



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS
NATURALES
CARRERA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*)
MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”**

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros
Agroindustriales

Autores:

Bedón Ponluisa Karen Andrea
Leon Coque Nelson Israel

Tutor:

Rojas Molina Jaime Orlando Quim. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Agosto 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Karen Andrea Bedón Ponluisa, con cédula de ciudadanía No. 1805786686 y Nelson Israel Leon Coque, con cédula de ciudadanía No. 0504079542, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “Extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), mediante el método de arrastre de vapor”, siendo el Químico Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, Tutor del presente trabajo; y, eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Latacunga, 23 de agosto del 2022

Karen Andrea Bedón Ponluisa
Estudiante
CC: 1805786686

Nelson Israel Leon Coque
Estudiante
CC: 0504079542

Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.
Docente Tutor
CC: 0502646435

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **BEDÓN PONLUISA KAREN ANDREA**, identificada con cédula de ciudadanía **1805786686** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*), MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”**, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2017- Marzo 2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: **“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*), MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - **LA CESIONARIA** es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 23 días del mes de agosto del 2022.

Karen Andrea Bedón Ponluisa
LA CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.
LA CESIONARIA

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **LEON COQUE NELSON ISRAEL**, identificado con cédula de ciudadanía **0504079542** de estado civil soltero, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector, y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado **“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*), MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”** la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Octubre 2017- Marzo 2018

Finalización de la carrera: Abril 2022 - Agosto 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 3 de junio del 2022

Tutor: Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Tema: **“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*), MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”**

CLÁUSULA SEGUNDA. - LA CESIONARIA es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **EL CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **EL CEDENTE**, transfiere definitivamente a **LA CESIONARIA** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.
- j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **LA CESIONARIA** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **EL CEDENTE** declara que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **LA CESIONARIA** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **EL CEDENTE** podrá utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - LA CESIONARIA podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **EL CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en la cláusula cuarta, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 23 días del mes de agosto del 2022.

Nelson Israel Leon Coque

EL CEDENTE

Ing. Cristian Tinajero Jiménez, Ph.D.

LA CESIONARIA

AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación con el título:

**“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*),
MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”** de Bedón Ponluisa Karen
Andrea y Leon Coque Nelson Israel, de la carrera de Ingeniería Agroindustrial, considero que
el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas,
técnicas y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y
recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 23 de agosto del 2022

Quim. Jaime Orlando Rojas Molina, Mg.

DOCENTE TUTOR

CC: 0502645435

AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprobamos el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi; y, por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, los postulantes: Bedón Ponluisa Karen Andrea y Leon Coque Nelson Israel, con el título del Proyecto de Investigación: **“EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*), MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 23 de agosto del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Hernán Patricio Bastidas Pacheco, M.Sc.
CC: 0501886261

Lector 2

Ing. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal Mg.
CC: 0501864854

Lector 3

Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano
CC: 0502270937

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer principalmente a Dios por permitirme culminar con esta etapa muy importante en mi vida, por las fuerzas que me dio para superar cada dificultad que se presentó, por las personas que me permitió conocer en todo este largo trayecto.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser quien nos dio la mano para alcanzar nuestras metas, por darme un espacio para aprender y desarrollarme como profesional.

De igual manera agradezco a nuestro tutor Quim. Mg Orlando Rojas por sus conocimientos, apoyo y colaboración incondicional para la elaboración de esta tesis.

A los miembros del tribunal Ing. M.Sc Patricio Bastidas, Ing. Mg Edwin Cevallos, Ing Mg Ana Maricela Travéz, Castellano por sus observaciones y correcciones para poder mejorar y finalizar este proyecto.

Bedón Karen

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a Dios por ser quien me lleno de esperanza para cumplir este objetivo.

A mis padres Alex Bedón y Nancy Ponluisa por su apoyo incondicional, tanto emocional como económico, por incentivar a que cada día sea mejor persona de todo corazón les debo mucho.

A mis hermanos Marilyn, Ivan, Alan y Farid porque han sabido entenderme, cuidarme y darme apoyo y a mis amigos que transcurrimos todos estos 5 años de compartir muchos momentos buenos y malos.

Bedón Karen

AGRADECIMIENTO

Agradezco principal a Dios y la virgen de la Merced siendo un pináculo fundamental dentro de mi aprendizaje y esfuerzos.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi quien medio la oportunidad de fortalecerme académicamente durante todo mi proceso de aprendizaje, de igual manera a todos los docentes que me apoyaron y me transmitieron sus conocimientos en toda mi etapa estudiantil.

Mi eterna gratitud al Quim. Mg Jaime Orlando Rojas Molina por haber confiado en mí, siendo quien me inculcó todo este tiempo para lograr terminar esta investigación quien supo brindarme su apoyo.

De igual manera agradezco a los miembros del tribunal: Ing. M.Sc Patricio Bastidas, Ing. Mg Edwin Cevallos, Ing Mg. Maricela Trávez por la ayuda brindada dentro de la culminación de mi investigación.

Leon Nelson

DEDICATORIA

Dedico primordialmente a Dios y la virgen de la Merced siendo un pináculo fundamental dentro de mi aprendizaje y esfuerzos.

Dedico mi tesis a mi Padre por ayudarme incondicionalmente en mi trayectoria estudiantil y los esfuerzos que dedicó.

A mi madre por apoyarme en los momentos más difíciles y apoyarme en cada momento de mi vida para mantenerme dentro de mis estudios.

Leon Nelson

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**TÍTULO: “EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE MATICO (*Piper aduncum*),
MEDIANTE EL MÉTODO DE ARRASTRE DE VAPOR”**

AUTORES: Bedón Ponluisa Karen Andrea
Leon Coque Nelson Israel

RESUMEN

La presente investigación se desarrolló con el objetivo de extraer el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), mediante el método de arrastre de vapor, para ello se utilizó el equipo de marca Lanphan Ltd. China, del laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde se determinó las mejores condiciones experimentales de extracción en relación al tiempo y masa/disolvente para obtener el mayor rendimiento. Para el tratamiento estadístico se empleó el programa Desing Expert 8.0.6 con un diseño de superficie respuesta V óptimo, se generó 17 corridas a tres diferentes tiempos (60, 90 y 120 min) y de masa/disolvente (1:3; 1:4 y 1:5 kg/L) a una temperatura constante de 100 °C. El mejor resultado se obtuvo en la corrida número 2 (tiempo de 120 minutos, masa/disolvente 1:5 kg/ L) con un rendimiento de 0,8843 %. Además, se analizó la composición química del aceite esencial optimizado mediante cromatografía de gases acoplado a un detector de masas, identificando 17 compuestos volátiles, los que se encontraron en mayor proporción fue el *germacreno-D* (32,37 %) y 1,14-Epoxiherberteno (24,73 %), a la vez se realizó el análisis de la actividad antioxidante por el método de FRAP y ABTS dando como resultado 180,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ y 90,23 $\mu\text{mol ET}/\text{g}$. Al evaluar la actividad antimicrobiana por el método de concentración mínima inhibitoria del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), se encontró una eficacia de 1mg/L en las bacterias *Salmonella entérica* y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y 0,5 mg/L para *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 39327.

Palabras claves: matico, composición química, FRAP, ABTS, antioxidante, antimicrobiana.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES FACULTY

THEME: “EXTRACTION OF ESSENTIAL OIL FROM MATICO (*Piper aduncum*), USING STEAM DRAG METHODOLOGY”

AUTHOR: Bedón Ponluisa Karen Andrea
Leon Coque Nelson Israel

ABSTRACT

The present investigation was developed with the objective to extract essential matico (*Piper aduncum*) oil, by steam drag method, for this purpose Lanphan Ltd. China laboratory equipment of Agricultural Sciences and Natural Resources Faculty (CAREN) of Technical University of Cotopaxi was used, where the best experimental extraction conditions were determined at relation to time and mass/solvent to obtain the highest yield. For statistical treatment, program Desing Expert 8.0.6 was used with an optimal response surface design V, 17 runs were generated at three different times (60, 90 and 120 min) and mass/solvent (1:3; 1:4 and 1:5 kg/L) at a constant temperature of 100 °C. The best result was obtained at run number 2 (120 min time, mass/solvent 1:5 kg/L) with a yield of 0,8843 %. In addition, chemical composition of optimized essential oil was analyzed by gas chromatography coupled to a mass detector, identifying 17 volatile compounds, those found in greater proportion were D-germacrene (32,37 %) and 1,14-Epoxyherberthene (24,73 %), at the same time antioxidant activity analysis was performed by the FRAP and ABTS method giving as a result 180,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ and 90,23 $\mu\text{mol ET}/\text{g}$. Evaluating antimicrobial activity by minimum inhibitory concentration method of matico (*Piper aduncum*), essential oil an efficacy of 1mg/L was found for *Salmonella enterica* and *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and 0,5 mg/L for *Escherichia coli* ATCC 25922 and *Pseudomonas aeruginosa* ATTC 39327.

Keywords: matic, chemical composition, FRAP, ABTS, antioxidant, antimicrobial.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	vi
AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....	ix
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	x
AGRADECIMIENTO.....	xi
DEDICATORIA	xii
AGRADECIMIENTO.....	xiii
DEDICATORIA	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	2
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
3.1 Beneficiarios directos	2
3.2 Beneficiarios indirectos	3
4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN	3
5. OBJETIVOS	5
5.1 Objetivo General	5
5.2 Objetivos Específicos	5
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1 Antecedentes.....	7
7.2 Fundamentación teórica.....	8
7.2.1 Planta matico (<i>Piper aduncum</i>).....	8

7.2.2 Taxonomía de la especie.....	9
7.2.3 Descripción morfológica.....	9
7.2.4 Condiciones de desarrollo.....	9
7.2.5 Composición química del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	10
7.2.6 Actividades bioactivas del matico (<i>Piper aduncum</i>).....	10
7.2.7 Usos y beneficios más importantes de la planta de matico (<i>Piper aduncum</i>) y aceite esencial.....	12
7.2.8 Aceites esenciales.....	12
7.2.8.1 Características físicas de los aceites esenciales.....	13
7.2.8.2 Constituyentes químicos de los aceites esenciales.....	13
7.2.8.2.1 Terpenoides:.....	13
7.2.8.2.2 No terpenoides.....	14
7.2.8.3 Factores que influyen en la composición de los aceites esenciales.....	14
7.2.8.4 Aplicaciones de los aceites esenciales.....	15
7.2.8.4.1 Industria Farmacéutica.....	15
7.2.8.4.2 Industria alimentaria.....	16
7.2.8.4.3 Industria de cosmetología y perfumería.....	16
7.2.8.4.4 Industria Fitosanitaria.....	16
7.2.8.4.5 Productos de uso veterinario.....	17
7.2.9 Métodos de extracción de los aceites esenciales.....	17
7.2.9.1 Extracción mecánica o prensado en frío.....	17
7.2.9.2 Extracción con solvente.....	17
7.2.9.3 Extracción por fluidos supercríticos (EFS).....	17
7.2.9.4 Enforado o impregnación (enflueraje).....	18
7.2.9.5 Destilación con agua o hidrodestilación.....	18
7.2.9.6 Destilación con vapor húmedo.....	18
7.2.9.7 Destilación por arrastre de vapor.....	18

7.2.10	Ventajas y desventajas del método de extracción por arrastre de vapor	19
7.2.10.1	Ventajas	19
7.2.10.2	Desventajas	19
7.2.11	Factores que influyen en la extracción por arrastre de vapor	19
7.2.12	Fases de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor	19
7.2.13	Equipo de extracción de arrastre de vapor “Lanphan Ltd., China”	20
7.2.14	Actividad antioxidante	21
7.2.15	Actividad antimicrobiana	21
7.2.15.1	Método de concentración mínima inhibitoria CMI	22
7.2.15.1.1	Dilución en tubos	22
7.2.15.1.2	Difusión en agar.....	22
7.2.15.2	<i>Salmonella entérica</i>	22
7.2.15.3	<i>Staphylococcus aureus</i>	23
7.2.15.4	<i>Escherichia coli</i>	23
7.2.15.5	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	23
8.	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.....	24
8.1	Hipótesis alternativa	24
8.2	Hipótesis nula	24
9.	METODOLOGÍAS/DISEÑO EXPERIMENTAL	25
9.1	Tipos de investigación	25
9.1.1	Investigación exploratoria	25
9.1.2	Investigación descriptiva.....	25
9.1.3	Investigación cualitativa	26
9.1.4	Investigación cuantitativa	26
9.1.5	Investigación experimental	26
9.2	Técnicas.....	26
9.2.1	Observación	27

9.3 Instrumentos de investigación.....	27
9.3.1 Ficha de observación	27
9.4 Materiales y equipos.....	27
9.4.1 Instrumentos de laboratorio.....	27
9.4.2 Equipos.....	28
9.4.3 Reactivos	28
9.5 Metodología de extracción del aceite esencial de <i>Piper aduncum</i>	29
9.5.1 Recolección de la materia prima.....	29
9.5.2 Clasificación del material vegetal.....	30
9.5.3 Pesado y triturado del material vegetal	30
9.5.4 Extracción del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>)	31
9.5.5 Separación y almacenamiento del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	31
9.6 Diagrama de flujo del extracto de matico (<i>Piper aduncum</i>) obtenido por arrastre de vapor	32
9.7 Determinación del rendimiento del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	33
9.8. Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>), mediante el ensayo FRAP y ABTS.....	33
9.8.1 Poder Antioxidante Reductor Férrico (FRAP Ferric Reducing Antioxidant Power)....	33
9.8.2 Ensayo ABTS.....	34
9.9 Determinación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	35
9.9.1 Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI), por el método de dilución en agar.....	35
9.10 Diseño experimental	36
9.10.1 Representación de las corridas experimentales.....	36
9.10.2 Cuadro de Variables	37
10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	38

10.1 Determinación de rendimiento bajo las condiciones de extracción del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>)	38
10.2 Deseabilidad del proceso de extracción	43
10.3 Composición del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	44
10.4 Capacidad antioxidante del aceite esencial de <i>Piper aduncum</i>	46
10.5 Actividad antimicrobiana del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>)	47
11. IMPACTOS.....	49
11.1 Técnicos.....	49
11.2 Sociales.....	49
11.3 Ambientales	49
11.4 Económicos.....	49
12. PRESUPUESTO.....	50
13. CONCLUSIONES	52
14. RECOMENDACIONES	53
15. BIBLIOGRAFÍA	54
16. ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y Sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados	6
Tabla 2. Taxonomía del matico (<i>Piper aduncum</i>)	9
Tabla 3. Actividades bioactivas de los componentes químicos del matico (<i>Piper aduncum</i>)..	11
Tabla 4. Condiciones experimentales para el diseño de experimentos.....	36
Tabla 5. Corridas experimentales para la extracción del aceite esencial de matico (<i>Piperaduncum</i>).....	..37
Tabla 6. Cuadro de variables.....	37
Tabla 7. Porcentaje de rendimiento obtenido en las corridas experimentales.....	38
Tabla 8. Parámetros del modelo codificado del rendimiento.....	40
Tabla 9. Composición Química del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>)	44
Tabla 10. Ensayo de captación de radicales libres	47
Tabla 11. Concentración mínima inhibitoria del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>)	48
Tabla 12. Presupuesto de la investigación	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Matico (<i>Piper aduncum</i>)	8
Figura 2. Equipo Lanphan Ltd., China	20
Figura 3. Recoleccion de la materia prima.....	29
Figura 4. Clasificación del material vegetal.....	30
Figura 5. Pesado y triturado del material vegetal	31
Figura 6. Extracción del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	31
Figura 7. Separación y almacenamiento del aceite esencial	32
Figura 8. Diagrama de flujo de la extracción del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	32
Figura 9. Rendimiento en relación tiempo y masa/disolvente	41
Figura 10. Valores predicho y experimental para el rendimiento	42
Figura 11. Interacción de los factores de estudio y deseabilidad	43
Figura 12. Perfil lipídico por cromatografía de gases acoplado a un detector de masas del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).....	46
Figura 13. Recolección de la materia prima.....	73
Figura 14. Clasificación de la materia prima.....	73
Figura 15. Pesaje de la materia prima.....	73
Figura 16. Triturado de 3cm del material vegetal.....	73
Figura 17. Proceso de extracción del aceite esencial	73
Figura 18. Aceite esencial extraído	73
Figura 19. Aceite esencial final.....	74
Figura 20. Rendimiento del aceite esencial.....	74
Figura 21. Pesaje de los reactivos ABTS Y FRAP.....	74
Figura 22. Preparación de las soluciones	74
Figura 23. Soluciones con aceite esencial de matico	75
Figura 24. Lectura de la absorbancia.....	75
Figura 25. Preparación del medio de cultivo.....	75

Figura 26. Preparación de las cepas microbiológicas	75
Figura 27. Preparación del medio de cultivo	76
Figura 28. Incubación de los medios de cultivo	76
Figura 29. Actividad microbiana del aceite al 5 %.....	76
Figura 30. Actividad microbiana al 3 %.....	76
Figura 31. Actividad microbiana al 1 %.....	76
Figura 32. Actividad microbiana al 0,5 %	76

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de vida del docente tutor	66
Anexo 2. Datos informativos del estudiante 1	67
Anexo 3. Datos informativos del estudiante 2	68
Anexo 4. Ubicación geográfica del campus Salache	69
Anexo 5. Resultados de los análisis de la composición química del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>)	70
Anexo 6. Fotografías de la metodología	73
Anexo 7. Fotografías del análisis de la actividad antioxidante	74
Anexo 8. Fotografías del análisis de actividad antimicrobiana.....	75
Anexo 9. Aval de Traducción	77

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“Extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), mediante el método de arrastre de vapor”

Fecha de inicio: Abril 2022

Fecha de Finalización: Agosto 2022

Lugar de ejecución:

- **Barrio:** Salache bajo
- **Parroquia:** Eloy Alfaro
- **Cantón:** Latacunga
- **Provincia:** Cotopaxi
- **Zona:** 3
- **Institución:** Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia: Ingeniería Agroindustrial

Nombre de equipo de investigadores:

Docente tutor: Rojas Molina Jaime Orlando Quim. Mg.

