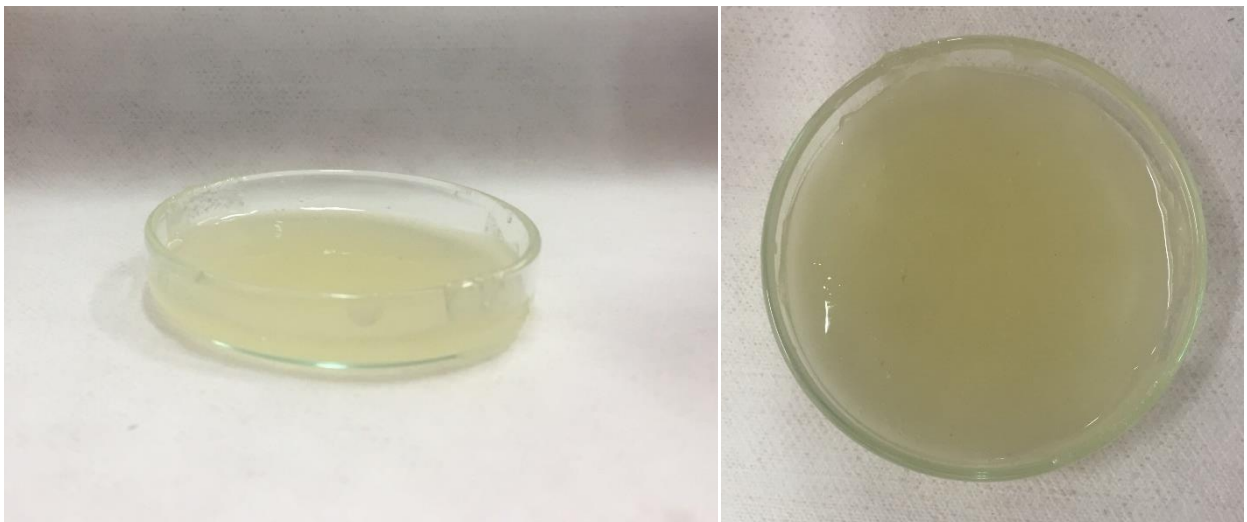
<b>Teléfono de contacto:</b>
<b>1. ¿Para qué usa el aceite de palo?</b>
<b>2. ¿Quién usa el aceite de palo en la casa?</b>
<input type="checkbox"/> Niños
<input type="checkbox"/> Adultos
<input type="checkbox"/> Todos
<input type="checkbox"/> Otros, especifique: _____
<b>3. ¿Cuánto toma o se aplica diariamente el aceite de palo?</b>

**ANEXO B. Muestra 1 de la oleorresina de copaiba**



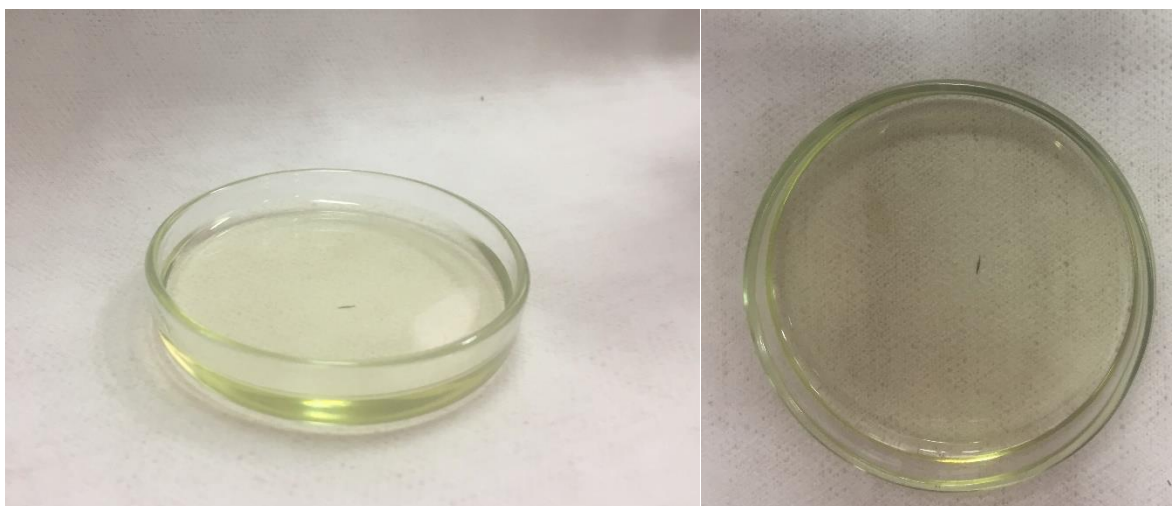
**Fecha:** Enero, 2018.

