



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
La Universidad Católica de Loja

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

MAESTRÍA EN ALIMENTOS

**Estudio de los compuestos volátiles presentes en la bebida
tradicional ecuatoriana horchata**

**TESIS PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
MAGÍSTER EN ALIMENTOS**

Autor: Betancourt Patiño, Nixon Steve

Directora: Valarezo Valdez, Benito Eduardo

LOJA

2022



Esta versión digital, ha sido acreditada bajo la licencia Creative Commons 4.0, CC BY-NC-SA: Reconocimiento-No comercial-Compartir igual; la cual permite copiar, distribuir y comunicar públicamente la obra, mientras se reconozca la autoría original, no se utilice con fines comerciales y se permiten obras derivadas, siempre que mantenga la misma licencia al ser divulgada. <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>

2022

Aprobación del director de tesis

Loja, 28, de septiembre, de 2022

Magíster

Maritza Janneth Castillo Carrión

Coordinadora de Titulación

Ciudad.-

De mi consideración:

Me permito comunicar que, en calidad de director de la presente tesis denominado: “Estudio de los compuestos volátiles presentes en la bebida tradicional ecuatoriana horchata realizado por Nixon Steve Betancourt Patiño ha sido orientado y revisado durante su ejecución, así mismo ha sido verificado a través de la herramienta de similitud académica institucional, y cuenta con un porcentaje de coincidencia aceptable. En virtud de ello, y por considerar que el mismo cumple con todos los parámetros establecidos por la Universidad, doy mi aprobación a fin de continuar con el proceso académico correspondiente.

Particular que comunico para los fines pertinentes.

Atentamente,

PhD. Eduardo Benito Valarezo Valdez

C.I.: 1103906473

Correo electrónico: bevalarezo@utpl.edu.ec

Declaración de AUTORÍA y cesión de derechos

“Yo, Nixon Steve Betancourt Patiño, declaro y acepto en forma expresa lo siguiente:

Ser autor del Trabajo de Titulación denominado: Estudio de los componentes volátiles presentes en la bebida tradicional ecuatoriana horchata, de la Maestría en Alimentos, específicamente de los contenidos comprendidos en: Introducción. Capítulo 1. Marco teórico de la bebida tradicional ecuatoriana horchata, Capítulo 2. Metodología de la investigación, Capítulo 3. Discusión de resultados, Conclusiones y Recomendaciones, siendo Benito Eduardo Valarezo Valdez, director del presente trabajo; también declaro que la presente investigación no vulnera derechos de terceros ni utiliza fraudulentamente obras preexistentes. Además, ratifico que las ideas, criterios, opiniones, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad. Eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones judiciales o administrativas, en relación a la propiedad intelectual de este trabajo.

Que la presente obra, producto de mis actividades académicas y de investigación, forma parte del patrimonio de la Universidad Técnica Particular de Loja, de conformidad con el artículo 20, literal j), de la Ley Orgánica de Educación Superior; y, artículo 91 del Estatuto Orgánico de la UTPL, que establece: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”, en tal virtud, cedo a favor de la Universidad Técnica Particular de Loja la titularidad de los derechos patrimoniales que me corresponden en calidad de autor/a, de forma incondicional, completa, exclusiva y por todo el tiempo de su vigencia.

La Universidad Técnica Particular de Loja queda facultada para ingresar el presente trabajo al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública, en cumplimiento del artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

.....

Nixon Steve Betancourt Patiño

1104381205

nsbetancourt@utpl.edu.ec

Dedicatoria

A mi esposa Leslye y mi hija Kaely, mi principal motivo para ser mejor cada día. A mis padres Nixon y Elizabeth, por su apoyo incondicional durante toda mi vida, por su ejemplo de trabajo, dedicación y entrega. Todo lo que he logrado es gracias a ustedes. A mis hermanos, Elizabeth, Kathy y Pablo, por estar siempre juntos, apoyándonos desde el lugar donde estemos y compartiendo nuestros logros. A mis sobrinos Kathy Belén y Óscar Luis por alegrar cada momento de mi vida. A mis abuelitos Lucas y Olimpia, Alfredo y Yolanda, que, aunque no los tenga físicamente, desde el cielo iluminan mi camino.

Agradecimiento

Agradecido con Dios por ser mi fuerza y mi escudo, por guiarme en mi vida y darme las oportunidades para realizarme como padre, hijo, hermano y profesional. Al Dr. Eduardo Valarezo, por su dedicación y dirección durante mi proyecto de investigación. A la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus docentes por impartir sus conocimientos en beneficio de sus estudiantes, por brindarme las facilidades para formarme como profesional y abrirme las puertas para realizar este proyecto.

Índice de contenido

<i>Carátula</i>	<i>I</i>
<i>Aprobación del director de tesis</i>	<i>II</i>
<i>Declaración de autoría y cesión de derechos</i>	<i>III</i>
<i>Dedicatoria</i>	<i>V</i>
<i>Agradecimiento</i>	<i>VI</i>
<i>Índice de Contenido</i>	<i>VII</i>
<i>Índice de tablas</i>	<i>IX</i>
<i>Resumen</i>	<i>1</i>
<i>Abstract</i>	<i>2</i>
<i>Introducción</i>	<i>3</i>
<i>Capítulo uno</i>	<i>5</i>
<i>Marco teórico</i>	<i>5</i>
1.1. Generalidades	<i>5</i>
1.2. Infusiones y bebidas.....	<i>5</i>
1.3. Horchata	<i>5</i>
1.4. Preparación.....	<i>6</i>
1.5. Especies utilizadas.....	<i>6</i>
1.6. Aceites esenciales	<i>10</i>
1.7. Composición química de los aceites esenciales.....	<i>11</i>
1.7.1. <i>Sabinene</i>	<i>12</i>
1.7.2. <i>Mirceno</i>	<i>12</i>
1.7.3. <i>α-Phellandrene</i>	<i>13</i>
1.7.4. <i>1,4-Cineole</i>	<i>13</i>
1.7.5. <i>Terpinolene</i>	<i>14</i>
1.7.6. <i>Linalool</i>	<i>14</i>
1.7.7. <i>Citronellol</i>	<i>14</i>
1.7.8. <i>Ocimenone</i>	<i>15</i>
1.7.9. <i>Nerol</i>	<i>15</i>
1.7.10. <i>Pulegone</i>	<i>16</i>
1.7.11. <i>Neral</i>	<i>16</i>
1.7.12. <i>Geraniol</i>	<i>16</i>
1.7.13. <i>Elemene <δ></i>	<i>17</i>

1.7.14.	<i>Cubebene</i> < α ->	17
1.7.16.	<i>Methyl cinnamate</i> <(E)->	18
1.7.17.	<i>Geranyl acetate</i>	19
1.7.18.	<i>Humulene</i> < β ->	19
1.7.19.	<i>Cadinene</i> < δ ->	20
1.7.20.	<i>Spathulenol</i>	20
1.7.21.	<i>Caryophyllene oxide</i>	21
1.7.22.	<i>Cadinol</i> <epi- α ->	21
Capítulo dos		23
Metodología		23
2.1	Preparación de la bebida horchata	23
2.2	Extracción de los compuestos volátiles.....	24
2.3	Corrida cromatográfica de la bebida horchata.	25
2.4	Determinación de los compuestos mayoritarios de la bebida horchata mediante Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de masas (GC-MS).	26
2.5	Identificación cualitativa y cuantitativa de los compuestos químicos de la bebida de Horchata.	26
2.6	Recopilación de información	27
2.7	Determinación teórica de la actividad biológica de la horchata	27
Capítulo tres		28
Resultados y discusión		28
3.1	Composición química de la bebida Horchata	28
3.2	Compuestos mayoritarios en la bebida Horchata.....	29
3.3	Análisis de los compuestos mayoritarios de la bebida tradicional ecuatoriana horchata..	30
3.3.1	<i>Sabinene</i>	30
3.3.2	<i>Myrcene</i>	31
3.3.3	α - <i>Phellandrene</i>	32
3.3.4	<i>Terpinolene</i>	33
3.3.5	<i>Linalool</i>	34
3.3.6	<i>Citronellol</i>	35
3.3.7	<i>Nerol</i>	36
3.3.8	<i>Pulegone</i>	36
3.3.9	<i>Geraniol</i>	37
3.3.10	δ - <i>Elemene</i>	39
3.3.11	α - <i>cubebene</i>	39
3.3.12	<i>Neryl acetate</i>	40

3.3.13 Methyl cinnamate <(E)->	41
Conclusiones	43
Recomendaciones	44
Referencias	45

Índice de tablas

Tabla 1 Composición química de la horchata.....	28
Tabla 2 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Sabinene	31
Tabla 3 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Myrcene	32
Tabla 4 Estudios sobre actividad biológica del compuesto α -Phellandrene	33
Tabla 5 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Terpinolene	33
Tabla 6 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Linalool.....	34
Tabla 7 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Citronellol.....	35
Tabla 8 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Nerol	36
Tabla 9 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Pulegone	37
Tabla 10 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Geraniol.....	37
Tabla 11 Estudios sobre actividad biológica del compuesto δ -Elemene	39
Tabla 12 Estudios sobre actividad biológica del compuesto α -Cubebene.....	40
Tabla 13 Estudios sobre actividad biológica del compuesto Neryl acetate	40
Tabla 14 Estudios sobre actividad biológica del compuesto E-Methyl cinnamate.....	41

Índice de figuras

Figura 1 <i>Malva sylvestris</i> (Malva común)	6
Figura 2 <i>Mentha piperita</i> (Menta).....	7
Figura 3 <i>Cymbopogon citratus</i> (Hierba Luisa).....	8
Figura 4 <i>Aloysia triphylla</i> (Cedrón)	8
Figura 5 <i>Melissa officinalis</i> (Toronjil).....	9
Figura 6 <i>Matricaria recutita</i> (Manzanilla)	9
Figura 7 <i>Alcea rosea</i> (Malva olorosa)	10
Figura 8 Estructura química de Sabinene	12

Figura 9 Estructura química de Mirceno	13
Figura 10 Estructura química de α -Phellandrene	13
Figura 11 Estructura química de 1,4-cineole.....	13
Figura 12 Estructura química de Terpinolene.....	14
Figura 13 Estructura química de α -phellandrene	14
Figura 14 Estructura química de Citronellol	15
Figura 15 Estructura química de Ocimenone.....	15
Figura 16 Estructura química de Nerol.....	15
Figura 17 Estructura química de Pulegone	16
Figura 18 Estructura química de Neral	16
Figura 19 Estructura química de Geraniol.....	17
Figura 20 Estructura química de δ -Elemene	17
Figura 21 Estructura química de α -Cubebene	17
Figura 22 Estructura química de Neryl acetate.....	18
Figura 23 Estructura química de E-Methyl cinnamate	18
Figura 24 Estructura química de Geranyl acetate	19
Figura 25 Estructura química de β -Humulene	19
Figura 26 Estructura química de δ -Cadinene.....	20
Figura 27 Estructura química de Spathunelol.....	20
Figura 28 Estructura química de Caryophyllene oxide.....	21
Figura 29 Estructura química de Epi- α -cadinol	21
Figura 30 Descripción del proceso de obtención de la bebida tradicional ecuatoriana horchata.	23
Figura 31 Descripción del proceso de extracción de los compuestos volátiles de la bebida tradicional ecuatoriana horchata.	24
Figura 32 Descripción del sistema utilizado por el equipo cromatográfico de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS)	25
Figura 33 Compuestos mayoritarios de la bebida tradicional ecuatoriana horchata.....	30
Figura 34 Actividad biológica de los compuestos de la bebida horchata.....	42

Resumen

La horchata es una bebida tradicional del sur del Ecuador, elaborada generalmente con 28 especies de las cuales 16 son medicinales. Es conocida por los beneficios que aporta a la salud del consumidor. El presente trabajo se enfocó en el estudio de los compuestos volátiles de la bebida horchata. La extracción de los compuestos se realizó mediante extracción líquido/líquido utilizando un solvente orgánico. La composición química cualitativa y cuantitativa se determinó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS). Se identificó un total de 33 compuestos que representan un total del 94,18%. Los compuestos mayoritarios fueron: sabinene (2,87%), myrcene (3,03%), α -phellandrene (4,56%), terpinolene (6,45%), linalool (3,14%), citronellol (16,69%), nerol (5,04%), pulegone (3,39%), geraniol (3,39%), δ -elemene (2,80%), α -cubebene (2,12%), neryl acetate (3,20%) y E-methyl cinnamate (5,09%). Las actividades biológicas establecidas teóricamente de la fracción volátil de la horchata fueron: anticancerígena (56,24%), antibacteriana (37,58%), antioxidante (26,63%), antifúngico (13,59%) y antiinflamatorio (14,80%).

Palabras clave: Bebida horchata, cromatografía de gases, espectrometría de masas.

Abstract

Horchata is a traditional drink from southern Ecuador, generally made with 28 species, with 16 are medicinal. It is known for the benefits it brings to consumer health. The present work focused on the study of the volatile compounds of horchata beverage. The extraction of the compounds was performed by liquid/liquid extraction using an organic solvent. The qualitative and quantitative chemical composition was determined by gas chromatography coupled to mass spectrometry (GC-MS). A total of 33 compounds were identified, representing a total of 94,18%. The main compounds were: sabinene (2,87%), myrcene (3,03%), α -phellandrene (4,56%), terpinolene (6,45%), linalool (3,14%), citronellol (16,69%), nerol (5,04%), pulegone (3,39%), geraniol (3,39%), δ -elemene (2,80%), α -cubebene (2,12%), neryl acetate (3,20%) and E-methyl cinnamate (5,09%). The biological activities reported were: anticancer (56,24%), antibacterial (37,58%), antioxidant (26,63%), antifungal (13,59%) and anti-inflammatory (14,80%).