Estudiantes:

Bedón Ponluisa Karen Andrea

Leon Coque Nelson Israel

Área de conocimiento:

Ingeniería, industria y construcción

Línea de investigación:

Análisis, conservación, y aprovechamiento de la biodiversidad local.

Sub-líneas de investigación de la carrera:

Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales.

2. JUSTIFICACIÓN

El presente proyecto pone en consideración el aprovechamiento de la planta de matico (*Piper aduncum*) para la obtención de un aceite esencial que sea de aporte en cualquier proceso de las industrias alimentarias, así como también en las distintas industrias farmacéuticas, cosmetológicas, dermatológicas e incluso para la elaboración de bactericidas, debido al manejo ancestral de las plantas se ha generado un conocimiento empírico que ha permitido el descubrimiento de cualidades comestibles, medicinales, tóxicas y religiosas de las plantas, el cual aporta diferentes posibilidades para mantener y mejorar las condiciones de vida de la sociedad Instituto de ecología, A.C (INECOL, 2022).

Actualmente la población mundial aún recurre al uso de las plantas, por los beneficios que aportan en la salud, alimentación, elaboración de productos, esto debido a sus principios activos como terpenos, terpenoides, fenoles, entre otros. La búsqueda de sustancias activas ha incrementado, particularmente en el uso de aceites esenciales y sus compuestos volátiles que poseen efectos antimicrobianos y antioxidantes, que pueden ser aplicados en productos alimentarios (Ávalos y Pérez , 2009). Además, el Ecuador es uno de los países con mucha diversidad vegetal, por lo que facilitaría a muchas poblaciones como la parroquia de San Buenaventura de la provincia de Cotopaxi a incrementar su productividad en exportaciones de plantas, a la vez Ecuador es un país exportador de aceites esenciales, por lo que las grandes empresas podrían incluir a la planta de matico (*Piper aduncum*).

A la vez se identifica que la planta de matico (*Piper aduncum*), posee cualidades farmacológicas siendo popular por sus cualidades cicatrizantes para el sistema digestivo aliviando el dolor de estómago, úlceras estomacales, diarrea, colitis, afecciones hepáticas y de la vesícula, se emplea de forma externa para casos de golpes y heridas (Bussmann y Douglas , 2016). Por ello este proyecto se centró en obtener las mejores condiciones de extracción para tener un alto rendimiento de aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), y posteriormente su caracterización química, antioxidante y antimicrobiana.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Beneficiarios directos

Los beneficiarios directos serán los agricultores y comercializadores de la planta (*Piper aduncum*) de la parroquia San Buenaventura de la provincia de Cotopaxi.

3.2 Beneficiarios indirectos

Los beneficiarios indirectos serán las industrias farmacéuticas, alimentarias y cosméticas, así como también empresas especializadas en la extracción de aceites esenciales, o para aquellas personas que deseen iniciar su propio negocio.

4. EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

A nivel mundial existen miles de productos elaborados a base de plantas, alrededor de 3000 especies de plantas pertenecientes a 10 familias botánicas que se utilizan para la obtención de aceites esenciales solo 300 de estos aceites se comercializan en el mercado a nivel global, debido a la disponibilidad, características funcionales y organolépticas superiores y una fuerte dinámica de demanda (Usano et al., 2014; Fortune Bussines Insights, 2021). Por lo que genera una gran inquietud al momento de elegir una planta del cual se pueda obtener beneficios sin perjudicar al productor y al consumidor. Además, actualmente las distintas industrias de alimentos están presentando problemas en cuanto a la formulación de productos que contengan ingredientes más naturales y orgánicos lo que ha generado una gran preocupación por la aplicación de aditivos sintéticos en productos procesados ya que están generando efectos nocivos al ser humano largo plazo.

El Ecuador es uno de los países que cuenta con mayor diversidad en plantas de uso ancestral, que son nativas o introducidas; con el transcurso de los años en las regiones (andina, litoral, amazónica e insular) del país se ha generado varios estudios para la orientación y aprovechamiento de los principios activos presentes en las plantas tales como: ergotamina, eserina, heroína, morfina, papaverina, quinina, salicina, esparteína, curarizantes, digitalina, digitoxina, emetina, efedrina, estricnina, teobromina, teofilina, vinina, flavonoides, cocaína, codeína, colchicina, taninos, acetilcolina. Estos variados principios se caracterizan por estar presentes en las plantas en toda su estructura, cual beneficia al ser humano gracias a las moléculas que proporcionan.

En la zona interandina existe una gran abundancia de la planta de matico (*Piper aduncum*), esta planta posee propiedades antimicrobianas, antiinflamatorios y cicatrizante donde estos conocimientos han ido transmitiéndose por familiares más no por un ente profesional (Portal et al., 2013). Lo que quiere decir que a pesar de que muchas poblaciones conocen de estas propiedades no han encontrado una forma de implementar adecuadamente en el área de medicina, alimentación u otro medio.

En la provincia de Cotopaxi no se existe información sobre los sectores que se dedique a la extracción de aceites esenciales, por lo que su principal actividad económica representa la producción agropecuaria (hortalizas, legumbres, tubérculos, ganado bovino, criollo), la industria en el comercio (productos lácteos y cárnicos) (Fuerza EC Cotopaxi, 2017).

En el cantón de Latacunga no existen informes que indiquen la actividad de productores que se dediquen a la extracción de aceites esenciales, los puntos de venta que existen son comercializadores que adquieren estos productos de otros países. Por ello es importante ayudar mediante este estudio a los distintos emprendedores para que logren tener otra fuente de ingresos.

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

- Extraer el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) mediante el método de arrastre de vapor.

5.2 Objetivos Específicos

- Establecer las mejores condiciones de extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) en función del rendimiento.
- Evaluar la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) mediante la metodología de FRAP y ABTS.
- Valorar la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), mediante la metodología de concentración mínima inhibitoria.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1

Actividades y Sistemas de tareas en relación a los objetivos planteados

Objetivos	Actividades (tareas)	Resultado de la actividad	Medios de verificación
<p>Objetivo específico 1: Establecer las mejores condiciones de extracción del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>) en función del rendimiento.</p>	<p>Recolectar la materia prima vegetal. Clasificar, pesar y triturar la materia prima vegetal. Elaborar el diseño experimental. Extraer el aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>) bajo las condiciones experimentales de masa/disolvente (1:3; 1:4; 1:5) y tiempo (60; 90; 120) en el equipo Lanphan Ltd., China. Determinar el mayor rendimiento del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>) , mediante el programa Desing Expert 8.0.6.</p>	<p><i>Conoce la metodología del proceso de extracción del aceite esencial de matico (Piper aduncum) mediante el método de arrastre de vapor. Obtención de las mejores condiciones de extracción de acuerdo al tiempo y masa/disolvente empleado.</i></p>	<p><i>Análisis de la tabla 5,7,8, figura 9,10,11</i></p>
<p>Objetivo específico 2: Evaluar la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>) mediante la metodología de FRAP y ABTS.</p>	<p>Aplicar las metodologías de FRAP y ABTS, en la detección de la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>).</p>	<p><i>Resultados de análisis de la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (Piper aduncum).</i></p>	<p><i>Análisis de la tabla 10</i></p>
<p>Objetivo específico 3: Valorar la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>), mediante la metodología de concentración mínima inhibitoria (CMI).</p>	<p>Determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI), por el método de dilución en Agar. Analizar el efecto antimicrobiano del aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>) en cepas de referencia de <i>Salmonella estérica</i>, <i>Escherichia coli</i>, <i>Pseudomonas aeruginosa</i>, y <i>Staphylococcus aureus</i>, Analizar e interpretar los resultados obtenidos.</p>	<p><i>Efecto del aceite esencial de matico (Piper aduncum) en la inhibición de microorganismos.</i></p>	<p><i>Análisis de la tabla 11.</i></p>

Elaborado por: (Bedón K y Leon N., 2022)

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1 Antecedentes

Según Ingaroca, et al. (2019) en su artículo “Composición química y ensayos de actividad antioxidante y del efecto fungistático sobre *Candida albicans* del aceite esencial de "matico" (*Piper aduncum* L.)” menciona; la extracción del aceite esencial de las hojas de matico (*Piper aduncum* L) mediante la destilación de arrastre de vapor de agua tiene un rendimiento 1,1% v/p, su composición analizada mediante el método de cromatografía de gases se identifican 35 componentes químicos, de los cuales ocho representan el 76,53 % del área total. Entre los principales compuestos se encuentran fenilpropanoides (1, 2, 4-trimetoxi-5-(1-propenil)- benceno (39,32 %) y metileugenol (12,85 %)), hidrocarburos sesquiterpenoides (germacreno D (7,52 %), biciclogermacreno (5,88 %), β -cariofileno (2,82 %) y δ - cadineno (2,81 %)), un hidrocarburo monoterpenoide (β -ocimeno (2,34 %)) y un monoterpenoide oxigenado (4,7,7-trimetilbiciclo heptan-3-ona (2,99 %)), además la capacidad antioxidante detectada por el método de DPPH y ABTS, fue de 1,839 y 17,79 μ g Trolox/mg del aceite esencial.

Quispe (2017) realizó la caracterización micro-histológico, físico y químico del aceite esencial de las hojas de matico (*Piper aduncum*), extraído por arrastre de vapor en un equipo modular” en la cual interpreta que: las muestras de las hojas de matico (*Piper aduncum*), tiene como propiedades físicas en densidad 0,9278g/mL a 20° C; viscosidad aparente de 4,69 cP a 4,96 cP; Índice de refracción de 1,4872; pH de 5,15, el tiempo de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor fue de dos horas, obteniéndose 25 mL de aceite con 4.5 kg de muestra en el condensador modular (coraza y tubos), dando mayor rendimiento comparado con el condensador de serpiente de LOPU que extrajo 13,5 mL.

Según Palacios y Puente (2016), en su investigación “Actividad Antibacteriana del aceite esencial *Piper aduncum* “matico” sobre *Escherichia coli*” manifiesta que: obtuvieron un promedio de 3,0 mL de aceite esencial mediante destilación por arrastre de vapor, a partir de 250 g de hojas seleccionadas y 4.0 L de agua bidestilada.

Sánchez y Pérez (2021), en su investigación “ Actividad antimicótica del aceite esencial de la flor de *Origanum vulgare* (ORÉGANO) y *Piper Aduncum* (MATICO) frente *Candida albicans*”, demuestra que: la actividad antimicótica invitro del aceite esencial en la metodología empleada en la obtención de los aceites esenciales *Piper Aduncum* “matico”

mediante la técnica de extracción por arrastre con vapor, a diferentes concentraciones (50%, 75% y 100%). Los halos de inhibición promedios obtenidos para el aceite de matico (*Piper aduncum*) al 50% fue de (6,87mm + 0,06), al 75% (8,59mm + 0,09) y al 100% (11,84mm + 0,06), el control negativo presentó 6,03mm + 0,06 y el control positivo 23,00mm + 0,08.

7.2 Fundamentación teórica

7.2.1 Planta matico (*Piper aduncum*)

Figura 1

Matico (Piper aduncum)



Fuente: (Acosta, 2022)

El matico (*Piper aduncum*) es una planta originaria de América del sur, crece en los valles interandinos de Ecuador, Bolivia, Chile, Colombia, México y en el Asia, es conocida como "hierba del soldado" o "cordoncillo" y se utiliza como desinfectante externo de heridas, cicatrizante, anticancerígeno, antidiarreico, antivenéreo y para el tratamiento de resfriados, bronquitis, herpes, úlceras estomacales y estreñimiento (Lock y Rojas, 2004).

Se distribuye de 0 a 2 000 y entre 3 000 a 3 500 msnm en las provincias de Azuay, Cañar, Carchi, Chimborazo, Cotopaxi, El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Imbabura, Loja, Los Ríos, Manabí, Morona, Napo, Pastaza, Pichincha, Tungurahua y Zamora Chinchipe (Jorgensen y León-Yáñez, 1999 citado en Aguirre et al., 2015, p. 133).

7.2.2 Taxonomía de la especie

Tabla 2

Taxonomía del matico (Piper aduncum)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Piperales
Familia	Piperaceae
Género	Piper
Especie	<i>Piper aduncum</i>
Nombre científico	<i>Piper aduncum</i> L.

Fuente: (Linnaeus, 1762 citado en Peña, 2022)

7.2.3 Descripción morfológica

La planta es un arbusto de hasta 4 m de altura, del tallo proviene nudos donde salen las hojas, su corteza es áspera y granosa de color café- verdosa, posee hojas simples alternas, coriáceas de forma alargadas, terminadas en punta con venas longitudinales pronunciadas de color rojo pálido, el haz es muy áspero de color verde claro, el envés color blanquecino, cuando se estruja expulsa un olor fragante, sus flores son largas espigadas carnosas de color verde crema, carece también de frutos en amentos verdes gordos y erectos, los ápices de las hojas y los cogollos son de color rojizo y las hojas conforme se envejecen se tornan amarilla (Aguirre et al., 2015).

7.2.4 Condiciones de desarrollo

Vive en áreas que reciben de 1500 a más de 4000 mm de precipitación media anual. Coloniza la mayoría de los tipos de suelo, además de los suelos excesivamente bien drenados, donde solo crece en el extremo superior del rango de lluvia; suelos secos; y suelos salinos (Invasive Species Database [GISD], 2021).

Invasive Species Compendium CABI (2019) indica que la planta de matico (*Piper aduncum*) es intolerable a la sombra, requiere suficiente luz para crecer. Comúnmente crece en varias altitudes desde 2000 m y 3356 m del nivel del mar. Fuera de su área natural se puede propagar en arroyos inundados, deslizamientos de tierra, caminos y márgenes de bosques.

7.2.5 Composición química del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

Según Monzote et al. (2017) indica que los constituyentes más reportados para el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), se encuentran; 1,8-Cineol, dillapiol, apiol, bicyclogermacreno, piperitona, linalol, nerolidol, safrol.

El aceite esencial de las hojas de *P. aduncum* posee en mayor cantidad linalol, un 0.63% de compuestos terpenoides, 53% monoterpenos, 55% sesquiterpenos que están representados por diversos compuestos, especialmente el óxido de cariofileno, epóxido II de humuleno, (E) Nerolidol y α -Copaeno, y en pequeñas cantidades alil benzeno safrol y de metil cetona 2-Undecanona (Dousseau et al., 2014).

Se pueden encontrar más compuestos como “diterpenos (fitol, camforeno, esclareol), constituyentes que contienen azufre (alil sulfuro, dimetilsulfuro), nitrógeno (metil antranilato, indol, piridinas), lactonas, δ -lactonas, cumarinas), algunos componentes irregulares (eucarvona y necrodano), amidas, fenilpropanoides, terpenos, chalconas y dihidrochalconas, flavonas y compuestos adicionales que incluyen derivados del ácido benzoico y cromenos” (Zevallos et al., 2022, p. 770).

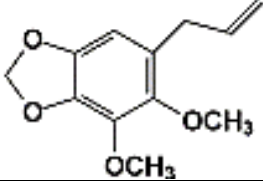
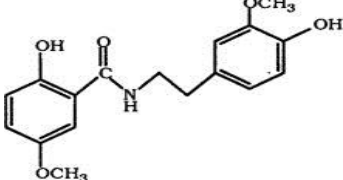
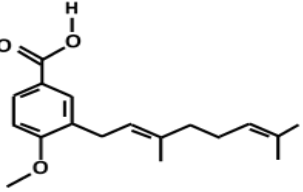
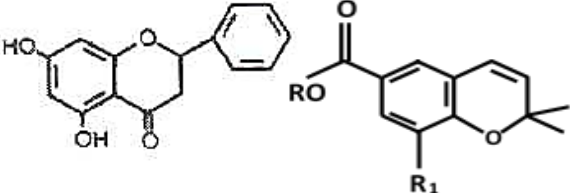
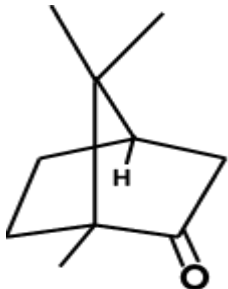
7.2.6 Actividades bioactivas del matico (*Piper aduncum*)

Según Bernhoft (2010), menciona que los compuestos bioactivos son los metabolitos vegetales secundarios, tienen bajo peso molecular y una función importante en la interacción de la planta con su entorno, estos provocan efectos farmacológicos o toxicológicos en el hombre y los animales.

Lock y Rojas (2004) afirman que: Se ha logrado comprobar, en modelos in vitro, que los extractos crudos de *P. aduncum* poseen actividad antibacteriana, antifúngica, antiviral, citotóxica y parasiticida. Los diversos estudios fitoquímicos reportan que el *P. aduncum* contiene una gran variedad de metabolitos secundarios que se puede agrupar en fenilpropanoides, derivados de ácido benzoico, cromenos y flavonoides (p. 27).

Tabla 3

Actividades bioactivas de los componentes químicos del matico (*Piper aduncum*)

Componentes	Propiedades bioactivas
Dilapiol 	<ul style="list-style-type: none"> • Anticancerígeno • Citotóxico • Antifúngico • Antibacteriano
Aduncamida 	<ul style="list-style-type: none"> • Antimicrobiano • Anticancerígeno
Ácido Benzoico prenilado 	<ul style="list-style-type: none"> • Antifúngico
Flavonina pinocembrina y Cromenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Antifúngico
4,7,7-trimetilbicyclo [2.2.1] heptan - 3-ona (alcanfor) 	<ul style="list-style-type: none"> • Antiparasitario

Fuente: (Ingaroca et al., 2019)

7.2.7 Usos y beneficios más importantes de la planta de matico (*Piper aduncum*) y aceite esencial

En los sistemas de medicina a base de hierbas en América del Sur, el matico (*Piper aduncum*) es bastante conocido y respetado por curar heridas, trata todo tipo de problemas digestivos como: dolores de estómago, vómitos, dispepsia, diarrea, úlceras gástricas, gases intestinales e incluso cáncer de estómago (Taylor, 2006).