**ANEXO C. Muestra 2 de la oleorresina de copaiba**



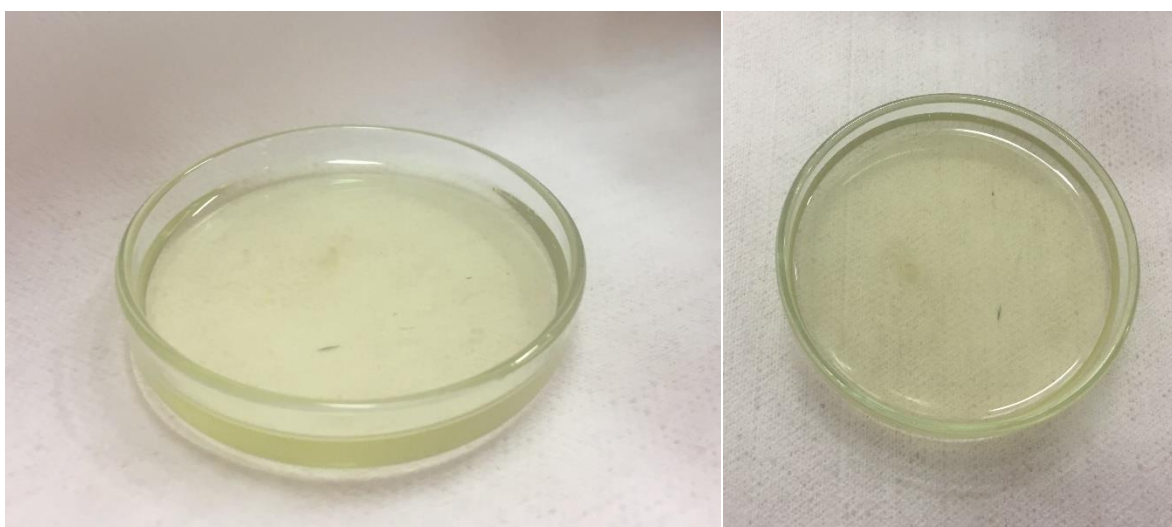
**Fecha:** Enero, 2018.