Keywords: Horchata beverage, gas chromatography, mass spectrometry.

Introducción

Ecuador es considerado uno de los países con mayor biodiversidad en el mundo. Debido a la variedad de flora en el país, facilita el estudio de estas especies que día a día generan compuestos llamados metabolitos secundarios, cuya principal función es la protección de la especie frente a depredadores.

Desde hace algunos años se han utilizado las plantas de distinta forma para tratar dolencias, enfermedades e infecciones causadas por bacterias, hongos y virus. Es así que ha sido un atractivo para investigadores el estudiar las plantas con el fin de aislar compuestos que puedan ser implementados en la elaboración de productos cosméticos, farmacéuticos y alimenticios.

Hoy en día existe una lista de plantas pertenecientes al territorio ecuatoriano, específicamente en la región Sierra y Amazónica, que han sido estudiadas y catalogadas como medicinales.

Las plantas medicinales se han utilizado principalmente en infusiones capaces de contrarrestar síntomas causados por infecciones. En la región sur del país, en la provincia de Loja, existe una bebida tradicional elaborada a partir de distintas especies medicinales, Horchata.

Esta bebida por lo general se obtiene mediante la infusión de 28 especies, de las cuales 16 son medicinales, algunas de ellas son: menta, hierba luisa, cedrón, toronjil, manzanilla. Se utiliza también flores como esencia de rosas, violetas, begonias, claveles, malva olorosa y malva blanca.

En base a lo antes mencionado, se ha establecido como objetivo general el estudio de los compuestos volátiles de la bebida tradicional ecuatoriana horchata. Para ello se determinará los compuestos volátiles presentes en la bebida mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) y se establecerá de manera teórica la actividad biológica que poseen los compuestos mayoritarios.

El trabajo se divide en tres principales capítulos. El capítulo consta de un marco teórico en el cual se presenta definiciones correspondientes al tema de investigación. En el capítulo

dos se describe la metodología implementada en la investigación como la obtención de la infusión de la bebida, su procesamiento y los equipos utilizados. El capítulo 3 se presentan los resultados del estudio. Finalmente se establecen las conclusiones y recomendaciones de la investigación.

El presente estudio brindará información importante y relevante sobre la composición química de la bebida horchata y de la propiedad biológica de que esta posee.

Capítulo uno

Marco teórico

1.1 Generalidades

Ecuador es considerado como un país mega diverso debido a que posee variedad de flora y fauna lo cual permite que estas especies sean objeto de investigación. Además, es reconocido por poseer gran diversidad de recursos naturales que pueden aprovechar para elaborar distintos productos alimenticios (Muñiz D. Rodríguez R. Contreras J., 2013).

1.2 Infusiones y bebidas

Una infusión es un tipo de bebida que se obtiene al colocar de distintas partes de la planta (hojas secas, frutos y flores) en agua a punto de ebullición y dejando reposar durante algunos minutos (Elizabeth Muñoz-Velázquez et al., 2012). El consumo este tipo de bebidas se ha incrementado en los últimos años debido a su sabor agradable y principalmente por los efectos benéficos a la salud que estas poseen. Las infusiones más preparadas son de manzanilla (*Matricaria recutita*), menta (*Mentha piperita*) y hierbaluisa (*Cymbopogon citratus*).

De estas especies se destaca la actividad antiinflamatoria, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana (Elizabeth Muñoz-Velázquez et al., 2012).

1.3 Horchata

La horchata lojana es una bebida tradicional de la provincia de Loja – Ecuador. Esta bebida se distingue de otras que llevan el nombre de “horchata” por su color rubí y por su preparación que es a base de distintas plantas medicinales (Armijos et al., 2020). En su preparación se utilizan más de 10 especies medicinales, las principales son: cedrón, manzanilla, hierba luisa, malva olorosa, toronjil, menta, linaza, malva blanca, malva rosa, llantén, congona, entre otras. Esta bebida se puede consumir directamente, o ya sea agregando limón, panela, azúcar o miel de abeja, además de ser una bebida que acompaña a cualquier comida en este punto del país.

De manera tradicional, estas especies se expenden en mercados locales como atados o manojos”, que es una bolsa con todas las especies juntas, sin embargo, actualmente

algunas empresas lojanas se han dedicado al rescate de esta bebida tradicional mediante la industrialización de las hierbas con el fin de obtener un producto fácil de utilizar para poder preparar la bebida, e incluso llegar a expender la bebida ya preparada. Algunas de estas marcas se expenden en los supermercados locales y algunas han logrado exportar sus productos, siendo estos atractivos para quienes residen en el exterior.

Cada una de las especies utilizadas en la elaboración de la bebida, presente cierto beneficio medicinal, es por eso que hace algunos años los guerreros bebían la horchata antes de sus luchas (Armijos et al., 2020), o por el contrario se administraban para tratar molestias como dolor de estómago, infecciones causadas por agentes patógenos y como antiinflamatoria.

1.4 Preparación

Armijos et al., (2020) describe la preparación de la horchata como una mezcla de 20 especies entre plantas y flores. La forma de prepararla es distinta, dependiendo de la zona geográfica en la cual se encuentre. Algunas veces se endulza con azúcar de caña, miel de abeja o edulcorantes naturales como stevia. De igual forma varias personas le agregan sábila por un posible efecto beneficioso en el organismo.

1.5 Especies utilizadas

Las especies utilizadas son muy diversas pudiendo llegar incluso a 63 plantas diferentes, la mayoría de infusiones (horchata) se elaboran con alrededor de 20 ó 30 especies vegetales. Las más utilizadas se describen a continuación.

Malva esencia

Es una hierba que pertenece a la familia *Malvaceae*, cuyo género es *Malva* y se la conoce científicamente como *Malva sylvestris* (Figura 1). Se utiliza esta especie en infusión para tratar procesos inflamatorios, como analgésico, diurético, y antidiarreico (Armijos et al., 2020).

Figura 1. *Malva sylvestris* (*Malva común*)



Mentha piperita

Comúnmente llamada menta, es una especie aromática que pertenece a la familia *Lamiaceae*, del género *Mentha* y de nombre científico *Mentha piperita* (Figura 2). Esta especie es utilizada en infusión como analgésico, antidiarreico, antiinflamatorio, antitusivo y digestivo (Armijos et al., 2020).

Figura 2. *Mentha piperita* (Menta)



Cymbopogon citratus

Esta especie pertenece a la familia Poaceae, del género *Cymbopogon* cuyo nombre científico es *Cymbopogon citratus* (Figura 3). Como infusión se utiliza como antiflatulento, analgésico, digestivo, expectorante, antiinflamatorio, además relaja el sistema nervioso y trata síntomas relacionados con la gastritis (Armijos et al., 2020).

Figura 3. *Cymbopogon citratus* (Hierba Luisa)



Aloysia triphylla

Hierba aromática de la familia Verbenaceae, del género *Aloysia* de nombre científico *Aloysia triphylla* (Figura 4). Se utiliza mediante infusión para tratar procesos inflamatorios, espasmos gástricos, analgésico, digestivo y diurético

Figura 4. *Aloysia triphylla* (Cedrón)



Melissa officinalis

Esta especie pertenece a la familia *Lamiaceae*, del género *Melissa* cuyo nombre científico es *Melissa officinalis* (Figura 5). Su infusión es utilizada para tratar procesos inflamatorios, además usado como analgésico, antiespasmódico y para tratar alergias y dolores de cabeza (Armijos et al., 2020).

Figura 5. *Melissa officinalis* (Toronjil)



Matricaria recutita

Especie de la familia *Asteraceae*, del género *Matricaria* cuyo nombre científico es *Matricaria recutita* (Figura 6). Se realiza una infusión para tratar procesos inflamatorios, además usado como sedante, antiflatulento, antihelmíntico y digestivo (Armijos et al., 2020)..

Figura 6. *Matricaria recutita* (Manzanilla)



Alcea rosea

Especie vegetal de la familia *Malvaceae*, del género *Alcea* cuyo nombre científico es *Alcea rosea* (Figura 7). Mediante infusión es utilizada para tratar procesos inflamatorios y también como diurético y analgésico (Armijos et al., 2020).

Figura 7. *Alcea rosea* (*Malva olorosa*)



1.6 Aceites esenciales

Los aceites esenciales tienen una composición característica y muy compleja. Posee componentes aromáticos volátiles los cuales son responsables de su aroma característico. Estos son utilizados en la industria cosmética, de alimentos y farmacéutica. Por lo general el método aplicado para la obtención de aceite esencial es destilación por arrastre de vapor. (Martínez, 2001).

Los aceites esenciales son mezclas complejas de 100 o más componentes. Estos pueden ser: compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres); monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos (Martínez, 2001). Estos se

distribuyen ampliamente en familias de plantas. Se puede obtener el aceite esencial de diferentes partes de la planta: hojas, tallo, raíz, flores y frutos (Martínez, 2001).

Los aceites esenciales son volátiles a temperatura ambiente. El olor es variado y depende de la composición química los cuales pueden ser fuertes, dulces o picantes. Algunos agradables y otros no muy agradables para el olfato. Son solubles en alcohol y en solventes orgánicos como éter y cloroformo. Son liposolubles y muy poco solubles en agua (Quijano Celis, 2007).

En su mayoría, los aceites esenciales poseen un olor agradable, sin embargo, existen algunos que poseen olor desagradable, tal es el caso del ajo y cebolla, cuyo olor se debe a que contienen compuestos azufrados (Martínez, 2001).

Existen diversos métodos para la extracción de aceite esencial. Martínez, (2001) describe en su estudio algunos tipos de extracción de aceite esencial. Métodos como expresión, extracción con solventes volátiles, extracción con fluidos supercríticos, enfleurage y destilación por arrastre de vapor, son algunos de los diversos métodos que existen siendo este último el más utilizado.

La destilación por arrastre de vapor se utiliza a nivel de industria debido a su alto rendimiento, pureza del aceite y porque no requiere tecnología sofisticada. Se utiliza muestra fresca y cortada en trozos pequeños, se introduce en un balón de aforo junto con agua y es calentado hasta punto de ebullición. Esto causará que las vacuolas se rompan y liberen su aceite esencial el cual será arrastrado por una corriente de vapor de agua y posteriormente condensada, recolectada y separada de la parte acuosa. Dichos aceites esenciales presentan una composición compleja, cuyos componentes pueden ser empleados en la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria ya que poseen distintas propiedades biológicas que pueden ser aprovechadas en la elaboración de distintos productos.

1.7 Composición química de los aceites esenciales.

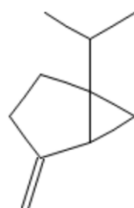
Los aceites esenciales generalmente constituyen valores $<0.01\%$ hasta valores $>3\%$ del peso seco de la planta. Son líquidos con poca solubilidad en agua, solubles en alcoholes y disolventes orgánicos. La mayoría de los aceites son menos densos que el agua (con

excepciones como los aceites esenciales de canela, sazafrán y clavo) y tienen un alto índice de refracción. En lo que respecta a su composición química, suelen ser mezclas complejas de constituyentes muy variables que pertenecen casi exclusivamente al grupo de los terpenos y al grupo de los compuestos aromáticos. Los compuestos terpénicos están formados por unidades de isopreno (5 carbonos), que pueden ser monoterpenos (10 carbonos) y sesquiterpenos (15 carbonos). Los monoterpenos y sesquiterpenos pueden ser, a su vez, acíclicos, monocíclicos y bicíclicos, y también oxigenados y no oxigenados. Las principales rutas biosintéticas son la ruta del mevalonato, la ruta del metileritritol y finalmente la ruta del ácido shikímico. Las rutas biosintéticas mencionadas anteriormente conducen a sesquiterpenos, mono y diterpenos y fenilpropanos, respectivamente (Koshchaev et al., 2022).

1.7.1 *Sabinene*

El sabineno (4 – metileno – 1 – (1metiletil)[3.1.0] hexano), de fórmula $C_{10}H_{16}$ y peso molecular 136,23 g/mol, es un monoterpeno bicíclico aislado de los aceites esenciales de diversas plantas. Se utiliza como aditivo en alimentos y en la elaboración de agentes aromatizantes (Roselló-Soto et al., 2019).

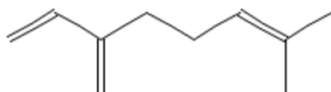
Figura 8. Estructura química de Sabinene



1.7.2 *Mirceno*

También conocido como myrcene (7 – metil – 3 – metilideneocta – 1,6 – dieno), de fórmula molecular $C_{10}H_{16}$, es un monoterpeno acíclico derivado insaturado del 2,6 – dimetiloctano. Posee un peso molecular de 136,23 g/mol. Aparece como líquido aceitoso amarillento de olor agradable ulce o cítrico. Es insoluble en agua. Se utiliza en la elaboración de ambientadores y productos de limpieza (Roselló-Soto et al., 2019).

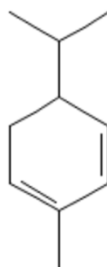
Figura 9. Estructura química de Mirceno



1.7.3 α -Phellandrene

Alfa-fellandreno (1,3-cyclohexadiene, 2-methyl-5-(1-metiletil)- α -fellandrene), de peso molecular 136,23 g/mol y fórmula molecular $C_{10}H_{16}$, es un par de isómeros de doble enlace de monoterpene cíclico de fellandreno en el que los dobles enlaces son endocíclicos. Es un compuesto volátil y actúa como agente microbiano (Roselló-Soto et al., 2019).