Taylor (2006) menciona que: la planta es un excelente tónico genitourinario, trata cálculos, infecciones del tracto urinario, cistitis, uretritis, leucorrea, vaginitis y diversas enfermedades venéreas, enfermedades como la gonorrea y las tricomonas. Para afecciones respiratorias como bronquitis, hemorragias pulmonares, pleuresía, neumonía, resfriados, gripe, amigdalitis y dolores de garganta. También se recomienda para leucorrea, hemorroides, blenorragia, dispepsia, diarrea, disentería y cólera.

En diferentes investigaciones se ha evaluado al aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) para elaboración de productos como: pasta dental del cual se vio efectos terapéuticos como coadyuvante para el tratamiento periodontal (Falcón, 2017). También se aplicó para la elaboración de jabón las cuales poseen propiedades antibacteriales, desinflamantes, antibióticas, y alivio de heridas, y un jabón líquido antibacterial y cicatrizante debido a que contiene compuestos orgánicos como flavonoides y taninos (Espinoza et al., 2020; Sanín, 2015). Se ha elaborado un óleo, que actúa como hidratante, antioxidante, regenerador, rejuvenecedor, atenuante de cicatrices y reductor de acné (Aguilar, 2022).

Se ha evaluado el aceite esencial como repelente de insectos, el cual muestra mejores propiedades en formulaciones de crema y pomada para aplicarse en la piel, siendo muy práctico para que pueda ser comercializado (Mamood, 2017).

7.2.8 Aceites esenciales

Los aceites esenciales, llamados aceites volátiles o aceites etéreos, son sustancias complejas y concentradas de las secreciones metabólicas naturales de las plantas, se extraen de las hojas, pétalos, tallos, semillas, raíces o corteza de las plantas (Butnariu y Sarac, 2018).

Los aceites esenciales están contenidos en semillas, glándulas, pelos glandulares, sacos, o venas de diversas piezas de la planta (Angulo, 2014).

7.2.8.1 Características físicas de los aceites esenciales.

Según Requejo (2020) los aceites esenciales tienen las siguientes características:

- Son líquidos con escasa o nula solubilidad en agua.
- Solubles en alcoholes y en disolventes orgánicos, así como en excipientes grasos.
- Lipofílicas (sustancias no polares)
- Al oxidarse, se hacen resinosos, toman un color amarillento oscuro, lo que se previene depositándolos en recipientes de vidrio de color topacio totalmente llenos y cerrados perfectamente.
- Con un alto índice de refracción, es decir, los rayos UV (ultravioleta) reaccionan fácilmente sobre ellos, liberando los radicales libres de su composición química y provocando su oxidación.
- La mayoría de los aceites son menos densos que el agua, entre 0,86 g/ml y 1,03 g/ml.
- No suelen cristalizar a temperatura ambiente.

Canella (2017) menciona que: los aceites esenciales son incoloros, sin embargo, algunos aceites presentan un color amarillo claro, azul verdoso, o marrón, y se distinguen por su perfume y sabor. Son inflamables, pero no tóxicos, no deben ser aplicados directamente en la piel.

7.2.8.2 Constituyentes químicos de los aceites esenciales

Alea (2015) menciona que: los constituyentes volátiles, que conforman los aceites esenciales, constituyen alrededor del 1% de los metabolitos secundarios de las plantas, su composición se agrupa en dos grandes grupos:

7.2.8.2.1 Terpenoides: Son compuestos aromáticos que se producen en las plantas y se dividen en monoterpenos (10 átomos de carbono), sesquiterpenos (15 átomos de carbono), diterpenos (20 átomos de carbono), y homoterpenos (Lowenfels, 2020; Alea, 2015).

Rahman (2012) menciona que los compuestos monoterpenos dan propiedades antimicrobianas, antiprotozoarias antimicrobianas, entre estos compuestos se encuentran el:

mircenol, ocimeno, linalool, geraniol, limoneno, pinenos, alcanfor, alfa-terpineol, alcohol perilílico, carveol, carvona, mentoles, entre otros.

Rojas y Malo (2019) detalla que entre “los compuestos sesquiterpenos son: β -farneseno, α -farneseno, β -cariofileno y α -humuleno”, presentan actividad antifúngica, antibiótica, antiinflamatoria, espasmolítica (Castillo y Martínez, 2021).

Los compuestos diterpenos tienen actividad anticancerígena o citotóxica, antiretroviral, antifúngica, antioxidante (Castillo y Martínez, 2021).

7.2.8.2.2 No terpenoides: Se componen por sustancias alifáticas de cadena corta, sustancias aromáticas, sustancias con azufre y sustancias nitrogenadas (Fenilpropanoides / bencenoides, derivados de ácidos grasos de aminoácidos, Noterpenoides C13, Ftálicos, compuestos nitrogenados, azufrados, enlazados o glicosídicos, Isotiocianatos) (Rivas et al., 2016; Pino, 2015).

- **Fenilpropanoides/bencenoides:** Algunos compuestos son: Benzaldeído, fenilacetaldeído, salicilato de metilo, eugenol, safrol, isoeugenol, entre otros (Pino, 2015, p. 35).
- **Compuestos nitrogenados:** Pino (2015) menciona que los compuestos nitrogenados se agrupan como aminas, amidas, nitrocompuestos, nitrilos, oximas, ésteres y compuestos cíclicos (indol, imidazol, pirazina, pirazol, piridina y triazina) (p. 37).
- **Derivados de ácidos grasos:** Pino (2015) menciona que la oxidación, reducción y esterificación de aldehídos y cetonas provocan la formación de ácidos, alcoholes, lactonas y ésteres. El grupo de compuestos carbonílicos incluye al formaldehído, acetaldehído, propanal, acetona, butanal, isobutanal, 2-butenal, isobutenal, 2-butanona, crotonaldehído, 2-pentanona, 2-metil-2-pental, hexanal, (E)- 2-hexenal, (Z)-3-hexenal, 3-octanona, nonanal, metil isopropil cetona y metil vinil cetona, entre otros (p. 34).

7.2.8.3 Factores que influyen en la composición de los aceites esenciales

Los compuestos químicos son sintetizados en la planta durante su desarrollo y corresponden en cada especie a una composición específica dentro de límites predecibles, los

principales factores que afectan la producción y composición de los metabolitos secundarios de las plantas son (Pino, 2015, p. 66):

- **Variaciones fisiológicas:** Desarrollo de los órganos, ciclo de actividad del polinizador, parte de la planta, tipo de estructura secretora, daños mecánicos o químicos.
- **Condiciones ambientales:** Clima, polución, enfermedades y plagas, factores edáficos.
- Variaciones geográficas
- Factores genéticos y evolutivos
- Almacenamiento
- Condiciones políticas y sociales
- Acceso al material vegetal y necesidad de labores manuales y espacio.

7.2.8.4 Aplicaciones de los aceites esenciales

El uso de aceites esenciales en las industrias aumenta día a día, la demanda del mercado mundial de aceites esenciales fue de 226,8 kilotonnes en el año 2018. Se espera que se expanda a una CAGR del 8,6 % hasta el 2025 (Shemy, 2020).

Según Ríos (2016) indica que: los aceites esenciales tienen aplicaciones industriales probadas en la fabricación de perfumes, cosméticos, jabones, champús o geles de limpieza, como agentes terapéuticos en aromaterapia o como principios activos o excipientes de medicamento, y en la industria agroalimentaria, para producir bebidas y aromatizar alimentos.

La gama de las industrias que utilizan los aceites esenciales o sus subproductos es amplia y variada:

7.2.8.4.1 Industria Farmacéutica

Los aceites esenciales poseen diversas propiedades terapéuticas, fungicidas, antidepressivas o antibacterianas, se utilizan eficazmente para el tratamiento de varias infecciones causadas por enfermedades patógenas causadas por virus, hongos y bacterias (Malik, 2019).

Según Bordia 1981 citado en Malik, (2019) menciona que: el aceite esencial de ajo disminuye el colesterol sérico y los triglicéridos (TGs).

7.2.8.4.2 Industria alimentaria

El mayor consumidor mundial de aceites esenciales es la industria de las bebidas gaseosas, principalmente cítricos (naranja, limón, pomelo, mandarina, lima), jengibre, canela, clavo y menta, también se utilizan algunos en confitería, panadería, productos lácteos, productos afrutados, especias, bollería, postres (frescos o en polvo), además se aplican en bebidas alcohólicas para elaborar licores de hierbas, cerveza de jengibre, menta y otros licores aromatizados (Can y Buchbauer, 2020).

Mozaniel et al. (2022) indican que: las películas y recubrimientos comestibles que contiene aceites esenciales se aplican para la conservación de frutas, hortalizas y productos cárnicos.

7.2.8.4.3 Industria de cosmetología y perfumería

Los AE se aplican en cosmetología para perfumar cosméticos como dentífricos, champús, protectores solares, labiales, jabones (Mozaniel et al., 2022).

Muchos de estos productos se centran en aplicaciones para tratar quemaduras, o con fines de limpieza, acondicionamiento, o hidratación de la piel. Los productos cosméticos pueden ser sólidos, en polvos, mascarillas, semisólidos como cremas, ungüentos, cremas de cera, pastas, etc., y líquidos como lociones y spray (Arraiza et al., 2017).

Arraiza et al. (2017) mencionan que: la perfumería industrial se utiliza en detergentes y jabones, ambientadores, desodorantes, linimentos, preparaciones de limpieza y abrillantado, para disimular el olor desagradable de algunos productos industriales como caucho, plásticos y pinturas, etc (pág. 42).

7.2.8.4.4 Industria Fitosanitaria

Regnault et al. (2012) indican que: los aceites esenciales tienen efectos repelentes, insecticidas y reductores del crecimiento en una variedad de insectos.

Según el estudio realizado por Ramón (2020), menciona que: los aceites esenciales de ruda y marco, tienen propiedades biocidas para evitar el ataque del sistema radicular de las plantas. Además algunos productos fitosanitarios como fungicidas, acaricidas, e insecticidas contienen aceites esenciales de cáscaras de naranja y mandarina.

7.2.8.4.5 Productos de uso veterinario

Existen productos elaborados a base de aceites esenciales para el tratamiento de enfermedades tópicas, muchos tienen en su composición limoneno, piretrinas que se aplican en animales de ganado vacuno, porcino o animales domésticos en solución, champo o pomadas, para el control de artrópodos parasitarios (Bowman, 2022).

7.2.9 Métodos de extracción de los aceites esenciales

La elección del método de extracción del aceite esencial depende del estado original y de las características de la materia prima vegetal. El método de extracción determina algunas características del aceite esencial, como la viscosidad, el color, la solubilidad, la volatilidad, y puede enriquecer o reducir la presencia de algunos componentes (Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios [AEMPS], 2018, p. 9).

7.2.9.1 Extracción mecánica o prensado en frío

Esta técnica se utiliza para extraer los aceites esenciales contenidos en la corteza de los cítricos frescos, por medio de una compresión o abrasión a una temperatura de 49 °C, contienen ceras, y otros productos volátiles, hay que centrifugar, decantar y filtrar para obtener un aceite esencial puro (Van Deer Ka, 2017, p. 14).

7.2.9.2 Extracción con solvente

Según Reyes et al. (2014) mencionan que “el carácter hidrófobo y no polar de los OE permite su extracción por solventes orgánicos, especialmente derivados de combustibles disolventes” (párr.12).

Según Requejo (2020) afirma que la extracción con solvente tiene la ventaja de trabajar a temperaturas bajas, por lo que no provoca la termodestrucción ni la alteración química de los componentes del aceite; además, ofrece la posibilidad de separar componentes individuales y/o presentes en poca cantidad.

7.2.9.3 Extracción por fluidos supercríticos (EFS)

Veliz y González (2017) mencionan que este método se realiza mediante una sustancia que se encuentra en condiciones por encima de su temperatura y presión crítica correspondiente,

brinda altos rendimientos, es ecológicamente limpio, de fácil retiro y reciclaje del solvente; se emplean bajas temperaturas en la extracción; cambiando parámetros operacionales se puede cambiar la composición del aceite extraído; no hay alteración química del aceite, pero ácidos grasos, pigmentos y ceras también pueden ser extraídos junto con el aceite esencial (p. 110).

7.2.9.4 Enforado o impregnación (enflueraje)

Se utiliza para extraer el aceite esencial de las flores, mediante el uso de grasa que después de algunos días saturan la esencia, posteriormente se separa y se obtiene el compuesto aromático (Peregrino, 2021).

7.2.9.5 Destilación con agua o hidrodestilación

Consiste en poner a hervir agua, bien sea por fuego directo, camisa de vapor o camisa de aceite, donde se sumerge el material vegetal o en forma de polvo, con el objeto de que el vapor de agua ejerza su acción en el mayor número posible de partículas vegetales (SENA, 2012).

7.2.9.6 Destilación con vapor húmedo

En este sistema se emplea un vapor húmedo, proveniente del agua en ebullición que traspasa el material vegetal suspendido encima y apoyado en una malla. El aceite esencial en la primera extracción, se recircula al extractor para que continúe el proceso de destilación (SENA, 2012).

7.2.9.7 Destilación por arrastre de vapor

(Villaverde, 2018) manifiesta que:

La destilación por arrastre de vapor es el método más común para la obtención de aceites esenciales. Se trata de un proceso de separación por el cual, mediante el uso de vapor de agua, se vaporizan los componentes volátiles de la materia vegetal. El procedimiento consiste en hacer pasar un flujo de vapor a través de la materia prima, de modo que arrastra consigo los aceites esenciales. Posteriormente, estos vapores se enfrían y se condensan, dando lugar al destilado líquido formado por dos fases inmiscibles, la acuosa y la orgánica, que es el aceite esencial (pág. 14).

7.2.10 Ventajas y desventajas del método de extracción por arrastre de vapor

7.2.10.1 Ventajas

Este método permite obtener buenos rendimientos, también la pureza y calidad del aceite no son alteradas, es puro y libre de solvente; no requiere tecnología sofisticada; es de bajo costo y energéticamente más eficiente; puede ser empleado a escala industrial y de laboratorio (Veliz y González, 2017).

7.2.10.2 Desventajas

Su principal inconveniente es la alta temperatura de operación, que lo hace inapropiado para aquellos aceites esenciales con componentes sensibles al calor (Veliz y González, 2017, p. 110).

7.2.11 Factores que influyen en la extracción por arrastre de vapor

Alcantara (2014) plantea cinco factores importantes que se deben tomar en cuenta en la extracción por arrastre de vapor:

- **Tiempo de extracción del material:** Pasado un tiempo determinado ya no sale más aceite, el vapor posterior causa el arrastre por solubilidad o emulsión del aceite, reduciendo el rendimiento.
- **Presión de vapor:** Si la presión es muy alta, se presenta hidrólisis en el aceite disminuyendo la calidad y rendimiento.
- **Factor de empaquetamiento:** Si el material queda suelto, el proceso termina pronto, si se encuentra apretado, el vapor se acanala.
- **Distribución interior del vapor**
- **Eficiencia del condensador**

7.2.12 Fases de extracción del aceite esencial por arrastre de vapor

Cordova y Velasquez (2021) en su investigación mencionan que existen tres fases para la extracción de aceite esencial:

- **Fase 0:** Es el tiempo que se demora el aceite esencial en llegar a la temperatura de ebullición
- **Fase 1:** Es la fase preliminar hay un incremento en el rendimiento y en la extracción se obtiene el 76% del rendimiento.
- **Fase 2:** Está representada por una curva lineal que aumenta, representa la acumulación del aceite en la cual se puede obtener hasta el 24% de la extracción. Durante esta etapa el aceite se volatiliza rápidamente y se mezcla con el vapor de agua y así puede ser separado de las matrices vegetales.
- **Fase 3:** Está representada por una línea horizontal que marca el final del proceso de extracción, donde no se obtiene más aceite (Armijo et al., 2012; Boukroufa, 2015 citado en Cordova y Velasquez, 2021, pp. 26-27).

7.2.13 Equipo de extracción de arrastre de vapor “Lanphan Ltd., China”

Figura 2

Equipo Lanphan Ltd., China



Fuente: (Henan Lanphan Industry Co., Ltd., 2019)

Este equipo es de acero inoxidable, puede extraer el aceite esencial rápidamente en 10 minutos, cuya tasa de extracción de aceite es superior a 99%, y el ciclo de producción es de 50 %, se utilizó el equipo de capacidad de 10 L, con una cantidad de material de llenado de 1,5 kg (Henan Lanphan Industry Co., Ltd., 2019).

7.2.14 Actividad antioxidante

Son compuestos que pueden inhibir o retardar la oxidación de otras moléculas inhabilitando la iniciación o propagación de las reacciones en cadena de los radicales (Rivas et al, 2016, p. 43).

Según Moharram y Youssef (2014) los antioxidantes se clasifican de acuerdo a su funcionamiento como; antioxidantes primarios: inhiben la reacción de la oxidación actuando como donates de hidrógeno o aceptores de radicales libres, tienen estructura fenólica, se encuentran minerales, vitaminas, y fitoquímicos, flavonoides catequinas, carotenoides, β -caroteno, licopeno, diterpeno y antioxidantes secundarios, son compuestos fenólicos que capturan radicales libres y detienen las reacciones en cadena entre ellos se encuentran hidroxí anisol butilado, hidroxí anisol butilado tolueno y galato de propilo.

Rivas et al. (2016) indican que: la determinación de la actividad antioxidante se realiza mediante dos métodos; directo: el radical se emplea como un factor de cuantificación, la adición del antioxidante, antes o después de la generación del radical, provoca una disminución de la señal, en los ensayos la muestra se añade antes que sea generado el radical, la reacción comienza con la adición del oxidante (ABTS, DPPH, entre otros), e indirecta: La presencia de radicales libres produce la pérdida o aparición de un reactivo, y en presencia de una antioxidante provoca un aumento o disminución de la señal (ORAC, FRAP, entre otros) (p. 46).