***ANEXO D. Muestra 3 de la oleorresina de copaiba***



**Fecha:** Enero, 2018.

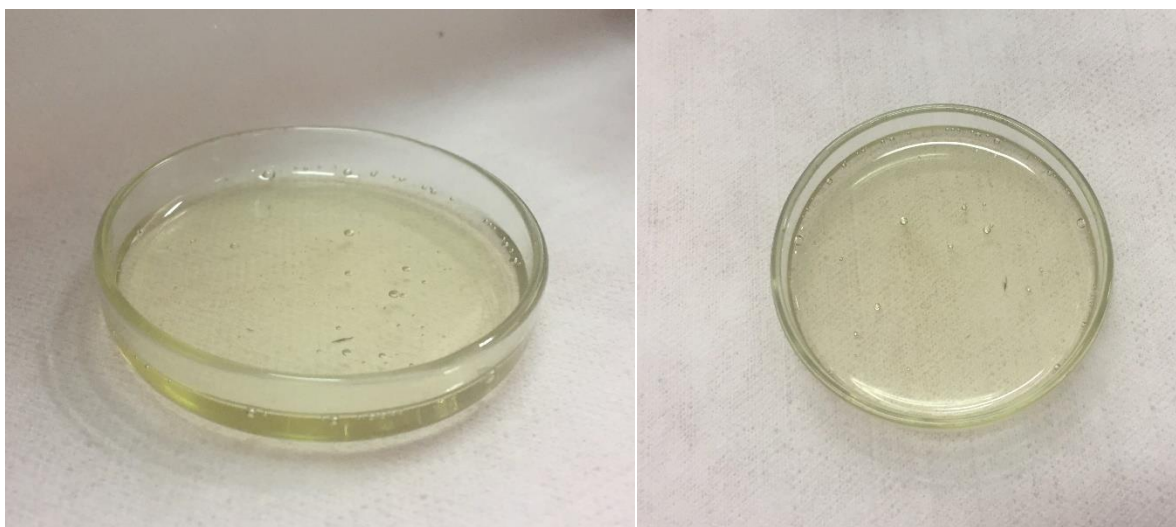
***ANEXO E. Muestra 4 de la oleorresina de copaiba***





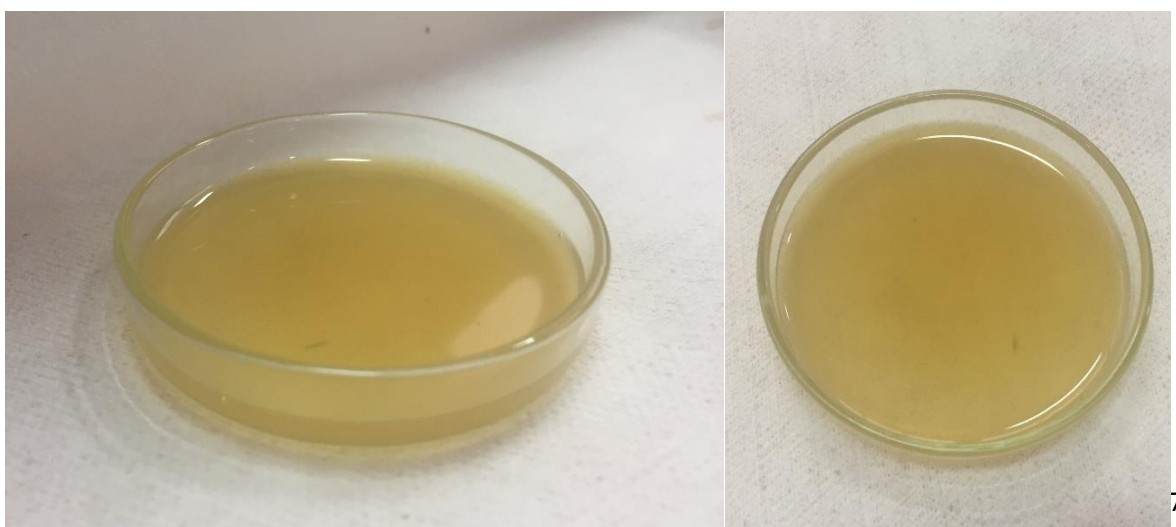
**Fecha:** Enero, 2018.