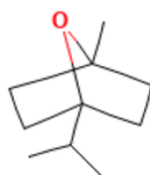
Figura 10. Estructura química de α -Phellandrene



1.7.4 1,4-Cineole

El 1,4-cineol (1-metil-4-propan-2-il-7-oxabicyclo[2.2.1]heptano), de fórmula molecular $C_{10}H_{18}O$, y peso molecular 154,25 g/mol, es un oxabicycloalcano que tiene función como insecticida y depresor del sistema nervioso central (Roselló-Soto et al., 2019).

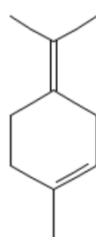
Figura 11. Estructura química de 1,4-cineole



1.7.5 Terpinolene

Llamado también terpinoleno (1-metil-4-propan-2-ilidenociclohexano) de fórmula molecular $C_{10}H_{16}$ y peso molecular 136,23 g/mol, es un líquido blanco. Presenta dobles enlaces en la posición 1 y 4. Tiene función de sedante y actúa como repelente de insectos. También se utiliza para fabricar plásticos y resinas (Roselló-Soto et al., 2019).

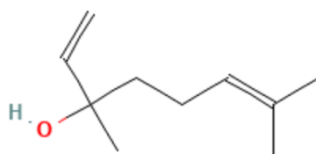
Figura 12. Estructura química de Terpinolene



1.7.6 Linalool

El linalool (3,7-dimetilocta-1,6-dien-3-ol) de fórmula molecular $C_{10}H_{18}O$ y peso molecular 154,25 g/mol, es un monoterpeno sustituido por grupos metilo en las posiciones 3 y 7. Actúa como agente microbiano y se utiliza también como fragancia. Se considera también como un alcohol terciario (Roselló-Soto et al., 2019).

Figura 13. Estructura química de α -phellandrene

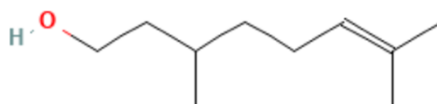


1.7.7 Citronellol

El citronellol (3,7-dimetiloct-6en-1-ol) de fórmula molecular $C_{10}H_{20}O$ y peso molecular 156,26 g/mol, es un monoterpeno sustituido por un grupo hidroxilo en la posición 1 y grupos

metilo en las posiciones 3 y 7. Se utiliza como potenciador de fragancia y repelente de mosquitos. Además se utiliza en cremas, lociones y productos de belleza (Roselló-Soto et al., 2019) .

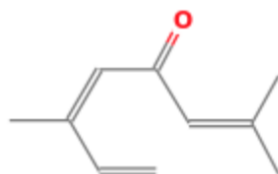
Figura 14. Estructura química de Citronellol



1.7.8 Ocimenone

De fórmula molecular C₁₀H₁₄O, y peso 150,22 g/mol.

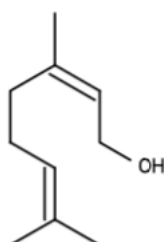
Figura 15. Estructura química de Ocimenone



1.7.9 Nerol

El nerol (3,7-dimetil-2,6-octadien-1-ol,(Z)-), cuya fórmula molecular es C₁₀H₁₈O y peso molecular 154,24 g/mol, es un monoterpeneo y um aldehído alqueno. Se aísla de aceites esenciales de algunas especies como el limón. Actúa como inductor de apoptosis (Roselló-Soto et al., 2019) .

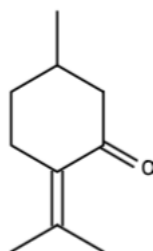
Figura 16. Estructura química de Nerol



1.7.10 Pulegone

También conocida como pulegona (metil-2-(1-metiletilidieno)ciclohexanone), de fórmula molecular $C_{10}H_{16}O$ y peso molecular 152,23 g/mol, es un monoterpeno que emite un aroma a menta levemente alcanforado. Es utilizado en la industria de los dulces por su sabor y olor agradable a menta (Roselló-Soto et al., 2019).

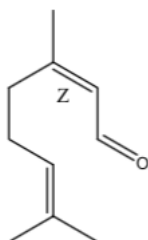
Figura 17. Estructura química de Pulegone



1.7.11 Neral

Es un enal (2Z)-3,7dimetiloctanal-2,6-dienal, con fórmula molecular $C_{10}H_{16}O$ y peso molecular 152,23 g/mol. Es aislado de el aceite esencial de especies vegetales como el limón. Induce a la apoptosis (Roselló-Soto et al., 2019).

Figura 18. Estructura química de Neral

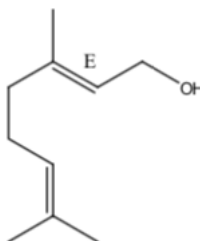


1.7.12 Geraniol

El geraniol 2,6-octadien-1-ol,3,7-dimetil-,(2E)-, de fórmula molecular $C_{10}H_{18}O$, y peso molecular 154,25 g/mol, es un líquido aceitoso de color amarillo pálido con un olor dulce a

rosas. Es un monoterpenoide que posee dos unidades de prenilo unidas de cabeza a cola con un grupo hidroxilo en el extremo de la cola (Roselló-Soto et al., 2019) .

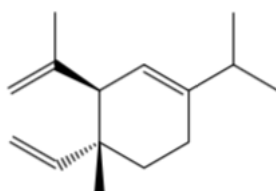
Figura 19. Estructura química de Geraniol



1.7.13 Elemene δ->

Delta elemene ((3R, 4R)-4-etenil-4metil-1-propan-2-il-3-prop-1-en-2-ciclohexeno), de fórmula molecular $C_{15}H_{24}$, y peso molecular 204,35 g/mol. Es un sesquiterpeno que es ciclohexano y está sustituido en las posiciones 1, 3, 4, y 4 por cuatro grupos isopropilo, isopropenilo, metilo y vinilo, respectivamente. Considerado como inductor de apoptosis (Roselló-Soto et al., 2019) .

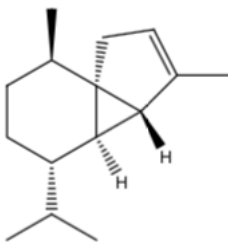
Figura 20 Estructura química de δ -Elemene



1.7.14 Cubebene α->

Alfa – cubebeno (1R, 5S, 6R, 7S, 10R)-4,10-dimetil-7-propan-2-iltriciclo[4.4.0.0^{1,5}]dec-3-eno) de fórmula molecular $C_{15}H_{24}$, y peso molecular 204,35 g/mol. Es un sesquiterpeno tricíclico aislado de cítricos, manzanilla y tomillo (Roselló-Soto et al., 2019) .

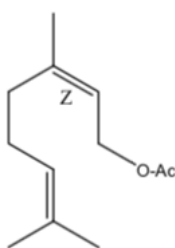
Figura 21. Estructura química de α -Cubebene



1.7.15 Neryl acetate

Acetato de nerilo (2,6-octadien-1-ol-3,7-dimetil-,acetate,(Z)-), de fórmula molecular $C_{12}H_{20}O_2$, y peso molecular 196,28 g/mol. Es un éster de acetato producto de la condensación formal de un grupo hidroxilo del nerol con un grupo carboxi del ácido acético. Se utiliza como agente aromatizante y también como aditivo alimentario (Roselló-Soto et al., 2019) .

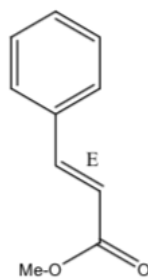
Figura 22. Estructura química de Neryl acetate



1.7.16 Methyl cinnamate <(E)->

Cinamato de metilo ((E)-3-fenilprop-2-enoato de metilo), de fórmula molecular $C_{10}H_{10}O_2$, y peso molecular 162,18 g/mol. Es un éster metílico y un cinamato de alquilo. Es de color blanco o transparente con un olor fuerte y aromático. Se utiliza en la industria de perfumes (Roselló-Soto et al., 2019) .

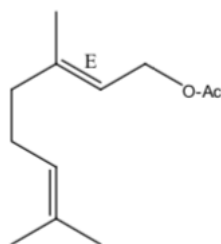
Figura 23. Estructura química de E-Methyl cinnamate



1.7.17 Geranyl acetate

Acetato de geranilo [(2E)-3,7-dimetilocta-2,6-dienil]acetato, de fórmula molecular $C_{12}H_{20}O_2$, y peso molecular 196,29 g/mol. Es un monoterpeneo que es el éster de acetato derivado del geraniol. Es un líquido transparente con olor a lavanda (Roselló-Soto et al., 2019)

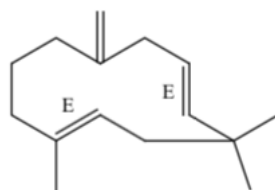
Figura 24. Estructura química de Geranyl acetate



1.7.18 Humulene β->

Beta humuleno (1,5-cycloundecadieno, 1, 4, 4-trimetil-8-metileno-,(E,E)- de fórmula molecular $C_{15}H_{24}$, y peso molecular 204,35 g/mol. Consiste en un anillo de 11 miembros, três unidades de isopreno que contienen los dobles enlaces. Es un producto natural que se encuentra en la familia Asteraceae (Roselló-Soto et al., 2019) .

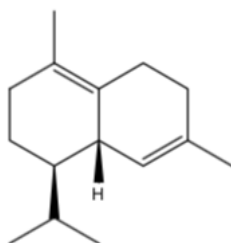
Figura 25. Estructura química de β -Humulene



1.7.19 Cadinene δ->

Delta cadinene (naphthalene, 1, 2, 3, 5, 6, 8a-hexahidro-4,7-dimetil-1-(1-metiletil)-,(1S-cis)-, de fórmula molecular $C_{15}H_{24}$ y peso molecular 204,35 g/mol. Pertenece al grupo de sesquiterpenos cadineno en donde los dobles enlaces están ubicados en las posiciones 4-4^a y 7-8 (Roselló-Soto et al., 2019) .

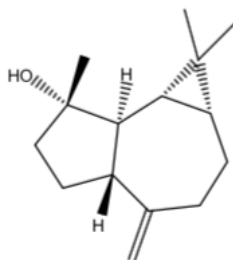
Figura 26. Estructura química de δ -Cadinene



1.7.20 Spathulenol

Espatulenol 1H-cycloprop(e)azulen-7-ol, decahidro-1,1,7-trimetil-4-methylene-, (1aR-(1a α ,4a α ,7 β ,7a β ,7b α))-, de fórmula molecular $C_{15}H_{24}O$ y peso molecular 220,35 g/mol. Es un sesquiterpeno tricíclico que lleva tres sustituyentes metilo en las posiciones 1,1 y 7. Un sustituyente hidroxilo en la posición 7. Se utiliza en anestésicos y como un agente vasodilatador (Roselló-Soto et al., 2019) .

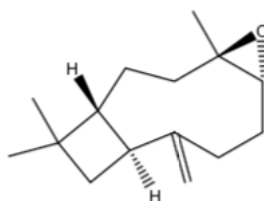
Figura 27. Estructura química de Spathulenol



1.7.21 Caryophyllene oxide

Óxido de cariofileno (1 *R*, 4 *R*, 6 *R*, 10 *S*)-4,12,12-trimetil-9-metiliden-5-oxatriciclo[8.2.0.0^{4,6}]dodecano, de fórmula molecular C₁₅H₂₄O y peso molecular 220,35 g/mol. Es un terpenoide oxigenado, producto metabólico del cariofileno. Se usa como antifúngico (Roselló-Soto et al., 2019).

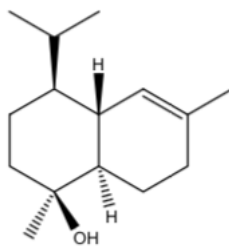
Figura 28. Estructura química de Caryophyllene oxide



1.7.22 Cadinol <epi-α>

Epi-alfa cadinol (1-natthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahidro-1,6-dimetil-4-(1-metiletil)-, (1*S*-(1α,4α,4aα,8aβ))-, de fórmula molecular C₁₅H₂₆O y peso molecular 222,37 g/mol. Es un sesquiterpenoide de cadinano que es cadin -4-eno que lleva un sustituyente hidroxilo en la posición 10 (Roselló-Soto et al., 2019).

Figura 29. Estructura química de Epi-α-cadinol



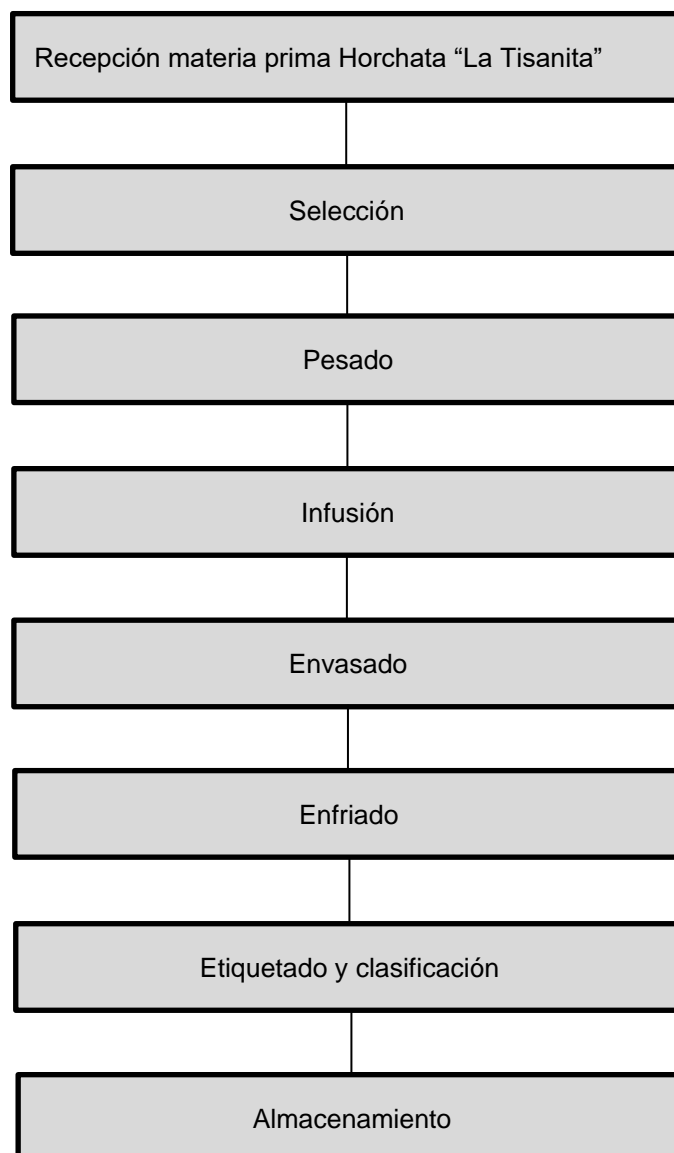
Capítulo dos

Metodología

2.1 Preparación de la bebida horchata

En la siguiente figura se describe el proceso para la obtención de la bebida horchata.