7.2.15 Actividad antimicrobiana

(Reyes et al., 2012), mencionan tres características, las cuales los aceites esenciales atribuyen su poder antimicrobiano:

- **Carácter hidrófilo, hidrófobo:** Se da una alteración y penetración en la estructura lipídica de la pared celular provocando desnaturalización y muerte de la célula.
- **Compuestos químicos:** Actúan como agentes, interviniendo en la translocación de protones y la fosforilación de ATP.

- **Tipo de organismo al que ataca:** Las bacterias gran negativas poseen mayor susceptibilidad que las Gran positivas in- vitro.

7.2.15.1 Método de concentración mínima inhibitoria CMI

Montoya (2008) menciona que: el CMI es el valor utilizado para expresar el resultado de la medición de la actividad antimicrobiana. Se mide determinado la cantidad o la concentración mínima de un agente químico antimicrobiano que se necesita para inhibir el crecimiento de un microorganismo utilizando como control (p. 224).

Para conseguir este objetivo se utilizan mediante dos métodos:

7.2.15.1.1 Dilución en tubos

Consiste en inocular el microorganismo en una serie de tubos, al cual se le agrega una concentración diferente del agente químico a estudiar, después de la inoculación se observa una turbidez, la mayor concentración en turbidez hay mayor crecimiento del microorganismo y el de menor concentración del agente inhibitorio que impida el crecimiento se utiliza como referencia para el valor de la CMI (Humberto, 2008, p. 224).

7.2.15.1.2 Difusión en agar

Consiste en preparar un medio de cultivo para el óptimo crecimiento del microorganismo escogido y se inocula uniformemente, al finaliza este periodo se observan una serie de halos de inhibición alrededor de los discos en un papel filtro de diferentes diámetros, a partir de ese punto se observa el crecimiento microbiano (Humberto, 2008, p. 224).

7.2.15.2 Salmonella entérica

Salmonella entérica es un patógeno intracelular facultativo gramnegativo con forma de bastoncillo, ataca a animales, humanos y plantas, se encuentra en el medio ambiente, esta prospera en el nicho intracelular que le permite tener una resistencia antimicrobiana intrínseca y una colonización crónica en casos raros, es la causante de la morbilidad y mortalidad de personas. Se transmite por ingestión de agua o alimentos contaminados o por contacto directo con personas o animales infectados (Knodler y Elfenbein, 2019).

7.2.15.3 *Staphylococcus aureus*

Los estafilococos son un amplio grupo de bacterias Gram-positivas, cuyo diámetro oscila entre 0.5 y 1.5 micras, se encuentran presentes en el aire, leche, agua potable y residuales e incluso en la comida, esta bacteria afecta a la salud causando infecciones epidérmicas, septicemia, choque tóxico, entre otras (Socorro et al., 2014).

7.2.15.4 *Escherichia coli*

Organización mundial de la salud (OMS, 2018) menciona que: la bacteria *Escherichia coli*, causa infecciones en la piel y tejidos blandos como abscesos, furúnculos y celulitis, puede causar infecciones graves como infecciones del torrente sanguíneo, neumonía, o hueso e infecciones articulares o graves intoxicaciones alimentarias.

7.2.15.5 *Pseudomonas aeruginosa*

Es un bacilo gramnegativo ligeramente curvado que crece mejor en aerobiosis, refleja el color característico azul verdoso en los cultivos de colonias, se encuentra en el medio ambiente (tierra, plantas, agua), tolera un rango de temperatura de crecimiento hasta 50°C, puede causar infecciones a la piel y partes blandas ectima gangrenoso infección en quemaduras, o herida quirúrgica), infecciones oculares, infecciones al oído (otitis), presenta un alto nivel de resistencia intrínseca o natural a los antibióticos mediante mutaciones (Milagro, 2013).

7.3 Marco Conceptual

- **Bioactivo:** Tipo de sustancia química que se encuentra en pequeñas cantidades en las plantas y ciertos alimentos
- **FRAP:** Capacidad de reducción del hierro (FRAP, del inglés Ferric Reducing Antioxidant Power)
- **ABTS:** Es un cromóforo que absorbe a una longitud de onda de 415 ó 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS
- **In vitro:** Técnica para realizar un determinado experimento en un tubo de ensayo, o generalmente en un ambiente controlado fuera de un organismo vivo.
- **Piretrinas:** Compuestos naturales que tienen propiedades de insecticidas
- **Antimicrobiano:** Sustancia química que, a bajas concentraciones, actúa contra los microorganismos, destruyéndolos o inhibiendo su crecimiento.

- **Antioxidante:** Sustancia que protege las células de los daños que causan los radicales libres (moléculas inestables elaboradas por el proceso de oxidación durante el metabolismo normal)
- **Fitoquímicos:** Corresponden a metabolitos secundarios sintetizados por las plantas.
- **Polución:** Forma de contaminación originada por residuos provenientes de procesos biológicos o industriales
- **Condensación:** Es un cambio de estado de la materia, en el que una sustancia pasa de estado gaseoso a estado líquido, alterando sus propiedades físicas
- **Hidrólisis:** Es una reacción química en la que el agua actúa sobre otra sustancia para formar una o más sustancias enteramente nuevas.
- **Volatilización:** Es el proceso que consiste en el cambio de estado de sólido al estado gaseoso sin pasar por el estado líquido.
- **Citotóxico:** Sustancia que elimina células, como las cancerosas.
- **Dispepsia:** Trastorno de la digestión que aparece después de las comidas y cuyos síntomas más frecuentes son náuseas, pesadez y dolor de estómago, ardor y flatulencia.
- **Blenorragia:** Enfermedad infecciosa de transmisión sexual que se caracteriza por la inflamación de las vías urinarias y los genitales y que produce un flujo excesivo de moco genital.
- **Índice de refracción:** Relación de las velocidades de la luz entre dos medios que no sean el vacío.
- **Linimentos:** Sustancia usada para untar sobre el cuerpo, y, que, aplicada mediante masajes y fricciones, sirve para alivio de zonas doloridas.
- **Genitourinario:** Se refiere a los órganos urinarios y genitales.

8. VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS

8.1 Hipótesis alternativa

Ha: La relación masa / disolvente y tiempo, influyen significativamente en el rendimiento de la extracción aceite esencial de matico (*Piper aduncum*).

8.2 Hipótesis nula

Ho: La relación masa / disolvente y tiempo, no influyen significativamente en el rendimiento de la extracción aceite esencial de matico (*Piper aduncum*).

9. METODOLOGÍAS/DISEÑO EXPERIMENTAL

Las metodologías de investigación, son el sistema general de conceptos, principios, métodos, técnicas de estudio, procedimientos para organizar y estructuras la detección, formulación y resolución de problemas (Solíz, 2019).

A continuación, se detallan los tipos, métodos y técnicas empleados para el desarrollo de la investigación:

9.1 Tipos de investigación

9.1.1 *Investigación exploratoria*

La investigación exploratoria examina fenómenos novedosos obteniendo información que permite conocer nuevos aspectos de conocimientos ya existentes lo que logra hacer interesante un tema que no ha sido estudiado antes (Hernández, 2011).

Para elegir la especie vegetal nos basamos mediante la búsqueda de información sobre las capacidades antioxidantes que se encuentra dentro de planta y sus características antimicrobianas mediante estudios ya existentes. La comparación de datos de información requiere buscar el método más factible en el proceso de extracción de aceite esencial manteniendo las condiciones más óptimas.

9.1.2 *Investigación descriptiva*

La investigación descriptiva analiza las peculiaridades de una población o fenómeno sin introducir las relaciones que tiende entre ellas, lo que hace es definir, clasificar, dividir o resumir la información encontrada (Guevara et al., 2020).

En el proyecto se usó la investigación descriptiva, usando el análisis y la clasificación del mejor proceso de extracción de aceite esencial sin que la sustancia se volatilice con una rapidez y dañando así el extracto.

De acuerdo a un análisis definimos el uso de materia prima vegetal en este caso el matico (*Piper aduncum*) como elección de la investigación mediante sus compuestos orgánicos encontrados en los ensayos de composición química.

9.1.3 Investigación cualitativa

Es un método de recoger y evaluar datos no estandarizados donde la mayor parte utiliza muestras pequeñas y no representativas obteniendo una comprensión más profunda de los criterios de decisión (Burgos y Baquerizo, 2019).

Desempeñando la clasificación de la especie vegetal, la familia y clase. Mediante el método cromatográfico de los compuestos químicos del aceite esencial se identifica los componentes orgánicos.

9.1.4 Investigación cuantitativa

Es un método de recopilación de datos con un contexto de estudio principalmente científico el cual ayuda a comprobar las hipótesis predefinidas estableciendo métodos matemáticos y estadísticos para describir y explicar los fenómenos mediante datos numéricos (M. Cienfuegos y A. Cienfuegos, 2016).

Dentro del proyecto de investigación se hizo referencia al método estadístico lineal, usando los datos de corridas realizadas y estableciendo el mejor rendimiento y manejando las variables respuestas continuas resultando las condiciones óptimas de proceso.

9.1.5 Investigación experimental

Es aquella investigación realizada mediante métodos científicos que da un enfoque experimental donde el investigador puede manipular uno más variables; para controlar la disminución o aumento de las variables sean dependientes e independientes con lo que generaría la aclaración de una causa que produce una situación o acontecimiento en particular (Serrano, et al., 2004).

Se utilizó las variables masa/disolvente donde se determinó el mejor rendimiento con la variable constante de temperatura mediante las corridas realizadas se logró obtener las condiciones óptimas del aceite esencial.

9.2 Técnicas

Las técnicas de investigación son un conjunto de herramientas para poder buscar información acerca de un tema específico, el uso de ellas dependerá de lo que se desee conocer

y de la metodología seleccionada, hay diferentes tipos de investigaciones como cuestionario, encuesta, entrevista, estudios correlacionales, experimento, observación, y Test (Rubio, 2020).

9.2.1 Observación

El observación o seguimiento es una parte esencial de cualquier proceso de investigación, donde los investigadores a obtener la mayor cantidad de datos posible. Es una parte esencial de cualquier proceso de investigación, en el cual ayuda los investigadores obtienen mayor cantidad de datos posible (Díaz, 2011).

Esta técnica se utilizó con la finalidad de identificar la eficiencia del poder antioxidante del matico (*Piper aduncum*). Mediante la observación de varias especies vegetales se determinó las características esenciales para la extracción.

Mediante el proceso de extracción del aceite se indagó mediante citas bibliográficas la cantidad de aceite que desprende de tallos y hojas luego se procedió a la comparación si realmente tiene similitud en las cantidades extraídas.

9.3 Instrumentos de investigación

9.3.1 Ficha de observación

Tipo de instrumento para conocer la manera como se desarrollan las actividades y los resultados. Se utilizó para registrar los datos experimentales obtenidos de los diferentes análisis físicoquímicos realizados (Díaz, 2011).

Se consideró estas fichas en los diferentes datos que se obtuvieron con las cantidades de masa/solvente de las muestras de aceite extraídos determinando la optimización.

9.4 Materiales y equipos

9.4.1 Instrumentos de laboratorio

- Frascos ámbar
- Tubos de ensayo con rosca de 10 mL
- Pipeta volumétrica de vidrio 10 mL
- Varilla de agitación
- Cajas Petri

- Gradillas
- Matraces Erlenmeyer 100 mL
- Matraces Erlenmeyer 250 mL
- Matraz Kitasato
- Balón aforado 10 mL
- Balón aforado de vidrio de 5 mL
- Balón aforado de 50 mL
- Puntas transparentes 10 a 200 μ l
- Asa de Digralsky
- Papel aluminio
- Probeta de 100 mL

9.4.2 Equipos

- Extractor por arrastre de vapor (Lanphan Ltd., China)
- Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j
- Incubador Biocell modelos M345
- Balanza Analítica (0,0001g)
- Micropipeta automática 100-1000 μ l Microlit
- Biobase

9.4.3 Reactivos

- Material vegetal (Matico)
- Agua destilada
- Ácido acético
- Sal de Mohr
- Etanol 99.8%
- Trolox grado analítico
- Ácido Sulfúrico 5N
- Ácido clorhídrico
- Acetato de sodio
- Cloruro Férrico
- Persulfato de Potasio

- Reactivo ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid diammonium salt))



Fuente: (Bedón K y Leon N., 2022)

- Reactivo TPTZ (2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride)
- *Escherichia coli* ATTC25922
- *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145
- *Salmonella entérica* U822s
- *Staphylococcus aureus* ATTC25923
- Agar Mueller Hinton 500g
- Tween 20 para sinteis 500 ml
- Nutrient broth
- Agar nutritivo

9.5 Metodología de extracción del aceite esencial de *Piper aduncum*

9.5.1 Recolección de la materia prima

La recolección de la materia prima vegetal se realizó en la etapa madura, la planta fue cosechada de manera manual, en la parroquia de San Buenaventura de la provincia de Cotopaxi.

Figura 3

Recolección de la materia prima

9.5.2 Clasificación del material vegetal

Se verificó que las hojas del matico (*Piper aduncum*) se encuentren en óptimas condiciones, maduras, buenas condiciones de color, olor y textura, sin afecciones de ataques de insectos u otros materiales, sin grietas manteniendo las condiciones óptimas para la extracción.

Figura 4

Clasificación del material vegetal

9.5.3 Pesado y triturado del material vegetal

Una vez clasificada la materia vegetal, se procedió a pesar 1 kg de materia prima, con ayuda de una tijera se trituró en trozos pequeños hasta 3 cm de diámetro.



Fuente: (Bedón K y Leon N., 2022)

Figura 5

Pesado y triturado del material vegetal

9.5.4 Extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)



Fuente: (Bedón K y Leon N., 2022)

Fuente: (Bedón K y Leon N., 2022)

Se colocó el material vegetal pesado y triturado en el equipo “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China), a una temperatura de 100 °C y considerando las condiciones operativas de tiempo (A) (60, 90, 120) y relación masa / disolvente (B) (1:3; 1:4; 1:5), se extrajo el aceite esencial. El tiempo comienza a contar después de la caída de la primera gota destilada manteniendo una temperatura constante no más allá del punto de ebullición. Este proceso se basó mediante revisiones bibliográficas en las cuales aportó para determinar las condiciones operativas del proceso.

Figura 6

*Extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)*

9.5.5 Separación y almacenamiento del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

El aceite esencial fue recogido mediante un matraz de kitasato el cual separó el agua hidrolato y el aceite esencial por diferencia de densidades, este quedó en la superficie y se extrajo con una micropipeta, después se colocó en un frasco ámbar. El aceite esencial se almacenó en refrigeración a una temperatura de 5°C aproximadamente.

Figura 7

Separación y almacenamiento del aceite esencial

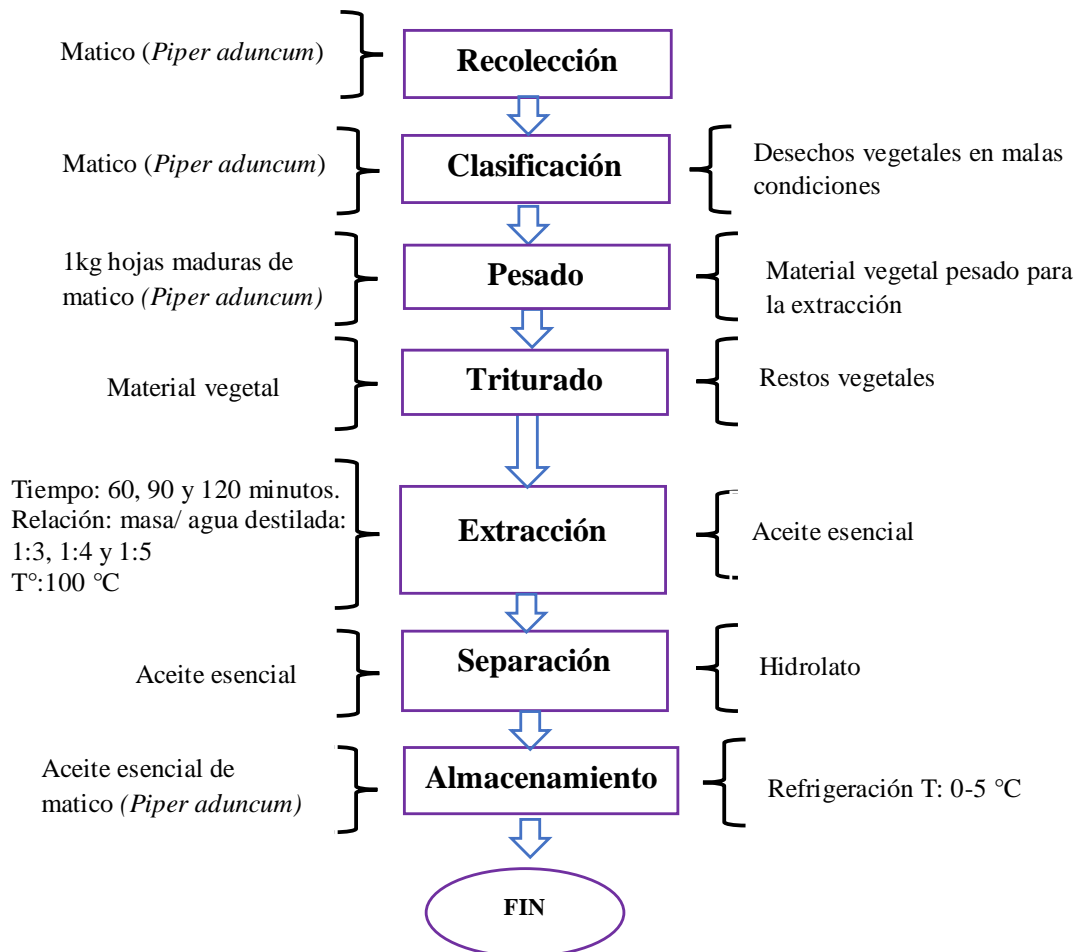


Fuente: (Bedón K y Leon N., 2022)

9.6 Diagrama de flujo del extracto de matico (*Piper aduncum*) obtenido por arrastre de vapor

Figura 8

*Diagrama de flujo de la extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)*



Elaborado por: (Bedón K y Leon N., 2022)

9.7 Determinación del rendimiento del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

En la extracción de los aceites esenciales se consideran varios parámetros para definir la eficiencia del proceso como, por ejemplo:

- **1° Forma Rendimiento**= cantidad de aceite obtenido/cantidad de materia vegetal usada.