***ANEXO F. Muestra 5 de la oleorresina de copaiba***



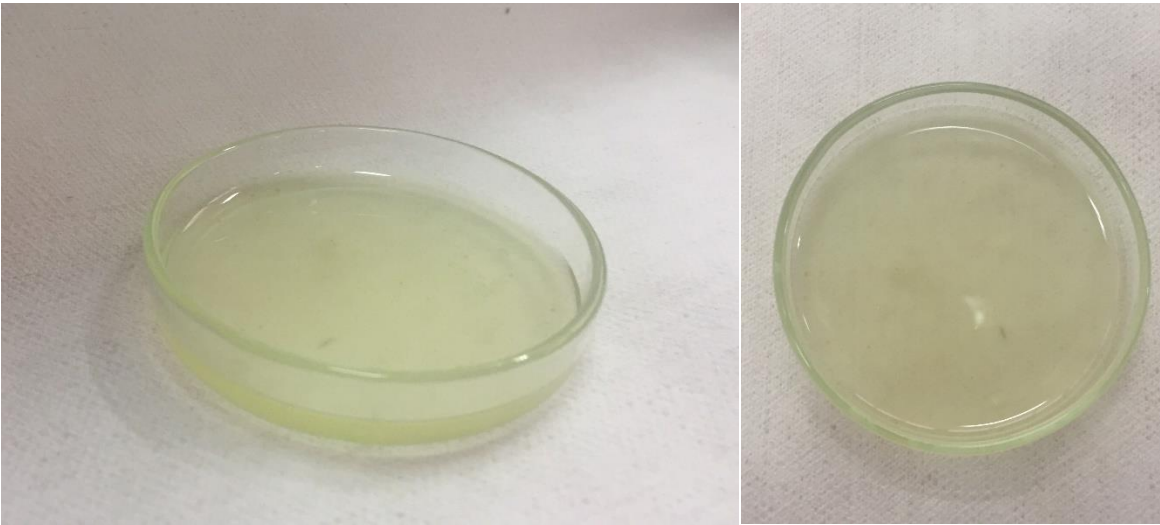
**Fecha:** Enero, 2018.

***ANEXO G. Muestra 6 de la oleorresina de copaiba***



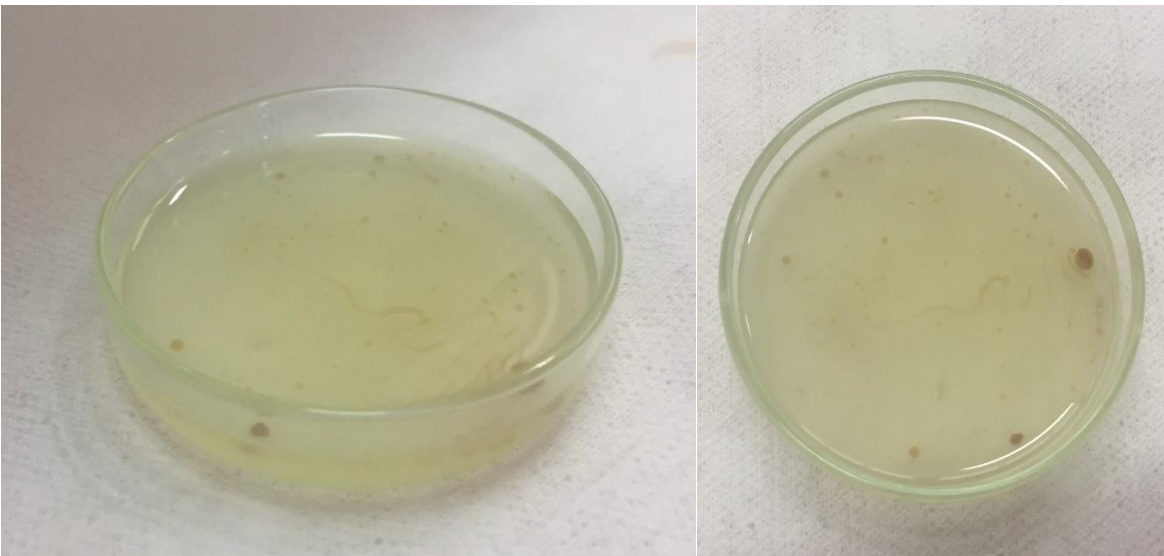
**Fecha:** Enero, 2018.