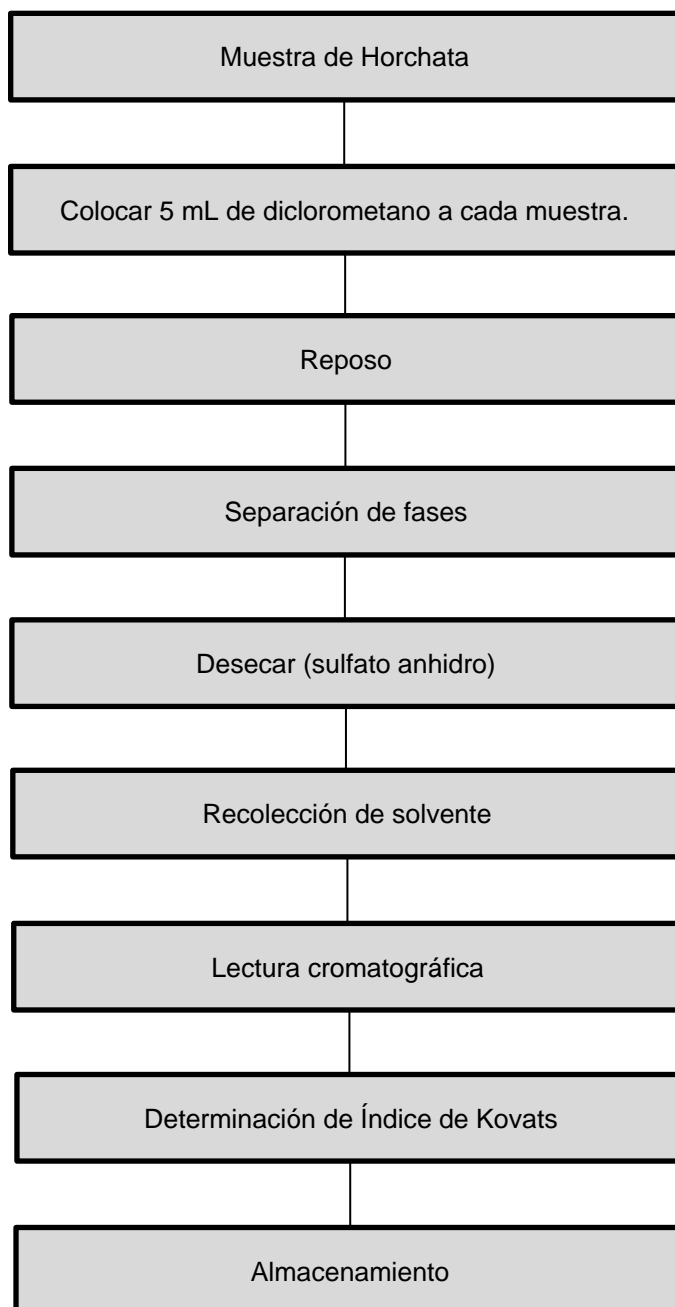
Figura 30. Descripción del proceso de obtención de la bebida tradicional ecuatoriana horchata.



2.2 Extracción de los compuestos volátiles

Una vez obtenida la infusión, se extrajeron los compuestos volátiles mediante extracción líquido/líquido con el uso de un solvente orgánico, diclorometano.

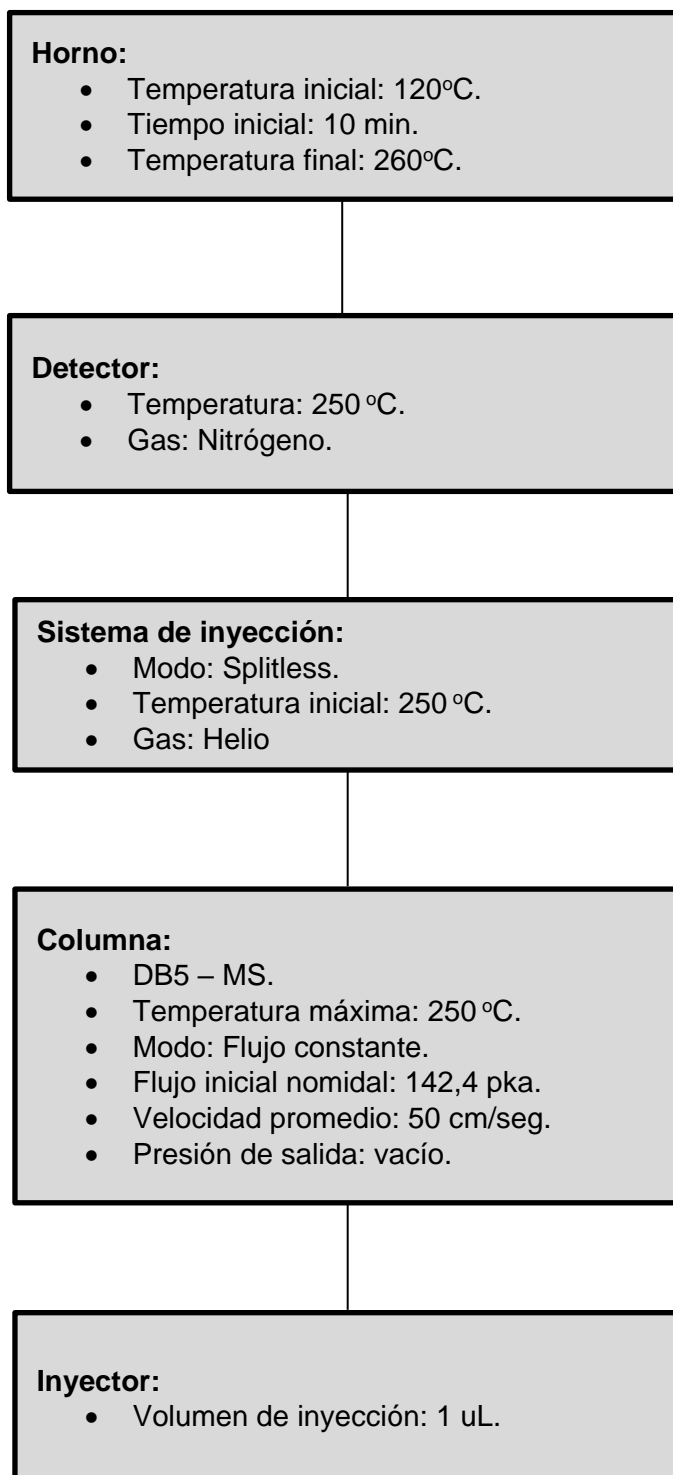
Figura 31. Descripción del proceso de extracción de los compuestos volátiles de la bebida tradicional ecuatoriana horchata.



2.3 Corrida cromatográfica de la bebida horchata.

Previo al análisis mediante cromatografía, fue necesario preparar la muestra para inyectarla en el equipo. En la figura 32 se describe los parámetros utilizados en el mismo.

Figura 32. Descripción del sistema utilizado por el equipo cromatográfico de gases acoplado a espectrometría de masas (GC-MS)



2.4 Determinación de los compuestos mayoritarios de la bebida horchata mediante

Cromatografía de Gases acoplada a Espectrometría de masas (GC-MS).

El análisis de la bebida Horchata se realizó mediante el uso de cromatógrafo de gases (Aliigent 6890 Series) acoplado a espectrometría de masas (Aligent 5973 Inert Series) equipado con un inyector automático de tipo Split / Splitless (7683 Series). De igual forma trabaja con un sistema computarizado MSD – Chemistation D.01.00 SP1 y un detector de ionización de llama (FID) provisto de un generador de hidrógeno “Gas Generator 9150 Packard). Se utilizó una columna capilar no polar para el análisis cromatográfico. Columna DB5 – MS (30m x 0,25mm y espesor de película de 0,25 um), cuya recubierta interna es de Fenilmetilpolisiloxano al 0,5%.

2.5 Identificación cualitativa y cuantitativa de los compuestos químicos de la bebida de Horchata.

La identificación de los compuestos volátiles presentes en la bebida tradicional horchata, fue realizada em base a tiempos de retención tomando em cuenta el índice de retención y espectros de masa de cada uno de los compuestos, los cuales fueron cmparados com la biblioteca WILEY 7, incluida en el equipo.

Al final de la corrida cromatográfica, se mostró el cromatograma correspondiente a la muestra inyectada en el equipo. Esta gráfica muestra distintos picos que pertenecen al tiempo de retención y concentración de los compuestos. De igual forma, calculó el índice de retención de Kovats aplicando la siguiente fórmula:

$$IR = 100n + \left(100 * \frac{tRx - tRn}{tRN - tRn}\right)$$

IR: Índice de retención de lineal.

n: Número de átomos de carbono en el alcano.

tRx: Tiempo de retención del compuesto analizado.

tRn: Tiempo de retención del alcano que eluye antes del compuesto analizado.

tRN: Tiempo de retención del alcano que eluye después del compuesto.

Luego de haber calculado el IR, se compararon dichos valores con bibliografía de (Adams 2017). Se tomó en cuenta una diferencia de ± 10 . De igual forma el número de CAS fue importante para identificar el compuesto de una manera más rápida.

2.6 Recopilación de información sobre la composición química y actividad biológica de la horchata

Se establecieron fuentes primarias y secundarias de información. Como fuentes primarias se tiene los trabajos que contengan información de primera mano, tales como: libros, artículos científicos y ensayos. Como fuentes secundarias se tiene a los sitios web que contienen información procesada de las fuentes primarias.

De igual forma se han tomado en cuenta algunas consideraciones para la recopilación de información:

- Los artículos deben hacer referencia a la evaluación de la actividad biológica sobre los compuestos estudiados.
- Los artículos y ensayos deben presentar resultados.
- Se tomará en cuenta estudios realizados posterior al año 2000 hasta el año en curso (2022)

Se han tomado en cuenta distintas bases de datos para obtener información como: Scopus, DSPACE, ScienceDirect, PubChem y Web of Science, dentro de los cuales se consideraron artículos científicos y ensayos clínicos de revistas de alto impacto, excluyendo tesis de pregrado y posgrado.

Se realizó la recopilación de información mediante la revisión de las propiedades perjudiciales y benéficas de los compuestos mayoritarios de la bebida horchata que se mencionan en las distintas fuentes bibliográficas.

2.7 Determinación teórica de la actividad biológica de la horchata

Conociendo el porcentaje de abundancia relativa y la actividad biológica de cada compuesto, se determinó la actividad teórica de la parte volátil de la horchata mediante la búsqueda bibliográfica de las actividades de los compuestos mayoritarios.

Capítulo tres

Resultados y discusión

3.1 Composición química de la bebida Horchata

La composición de la fracción volátil de la bebida horchata se determinó mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) en columna no polar DB5-MS. Los compuestos presentes en la bebida se detalla en la tabla 1, los cuales se disponen en orden correspondiente a la detección en el equipo y resaltados los mayoritarios.

Tabla 1.