- **2° Forma Rendimiento**= Cantidad de energía utilizada/cantidad de aceite obtenido

Para determinar el rendimiento se tomó en consideración el peso inicial de la materia (1000 g), posteriormente mediante la utilización del extractor por arrastre de vapor “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China), se extrajo el aceite esencial, en total se realizó 17 corridas y se calculó el rendimiento mediante la siguiente fórmula: (Torres, et al., 2018).

$$\text{Rendimiento } \% = \frac{\text{Cantidad de aceite (g)}}{\text{Cantidad de Materia vegetal(g)}} * 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

9.8. Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), mediante el ensayo FRAP y ABTS

9.8.1 Poder Antioxidante Reductor Férrico (FRAP Ferric Reducing Antioxidant Power)

Para determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) por FRAP se basó en la metodología propuesta por Benzie y Strain (1996), el reactivo se preparó mezclando 0,0078 g de 2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina, buffer acetato 300 ml (pH= 3,6), ácido acético y 20 mm de cloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$). Se prepararon 4,6-tripiridils-triazina (TPTZ) 10 mm en 40 mm de HCl y se disolvió totalmente. El ensayo FRAP se realizó a con 1 g de muestra, en la cual se le añadió 0,3 ml de reactivo, se incubó a 37 °C durante 15 minutos, para la determinación se tomaron 10 μL del extracto de la muestra y se añadieron en

un tubo de ensayo de 10 ml de capacidad, se adicionaron 1,5 ml del reactivo FRAP, se atemperó a 37 °C durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 593 nm en una relación con blanco de reactivo. La capacidad antioxidante total de las muestras se determinó frente a un patrón de FRAP conocido como sulfato ferroso y por reducción de hierro conocido como método FRAP, expresada en la siguiente ecuación:

$$ATT = \frac{(A - a)}{b} \times V \times fd$$

$$PM$$

Dónde:

AAT: Actividad antioxidante total.

A: Absorbancia del extracto.

a: Intercepto de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

V: Volumen del extracto (mL).

fd: factor de dilución de la muestra.

P.M: Masa de la muestra

9.8.2 Ensayo ABTS

La actividad captadora del radical libre ABTS, se determinó empleando el método descrito por Antezana, et al. (2018), con algunas modificaciones. El reactivo ABTS se formó tras la mezcla de 0,0192 g de ABTS disueltos en 5 mL de agua destilada, de esta disolución se tomó 5mLy 100 µL de la disolución de persulfato de potasio (preparada a partir de 0,030 g de persulfato de potasio disueltos en 1 mL de agua destilada), se dejó reposar por 16 horas en la oscuridad. Una vez formado el radical ABTS se diluyó con etanol hasta obtener una absorbancia de $0,7 \pm 0,05$ a 734 nm,

Para construir la curva de calibración de TROLOX, se preparó en un balón aforado de 50 mL, 50 mg de TROLOX y metanol, de esta disolución se tomó 200, 400, 600, 800 y 100 uL en un balón aforado de 10 mL, y se enrasó con metanol/ agua 50%. Para determinar la reacción del radical ABTS se preparó en un tubo de ensayo una muestra de referencia o blanco (50 uL de agua destilada y 1 mL de solución de trabajo del ión radical ABTS), en otro tubo de ensayo se colocó 50 uL del de aceite esencial y 1 mL de solución de trabajo del ión radical ABTS,

posteriormente se leyó la absorbancia a 734 nm después de 6 min de reacción (Benzie y Strain, 1996).

Para calcular la actividad antioxidante se empleó la siguiente ecuación:

$$ATT = \frac{(\Delta A - a)}{b} \times V \frac{F_d}{1000} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Dónde:

AAT: Actividad antioxidante total.

ΔA: La absorbancia de la referencia menos la absorbancia de la muestra a 734 nm después de transcurridos 10 min.

a: Intercepto de la curva de calibración.

b: Pendiente de la curva de calibración.

fd: Factor de dilución del extracto.

V: Volumen del extracto (mL).

P.M: Masa de la muestra

9.9 Determinación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

Se determinó la actividad antimicrobiana del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*) en cepas bacterianas. Los microorganismos empleados pertenecen a la colección de la Universidad Técnica de Cotopaxi: *Salmonella entérica* U822s, *Staphylococcus aureus* ATTC25923, *Escherichia coli* ATTC25922, *Listeria monocytogenes* ATTC 19115, *Bacillus cereus* ATTC 10876 y *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145, estos microorganismos fueron activados en un caldo nutritivo (2g Nutrient broth/ 250mL, agua destilada).

9.9.1 Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI), por el método de dilución en agar

Para la determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI), se preparó un medio de cultivo que contiene agar Mueller-Hinton (38 gr /1 lt de agua destilada) y una solución de Tween 20 (20 ml), previamente esterilizadas en un autoclave, se utilizaron 5 cajas petri para

formar el cultivo en concentraciones de (0, 0.1, 0.5, 1, 3 y 5%) en cada fracción de aceite de (0, 0,025, 0,125, 0,25, 0,75, 1,25), Tween 20 (0,125), Agar Muller-Hinton (25ml), lo cual se dejó por un día en refrigeración. Previamente se dividió con el asa de Digralsky en 4 partes enumeradas previamente para colocar 10 μ L de cada inóculo (*Escherichia coli* ATTC25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145, *Salmonella entérica* U822s, *Staphylococcus aureus* ATTC25923), esto se dejó en el incubador bacteriológico Biocell modelo M345 por 48 horas a 37°C. El resultado de la CMI correspondió a la concentración más baja del aceite esencial capaz de inhibir el crecimiento bacteriano (Griffin et al., 2000).

9.10 Diseño experimental

Para determinar el mayor rendimiento de aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), se utilizó el programa Design Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), donde se generó las condiciones de proceso con un diseño experimental de superficie de respuesta óptimo V, con un modelo matemático lineal, donde se reflejó la respuesta de rendimiento mediante la interacción de cada factor a aplicar.

Los factores aplicados a evaluar se muestran en la tabla 4 donde; (A) es el tiempo y (B), es la relación material/ agua destilada, los datos a evaluarse son bajo un rango de tiempo donde la planta de matico (*Piper aduncum*) logró extraer todo su aceite esencial, se empleó la misma cantidad de materia prima a diferentes disoluciones.

Tabla 4

Condiciones experimentales para el diseño de experimentos

Factor	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Tiempo	A	Min	Numérico	Discreta	60	120
Relación material/ agua destilada	B	m/m	Numérico	Discreta	1:3	1:5

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

9.10.1 Representación de las corridas experimentales

En la tabla 5 se muestran un total de 17 corridas experimentales generadas por el programa Desing Expert 8.0.6, los cuales intervienen los factores de tiempo (60, 90 y 120 min) y masa/ disolvente (1.1:3 kg/L; 2.1:4 kg/L; 3.1:5 kg/L).

Tabla 5*Corridas experimentales para la extracción del aceite esencial de matico (Piper aduncum)*

Corrida	(A) Tiempo (min)	(B) Relación material/agua destilada
1	90	3. 1:5
2	120	3. 1:5
3	60	2. 1:4
4	90	2. 1:4
5	60	2. 1:4
6	60	3. 1:5
7	120	1. 1:3
8	120	2. 1:4
9	60	1. 1:3
10	90	2. 1:4
11	90	1. 1:3
12	120	1. 1:3
13	90	1. 1:3
14	60	3. 1:5
15	120	2. 1:4
16	90	3. 1:5
17	120	3. 1:5

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)**9.10.2 Cuadro de Variables**

En la tabla 6 se muestran las variables de estudio, en la cual el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), se verá influenciada por la variable independiente de tiempo y relación masa/disolvente, determinado por tres indicadores y las dimensiones que nos permitirán medir objetivamente los mismos.

Tabla 6*Cuadro de variables*

Variable Dependiente	Variable Independiente	Indicadores	Dimensiones
----------------------	------------------------	-------------	-------------

Aceite esencial de matico (<i>Piper aduncum</i>)	Tiempo	Optimización de la extracción	Rendimiento %
	Relación masa /disolvente (agua destilada)	Capacidad antioxidante	Ensayo FRAP Ensayo ABTS
		Capacidad antimicrobiana	Concentración mínima inhibitoria (CMI)

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Determinación de rendimiento bajo las condiciones de extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

En la tabla 7, se representa el porcentaje de rendimiento obtenido por medio de fórmula de rendimiento de la ecuación 1, se obtienen los resultados comprendidos en un rango de un máximo de 0,8843 % y un mínimo de 0,7023%.

Tabla 7

Porcentaje de rendimiento obtenido en las corridas experimentales

Corrida	Tiempo (min)	Relación masa/agua disolvente	Rendimiento (%)
1	90	3. 1:5	0,8423
2	120	3. 1:5	0,8843
3	60	2. 1:4	0,7532
4	90	2. 1:4	0,8012
5	60	2. 1:4	0,7345
6	60	3. 1:5	0,8023
7	120	1. 1:3	0,7732

8	120	2. 1:4	0,8076
9	60	1. 1:3	0,7102
10	90	2. 1:4	0,7903
11	90	1. 1:3	0,7123
12	120	1. 1:3	0,7503
13	90	1. 1:3	0,7023
14	60	3. 1:5	0,7943
15	120	2. 1:4	0,7943
16	90	3. 1:5	0,8301
17	120	3. 1:5	0,8756

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

En la tabla 7 muestra los rendimientos obtenidos de las corridas experimentales en la extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), se reporta el mayor rendimiento en la corrida número 2 con un porcentaje del 0,8843 %, en las condiciones operativas de (120 min y 1:5), y el menor rendimiento se reporta en la corrida 13 con un porcentaje de 0,7023 % en las condiciones operativas (90 min, 1:3). Estos valores expuestos varían de acuerdo a otras investigaciones como lo indica Hidalgo y Romero (2016) que obtuvieron un rendimiento máximo de 1,06 %, Ingaroca et al. (2019) data valores de 1,1%, para Quispe (2017) en cambio utilizó dos tipos de equipos diferentes dando un rendimiento de 0,515% y 0,278 % a la vez da a conocer que para el mayor rendimiento empleo una cantidad de 4,5 kg de muestra y un tiempo 120 min del cual obtuvo 25 ml de aceite esencial, mientras que de la cantidad empleada para la corrida número 2 fue de 1 kg se obtuvo aproximadamente 8.8 ml del aceite esencial.

Estas diferencias de rendimiento se producen debido a las condiciones geobotánicas del medio, el método de cultivo, la época de recolección y parte de la planta utilizada, la edad de la planta y estado fenológico, manejo y almacenamiento del material vegetal y el método de obtención del aceite (Mejía, 2007, p. 253).

En la siguiente tabla se representan los parámetros codificados del rendimiento, para ajustar el modelo matemático y obtener la evaluación del rendimiento en la interacción de tiempo y masa /disolvente.

Tabla 8*Parámetros del modelo codificado del rendimiento*

Indicador	Rendimiento %
Intercepto	0,78
X_{TIE}	0,033*
X_{RMA}	0,058*
R^2	0,9406
R^2 ajustado	0,9269
R^2 predicho	0,8958
F modelo	68,65*
F falta de ajuste	4,16
Precisión adecuada	25,543

RMA: relación masa/agua

TIE: tiempo de extracción

*Valor significativo para $p \leq 0,05$.**Elaborado por:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)

En la tabla 8 se muestran los parámetros establecidos para la determinación de la mejor condición de extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), la F que representa (falta de ajuste) es de 4,16 menor que al (F modelo) de 68,65, lo que demuestra que existe una diferencia significativa, es decir que el tiempo y relación masa /disolvente si influyen significativamente en el rendimiento de la extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), en cuanto al (R^2) existe un nivel de confianza del 94.06%, mientras que el R^2 predicho en comparación con el R^2 ajustado, existe una diferencia de 0.0311 % y con esto se demuestra que el modelo está ajustado y es aceptable.

Los indicadores de X_{TIE} y X_{RMA} al ser positivos indicaron que la relación masa/agua influye más en el rendimiento, por lo tanto, como lo indica en la tabla número 7 del porcentaje de rendimiento obtenido en las corridas experimentales se obtiene que el mejor rendimiento es de 0,8843 % en una relación masa/agua 1:5 y tiempo de 120 minutos.

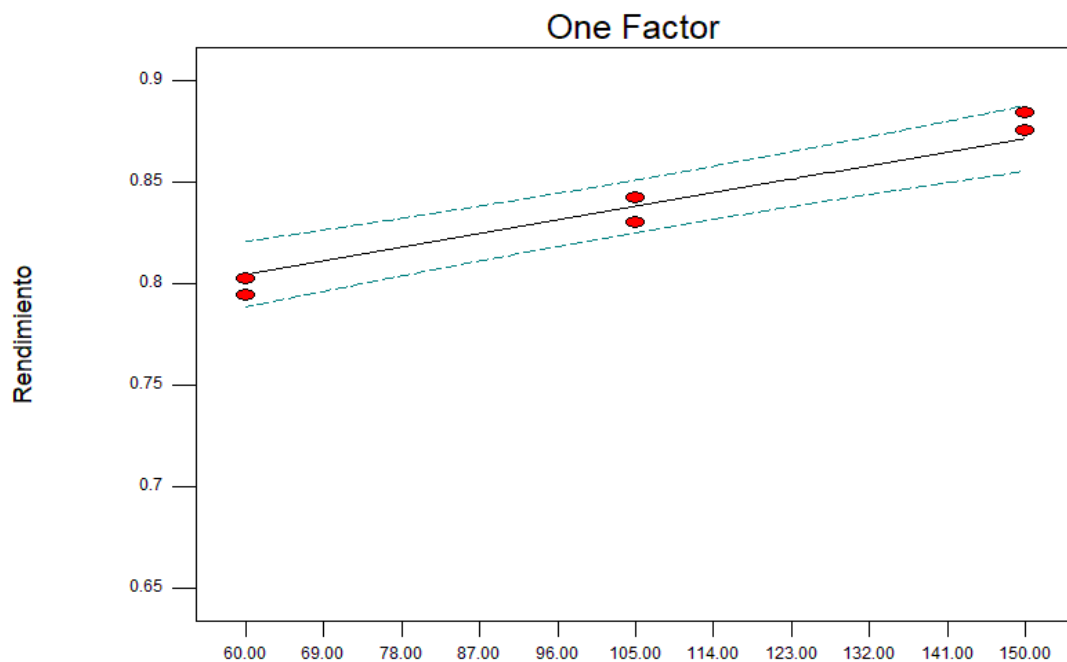
En la siguiente figura se representan los parámetros codificados del rendimiento, para ajustar el modelo matemático y obtener la evaluación del rendimiento en la interacción de masa /disolvente y tiempo.

Figura 9

Rendimiento en relación tiempo y masa/disolvente

En la figura 9 se demuestra que existe una proporcionalidad directa entre el tiempo y el rendimiento, alcanzando un valor de 120 min y 0,8843%, lo que quiere decir que a medida que aumenta el tiempo el rendimiento es mayor. En comparación con otras investigaciones de Hidalgo y Romero (2016) menciona que el tiempo máximo de extracción del aceite esencial se encuentra entre un rango de 2 a 3 horas, en cambio Quispe (2017) el tiempo de extracción fue de 2 horas obteniendo 25 mL de aceite esencial con 4,5 kg de materia prima, comparando con el resultado obtenido el tiempo empleado fue de 120 min equivalente a dos horas con 1kg de material vegetal por lo que se determina que este tiempo empleado es el óptimo.

En la figura siguiente se describen los valores predicho y actuales que permiten diferenciar la eficacia del proceso mediante la correlación entre las respuestas experimentales



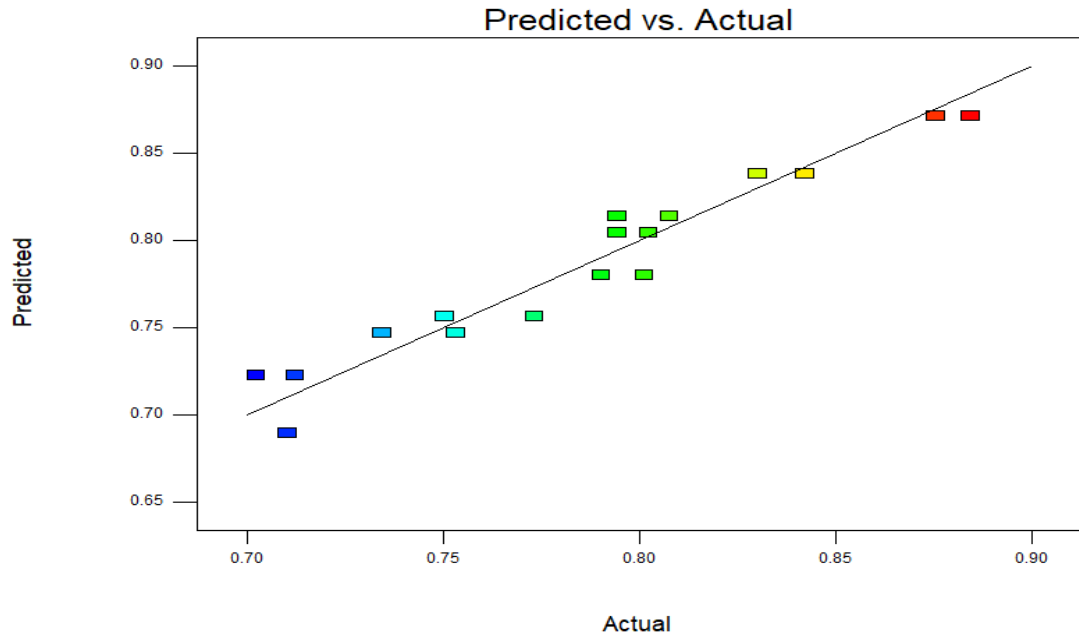
Nota: Figura obtenida con el programa Desing Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.)