***ANEXO H. Muestra 7 de la oleorresina de copaiba***



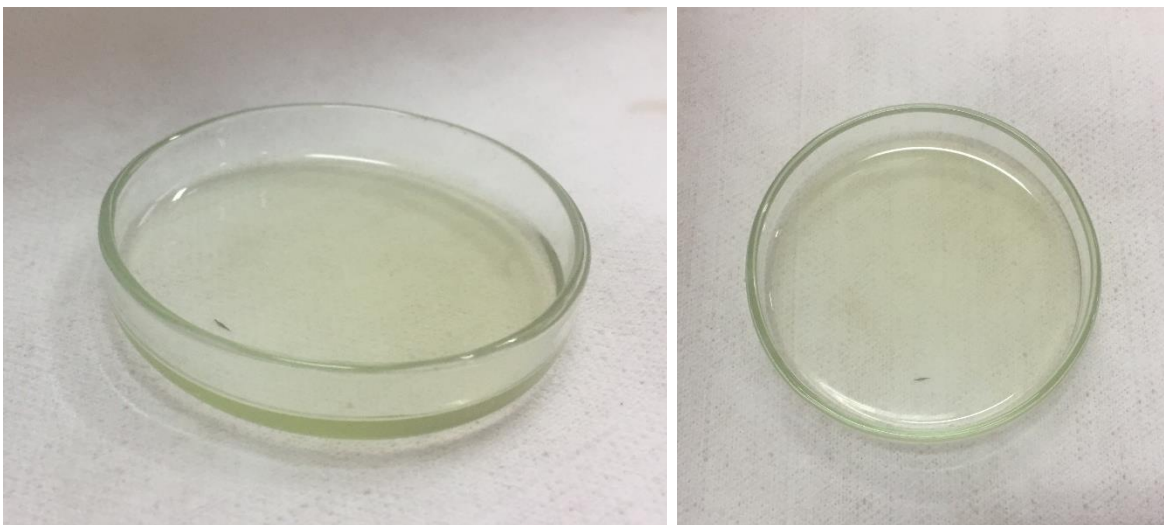
**Fecha:** Enero, 2018.

***ANEXO I. Muestra 8 de la oleorresina de copaiba***



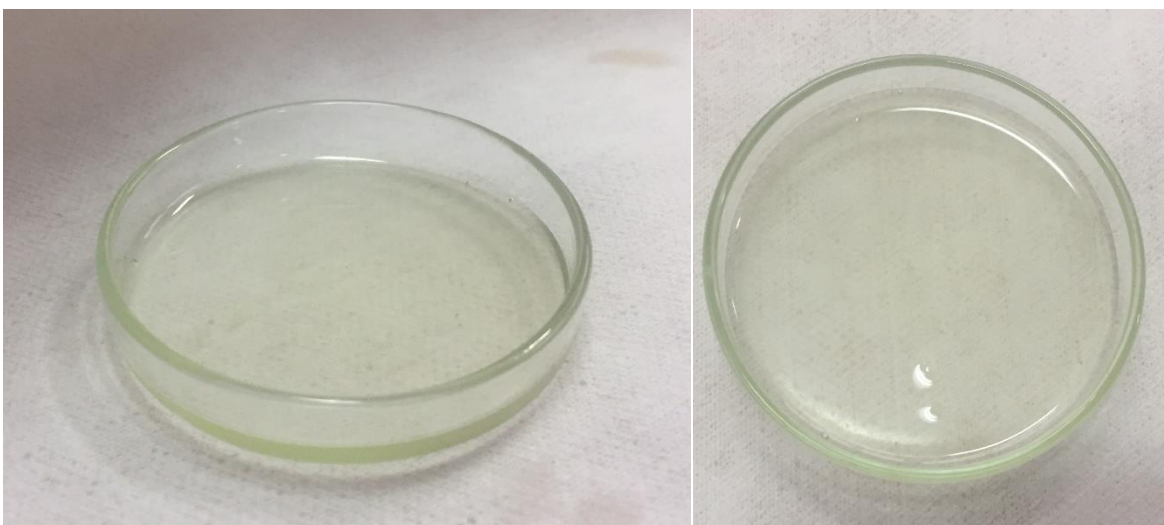
**Fecha:** Enero, 2018.