Composición química de la horchata

Peak	RT	Compound	RI	Rlref	% ^a	SD	mg/L	SD	TC
1	4,73	Hexenal <(2E)->	844	846	0,81	0,04	0,3	0,0	OTC
2	5,11	Hexenol <(3Z)->	851	850	0,26	0,01	0,1	0,0	OTC
3	5,31	Hexenol <(2E)->	855	854	0,52	0,11	0,2	0,0	OTC
4	5,48	Hexenol <(2Z)->	858	859	0,59	0,03	0,2	0,0	OTC
5	7,28	Heptenal <(4Z)->	892	893	0,77	0,04	0,3	0,0	OTC
6	10,77	Sabinene	966	969	2,87	0,14	1,2	0,1	ALM
7	11,57	Myrcene	983	988	3,03	0,15	1,3	0,1	ALM
8	12,63	Phellandrene <α->	1005	1002	4,56	0,23	1,9	0,1	ALM
9	12,81	Cineole <1,4->	1009	1012	1,57	0,17	0,7	0,1	OXM
10	16,07	Terpinolene	1078	1086	6,45	1,90	2,7	0,8	ALM
11	16,08	Linalool	1089	1095	3,14	0,75	1,3	0,3	OXM
12	21,50	Terpineol <γ->	1194	1199	0,93	0,05	0,4	0,0	OXM
13	22,52	Citronellol	1216	1223	16,69	2,04	7,0	0,9	OXM
15	22,73	Nerol	1221	1227	5,04	1,35	2,1	0,6	OXM
16	22,77	Pulegone	1222	1233	3,39	0,53	1,4	0,2	OXM
17	23,17	Neral	1230	1235	1,29	0,06	0,5	0,0	OXM
18	23,88	Geraniol	1246	1249	16,02	2,94	6,7	1,2	OXM
19	27,79	Elemene <δ->	1334	1335	2,80	0,14	1,2	0,1	ALS
20	28,25	Cubebene <α->	1344	1345	2,12	0,11	0,9	0,0	ALS
21	28,93	Neryl acetate	1360	1359	3,20	0,16	1,3	0,1	OTC
22	28,95	Methyl cinnamate <(E)->	1362	1376	5,09	0,25	2,1	0,1	OXM
23	29,34	Geranyl acetate	1369	1379	1,34	0,07	0,6	0,0	OTC
24	32,23	Humulene <β->	1438	1436	0,69	0,03	0,3	0,0	ALS
25	35,57	Cadinene <δ->	1521	1522	1,57	0,08	0,7	0,0	ALS
26	37,85	Spathulenol	1579	1577	1,40	0,07	0,6	0,0	OXS
27	38,09	Caryophyllene oxide	1585	1582	0,63	0,03	0,3	0,0	OXS
28	40,27	Cadinol <epi-α->	1643	1638	1,18	0,16	0,5	0,1	OXS
29	43,27	Farnesol <(2Z,6E)->	1726	1722	0,59	0,03	0,2	0,0	OXS
30	47,88	Farnesyl acetone <(Z,Z)->	1860	1860	0,79	0,04	0,3	0,0	OXS
31	48,68	Farnesyl acetone <(5E,9Z)->	1883	1886	1,45	0,07	0,6	0,0	OXS
32	51,67	Geranyl linalool <(E,Z)->	1976	1987	0,59	0,03	0,2	0,0	OTC
33	54,51	Octadecanol <n->	2067	2077	0,37	0,02	0,2	0,0	OTC
Aliphatic monoterpenes hydrocarbons (ALM)					16,91				
Oxygenated Monoterpenes (OXM)					55,59				
Aliphatic sesquiterpenes hydrocarbons (ALS)					7,18				
Oxygenated Sesquiterpenes (OXS)					6,04				
Other compounds (OTC)					8,46				
Total identified					94,18				

RT: tiempo de retención; RI: índice de retención; Rlref: índice de retención de referencia; SD: desviación estándar; TC: tipo de compuesto.

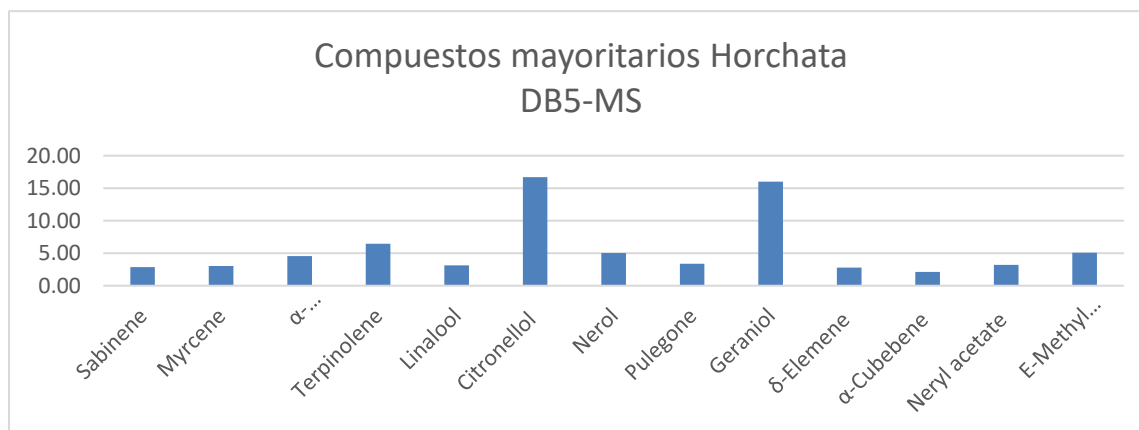
3.2 Compuestos mayoritarios en la bebida Horchata

Se identificó un total de 33 compuestos de la bebida horchata, correspondiente al 94,18%, de lo cuales los mayoritarios son: Sabinene (2,87%), myrcene (3,03%), α-phellandrene (4,56%), terpinolene (6,45%), linalool (3,14%), citronellol (16,69%), nerol

(5,04%), pulegone (3,39%), geraniol (16,02%), δ -elemene (2,80%), α -cubebene (2,12%), neryl acetate (3,20%) y E-methyl cinnamate (5,09%). Se pueden ver en la siguiente gráfica

Figura 33.

Compuestos mayoritarios de la bebida tradicional ecuatoriana horchata



Nota. La figura expone los compuestos mayoritarios de la bebida horchata posterior al análisis cromatográfico.

3.3 Análisis de los compuestos mayoritarios de la bebida tradicional ecuatoriana horchata

3.3.1 Sabinene

Pertenece a la familia de los terpenos cuya fórmula molecular es $C_{10}H_{16}$. Utilizado en la industria de perfumes como aromatizante, y en la industria farmacéutica conocido por su actividad antifúngica y antiinflamatoria (Z. Wang et al., 2021).

La horchata al ser producto de una mezcla vegetal, presenta distintos compuestos pertenecientes a varias familias de especies vegetales. Es así que Ballesteros et al., (2019) en su estudio del género piperaceae, mostraron resultados frente a la presencia de sabinene en el aceite esencial de la especie *Piper carpunya* (1,4%). De la misma forma, Armijos et al., (2020) analizaron el conjunto de especies de la horchata, una de ellas fue *Peperomia congona* (*Piperaceae*) y *Matricaria Recutita* (*Asteraceae*), dejando el evidencia la presencia de sabinene en su composición. Por su parte Hulley et al., (2019), analizaron una familia (*Asteraceae*) y especie distinta (*Pentzia punctata*) cuyos resultados determinaron que también este compuesto se encuentra presente en esta especie (2,6%).

Ballesteros et al., 2019 afirma que la presencia de este compuesto contribuye al mejoramiento de los desórdenes gástricos causados por *Helicobacter pylori*. Mientras que Armijos et al., (2020) menciona el efecto benéfico frente a la ansiedad y al sistema digestivo.

Tabla 2.

Estudios sobre actividad biológica del compuesto Sabinene

Sabinene					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio
Anticáncer	In vitro	Línea HeLa Línea HCT116 Línea U2OS 7,33 mg/L	No presenta	No presenta	(Vuko et al., 2021)
Antibacteriano	In vitro	<i>E. coli.</i> 0,98 mM/mL	No presenta	Penicilina (0,1 mg/mL)	(Sharma et al., 2019)
Antioxidante	In vitro	50 ug/mL	No presenta	Ácido ascórbico (2,8 mM)	

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Sabinene presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.2 Myrcene

La presencia de myrcene se ha reportado en el aceite esencial de diversas especies vegetales. Una de ellas es *Rosmarinus officinalis* perteneciente a la familia *Lamiaceae*. Melero-Bravo et al., (2022) luego de analizar la especie, mostraron la presencia de myrcene (11,3%), mientras que Armijos et al., (2020) reportaron que el myrceno se encontraba en un 5,2% en aceite esencial extraído de una mezcla de plantas frescas.

En ambos casos realizaron el análisis en especies de la misma familia, sin embargo los resultados evidencian diferencia en comparación al presente estudio. Dicha diferencia se debe a la forma en que se analizaron las muestras. Armijos et al., (2020) realizó el análisis de las plantas en conjunto que componen la horchata, mientras que Melero-Bravo et al.,

(2022) realizó el análisis de una sola especie vegetal. En ambos casos las cantidades de materia vegetal utilizadas son diferentes, lo cual justifica el contenido del compuesto en los estudios.

Tabla 3.

Estudios sobre actividad biológica del compuesto Myrcene

Myrcene					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio
Antibacteriana	In vitro	MIC contra <i>S.aureus</i> : 0,635 mg/mL. MIC contra <i>E.coli</i> : 0,635 mg/mL. MIC contra <i>Salmonella</i> : 1,598 mg/mL	Tween-80 10% v/v (control de crecimiento) Blanco (control negativo)	No presenta	(C. Y. Wang et al., 2019)
Antioxidante	In vivo	200 mg/kg/día	Aceite de maíz	TCDD 2 ug/kg/semana	(Ciftci et al., 2011)
Gastro protectora	In vivo	7.50 mg/kg	Tween 80 8%	Carbenoxolona 100 mg/kg Lansoprazol 30 mg/kg	(Bonamin et al., 2014)
Antioxidante	In vitro	IC ₅₀ de DPPH: 4.5mL/mL	Blanco (DPPH)	Timol en etanol 0.45 - 3 mg/mL	(Ojeda-sana et al., 2013)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Myrcene presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.3 α - Phellandrene

Se ha destacado la presencia de phellandrene en la familia *Piperaceae*. Es así que (Ballesteros et al., 2019) indica que el phellandrene se encuentra en esta especie en 1,1%, mientras que Silva Da Costa et al., (2022) mencionan que se presenta en un 17,7%. Por su parte, Armijos et al., (2020) en su estudio reportaron la presencia de phellandrene en 2,5%, con respecto a la mezcla de plantas que utilizaron. Dicha diferencia se justifica por la forma en que fueron tratadas las muestras. Silva Da Costa et al., (2022) analizaron una sola especie vegetal por lo que su contenido es mucho mayor, a diferencia de Armijos et al., (2020); y Ballesteros et al., (2019) que determinaron la composición química en mezclas de plantas.

Tabla 4.Estudios sobre actividad biológica del compuesto α -Phellandrene

α -Phellandrene					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio
Anticáncer	In vitro	Células murinas de melanoma B-16/F-10/S-180 50 mg/kg	DMSO 0,1%	5 fluoruroacil (0,078 – 5 ug/mL)	(Pinheiro-Neto et al., 2021)
Antiinflamatorio	In vitro	100 uM/mL	LPS 1 ug/mL	500 uM/mL	(de Christo Scherer et al., 2019a)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto α -Phellandrene presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.4 Terpinolene

Zimmermann et al., (2022) analizaron el aceite esencial de la especie *Malaleuca raphiophylla*, perteneciente a la familia *Myrtaceae*, mostrando como resultado la presencia de terpinolene en 28,72%. De igual forma realizaron (Assunção et al., 2022) en su estudio a la especie *Malaleuca armillaris* cuya concentración de terpinolene fue de 57,65%. Ambos estudios establecen un valor mayor al que se obtuvo en esta investigación, lo cual justifica en la cantidad de especie vegetal utilizada así como también la especie empleada en el estudio. Es evidente que a pesar de tratarse de la misma familia, la especie juega un papel importante en la producción de estos compuestos. Cabe recaltar que este compuesto es empleado en la industria farmacéutica como sedante y repelente de insectos.

Tabla 5. Estudios sobre actividad biológica del compuesto Terpinolene

Terpinolene					
Actividad reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control negativo	Control positivo	Estudio

Anticáncer	In vitro	Línea celular cerebral 100 mg/L	Trolox 34,5 mmol/L	H ₂ O ₂ 2,1 mmol/L	(Aydin et al., 2013)
Antiinflamatoria	In vitro	100 uM/mL	LPS 1 ug/mL	500 uM/mL	(de Christo Scherer et al., 2019b)
Antioxidante	In vitro	100 uM/mL	LPS 1 ug/mL	PDGF 200 uM/mL	(de Christo Scherer et al., 2019b)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Terpinolene presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.5 Linalool

Estudios han establecido la presencia de linalool en la familia *Apiacea*, quizá la especie más representativa de esta familia sea *Foeniculum vulgare*, o comúnmente conocida como hinojo. Estudios como Bouzekri et al., (2022) afirma que el contenido de linalool en el hinojo es de 1,76%, sin embargo, en la especie *Coriandrum sativum* de la misma familia, el contenido de linalool es de 54,46%. Es evidente la diferencia, pero en comparación al resultado obtenido en el presente estudio, la concentración de linalool es similar 3,14%. Cabe destacar también que el linalool ha sido analizado mediante estudios *in silico* mostrando una eficiente capacidad inhibitoria de la acetilcolinesterasa, siendo así un posible tratamiento contra la enfermedad del Alzheimer (Bouzekri et al., 2022). De la misma forma Silva Da Costa et al., (2022) en su estudio a la especie *Myrciaria floribunda* determinó la presencia de linalool en 0,4% teniendo resultados positivos frente a enfermedades neurodegenerativas.

Tabla 6. Estudios sobre actividad biológica del compuesto Linalool

Linalool					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio

Antibacteriana	In vitro	MIC contra <i>S.aureus</i> : 0,686 mg/mL. MIC contra <i>E.coli</i> : 0,420 mg/mL. MIC contra <i>Salmonella</i> : 0,420 mg/mL	Tween-80 10% v/v (control de crecimiento) Blanco (control negativo)	No presenta	(C. Y. Wang et al., 2019)
Anticáncer (próstata)	In vitro	Línea celular 22Rv1 100 mg/kg	No presenta	No presenta	(Zhao Yunqi et al., 2020)
Antioxidante	In vivo	Línea celular HT-22 100 uM	No presenta	No presenta	(Sabogal-Guáqueta et al., 2019)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Linalool presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.6 Citronellol

Se ha reportado la presencia de este compuesto en la familia Rosaceae, Geraniaceae y Poaceae, en la especie *Rosa damascena Miller*, *Pelargonium hybrid* y *Cymbopogon winterianus*, respectivamente. Demirel (2022) en su estudio menciona que al analizar la especie *Rosa damascena Miller*, la presencia de citronellol fue de 27,85%. Al poner a prueba su actividad biológica, el resultado fue que tiene potencial relajante en la vasodilatación a dosis específicas. Por su parte Fayoumi et al., (2022) posterior al análisis de la especie *Pelargonium hybrid*, la presencia de citronellol fue de 30,5% cuyo efecto antiinflamatorio a concentración de 2,2 mg/mL. Finalmente Silvino Pereira et al., (2022), al analizar la especie *Cymbopogon winterianus* mencionan que el citronellol se encuentra presente em 16,91% cuya valoración *in vitro* evidenció un efecto antiparasitario.