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

y las predichas por el modelo matemático.

Figura 10

Valores predicho y experimental para el rendimiento



Nota: Figura obtenida con el programa Desing Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.)

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

En la figura 10 se observa que existe dispersión entre los valores predichos y actuales, en varios puntos de los valores predichos se encuentran cercanos a la recta que representa el valor de R^2 , el punto azul de los valores actuales no se une a la recta así como el del valor predicho, los puntos celestes se apegan a la recta en los dos casos, los puntos verdes para el valor predicho se localizan más cerca de la recta mientras que el valor actual se aproxima a la línea, para los puntos de color naranja y rojo lo cual indica que existe una correlación con R^2 aceptable.

Cualquier experimento tiene por finalidad comprobar la validez de un modelo teórico, contrastado los valores experimentales con los predichos por el modelo, el empleo de este gráfico es útil puesto que la presencia de alguna tendencia en el mismo puede ser indicio de una violación de dicha hipótesis (Lara, 2018; García y Sánchez, 2012).

10.2 Deseabilidad del proceso de extracción

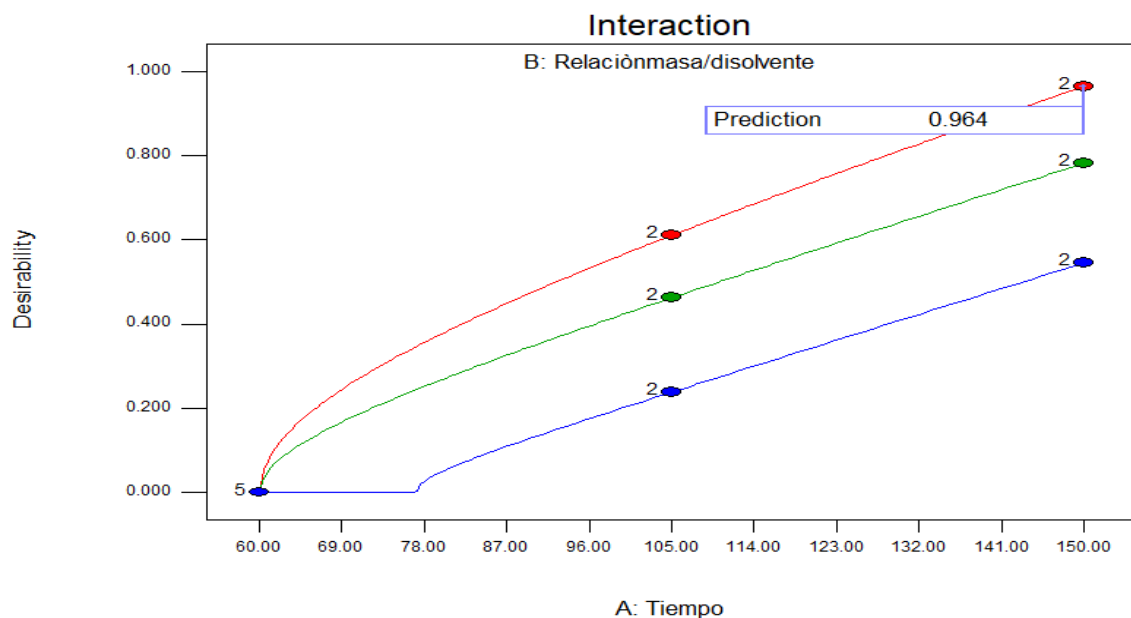
En la siguiente figura se muestra la gráfica de interacción de los factores de estudio y deseabilidad del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), donde se muestra la superficie de respuesta del rendimiento.

Figura 11

Interacción de los factores de estudio y deseabilidad

En la figura 11 se muestra la superficie respuesta del rendimiento, donde la línea azul representa a la relación 1:5 de 1kg de masa/disolvente, al inicio existe un decaimiento, pero al minuto 78 comienza a elevarse hasta llegar al tiempo de 120 minutos, lo que se aprecia un buen ajuste del modelo matemático. La condición óptima prevista se obtuvo con un RMA de 1:5 y TIE de 120 min, con una deseabilidad de 0,964 de lo ideal que es 1.

Enríquez (2013) menciona que La deseabilidad permite determinar superficies de respuestas individuales para cada facto, la escala de la función de deseabilidad está en un rango entre $d=0$ (para la respuesta no deseada) y $d=1$ (para la respuesta completamente deseada).



Nota: Figura obtenida con el programa Desing Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) con los datos experimentales

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

10.3 Composición del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

Mediante la cromatografía de gases acoplado a un detector de espectrómetro de masa, se determinó la composición del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), que se muestra a continuación:

Tabla 9

Composición Química del aceite esencial de matico (Piper aduncum)

Compuesto químico	Unidad	%
Alfa-Terpineno	% p/v	0,51
Beta-Elemeno	% p/v	0,47
Biciclo [4.4.0] Dec-1-en..	% p/v	5,08
Beta-Cubebeno	% p/v	4,24
Alfa-Amosfeno	% p/v	2,27
Germacreno-D	% p/v	32,37
Germacreno-B	% p/v	1,31
Delta-Cadineno	% p/v	1,20
Selin-4,7 (11)-Dieno	% p/v	1,13
Alfa-Cubebeno	% p/v	0,50
1,14-Epoxiherberteno	% p/v	24,73
Beta-Mirceno	% p/v	3,70
2-Acetil-8-Metoxi-5,6-DI...	% p/v	2,27
Ácido Bencenpropanoico	% p/v	1,17
(12Z)-Abienol	% p/v	12,37
1,3-Heptadieno, 2,3-Dimetil	% p/v	3,00
2,4 Heptadieno, 2,6-Dimetil	% p/v	3,70
Total	% p/v	100

Fuente: Laboratorio Científico Crom, 2022

En la tabla 9 se detallan 17 compuestos volátiles, de los cuales se encuentran en mayor proporción Germacreno-D con 32,37 % y 1,14-Epoxiherberteno con 24,73 %, sin embargo, en relación a otras investigaciones realizadas por Ingaroca et al (2019), mencionan que se detecto

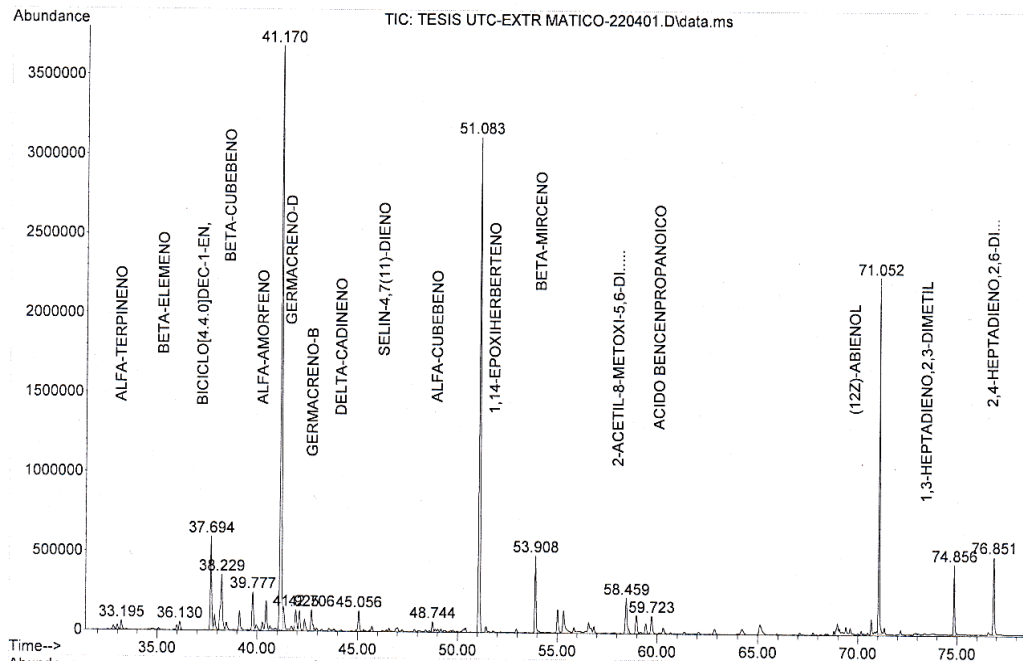
alrededor de 35 componentes, siendo los más importantes 1,2,4-trimetoxi-5-(1-propenil)-benceno (39,32 %), metileugenol (12,85 %), germacreno D (7,52 %), Dousseau et al (2014) encuentra 20 compuestos entre estos en mayor concentración Epóxido II de Humuleno (30.025 %), 29,167 Oxido de Cariofileno, 28,517 (E) Nerolidol, mientras que Monzote et al. (2017) no indica un porcentaje de los compuestos sin embargo indicó que los constituyentes destacados se encuentran 1,8-Cineol, dillapiol, apiol, bicyclogermacreno, piperitona, linalol, nerolidol, safrol., así se determina que entre los compuestos que tiene similitud es el Germacreno D. Como indica López (2018), la presencia o ausencia de ciertos metabolitos secundarios en una parte anatómica de una especie vegetal pueden ser diferentes con la misma especie vegetal recolectada en otros lugares del mundo o dentro del mismo país, ya que las condiciones atmosféricas, terrestres y demás, influyen en la proliferación de estos fitoconstituyentes (p.31).

Los germacrenos son una clase de hidrocarburos orgánico volátiles, específicamente, sesquiterpenos, se producen típicamen en un número de especies de plantas por sus propiedades antimicrobianas e insecticidas.

En la siguiente figura se representa la cromatografía en relación entre el tiempo de retención (min) y la abundancia de los compuestos, se identifica que el pico más alto es del 41,170, seguido de 51,083.

Figura 12

*Perfil lipídico por cromatografía de gases acoplado a un detector de masas del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*).*



Fuente: Laboratorio Científico Crom, 2022

En la figura 12 se identifica la abundancia de los compuestos que está dada por la altura y el área del pico. El pico más alto corresponde al germacreno -D, cuenta con un tiempo de retención de 42 (min) adherido a una abundancia de 37000000, seguido el compuesto 1,14-Epoxiherberteno que cuenta con un mayor tiempo de retención de 52 (min) con una abundancia de 33000000, por ende, dichos compuestos son los más característicos en el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*).

10.4 Capacidad antioxidante del aceite esencial de *Piper aduncum*

En la siguiente tabla se representa los resultados de los ensayos de FRAP y ABTS en contenido de antioxidantes del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*).

Tabla 10*Ensayo de captación de radicales libres*

Ensayo	Unidades	Resultado
ABTS	$\mu\text{mol ET /g}$	290,23
FRAP	$\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$	180,24

Nota: ET: Equivalente de trolox**Elaborado por:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)

En la Tabla 10 se muestran los resultados de FRAP y ABTS, obteniéndose 290,23 $\mu\text{mol ET/g}$ y 180,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ respectivamente, existen pocos datos investigativos sobre la capacidad antioxidante del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), por el ensayo de FRAP, sin embargo, Ingaroca et al. (2019) por el método de ABTS obtiene 147,832 $\mu\text{g/ml}$ y por DPPH 187,359 $\mu\text{g/mL}$, Gil (2019) realizó este análisis del extracto acuoso de matico (*Piper aduncum*), dando 1087,359 $\mu\text{g/mL}$ ABTS y de 147,832 $\mu\text{g/mL}$ para DPPH donde menciona que tanto el tipo de extracto, la altitud, y compuestos químicos influyen en la actividad antioxidante.

Soto (2015) menciona que los componentes químicos hallados en el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), destacan la actividad antioxidante debido a la presencia de grupos hidroxilo de tipo fenólico, y al contenido de metabolitos como alcaloides, triterpenos, flavonoides, fenoles, taninos, etc.

Por otra parte, no hay muchas investigaciones acerca del método FRAP, sin embargo, comparamos este método con el ensayo de DPPH en lo que se diferencian es que método FRAP estudia la capacidad reductora por transferencia de electrones. Por el contrario, los métodos DPPH evalúa la capacidad de la muestra para neutralizar radicales libres del modelo (Mercado et al., 2013).

Por lo tanto, se determina que el por el método de FRAP el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), posee un efecto bajo para resistir el daño por oxidación.

10.5 Actividad antimicrobiana del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

En la siguiente tabla se muestran los resultados de CMI del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), para las bacterias *Salmonella entérica*, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25922, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 39327.

Tabla 11

Concentración mínima inhibitoria del aceite esencial de matico (Piper aduncum)

Microorganismo	Aceite esencial (mg/L)
<i>Salmonella entérica</i>	1,0
<i>Staphylococcus aureus ATCC 25923</i>	1,0
<i>Escherichia coli ATCC 25922</i>	0,5
<i>Pseudomonas aeruginosa ATTC 39327</i>	0,5

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Como se indica en la tabla 11 de CMI del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), los microorganismos *Salmonella entérica* y *Staphylococcus aureus ATCC 25923* tiene un porcentaje del 1mg/ L, y para *Escherichia coli ATCC 25922* y *Pseudomonas aeruginosa ATTC 39327* de 0,5 mg/L, según Mendoza (2019) indica que el aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), posee un alto índice de inhibición en una concentración del 75 % para *Staphylococcus aureus ATCC 25923*, Aguilar et al. (2019) menciona que el aceite esencial de *Piper aduncum* a diferentes concentraciones que el aplico en (40, 60, y 100%) al 100 % inhibe el crecimiento *E. coli ATCC 25922*, esto se debería probablemente a la presencia de los flavonoides presentes en el aceite.Ag

En cuanto a las bacterias de *salmonella entérica* y *Pseudomonas aeruginosa ATTC 39327*, no se evidencias estudios sobre esta acción, sin embargo, como menciona Flores (2022). El uso de aceites esenciales es cada vez más aceptado debido a la necesidad de emplear compuestos naturales eficaces que no provoquen efectos nocivos para la salud y el ambiente; los terpenoides (carvacrol y timol), presentan un efecto antibacteriano contra bacterias de interés clínico (Gram negativas y positivas), cuyo principal mecanismo de acción es incrustarse en la membrana de la célula bacteriana, provocando la desintegración de esta estructura, seguido de lisis celular.

El aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), es ampliamente conocido por sus propiedades antibacterianas, antifúngicas, insecticidas y antivirales, por lo que estos efectos biológicos, están relacionados principalmente con los principios activos terpenos y fenilpropanoides.

11. IMPACTOS

11.1 Técnicos

El Ecuador posee una biodiversidad de plantas, los cuales se desconocen los beneficios que tienen, por lo tanto, nuestra investigación ayudaría establecer las técnicas químicas y estadísticas para lograr definir las concentraciones óptimas de extracción del aceite esencial *Piper aduncum* el cual se realizó las investigaciones de antioxidantes y capacidad antimicrobiana para lograr el uso dentro de los alimentos.

11.2 Sociales

Dentro de la extracción de este aceite el impacto ambiental es mínimo, ya que no genera ningún contaminante tóxico que perjudique el ambiente, además la introducción de esta planta no perjudicaría la flora y fauna endémica de nuestro país.

11.3 Ambientales

Dentro de la extracción de este aceite el impacto ambiental es mínimo, ya que no genera ningún contaminante tóxico que perjudique el ambiente, además la introducción de esta planta no perjudicaría la flora y fauna endémica de nuestro país.

11.4 Económicos

Nuestro proyecto tiene un impacto económico factible debido a la utilización del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), utilizando la mejor corrida 0.8843 % en una relación 1:5 por un tiempo de 120 minutos donde se demuestra la viabilidad de este producto dentro de las diferentes industrias, más aún en las que aplican los principios activos.

12. PRESUPUESTO

Tabla 12

Presupuesto de la investigación

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO					
Equipos : Adquiridos en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi					
Recursos	Cantidad	H. uso	Valor Unitario \$	Valor total \$	
Destilador por arrastre de vapor "XIAOJIAN" (Lanphan Ltd., China)	1	24	.....	.....
Espectrofotómetro GENESYS 20 modelo 4001/4j	1	5	.....	.....
Incubador Biocell modelo M345	1	48	.....	.....
Balanza analítica (0,0001g)	1	5	.....	.....
Biobase	1	5	.....	.....
Micropipeta automática 100-1000µl microlit	1	5	.....	.....
SUBTOTAL				0	
Materiales y suministros: Adquiridos en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi y algunos adquiridos por otros medios					
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor total \$	
Cajas Petri	U	15	.....	.....
Varilla de agitación	U	1	.....	.....
Tubos de ensayo 10 mL	U	10	.....	.....
Vasos de precipitación (250mL)	U	5	.....	.....
Probeta de 100 ml	U	1	.....	.....
Matraces Erlenmeyer 250 mL	U	5	.....	.....
Matraces Erlenmeyer 100 mL	U	5	.....	.....
Pipeta volumétrica de vidrio 10 mL	U	10	.....	.....
Balones aforados de vidrio 5 mL	U	5	5	25	
Balones aforados de 10 mL	U	5	5	25	
Asa de Digralsky	U	1	7,75	7,75	
Frascos Ámbar	U	17	1	17	
Puntas transparentes 10 a 200 µl	U	8	5.6	44,8	
Papel Aluminio	U	3	1.5	4,5	
SUBTOTAL				124,05	
Reactivos					
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor total \$	
Agua destilada	L	5	2.5	12,5	
<i>Salmonella entérica</i> U822s	U	1	63	63	

<i>Staphylococcus aureus</i> ATTC25923	U	1	50	50
<i>Escherichia coli</i> ATTC25922	U	1	56	56
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATTC10145	U	1	59	59
Ácido acético	mL	1	24	24
Sal de Mohr	G	1	20,5	20,5
Etanol 99.8%	mL	1	60	60
Trox grado analítico	mL	1	61	61
Ácido Sulfúrico 5N	mL	1	15	15
Ácido clorhídrico	mL	1	14,50	14,5
Acetato de sodio	G	1	28	28
Cloruro Férrico	G	1	10,9	10,9
Reactivo ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid diammonium salt)	U	1	64	64
Reactivo TPTZ (2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride)	G	1	55	55
Agar Mueller Hinton	G	1	195	195
Tween 20 para síntesis	mL	1	75	75
Agar nutritivo	G	1	1	1
SUBTOTAL				864,4
Materia Prima				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor total \$
Matico	Kg	30	0.5	15
SUBTOTAL				15
Análisis				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor total \$
Cromatografía de gases	U	1	100	100
SUBTOTAL				100
Materiales de oficina				
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor Unitario \$	Valor total \$
Esferos	U	2	0,40	0,8
Cuaderno	U	1	0,5	0,5
Copias	U	180	0,03	5,4
Impresiones	U	300	0,05	15
Anillados	U	8	1,00	8
Empastados	U	1	30,00	30
Internet	Horas	100	0,6	60
SUBTOTAL				119,7
TOTAL				1223,15

Elaborado por: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

13. CONCLUSIONES

- Las condiciones óptimas de extracción del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*), fue en la corrida número 2 en una relación de masa/disolvente de 1:5 dentro de un tiempo de 120 minutos, logrando alcanzar un rendimiento experimental de 0,8843%, comparado con otros autores este rendimiento varía, debido a la influencia que tiene el tipo de método de extracción y , la época de recolección y parte de la planta utilizada, la edad de la planta y estado fenológico, manejo y almacenamiento del material vegetal.
- La caracterización química demostró que en el matico (*Piper aduncum*), predomina compuestos sesquiterpenos de los cuales se deriva en Germacrenos 32.37% y el Epoxiherberteno 24,73 %, los cuales les dan las características de antimicrobiano e insecticidas.
- Mediante la metodología de FRAP y ABTS se evaluó la capacidad antioxidante del aceite esencial, marcando en FRAP 180,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ y ABTS 290,23 $\mu\text{mol ET} /\text{g}$ respectivamente, por lo que al aceite esencial se le considera con capacidad antioxidante media, esta actividad media del aceite esencial, pudo deberse a la alta volatilidad del aceite en compuestos sesquiterpenos.
- La actividad antimicrobiana se evaluó con cepas microbianas certificadas, donde se demostró inhibición de 1mg/L en los microorganismos de *Salmonella entérica* y *Staphylococcus aureus ATCC 25923* y 0,5 mg/L en *Escherichia coli ATCC 25922* y *Pseudomonas aeruginosa ATTC 39327* ,dando posibilidades para ser aplicado en procesos alimentarios como preservante para la industria alimentaria, o para elaboración de productos farmacéuticos, cosmetológicos, etc.

14. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos toxicológicos in vivo e in vitro para que se pueda aplicar en matrices alimentarias.
- Se recomienda realizar más estudios de la planta de matico (*Piper aduncum*) que procedan de distintos lugares del Ecuador para comprobar los componentes químicos, actividad antimicrobiana y antioxidante.
- Determinar el rendimiento del aceite esencial empleando material seco.

15. BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M. (3 de agosto de 2022). *Planta matico: para qué sirve, propiedades, beneficios y contraindicaciones*. Obtenido de Ecología Verde: <https://www.ecologiaverde.com/planta-matico-para-que-sirve-propiedades-beneficios-y-contraindicaciones-2373.html>
- Acosta, M. B. (10 de Agosto de 2020). *Ecología Verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/planta-matico-para-que-sirve-propiedades-beneficios-y-contraindicaciones-2373.html>
- Agencia Española de Medicamentos y Productos Sanitarios AEMPS. (2018). *Guía sobre aceites esenciales en productos cosméticos*. Obtenido de https://www.aemps.gob.es/publicaciones/publica/docs/Guia_Aceites_Esenciales.pdf
- Aguilar Zegarra, N., Crisanto Silipú, J., Gonzales Veliz, N., Valenzuela Ochoa, A., & Vergara Pineda, S. (2022). *Fabricación y Comercialización de Oleo de Matico*. Obtenido de [Universidad San Ignacio de Loyola] Repositorio Institucional USIL <https://repositorio.usil.edu.pe/items/d5ac23f3-339c-4838-b77d-6ec773a3cdfa/full>
- Aguirre, Z., Yaguana, C., & Merino, B. (2015). *Plantas medicinales de la zona andina de la provincia de Loja*. EdiLOJA. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/301200536_Plantas_medicinales_de_la_zona_andina_de_la_provincia_de_Loja
- Alcantara Valera, J. (2014). *Extracción de aceites esenciales de la cáscara de limón de persa*. Obtenido de [Instituto Politécnico Nacional] <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/19571/JAEL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Angulo Flóres, A. (2014). *Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales Extraídos de Plantas Medicinales Y Aromáticas*. Obtenido de Sistema de bibliotecas SENA: https://repositorio.sena.edu.co/sitios/introduccion_industria_aceites_esenciales_plantas_medicinales_aromaticas/#
- Antezana, A. P., Vizaluque, B. E., Aliaga-Rossel, E., Tejeda, L., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la

actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de *Chenopodium quinoa*. *Revista Boliviana de Química*, 5(35), 168-176.

Arraiza, M. P., González Coloma, A., Burillo, J., & Calderón Guerra, C. (2017). *Medicinal and Aromatic Plants: The Basics of Industrial Application*. Madrid: Bentham ebooks imprint.

Ávalos García, A., & Pérez Urria Carril, E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*, 2(3), 119-145. Obtenido de <http://www.revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/798>

Benzie, I., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239, 70- 76. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003269796902924>

Bernhoft, A., Siem, H., Bjertness, E., Meltzer, M., Flaten, T., Holmsen, E., . . . Aaseth, J. (2010). *Bioactive Compounds in Plants: Benefits and Risks for Man and Animals*. Obtenido de <https://docplayer.net/23865030-Bioactive-compounds-in-plants-benefits-and-risks-for-man-and-animals.html>

Bowman, D. D. (2022). *Parasitología para veterinarios* (11th ed.). España: Elsevier España S.L.U.

Burgos, N., & Baquerizo, F. M. (2019). Métodos y técnicas en la investigación cualitativa. Algunas precisiones necesarias. *Conrado*, 15(70).

Bussmann, R., & Douglas, S. (2016). Plantas medicinales de los Andes y la Amazonía -La flora mágica y medicinal del Norte del Perú. *Ethnobotany Research and Applications*, 15(1), 1-123. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Rainer-Bussmann/publication/329029046_Plantas_medicinales_de_los_Andes_y_la_Amazonia/links/5bf1b05792851c6b27c87d2e/Plantas-medicinales-de-los-Andes-y-la-Amazonia.pdf

Butnariu, M., & Sarac, I. (2018). Aceites Esenciales de Plantas. *Revista de Biotecnología y Ciencias Biomédicas*, 9.

Can Baser, K. H., & Buchbauer, G. (2020). *Handbook of Essential Oils: Science, Technology, and Applications*. Boca Ratón : CRC Press.

- Canella, E. (2017). *Aceites, aromas, esencias, sales de baño*. Vecchi, S.A.U. Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=PNAwDwAAQBAJ&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Casado Villaverde, I. (2018). *Optimización de la extracción de aceites esenciales por destilación en corriente de vapor*. Obtenido de [Universidad Politécnica de Madrid] https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf
- Castillo García, E., & Martínez Solís, I. (. (2021). *Manual de fitoterapia*. Elsevier Health Sciences. Obtenido de https://books.google.es/books?id=gwgxEAAAQBAJ&dq=Manual+de+fitoterapia&lr=&hl=es&source=gbs_navlinks_s
- Cienfuegos Velasco, A., & Cienfuegos Velasco, M. (2016). Lo cuantitativo y cualitativo en la investigación. Un apoyo a su enseñanza. *RIDE. Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo*, 7(13), 2007-7467. Obtenido de https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-74672016000200015&script=sci_arttext
- Cordova Hanco, Y., & Velasquez Huayhua, J. (2021). "*Cinética de extracción de aceite esencial por arrastre de vapor a escala piloto de la naranja, mandarina, lima y limón*". Obtenido de [Unidad Nacional de San Agustín de Arequipa] Repositorio Institucional <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12535>
- Córdova, R. (2006). *CENTRO NACIONAL*. Obtenido de CENTRO NACIONAL: <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/685/BOLETIN-2006-set-oct-279-280.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Descripci%C3%B3n%20bot%C3%A1nica,%2C%20con%20nervaduras.>
- Cristian. (6 de noviembre de 2016). *Remedios Naturales Archive*. Obtenido de <https://vidanatural.net/matico-panil/>
- Díaz San Juan, L. (2011). *La observacion*. Departamento de Publicaciones. Obtenido de http://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf

- Dousseau, S., de Souza Chaves, I., de Castro, E., de Alvarenga, A., Alves, E., Brasil Pereira Pinto, J., . . . Bastos Pereira, V. (2014). Description of the limbo of *Piper aduncum* L. (Piperaceae): structural analysis, histochemical and essential oils. *Gayana Botánica*, 71, 147-162. Obtenido de <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20143265368>
- Enríquez Hernández, C. (2013). *Métodos automáticos de análisis para la determinación de parámetros de interés ambiental*. Obtenido de [Tesis doctoral, Universitat de les Illes Balears] <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=82815>
- Espinoza Solano, R., Rivera Magno, R., Sulca Hernandez, S., Perales Diaz De Carrasco, Y., & Tintaya Mondalgo, J. (2020). *Fabricación y Comercialización de jabón a base de matico*. Obtenido de [Universidad San Ignacio de Loyola] Repositorio Institucional USIL <https://repositorio.usil.edu.pe/items/ecc81a61-1e86-46ec-9a05-be6bc9d10c0f/full>
- Falcón Condori, A. (2017). *Efectos terapéutico de la pasta dental a base de Piper Aduncum (Matico) como coadyudante del tratamiento periodontal en la Clínica Odontológico UNHEVAL - Huánuco*. Obtenido de [Universidad Nacional "Hermilio Valdizan"] UNHEVAL Vicerrectorado de Investigación <https://repositorio.unheval.edu.pe/handle/20.500.13080/1381>
- Ferrano, G., Martino, V., Bandoni, A., & Nadinic, J. (2015). *Fitocosmética: Fitoingredientes y otros productos naturales*. (U. d. Andes, Ed.) Obtenido de https://books.google.com.ec/books?id=9uBDDAAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Fitocosm%C3%A9tica:+Fitoingredientes+y+otros+productos+naturales&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=Fitocosm%C3%A9tica%3A%20Fitoingredientes%20y%20otros%20productos%20naturales&f
- Fortune Bussines Insights. (Julio de 2021). *Market Research Report*. Obtenido de The global essential oils market is expected to grow from \$9.62 billion in 2021 to \$18.25 billion in 2028 at a CAGR of 9.57% in forecast period, 2021-2028: <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/essential-oils-market-101063>
- Fuerza EC Cotopaxi. (2017). *Plan de Trabajo*. Obtenido de https://app05.cne.gob.ec/PLANES/5/721_asamProvG4.pdf

- García Palanco, M., & Sánchez Cabezado Tirado, M. (2012). *Representaciones gráficas*. Obtenido de <https://fdocuments.ec/document/representaciones-gr-2019-01-11-tcnicas-experimentales-representaciones-grficas.html?page=6>
- Gil Padilla, Y. (2019). *Actividad antioxidante y contenido de polifenoles del extracto etanólico de las hojas del Piper aduncum (MATICO)*. Obtenido de [Repositorio Institucional, Universidad Inca Garcilaso de la Vega] ULADECH CATÓLICA PIPER_ADUNCUM_ACTIVIDAD_ANTIOXIDANTE_GIL_PADILLA_YUSBEL_LETICIA.pdf (1.649Mb)
- Google máps. (2022). *Ubicación geográfica de Salache*. Obtenido de Google maps: <https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+Tecnica+de+Cotopaxi/@-0.9995955,-78.6218581,746m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d462563a35aa99:0xa3a059adae90fa63!8m2!3d-0.9994491!4d-78.6191374?hl=es>
- Griffin, S., Markham, J., & Leach, D. (2000). An agar dilution method for the determination of the minimum inhibitory concentration of essential oils. *Journal of Essential Oil Research*, 12(2), 249-255. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10412905.2000.9699509>
- Güerrero, A. R. (2010). *Matico*. Mexico.
- Guevara Alban, G., Verdesoto Arguello, A., & Castro Molina, N. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *Revista Científica Mundo de la investigación y el conocimiento*, 163-173. doi:[https://doi.org/10.26820/recimundo/4.\(3\).julio.2020.163-173](https://doi.org/10.26820/recimundo/4.(3).julio.2020.163-173)
- Hacienda Jimenita. (26 de mayo de 2021). *Hacienda Jimenita*. Obtenido de <https://www.facebook.com/haciendajimenita/photos/a.2959256170805528/4196325400431926/?type=3>
- Henan Lanphan Industry Co., Ltd. (2019). *La extracción de vapor de aceites esenciales por destilación de petróleo destilador*. Obtenido de Made-in-China Connecting Buyers with Chinese Suppliers : https://es.made-in-china.com/co_henanlanphan/product_Steam-Extraction-of-Essential-Oils-by-Steam-Distillation-Oil-Distiller_uosneoieny.html
- Hernández, A. (23 de Marzo de 2011). *Metodología de la Investigación*. Obtenido de <https://sites.google.com/site/metodologiadelainvestigacionb7/capitulo-5-sampieri>

- Hidalgo Macías, G., & Romero Faya, A. (2016). *Diseño de una planta piloto para la extracción de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor*. Obtenido de [Universidad de Piurá], Archivo digital https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2658/ING_569.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Hintelholher, R. M. (2013). Identidad y diferenciación entre Método y Metodología. *Estudios políticos (México)*(28).
- Ingaroca, Sharon; Castro, Américo; Ramos, Norma. (2019). Composición química y ensayos de actividad antioxidante y del efecto fungistático sobre *Candida albicans* del aceite esencial de *Piper aduncum* L. "Matico". *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(2), 268-279. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n2/a13v85n2.pdf>
- Instituto de ecología, A.C (INECOL). (22 de Marzo de 2022). *Etnobotánica: el estudio de la relación de las plantas con el hombre*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/373-etnobotanica-el-estudio-de-la-relacion-de-las-plantas-con-el-hombre>
- Invasive Species Database (GISD). (12 de Julio de 2021). *Piper aduncum Global Invasive Species Database (GISD)*. Obtenido de Invasive Species Specialist Group: <http://www.iucngisd.org/gisd/species.php?sc=19>
- Invasive Species Compendium CABI. (19 de noviembre de 2019). *Piper aduncum (spiked pepper)*. Obtenido de CABI: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/41354#tosummaryOfInvasiveness>
- Jara, P. J. (2007). *Metodología para la evaluación de ingredientes funcionales antioxidantes: efectos de fibra antioxidante de uva en status antioxidante y parámetros de riesgo cardiovascular en humanos*. Obtenido de [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Madrid] UAM Biblioteca <http://hdl.handle.net/10486/1671>
- Knodler, L. A., & Elfenbein, J. R. (2019). Salmonella enterica. *Trends in Microbiology*, 27, 964-965. doi:<https://doi.org/10.1016/j.tim.2019.05.002>
- Lara Porras, A. (2018). *Diseño Estadístico de experimentos*. Obtenido de [Universidad de Granada] Archivo digital <https://www.ugr.es/~bioestad/guiaspss/practica7/Contenidos.pdf>

- Laranjo , M., Fernandez Leon , A., Elias Miguel, Potes, M., & Algulheiro Santos, A. (2017). Use of essential oils in food preservation. “*Antimicrobial Research: Novel bioknowledge and educational programs*” (*Microbiology Book Series #6*), 177-188. Obtenido de <https://dspace.uevora.pt/rdpc/handle/10174/23047>
- Lock, Olga; Rojas, Rosario. (2004). Química y farmacología del Piper aduncum L. ("Matico"). *Revista de Química*, 18(2), 27-32. Obtenido de <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/18713/18954>
- López Horna, P. (2018). *Estudio de las características fisicoquímicas y fitoquímicas de las hojas de Piper acutifolium Ruiz & Pav. (MATICO)*. Obtenido de [Repositorio institucional, Universidad Católica de los Ángeles de Chimbote] ULADECH CATÓLICA <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/5109>
- Lowenfels, J. (2020). *Iniciación al cultivo del cánnabis autoflorecente*. Melusina S.L. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=0ZUDEAAAQBAJ&pg=PA46&dq=que+son+los+terpenos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwi45cL8xrr5AhVITTABHXiiDCMQ6AF6BAgIEAI#v=onepage&q=que%20son%20los%20terpenos&f=false>
- Malik, S. (2019). Essential Oils Research (Trends in Biosynthesis, Analytical, Industrial Applications and Biotechnological Production) || Essential Oils. *Springer Nature Switzerland AG 2019*, 3-17 (capítulo 1). doi:doi: 10.1007/978-3-030-16546-8_1
- Mamood, S., Hidayatulfathi, O., Budin, S., Ahmad Rohi, G., & Zulfakar, M. (2017). The formulation of the essential oil of Piper aduncum Linnaeus (Piperales: Piperaceae) increases its efficacy as an insect repellent. *Bulletin of Entomological Research*, 107(1), 59-57. doi:<https://doi.org/10.1017/S0007485316000614>
- Martínez, E. (2020). *Avances de investigación en Nanociencias, Micro y Nanotecnologías* (Vol. II). OmniaScience. Obtenido de <https://books.google.co.kr/books?id=rwcIEAAAQBAJ&pg=PA38&dq=Ensayo+frap&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjrrjaWghbj5AhX1TDABHeS-CUIQ6AF6BAgEEAI#v=onepage&q&f=false>
- Mejía, O., Marcial, J., Sánchez , M., Bonilla , C., & Vanegas, P. (2007). Efecto de la altura y frecuencia de corte y secado en el rendimiento y calidad del aceite esencial de pronto

- alivio. *Scientia et Technica*, 13(33), 253-255. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84903367.pdf>
- Mercado-Mercado, G., Carrillo, L., Medrano, A., López Díaz, J., & Álvarez Parrilla, E. (2013). Compuestos polifenólicos y capacidad antioxidante de especias típicas consumidas en México. *Nutrición Hospitalaria*, 28(1), 36-46. doi:<https://dx.doi.org/10.3305/nh.2013.28.1.6298>
- Milagro Montero, M. (2013). *Pseudomonas aeruginosa multiresistente: aspectos epidemiológicos, clínicos y terapéuticos*. Obtenido de [Tesis doctoral, Universidad Autónoma de Barcelona] Tesis doctorales en Xarxa <https://www.tdx.cat/handle/10803/107902>
- Moharram, H., & Youssef, M. (2014). Methods for determining the antioxidant activity. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42. Obtenido de https://www.ajfs.journals.ekb.eg/jufile?ar_sfile=56410
- Montealegre, O. (2021). *Métodos analíticos para la determinación de capacidad antioxidante de aceites*. Obtenido de Repositorios Universidad abierta y a distancia: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/41776>
- Montoya Villafañe, H. (2008). *Microbiología básica para el área de la salud y afines* (2 ed.). Universidad de Antioquia. Obtenido de <https://books.google.co.kr/books?id=5RjS6B0X5RgC&pg=PA224&dq=concentracion+minima+inhibitoria+microbiologia&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjM98T-orj5AhViTjABHZIOBjA4ChDoAXoECAcQA#v=onepage&q&f=false>
- Monzote, L., Scull, R., Cos, P., & Setzer, W. (2017). Essential Oil from Piper aduncum: Chemical Analysis, Antimicrobial Assessment, and Literature Review. *Medicines*, 4(3), 49. doi:<https://doi.org/10.3390/medicines4030049>
- Mozaniel, S. d., Museu Paraense, E. G., & Brazil, B. (2022). *Essential Oils: Applications and Trends in Food Science and Technology*. Springer Nature Switzerland AG.
- Organización mundial de la salud OMS. (2018). *E.Coli*. Obtenido de Organización mundial de la salud: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/e-coli>
- Palacios, K., & Puente, M. (2016). *Actividad antibacteriana del aceite esencial de Piper aduncum "MATICO" sobre la Escherichia coli*. Obtenido de Repositorio institucional

UPLA: [Universidad Peruana de los Andes]
https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/113/Katia_Tesis_Quimico_2016.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Peña Vega, K. (2022). *Efecto repelente in vivo de los aceites esenciales de Myrica pubescens (laurel), Piper aduncum (matico) y Ruta graveolens (ruda) frente al estadio adulto de Aedes aegypti*. Obtenido de Repositorio Institucional [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] <https://hdl.handle.net/20.500.12893/10440>

Peregrino, C. L. (2021). *Aromaterapia en el Universo de los Aceites Esenciales: Cuidado y salud para tu vida, plenitud para tu ser*. Editorial Botello, SA de CV.