***ANEXO J. Muestra 9 de la oleorresina de copaiba***



**Fecha:** Enero, 2018.

***ANEXO K. Muestra 10 de la oleorresina de copaiba***



**Fecha:** Enero, 2018.

**ANEXO L. Muestra 11 de la oleoresina de copaiba**



**Fecha:** Enero, 2018.

## AUTORIZACIÓN

Yo Luis Camilo Toro Chacón.

Mayor de edad, vecino de Villavicencio, Meta. Identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 1.121.940.684 de Villavicencio, actuando en nombre propio en mi calidad de autor del trabajo de tesis denominado “ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA OLEORRESINA DE COPAIBA (*Copaifera* spp.) EN LA REGIÓN DE LA ORINOQUIA BASADOS EN LA RECUPERACIÓN DEL CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y SU CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA”, hago entrega del ejemplar y sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD-ROM) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, para que en los términos establecidos en la ley 23 de 1982. Ley 44 de 1993. Decisión Andina 351 de 1993. Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquilar, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. **PARÁGRAFO:** La presente autorización, se hace extensiva, no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, usos en red Internet, extranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización, es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de exclusiva autoría y detecta la titularidad sobre la misma. **PARÁGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión. EL ESTUDIANTE – AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados, para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia, se firma el presente documento en dos (X) ejemplares del mismo valor y tenor en Villavicencio, Meta: a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de Dos mil once (2019)

EL AUTOR – ESTUDIANTE

(firma) \_\_\_\_\_

Nombre

C.C. No. 1.121.940.684 de Villavicencio

## AUTORIZACIÓN

Yo Nicolás Rafael Francisco Robles Valderrama.

Mayor de edad, vecino de Villavicencio, Meta. Identificado con la Cédula de Ciudadanía No. 1.121.919.562 de Villavicencio, actuando en nombre propio en mi calidad de autor del trabajo de tesis denominado “ESTRATEGIAS DE APROVECHAMIENTO AGROINDUSTRIAL DE LA OLEORRESINA DE COPAIBA (*Copaifera* spp.) EN LA REGIÓN DE LA ORINOQUIA BASADOS EN LA RECUPERACIÓN DEL CONOCIMIENTO TRADICIONAL Y SU CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA”, hago entrega del ejemplar y sus anexos de ser el caso, en formato digital o electrónico (CD-ROM) y autorizo a la UNIVERSIDAD DE LOS LLANOS, para que en los términos establecidos en la ley 23 de 1982. Ley 44 de 1993. Decisión Andina 351 de 1993. Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia, utilice y use en todas sus formas, los derechos patrimoniales de reproducción, comunicación pública, transformación y distribución (alquilar, préstamo público e importación) que me corresponden como creador de la obra objeto del presente documento. **PARÁGRAFO:** La presente autorización, se hace extensiva, no sólo a las facultades y derechos de uso sobre la obra en formato o soporte material, sino también para formato virtual, electrónico, digital, óptico, usos en red Internet, extranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer.

EL AUTOR – ESTUDIANTE, manifiesta que la obra objeto de la presente autorización, es original y la realizó sin violar o usurpar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es de exclusiva autoría y detecta la titularidad sobre la misma. **PARÁGRAFO:** En caso de presentarse cualquier reclamación o acción por parte de un tercero en cuanto a los derechos de autor sobre la obra en cuestión. EL ESTUDIANTE – AUTOR, asumirá toda la responsabilidad, y saldrá en defensa de los derechos aquí autorizados, para todos los efectos la Universidad actúa como un tercero de buena fe.

Para constancia, se firma el presente documento en dos (X) ejemplares del mismo valor y tenor en Villavicencio, Meta: a los \_\_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ de Dos mil once (2019)

EL AUTOR – ESTUDIANTE

(firma) \_\_\_\_\_

Nombre

C.C. No. 1.121.919.562 de Villavicencio