Tabla 7. Estudios sobre actividad biológica del compuesto Citronellol

Citronellol					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio

Anticáncer (pulmón)	In vitro	Línea celular NCI – H1299 49,74 ug/mL	No presenta	No presenta	(Yu Nien-Wan et al., 2019)
Antibacteriana	In vitro	124 ug/mL	No presenta	No presenta	(Silva Pereira et al., 2021)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Citronellol presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.7 Nerol

(Koshchaev et al., 2022) mencional la composición de nerol en una especie Bulgaria cuya ocncentración fue del 5%. Valor similar al obtenido (5,04%). De la misma manera, se han reportado varias actividades biológicas las cuales se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 8.

Estudios sobre actividad biológica del compuesto Nerol

Nerol					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio
Antibacteriana	In vitro	MIC contra <i>S.aureus</i> , <i>E.coli</i> , <i>Salmonella e.</i> : 0,441 mg/mL	Tween-80 10% v/v (control de crecimiento) o) Blanco (control negativo)	No presenta	(C. Y. Wang et al., 2019)
Antioxidante	In vitro	IC ₅₀ de DPPH: 26.08 ± 2.28 mg/mL		Butilhidroxianisol (BHA)	
Antifúngico	In vitro	MIC contra <i>A. flavus</i> : 200 µg/ml, MIC contra <i>A. ochraceus</i> y <i>A.niger</i> : 300 µg/ml	Blanco	No presenta	(Mihai & Popa, 2015)
Antibacteriana	In vitro	MIC contra <i>Mycobacterium tuberculosis</i> es de 128 µg/mL	DMSO	No presenta	(Rajab et al., 1998)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Nerol presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.8 Pulegone

Kumari & Kumar, 2022 establecieron una cantidad de 5,03%, además evaluaron la

actividad antioxidante y citotóxica del compuesto. Por su parte (Shelepova et al., 2021) mencionan una concentración de 2,4%. Dado a las especies que se han estudiado es que sus valores difieren.

Tabla 9.

Estudios sobre actividad biológica del compuesto Pulegone

Pulegone					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio
Antibacteriana	In vitro	Contra <i>B. subtilis</i> 1,41 uL/L	No presenta	No presenta	(Aimad et al., 2021)
Antioxidante	In vitro	7,659 mg/mL	No presenta	No presenta	(Aimad et al., 2021)
Anticáncer (tumor urotelial)	In vitro	150 mg/kg	No presenta	No presenta	(da Rocha et al., 2012)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Pulegone presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.9 Geraniol

Se ha reportado la presencia de geraniol en casi todas las especies del género *Cymbopogon*. Las más conocidas son *Cymbopogon citratus* y *Cymbopogon winterianus*. (Armijos et al., 2020; Silvino Pereira et al., 2022) reportan en su estudio la presencia de geraniol en 42,13%, mientras que Armijos et al., (2020) mencionan la cantidad de 7,4% con respecto a la mezcla de plantas que utilizaron. Es evidente que existe una diferencia significativa, sin embargo, al tratarse de especies distintas y condiciones climáticas diferentes, es que la cantidad de compuesto varía.

Tabla 10.

Estudios sobre actividad biológica del compuesto Geraniol

Geraniol					
Actividad reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control negativo	Control positivo	Estudio
Anticáncer (mama)	In vitro	300, 500 & 700 μ M	Blanco	Mevalonato	(Duncan et al., 2004)
Anticáncer (pulmón)	In vitro	797,2 μ M	DMSO	No presenta	(Galle et al., 2014)
	In vivo	50 mmol/kg	DMSO	No presenta	(Galle et al., 2014)
Anticáncer (cólon)	In vitro	150 & 400 μ M	Blanco	MVA+Geraniol	(Carnesecchi et al., 2002)
	In vitro	IC50: 250 μ M	DMEM (Blanco)	5-FU (IC50: 0,4 μ M)	(Carnesecchi et al., 2004)
	In vivo	250 mg/kg	Aceite de maíz	No presenta	(Vieira et al., 2011)
Anticáncer (próstata)	In vitro	1mM	Blanco	Otros monoterpenos	(Kim et al., 2012)
	In vivo	60 mg/kg	Etanol 0,1%	Docetaxel 2mg/kg	(Kim et al., 2011)
Anticáncer (páncreas)	In vivo	20 g/kg	Dieta estándar	No presenta	(Burke et al., 1997)
	In vitro	20 μ mol/l	DMSO 0,1%	Gemcitabina 20 μ mol/l	(Jin et al., 2013)
Anticáncer (piel)	In vivo	50 & 100 mg/kg	Acetona	TPA	(Chaudhary & Siddiqui, 2012)
Anticáncer (hígado)	In vitro	100, 200 and 400 μ M	DMSO 0,5%	Simvastatina	(Polo et al., 2011)
	In vivo	250 mg/kg	Aceite de maíz	No presenta	(Ong et al., 2006)
Anticáncer (riñón)	In vivo	100 and 200 mg/kg	Aceite de maíz	No presenta	(Ahmad et al., 2011)
Anticáncer (oral)	In vivo	250 and 500 mg/kg	Sin tratamiento	DMBA	(Vinothkumar & Manoharan, 2011)
	In vivo	200 mg/kg	Dieta estándar Tween-80 10% v/v	4NQO	(Madankumar et al., 2013)
Antibacteriana	In vivo	MIC contra <i>S. aureus</i> , <i>E. coli</i> , <i>Salmonella e.</i> : 0,445 mg/mL	(control de crecimiento) Blanco (control negativo)	No presenta	(C. Y. Wang et al., 2019)
Antibacteriana	In vivo	MIC contra <i>Mycobacterium tuberculosis</i> es de 64 μ g/mL	DMSO	No presenta	(Rajab et al., 1998)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Geraniol presente en el análisis

de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.10 δ – Elemene

Algunos estudios han mencionado la presencia de este compuesto en la familia *Caprifoliaceae*, específicamente en el género *Valeriana*. Cacciola et al., (2022) afirma que en la especie *Valeriana jatamansi* presenta en su composición el 2,9% de elemene; mientras que (Armijos et al., 2020) menciona la presencia de 0,2% en la especie *Sambucus nigra* L.

Tabla 11.

Estudios sobre actividad biológica del compuesto δ -Elemene

δ - Elemene					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio
Antibacteriana	In vitro	MIC contra <i>S.aureus</i> : 250 ug/mL. MIC contra <i>T. rubrum</i> : 62,5 ug/mL.	No presenta	0,39 ug/mL	(Valarezo, Flores-Maza, et al., 2021)
Anticáncer	In vitro	Células CRC mutantes KRAS HCT116 125ug/mL	No presenta	No presenta	(Chen et al., 2012)
Inductor de apoptosis	In vitro	Línea celular HL - 60 200 uM	No presenta	No presenta	(Ying et al., 2011)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto δ - Elemene presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.11 α – cubebene

Salleh et al., (2015) mencionan el estudio de la especie *Piper miniatum*, perteneciente a la familia *Piperaceae*, en la cual destacan como componentes mayoritarios Caryophyllene oxide (20,3%) y α – cubebene (10,4%). Dichos compuestos presentes en el aceite esencial de la especie, fue evaluado para comprobar su propiedad antioxidante y antiinflamatoria, cuyo resultado reflejó el una reducción inflamatoria del 85,9% y antioxidante del 42,7% (Salleh et al., 2015).

Tabla 12.Estudios sobre actividad biológica del compuesto α -Cubebene

α - cubebene					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio
Anticáncer (adenocarcinoma)	In vitro	3,5 ug/mL	No presenta	No presenta	(Yap et al., 2017)
Antibacteriana	In vitro	Contra <i>E. coli</i> 250 ug/mL Contra <i>S. aureus</i> 500 ug/mL	No presenta	No presenta	(Yap et al., 2017)
Antioxidante	In vitro	7,81 ug/mL	Solución DPPH (1 mL;0,3 mM) y 2,5 mL de etanol.	Ácido ascórbico (1 mL;0,3 mM) y 2,5 mL de etanol.	(Bologon et al., 2014)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto α - cubebene presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.12 Neryl acetate

Zheljazkov et al., (2022) en su estudio del perfil químico y actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Helichrysum arenarium* y *Helichrysum italicum*, destacan la presencia de neryl acetate en 4,04%. A diferencia de (Feng et al., 2022) quienes comparan los compuestos volátiles de rosas cultivadas, cuyos resultados reflejan la presencia de neryl acetate en 2,43%. En los dos estudios se utilizan especies vegetales distintas, sin embargo el valor obtenido en el presente estudio (3,20%), valores relativamente similares.

Tabla 13.

Estudios sobre actividad biológica del compuesto Neryl acetate

Neryl acetate					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control positivo	Estudio

Antibacteriana	In vitro	Contra <i>S. flavus</i> : 0,06 ug/mL. Contra <i>S. aureus</i> : 0,125 ug/mL.	No presenta	No presenta	(Nadia et al., 2021)
Anticáncer	In vitro	Célular cáncer 300 – 100 ug/mL	No presenta	No presenta	(Rezzoug et al., 2019)
Antioxidante	In vitro	16,3 – 22 ug/mL	No presenta	No presenta	(Judzentiene et al., 2016)

Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Neryl acetate presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

3.3.13 Methyl cinnamate <(E)->

Este compuesto se encuentra presente en varias especies vegetales amazónicas del territorio Ecuatoriano. Valarezo et al., (2021) en su estudio acerca de *Ocotea quixus*, especie amazónica comúnmente conocida como ishpingo, revela la presencia de este compuesto en 6,30%. Por su parte Vella et al., (2022), menciona que en la especie *Ocimum basilicum*, methyl cinnamate se encuentra en 3,32%, una concentración menor. Sin embargo, en la bebida horchata presenta un valor de 5,09%. Dichos valores en comparación al presente estudio son menores. Dado que al utilizar distintas especies es que difieren sus valores.

Tabla 14. Estudios sobre actividad biológica del compuesto E-Methyl cinnamate

Methyl cinnamate <(E)->					
Actividad Reportada	Modelo	Dosis de aplicación	Control Negativo	Control Positivo	Estudio
Antioxidante	In vitro	5,6 uL/mL	No presenta	BHA (2,0 – 10 ug/mL)	(Prakash et al., 2012)

Antifúngica	In vitro	0,6 uL/mL	No presenta	BHA (2,0 – 10 ug/mL)	(Prakash et al., 2012)
-------------	----------	-----------	-------------	----------------------	------------------------

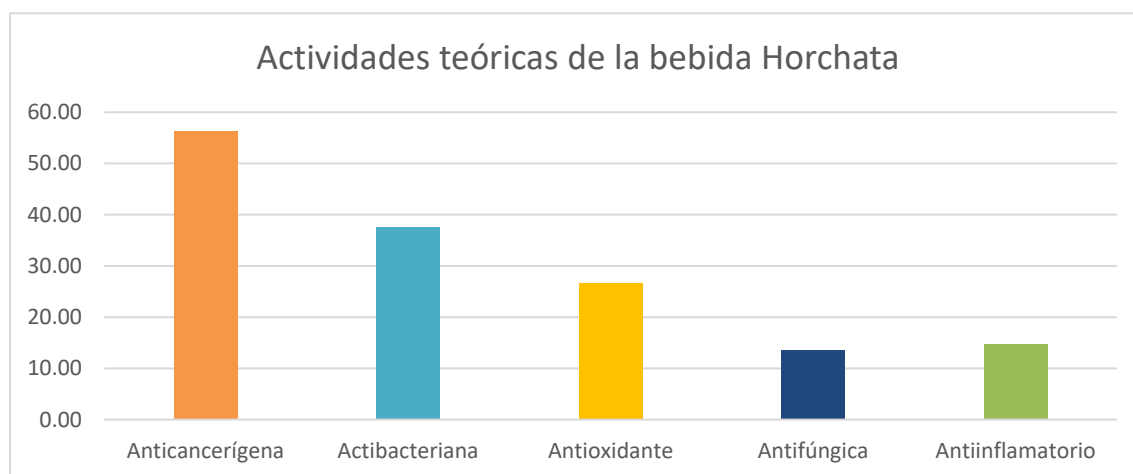
Nota. La tabla indica el estudio y la actividad reportada del compuesto Methyl cinnamate <(E)> presente en el análisis de los compuestos mayoritarios de la horchata.

Para cada compuesto se extrajo la concentración utilizada para cada actividad, luego en base al criterio medio de cada autor se estableció una escala para poder establecer teóricamente la actividad que posee (muy flerte 100%, flerte 75%, medio 50%, débil 25% y muy débil 10%).

De esta manera se presentan los resultados en la figura 34.

Figura 34.

Actividad biológica de los compuestos de la bebida horchata



Nota. La gráfica refleja los resultados frente a las actividades biológicas de los compuestos de la bebida horchata.

Los compuestos mayoritarios presentes en la bebida horchata reflejan una gran actividad biológica. La actividad anticancerígena es la que mejor resultados demostró (56,24%), seguido de la actividad antibacteriana (37,58%), antioxidante (26,63%), antiinflamatoria (14,80%) y antifúngica (13,59%).

Conclusiones

Al utilizar la extracción líquido/líquido con solvente orgánico fue posible extraer compuestos volátiles de la horchata preparada mediante infusión.

Se determinó que en la fracción volátil de la horchata se determinó un total de 33 compuestos que representan el 94,18% de la composición.

Los compuestos mayoritarios fueron: sabinene (2,87%), myrcene (3,03%), α -phellandrene (4,56%), terpinolene (6,45%), linalool (3,14%), citronellol (16,69%), nerol (5,04%), pulegone (3,39%), geraniol (3,39%), δ -elemene (2,80%), α -cubebene (2,12%), neryl acetate (3,20%) y E-methyl cinnamate (5,09%).

La actividad biológica que reflejó el estudio teórico de la fracción volátil de la horchata es de 56,24% anticancerígena de los compuestos sabinene, phellandrene, terpinolene, linalool, citronellol, pulegone, geraniol, elemene, α -cubebene, y neryl acetate, 37,58% antibacteriana de los compuestos sabinene, myrcene, linalool, citronellol, nerol, pulegone, geraniol, elemene, α -cubebene y neryl acetate, 26,63% antioxidante de los compuestos sabinene, myrcene, terpinolene, linalool, nerol, pulegone, α -cubebene, neryl-acetate y methyl cinnamate, 14,80% antiinflamatoria de los compuestos phellandrene y terpinolene y 13,59% antifúngica de los compuestos nerol y methyl cinnamate.

Recomendaciones

Para obtener una buena reproducibilidad y repetitividad en los experimentos, se debe mantener los compuestos volátiles en recipientes herméticos, ya que, por su alta volatilidad, pueden cambiar el porcentaje de concentración relativa en el que se encuentran.

Realizar estudios *in vivo* e *in vitro* de la fracción volátil de la horchata para comprobar en laboratorio las actividades obtenidas de forma teórica.

Realizar la extracción de compuestos volátiles de otras bebidas tradicionales de la región con el fin de determinar sus compuestos presentes y las posibles actividades que aporten a la bebida.

Referencias

- Ahmad, S. T., Arjumand, W., Seth, A., Nafees, S., Rashid, S., Ali, N., & Sultana, S. (2011). Preclinical renal cancer chemopreventive efficacy of geraniol by modulation of multiple molecular pathways. *Toxicology*, 290(1), 69–81. <https://doi.org/10.1016/j.tox.2011.08.020>
- Aimad, A., Sanae, R., Anas, F., Moussaoui Abdelfattah, E., Bourhia, M., Mohammad Salamatullah, A., Alzahrani, A., Khalil Alyahya, H., Albadr, N. A., Abdelkrim, A., el Barnossi, A., & Noureddine, E. (2021). *Chemical Characterization and Antioxidant, Antimicrobial, and Insecticidal Properties of Essential Oil from Mentha pulegium L.* 2021, 12. <https://doi.org/10.1155/2021/1108133>
- Armijos, C., Matailo, A., Bec, N., Salinas, M., Aguilar, G., Solano, N., Calva, J., Ludeña, C., Larroque, C., & Vidari, G. (2020). Chemical composition and selective BuChE inhibitory activity of the essential oils from aromatic plants used to prepare the traditional Ecuadorian beverage horchata lojana. *Journal of Ethnopharmacology*, 263. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113162>
- Assunção, J., Oliveira, C., Ferreira, L. S., Pereira Garcia, I., Hérica, -, Santos, L., Ferreira, G. S., Pedro, J., Rocha, M., Stênio, -, Nunes, A., Alves De Carvalho, A., Brasil, J. E., Pinto, P., Kelly, S., & Bertolucci, V. (2022). Eugenia uniflora, Melaleuca armillaris, and Schinus molle essential oils to manage larvae of the filarial vector Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae). *Environmental Science and Pollution Research*, 1, 1–10. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18024-x>
- Aydin, E., Türkez, H., & Taşdemir, Ş. (2013). *Anticancer and antioxidant properties of terpinolene in rat brain cells.* 64, 1–10. <https://doi.org/10.2478/10004-1254-64-2013-2365>
- Ballesteros, J. L., Tacchini, M., Spagnoletti, A., Grandini, A., Paganetto, G., Neri, L. M., Marengo, A., Angiolella, L., Guerrini, A., & Sacchetti, G. (2019). Rediscovering medicinal Amazonian aromatic plants: Piper carpubya (Piperaceae) essential oil as paradigmatic study. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/6194640>
- Boligon, A. A., Piana, M., de Brum, T. F., Froeder, A. L. F., Belke, B. v., Schwanz, T. G., Mario, D. N., Alves, S. H., & Athayde, M. L. (2014). Anais da Academia Brasileira de Ciências. *An Acad Bras Cienc*, 86(3). <https://doi.org/10.1590/0001-3765201420120034>
- Bonamin, F., Moraes, T. M., Dos Santos, R. C., Kushima, H., Faria, F. M., Silva, M. A., Junior, I. V., Nogueira, L., Bauab, T. M., Souza Brito, A. R. M., Da Rocha, L. R. M., & Hiruma-Lima, C. A. (2014). The effect of a minor constituent of essential oil from Citrus aurantium: The role of β -

- myrcene in preventing peptic ulcer disease. *Chemico-Biological Interactions*, 212(1), 11–19.
<https://doi.org/10.1016/j.cbi.2014.01.009>
- Bouzekri, O., Elgamouz, S., el khatabi, K., Amechrouq, A., Aziz Ajana, M., Bouachrine, M., Lakhlifi, T., el Idrissi, M., & Choukrad, barek. (2022). *Chemical Composition and In Silico Acetylcholinesterase Inhibitory Activity of Essential Oils of Six Apiaceae Species from South-East Morocco*. 13(1), 36.
<https://doi.org/10.33263/BRIAC131.036>
- Burke, Y. D., Stark, M. J., Roach, S. L., Sen, S. E., & Crowell, P. L. (1997). *Inhibition of Pancreatic Cancer Growth by the Dietary Isoprenoids Farnesol and Geraniol*. 32(2), 151–156.
- Cacciola, F., Kumar Thakur, B., Mahajan, M., & Kumar Pal, P. (2022). *molecules Chemical Diversity of Essential Oil of Valeriana jatamansi from Different Altitudes of Himalaya and Distillation Methods*.
<https://doi.org/10.3390/molecules27082387>
- Carneseccchi, S., Bradaia, A., Fischer, B., Coelho, D., Schöller-Guinard, M., Gosse, F., & Raul, F. (2002). *Perturbation by Geraniol of Cell Membrane Permeability and Signal Transduction Pathways in Human Colon Cancer Cells*. 303(2), 711–715.
<https://doi.org/10.1124/jpet.102.039263>
- Carneseccchi, S., Bras-gonc, R., Poupon, M., Raul, F., & Gosse, F. (2004). *Geraniol , a component of plant essential oils , modulates DNA synthesis and potentiates 5-fluorouracil efficacy on human colon tumor xenografts*. 215, 53–59. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.06.019>
- Chaudhary, S. C., & Siddiqui, S. (2012). *Geraniol inhibits murine skin tumorigenesis by modulating COX-2 expression , Ras-ERK1 / 2 signaling pathway and apoptosis*. January.
<https://doi.org/10.1002/jat.2739>
- Chen, P., Li, X., Zhang, R., Liu, S., Xiang, Y., Zhang, M., Chen, X., Pan, T., Yan, L., Feng, J., Duan, T., Wang, D., Chen, B., Jin, T., Wang, W., Chen, L., Huang, X., Zhang, W., Sun, Y., ... Xie, T. (2012). *Supporting Information Combinative treatment of β -elemene and cetuximab is sensitive to KRAS mutant colorectal cancer cells by inducing ferroptosis and inhibiting epithelial-mesenchymal transformation*.
- Ciftci, O., Ozdemir, I., Tanyildizi, S., Yildiz, S., & Oguzturk, H. (2011). *Antioxidative effects of curcumin, β -myrcene and 1,8-cineole against 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin-induced oxidative stress in rats liver*. *Toxicology and Industrial Health*, 27(5), 447–453.
<https://doi.org/10.1177/0748233710388452>

- da Rocha, M. S., Dodmane, P. R., Arnold, L. L., Pennington, K. L., Anwar, M. M., Adams, B. R., Taylor, S. v, Wermes, C., Adams, T. B., & Cohen, S. M. (2012). Mode of Action of Pulegone on the Urinary Bladder of F344 Rats. *Toxicological Sciences*, *128*(1), 1–8. <https://doi.org/10.1093/toxsci/kfs135>
- de Christo Scherer, M. M., Marques, F. M., Figueira, M. M., Peisino, M. C. O., Schmitt, E. F. P., Kondratyuk, T. P., Endringer, D. C., Scherer, R., & Fronza, M. (2019a). Wound healing activity of terpinolene and α -phellandrene by attenuating inflammation and oxidative stress in vitro. *Journal of Tissue Viability*, *28*(2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/J.JTV.2019.02.003>
- de Christo Scherer, M. M., Marques, F. M., Figueira, M. M., Peisino, M. C. O., Schmitt, E. F. P., Kondratyuk, T. P., Endringer, D. C., Scherer, R., & Fronza, M. (2019b). Wound healing activity of terpinolene and α -phellandrene by attenuating inflammation and oxidative stress in vitro. *Journal of Tissue Viability*, *28*(2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2019.02.003>
- Demirel, S. (2022). Geraniol and β -citronellol participate in the vasorelaxant effects of Rosa damascena Miller essential oil on the rat thoracic aorta. *Fitoterapia*, *161*, 105243. <https://doi.org/10.1016/J.FITOTE.2022.105243>
- Duncan, R. E., Lau, D., El-sohemy, A., & Archer, M. C. (2004). *Geraniol and b -ionone inhibit proliferation , cell cycle progression , and cyclin-dependent kinase 2 activity in MCF-7 breast cancer cells independent of effects on HMG-CoA reductase activity*. *68*, 1739–1747. <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2004.06.022>
- Elizabeth Muñoz-Velázquez, E., Rivas-Díaz, K., Guadalupe, M., Loarca-Piña, F., Mendoza-Díaz, S., Reynoso-Camacho, R., & Ramos-Gómez, M. (2012). Comparación del contenido fenólico, capacidad antioxidante y actividad antiinflamatoria de infusiones herbales comerciales. In *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* (Vol. 3).
- Fayoumi, L., Khalil, M., Ghareeb, D., Chokr, A., Bouaziz, M., & El-Dakdouki, M. H. (2022). Phytochemical constituents and therapeutic effects of the essential oil of rose geranium (Pelargonium hybrid) cultivated in Lebanon. *South African Journal of Botany*, *147*, 894–902. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2022.03.039>
- Feng, D., Jian, H., Zhang, H., Qiu, X., Wang, Z., Du, W., Xie, L., Wang, Q., Zhou, N., Wang, H., Tang, K., & Yan, H. (2022). *Comparison of Volatile Compounds between Wild and Cultivated Roses*. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16473-22>

- Galle, M., Crespo, R., Kladniew, B. R., Villegas, S. M., Polo, M., Bravo, M. G. De, Galle, M., Crespo, R., Kladniew, B. R., & Montero, S. (2014). Suppression by Geraniol of the Growth of A549 Human Lung Adenocarcinoma Cells and Inhibition of the Mevalonate Pathway in Culture and In Vivo: Potential Use in Cancer Chemotherapy. *Nutrition and Cancer*, *66*(5), 888–895. <https://doi.org/10.1080/01635581.2014.916320>
- Hulley, I. M., Özek, G., Sadgrove, N. J., Tilney, P. M., Özek, T., Başer, K. H. C., & van Wyk, B. E. (2019). Essential oil composition of a medicinally important Cape species: *Pentzia punctata* (Asteraceae). *South African Journal of Botany*, *127*, 208–212. <https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2019.08.042>
- Jin, X., Sun, J., & Miao, X. (2013). *Inhibitory effect of geraniol in combination with gemcitabine on proliferation of BXPc-3 human pancreatic cancer cells*. <https://doi.org/10.1177/0300060513480919>
- Judzentiene, A., Garjonyte, R., & Budiene, J. (2016). Pharmaceutical Biology Variability, toxicity, and antioxidant activity of *Eupatorium cannabinum* (hemp agrimony) essential oils Variability, toxicity, and antioxidant activity of *Eupatorium cannabinum* (hemp agrimony) essential oils. *PHARMACEUTICAL BIOLOGY*, *54*(6), 945–953. <https://doi.org/10.3109/13880209.2015.1078384>
- Kim, S., Cheol, H., Park, E., Ryun, C., Kim, B., Lee, S., Ho, H., Kim, S., So, I., Woo, T., & Jeon, J. (2011). Biochemical and Biophysical Research Communications Geraniol inhibits prostate cancer growth by targeting cell cycle and apoptosis pathways. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, *407*(1), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2011.02.124>
- Kim, S., Park, E., Lee, C. R., Chun, J. N., Cho, N., Kim, I., Lee, S., Kim, T. A. E. W. O. O., Park, H. H. O., So, I., & Jeon, J. (2012). *Geraniol induces cooperative interaction of apoptosis and autophagy to elicit cell death in PC-3 prostate cancer cells*. *21*, 1683–1690. <https://doi.org/10.3892/ijo.2011.1318>
- Koshchayev, G., Donnik, I. M., D⁺, D., Zolotilov, V., Nevkrytaya, N., Zolotilova, O., Seitadzhieva, S., Myagkikh, E., Pashtetskiy, V., & Karpukhin, M. (2022). *The Essential-Oil-Bearing Rose Collection Variability Study in Terms of Biochemical Parameters*. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020529>

- Kumari, A., & Kumar, D. (2022). Evaluation of antioxidant and cytotoxic activity of herbal teas from Western Himalayan region: a comparison with green tea (*Camellia sinensis*) and black tea. *Chem. Biol. Technol. Agric*, 9, 33. <https://doi.org/10.1186/s40538-022-00294-3>
- Madankumar, A., Jayakumar, S., Gokuladhas, K., Rajan, B., Raghunandhakumar, S., Asokkumar, S., & Devaki, T. (2013). Geraniol modulates tongue and hepatic phase I and phase II conjugation activities and may contribute directly to the chemopreventive activity against experimental oral carcinogenesis. *European Journal of Pharmacology*, 705(1–3), 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2013.02.048>
- Martínez, A. (2001). *ACEITES ESENCIALES*.
- Melero-Bravo, E., Ortiz de Elguea-Culebras, G., Sánchez-Vioque, R., Fernández-Sestelo, M., & Herraiz-Peñalver, D. (2022). Variability of essential oil in cultivated populations of *Rosmarinus officinalis* L. in Spain Enrique Melero-Bravo · Gonzalo Ortiz de Elguea-Culebras · Raúl Sánchez-Vioque · Montserrat Fernández-Sestelo · David Herraiz-Peñalver · Raúl Sánchez-Vioque. *Euphytica*, 218. <https://doi.org/10.1007/s10681-022-03020-0>
- Mihai, A. L., & Popa, M. E. (2015). In vitro Activity of Natural Antimicrobial Compounds against *Aspergillus* Strains. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 6, 585–592. <https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.08.092>
- Muñiz D. Rodríguez R. Contreras J. (2013). Producción Artesanal del Aguamiel: Una Bebida Tradicional Mexicana. *Acta Química Mexicana*, 5.
- Nadia, B., Merad-Boussalah, N., Benyoucef, F., Zoheir, A., Muselli, A., & el Amine Dib, M. (2021). Anti-Inflammatory, Antimicrobial and Insecticidal Properties of *Daucus Gracilis* Steinh Flowers Essential Oil. *Anti-Inflammatory & Anti-Allergy Agents in Medicinal Chemistry*, 20(3), 264–270. <https://doi.org/10.2174/1871523019999201208202319>
- Ojeda-sana, A. M., Baren, C. M. Van, Elechosa, M. A., Juárez, M. A., & Moreno, S. (2013). New insights into antibacterial and antioxidant activities of rosemary essential oils and their main components. *Food Control*, 31(1), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.022>
- Ong, T. P., Heidor, R., Conti, A. De, Lu, M., & Moreno, F. S. (2006). *Farnesol and geraniol chemopreventive activities during the initial phases of hepatocarcinogenesis involve similar actions on cell proliferation and DNA damage , but distinct actions on apoptosis , plasma cholesterol and HMGCoA reductase*. 27(6), 1194–1203. <https://doi.org/10.1093/carcin/bgi291>

- Pinheiro-Neto, F. R., Lopes, E. M., Acha, B. T., Gomes, L. da S., Dias, W. A., Reis Filho, A. C. dos, Leal, B. de S., Rodrigues, D. C. do N., Silva, J. do N., Dittz, D., Ferreira, P. M. P., & Almeida, F. R. de C. (2021). α -Phellandrene exhibits antinociceptive and tumor-reducing effects in a mouse model of oncologic pain. *Toxicology and Applied Pharmacology*, 418. <https://doi.org/10.1016/J.TAAP.2021.115497>
- Polo, M. P., Crespo, R., & Bravo, M. G. De. (2011). *Geraniol and simvastatin show a synergistic effect on a human hepatocarcinoma cell line*. July, 452–458.
- Prakash, B., Singh, P., Mishra, P. K., & Dubey, N. K. (2012). Safety assessment of Zanthoxylum alatum Roxb. essential oil, its antifungal, antiaflatoxin, antioxidant activity and efficacy as antimicrobial in preservation of Piper nigrum L. fruits. *International Journal of Food Microbiology*, 153(1–2), 183–191. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2011.11.007>
- Quijano Celis, C. (2007). Universidad de Oriente. *Humb. et Bonpl. Ex Willd.) Wilbur Revista Cubana de Química*, XIX(1), 54–57. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543706017>
- Rajab, M. S., Cantrell, C. L., Franzblau, S. G., & Fischer, N. H. (1998). Antimycobacterial activity of (E)-phytol and derivatives: A preliminary structure-activity study. *Planta Medica*, 64(1), 2–4. <https://doi.org/10.1055/s-2006-957354>
- Rezzoug, M., Bakchiche, B., Gherib, A., Roberta, A., Kiliçarslan, Ö., Mammadov, R., & Bardaweel, S. K. (2019). Chemical composition and bioactivity of essential oils and Ethanolic extracts of *Ocimum basilicum* L. and *Thymus algeriensis* Boiss. & Reut. from the Algerian Saharan Atlas. *Complementary and Alternative Medicine*, 1–10. <https://doi.org/10.1186/s12906-019-2556-y>
- Roselló-Soto, E., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Munekata, P. E. S., Gómez, B., & Moltó, J. C. (2019). Phenolic profile of oils obtained from “horchata” by-products assisted by supercritical-CO₂ and its relationship with antioxidant and lipid oxidation parameters: Triple TOF-LC-MS-MS characterization. *Food Chemistry*, 274, 865–871. <https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2018.09.055>
- Sabogal-Guáqueta, A. M., Hobbie, F., Keerthi, A., Oun, A., Kortholt, A., Boddeke, E., & Dolga, A. (2019). Linalool attenuates oxidative stress and mitochondrial dysfunction mediated by glutamate and NMDA toxicity. *Biomedicine and Pharmacotherapy*, 118. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109295>

- Salleh, W. M. N. H. W., Kammil, M. F., Ahmad, F., & Sirat, H. M. (2015). Antioxidant and anti-inflammatory activities of essential oil and extracts of *Piper miniatum*. *Natural Product Communications*, 10(11), 2005–2008. <https://doi.org/10.1177/1934578x1501001151>
- Sharma, S., Gupta, J., Prabhakar, P. K., Gupta, P., Solanki, P., & Rajput, A. (2019). Phytochemical Repurposing of Natural Molecule: Sabinene for Identification of Novel Therapeutic Benefits Using in Silico and in Vitro Approaches. *Assay and Drug Development Technologies*, 17(8), 339–351. <https://doi.org/10.1089/adt.2019.939>
- Shelepova, O. v, Dilovarova, T. A., Gulevich, A. A., Olekhovich, L. S., Shirokova, A. v, Ushakova, I. T., Zhuravleva, E. v, Konovalova, L. N., & Baranova, E. N. (2021). *Chemical Components and Biological Activities of Essential Oils of Mentha x piperita L. from Field-Grown and Field-Acclimated after In Vitro Propagation Plants*. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112314>
- Silva Da Costa, J., Magno, W., Andrade, S., de Figueiredo, R. O., Vinicius, P., Santos, L., Jacob, J., Freitas, S., Setzer, W. N., Kelly, J., da Silva, R., Guilherme, J., Maia, S., Luis, P., & Figueiredo, B. (2022). *molecules Chemical Composition and Variability of the Volatile Components of Myrciaria Species Growing in the Amazon Region*. <https://doi.org/10.3390/molecules27072234>
- Silva Pereira, R. L., Campina, F. F., Costa, M. do S., Pereira da Cruz, R., Sampaio de Freitas, T., Lucas dos Santos, A. T., Cruz, B. G., Maciel de Sena Júnior, D., Campos Lima, I. K., Xavier, M. R., Rodrigues Teixeira, A. M., Alencar de Menezes, I. R., Quintans-Júnior, L. J., Araújo, A. A. de S., & Melo Coutinho, H. D. (2021). Antibacterial and modulatory activities of β -cyclodextrin complexed with (+)- β -citronellol against multidrug-resistant strains. *Microbial Pathogenesis*, 156. <https://doi.org/10.1016/J.MICPATH.2021.104928>
- Silvino Pereira, P., Vinicius Barros Oliveira, C., Josicleide Maia, A., Celeste Vega-Gomez, M., Rolón, M., Coronel, C., Eliene Duarte, A., Douglas Melo Coutinho, H., Siyadatpanah, A., Norouzi, R., Jafar Adnani Sadati, S., Wilairatana, P., & Gonçalves Silva, T. (2022a). *molecules Evaluation of the In Vitro Antiparasitic Effect of the Essential Oil of Cymbopogon winterianus and Its Chemical Composition Analysis*. <https://doi.org/10.3390/molecules27092753>
- Silvino Pereira, P., Vinicius Barros Oliveira, C., Josicleide Maia, A., Celeste Vega-Gomez, M., Rolón, M., Coronel, C., Eliene Duarte, A., Douglas Melo Coutinho, H., Siyadatpanah, A., Norouzi, R., Jafar Adnani Sadati, S., Wilairatana, P., & Gonçalves Silva, T. (2022b). *molecules Evaluation of*

the In Vitro Antiparasitic Effect of the Essential Oil of Cymbopogon winterianus and Its Chemical Composition Analysis. <https://doi.org/10.3390/molecules27092753>

Valarezo, E., Flores-Maza, P., Cartuche, L., Ojeda-Riascos, S., & Ramírez, J. (2021). Phytochemical profile, antimicrobial and antioxidant activities of essential oil extracted from Ecuadorian species *Piper ecuadorensis* sodiro. *Natural Product Research*, 35(24), 6014–6019. <https://doi.org/10.1080/14786419.2020.1813138>

Valarezo, E., Vullien, A., & Conde-Rojas, D. (2021). *Variability of the Chemical Composition of the Essential Oil from the Amazonian Ishpingo Species (Ocotea quixos).* <https://doi.org/10.3390/molecules26133961>

Vella, M., Mounira, G. M., Ahlem, Z., Mariem, B. A., Romdhane, M., Okla, M. K., Al-Hashimi, A., Alwase, Y. A., Madnay, M. M., Abdelgayed, G., Asard, H., Beemster, G. T. S., & Abdelgawad, H. (2022). *Essential Oil Composition and Antioxidant and Antifungal Activities of Two Varieties of Ocimum basilicum L. (Lamiaceae) at Two Phenological Stages.* <https://doi.org/10.3390/agronomy12040825>

Vieira, A., Heidor, R., Cardozo, M. T., Scolastici, C., Purgatto, E., Shiga, T. M., Barbisan, L. F., Ong, T. P., & Moreno, F. S. (2011). Efficacy of geraniol but not of β -ionone or their combination for the chemoprevention of rat colon carcinogenesis. *BRAZILIAN JOURNAL OF MEDICAL AND BIOLOGICAL RESEARCH*, 44(6), 538–545. <https://doi.org/10.1590/S0100-879X2011007500037>

Vinothkumar, V., & Manoharan, S. (2011). *Chemopreventive efficacy of geraniol against hamster buccal pouch carcinogenesis.* 16(3), 91–101.

Vuko, E., Dunkićdunkić, V., Maravić, A. M., Ruščić, M. R., Nazlić, M. N., Radan, M., Ljubenković, I., Soldo, B., Fredotović, Ž. F., Sgorbini, B., & Rubiolo, P. (2021). Not Only a Weed Plant-Biological Activities of Essential Oil and Hydrosol of *Dittrichia viscosa* (L.) Greuter. *Plants*, 1–16. <https://doi.org/10.3390/plants10091837>

Wang, C. Y., Chen, Y. W., & Hou, C. Y. (2019). Antioxidant and antibacterial activity of seven predominant terpenoids. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 230–238. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1582541>

Wang, Z., Zhang, R., Yang, Q., Zhang, J., Zhao, Y., Zheng, Y., & Yang, J. (2021). Recent advances in the biosynthesis of isoprenoids in engineered *Saccharomyces cerevisiae*. *Advances in Applied Microbiology*, 114, 1–35. <https://doi.org/10.1016/BS.AAMBS.2020.11.001>

- Yap, H.-Y. Y., Muria-Gonzalez, M. J., Kong, B.-H., Stubbs, K. A., Tan, C.-S., Ng, S.-T., Tan, N.-H., Solomon, P. S., Fung, S.-Y., & Chooi, Y.-H. (2017). Heterologous expression of cytotoxic sesquiterpenoids from the medicinal mushroom *Lignosus rhinocerotis* in yeast. *Microb Cell Fact*, 16, 103. <https://doi.org/10.1186/s12934-017-0713-x>
- Ying, J., Yang, W., Xie, C.-Y., Ni, Q.-C., Pan, X.-D., Dong, J.-H., Liu, Z.-M., & Wang, S. (2011). *Induction of Caspase-3-Dependent Apoptosis in Human Leukemia HL-60 Cells by d-Elemene* (Issue 9).
- Yu Nien-Wan, Lai Ju-Ying, Ma Wen-jui, Ho Chi-Tang, Hung Shang-Wei, Chen Hsin-Yu, Chen Tong-Chiung, Kao Yie-Jung, & Way Der-Tzong. (2019). *Citronellol induces necroptosis of human lung cancer cells via TNF- α pathway and reactive oxygen species accumulation*. 33, 1–9. <https://doi.org/10.21873/invivo.11590>
- Zhao Yunqi, Cheng Xianliang, Wang Guohui, Liao Yuan, & Qing Chen. (2020). Linalool inhibits 22Rv1 prostate cancer cell proliferation and induces apoptosis. *Oncology Letters*, 20(289), 1–8. <https://doi.org/10.3892/ol.2020.12152>
- Zheljazkov, V. D., Semerdjieva, I., Yankova-Tsvetkova, E., Astatkie, T., Stanev, S., Dincheva, I., & Kačániová, M. (2022). *Chemical Profile and Antimicrobial Activity of the Essential Oils of Helichrysum arenarium (L.) Moench. and Helichrysum italicum (Roth.) G. Don*. <https://doi.org/10.3390/plants11070951>
- Zimmermann, R. C., Poitevin, C. G., Bischoff, A. M., Beger, M., da Luz, T. S., Mazarotto, E. J., Benatto, A., Martins, C. E. N., Sales Maia, B. H. L. N., Sari, R., da Rosa, J. M., Pimentel, I. C., & Zawadneak, M. A. C. (2022). Insecticidal and antifungal activities of *Melaleuca raphiophylla* essential oil against insects and seed-borne pathogens in stored products. *Industrial Crops and Products*, 182. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2022.114871>