Pino Alea, J. (2015). *Aceites esenciales; química, bioquímica, producción y usos*. La Habana: Editorial Universitaria.

Portal, J., Proaño, R., & Villacis, S. (2013). Experiencia comunitaria con el uso de la planta medicinal conocida como "Matico", en el cantón Ambato, en el período Marzo- Julio del 2012. *Investigación y Desarrollo I+D*, 5(1), 7-12. Obtenido de <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/dide/article/view/15>

Quispe, K. (2017). "Caracterización micro-histológico, físico y químico del aceite esencial de las hojas de matico (*Piper aduncum*), extraído por arrastre de vapor en un equipo modular". Obtenido de Repositorios Latinoamericanos [Universidad Nacional del Altiplano- Puno] <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/5334>

Rahman, A. u. (2012). *Studies in Natural Products Chemistry*. Prefacio. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-444-59514-0.00006-7>

Ramón, J. (Octubre de 2020). *Extracción y caracterización de aceites esenciales de la ruda Ruta graveolens L. y el marco Ambrosia chamissonis para su potencial uso como plaguicida*. Obtenido de Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/50266>

Regnault, C., Vicente, C., & Thor Arnason, J. (2012). Aceites esenciales en el control de insectos: productos de bajo riesgo en un mundo de alto riesgo. 57, 405-424. doi:<https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120710-100554>

Requejo, A. (2020). *Aceites esenciales en sinergia*. ExLibric.

- Reyes Jurado , F., Palou, E., & López Malo, A. (2012). Vapores de aceites esenciales: alternativa de antimicrobianos naturales. *Temas selectos de Ingeniería en alimentos*, 6(1), 29-39. Obtenido de <https://tsia.udlap.mx/vapores-de-aceites-esenciales-alternativa-de-antimicrobianos-naturales/>
- Reyes, F., Franco, A., Ramírez, N., Palou, E., & Lopez, A. (25 de October de 2014). Essential Oils: Antimicrobial Activities, Extraction Methods, and Their Modeling. *Food Eng Rev*, 3, 275-297. doi:DOI 10.1007/s12393-014-9099-2
- Rioja Antezana, A., Vizaluque, B., Aliaga Rossel, E., Tejeda , L., Book, O., Mollideno, P., . . . Peñarrieta, J. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de chenopodium quinoa. *Revista Boliviana de Química*, 35(5), 168-176. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S0250-54602018000500006&script=sci_arttext
- Ríos, J. L. (2016). Essential Oils: What They Are and How the Terms Are Used and Defined. 3-10. Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-416641-7.00001-8>
- Rivas Morales, C., Cárdenas Oranday, M., & Verde Star, M. (2016). *Investigación en plantas de importancia médica*. OmniaScience. doi:<http://dx.doi.org/10.3926/oms.313>
- Rivas Yauce, M. (2018). *Evaluación del aceite esencial de limón (Citrus aurantifolia swingle) como conservante natural en carne de cerdo (Sus scrofa domesticus)*. Obtenido de [Repositorio institucional, Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo] <https://hdl.handle.net/20.500.12893/8400>
- Rojas, J., & Malo, E. (2019). *Temas selectos en ecología química de insectos*. El Colegio de la frontera azul. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/Temas_selectos_en_ecolog%C3%ADa_qu%C3%ADmica_de.html?id=Hb8xEAAAQBAJ&redir_esc=y
- Rubio, N. M. (2020). *Psicología y Mente*. Obtenido de Un resumen de los varios tipos de técnicas de investigación cuantitativa y cualitativa.: <https://psicologiaymente.com/cultura/tipos-tecnicas-investigacion>
- Sánchez, J., & Pérez, E. (2021). “ *Actividad antimicótica del aceite esencial de la flor de Origanum vulgare (ORÉGANO) y Piper Aduncum (MATICO) frente Candida*

- albicans*". Obtenido de Repositorio institucional Tesis [Universidad María Auxiliadora] <https://hdl.handle.net/20.500.12970/407>
- Sanín Cepeda, F. K. (2015). *Determinación de las propiedades físico-Químicas del jabón líquido Elaborado a partir de la planta medicinal Piper aduncum, Matico, para uso dermatológico*. Obtenido de [Universidad de Guayaquil] Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/8157>
- SENA. (2012). *Introducción a la Industria de los Aceites Esenciales extraídos de Plantas Medicinales y Aromáticas*. Bogota, Colombia.
- Serrano, A., Sanz, L., Rodrigo, I., Gordo, E., Álvaro, B., & Brea, L. (2004). *Métodos de investigación de enfoque experimental*. Obtenido de <https://www.postgradoune.edu.pe/pdf/documentos-academicos/ciencias-de-la-educacion/10.pdf>
- Shemy, H. E. (2020). Importancia biológica de los aceites esenciales. En H. A. El-Shemy, *Aceites Esenciales - Aceites de la Naturaleza* (pág. 240). doi:10.5772/intechopen.77673
- Shimabukuro Yamashiro, D. T. (1992). *Estudio técnico de la extracción de aceite esencial de Piper Aduncum L. "Matico" y diseño de planta piloto*.
- Socorro Zendejas Manzo, G., Avalos Flores, H., & Soto Padilla, M. (2014). Microbiología general de *Staphylococcus aureus*: Generalidades, patogenicidad y métodos de identificación. *Biomed*, 25, 129, 143. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=53414>
- Solíz Plata, D. (2019). *Como hacer un perfil de proyecto de investigación científica*. Palibrio. Obtenido de https://books.google.com.ec/books/about/C%C3%B3mo_Hacer_Un_Perfil_Proyecto_De_Invest.html?id=Q-GCDwAAQBAJ&redir_esc=y
- Soto Vásquez, M. (2015). Estudio fitoquímico y cuantificación de flavonoides totales de las hojas de *Piper peltatum* L. y *Piper aduncum* L. procedentes de la región Amazonas. *In Crescendo. Institucional*, 6(1), 33-43. Obtenido de <https://revistas.uladech.edu.pe/index.php/increscendo/article/view/824/438>
- Taylor, L. (2006). *Technical data Report for Matico (Piper aduncum, angustifolium)*. Obtenido de Carson City Raintree: <https://www.rain-tree.com/reports/matico-tech-report.pdf>


- Torres, G. M., Sarmiento, O. I., Ramírez, R. I., & Guevara, O. (2018). Evaluación del rendimiento del aceite esencial de caléndula. *Revista Ion*, 31(1), 13-19. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-100X2018000100013
- Ugalde Martínez, U., Rodríguez Urrá, A., & Ubegun Lizaso, A. (2020). *Washington. DC Patente n° N° 10.863.749.*
- Usano Alemany, J., Palá Paúl, J., & Díaz, S. (2014). Aceites esenciales: conceptos básicos y actividad antibacteriana. *Reduca (Biología)*, 7(2), 60-70. Obtenido de <http://revistareduca.es/index.php/biologia/article/view/1553>
- Van Deer Ka, D. (2017). *Cuidate con los aceites esenciales.* Titivillus. Obtenido de <https://books.google.com.ec/books?id=9uBDDAAAQBAJ&pg=PT45&lpg=PT45&dq=%E2%80%A2%09Exudaci%C3%B3n:++Forma+de+extracci%C3%B3n+de+las+resinas+y+oleorresinas+pueden+ser+natural+a+trav%C3%A9s+de+incisiones+o+provocada+por+procesos+mec%C3%A1nicos+o+qu%C3%ADmicos>
- Vega, J. P. (Mayo de 2020). *Desarrollo de técnicas preparativas de separación cromatográficas para confirmar la actividad biológica de las plantas chilenas Peumus boldus y Buddleja globosa mediante la sustracción química de sus compuestos bioactivos.* Obtenido de Bibliotecas UdeC REPOSITORIO: <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/492>
- Veliz Jaime, M. Y., & González Diaz, Y. (2017). Evaluación técnico-económica para la obtención de aceites esenciales y su impacto en el medioambiente. *Ciencia en su PC*, 4, 103-115. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/1813/181353794008/>
- Zevallos, C., Bautista, J., Ojanama, F., Apolinario, K., Flores, D., Gómez, R., . . . Rosales, R. (2022). Propiedades farmacológicas e indicaciones terapéuticas el Piper aduncumL. (matico) para aliviar diversas enfermedades. *Investigación Universitaria*, 12(1), 752-760. doi:<https://doi.org/10.53470/riu.v12i1.73>

16. ANEXOS

Anexo 1. Hoja de vida del docente tutor

DATOS INFORMATIVOS DEL TUTOR ACADÉMICO

DATOS PERSONALES

NOMBRES:	Jaime Orlando	
APELLIDOS:	Rojas Molina	
FECHA DE NACIMIENTO:	15/10/1985	
LUGAR DE NACIMIENTO:	Latacunga	
NACIONALIDAD:	Ecuatoriano	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0502645435	
ESTADO CIVIL:	Casado	
DIRECCIÓN DOMICILIARIA:	La Merced, Quijano y Ordoñez Juan Abel Echeverría 7-60	
TELÉFONO CELULAR:	0999084592	
CORREO PERSONAL:	rojasorlando1984@hotmail.com	

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS:

Nivel	Título Obtenido	Institución educativa
Tercer	Químico de alimentos	Universidad Central del Ecuador
Cuarto	Maestría en sistema de gestión de calidad	Universidad Central del Ecuador

Anexo 2. Datos informativos del estudiante 1**DATOS PERSONALES**

NOMBRES: Karen Andrea

APELLIDOS: Bedón Ponluisa

FECHA DE NACIMIENTO: 16/11/1998

LUGAR DE NACIMIENTO: Ambato

NACIONALIDAD: Ecuatoriana

CÉDULA DE IDENTIDAD: 1805786686

ESTADO CIVIL: Soltera

DIRECCIÓN DOMICILIARIA: Camino el Rey y Loma redonda

TELÉFONO CELULAR: 0987337767

CORREO ELECTRÓNICO: Karen.bedon6686@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS:

PRIMARIA: Escuela Fiscal Mixta “Eduardo Reyes Naranjo”

SECUNDARIA: Colegio Agropecuario “Luis A Martínez” (Producción Agropecuaria)


UNIVERSIDAD: Universidad Técnica de Cotopaxi (Décimo ciclo de Ingeniería Agroindustrial)

IDIOMAS: Suficiencia en inglés “B1”



Anexo 3. Datos informativos del estudiante 2

DATOS PERSONALES

NOMBRES:	Nelson Israel	
APELLIDOS:	León Coque	
FECHA DE NACIMIENTO:	11/ 10/ 1998	
LUGAR DE NACIMIENTO:	Latacunga	
NACIONALIDAD:	Ecuatoriano	
CÉDULA DE IDENTIDAD:	0504079542	
ESTADO CIVIL:	Soltero	
DIRECCIÓN DOMICILIARIA:	Av. Oriente calle Juan Abel Echeverria	
TELÉFONO CELULAR:	0979370412	
CORREO ELECTRÓNICO:	nelson.leon9542@utc.edu.ec	

ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS

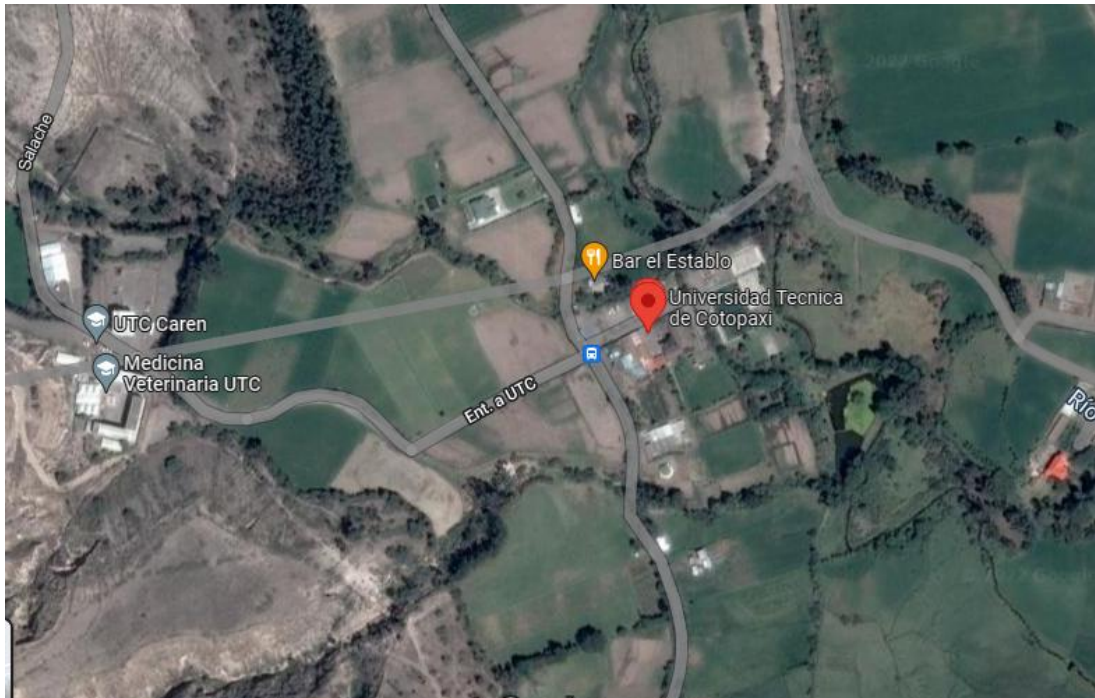
PRIMARIA: Escuela Simón Bolívar

SECUNDARIA: Unidad Educativa Dr Trajano Naranjo Iturralde (Electrónica de Consumo)

UNIVERSIDAD: Universidad Técnica de Cotopaxi (Décimo ciclo)

IDIOMAS: Suficiencia en inglés “B1”

Anexo 4. Ubicación geográfica del campus Salache



Fuente: (Google máps, 2022)

Anexo 5. Resultados de los análisis de la composición química del aceite esencial de matico (*Piper aduncum*)

CIENTIFIC CROM	INFORME DE ENSAYOS	CÓDIGO: FT-17
CONFIDENCIAL		PÁGINA: 1 de 1
		REVISIÓN: 00

Dirección: La Esperanza 1, Las Quininas N16-197 y la Vifas. (Quito-Ecuador). Tel. 2033-099 /0986598615

INFORME DE ENSAYOS No: 004-22
REFERENCIA: OT-04-22

INFORME DE ENSAYOS DE ANALISIS QUIMICOS

CLIENTE:	Karla Mena (Universidad Técnica de Cotopaxi)
NÚMERO DE ORDEN:	N/A
FECHA DE RECEPCIÓN:	07 de abril 2022
FECHA DEL INFORME:	29 de abril 2022
MUESTREO POR:	Cliente

DETERMINACION DE COMPUESTOS ORGANICOS EN ACEITES ESENCIALES

CLASIFICACIÓN	PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGOS DE MUESTRA	METODO INTERNO	MÉTODO REFERENCIA
			ACEITE DE MATICO		
ACEITES ESENCIALES	Alfa- Terpineno	%p/v	0,51	LP-CGM	Método para Compuestos Organicos en Aceites esenciales: Método de Agilent Technologies ,Catálogo de aplicaciones 2015, Cromatografía de gases con detector selectivo de masas (MSD)
	Beta-Elemeno	%p/v	0,47		
	Biciclo[4.4.0] Dec-1-en..	%p/v	5,08		
	Beta-Cubebeno	%p/v	4,24		
	Alfa-Amorfeno	%p/v	2,27		
	Germacreno-D	%p/v	32,37		
	Germacreno-B	%p/v	1,31		
	Delta-Cadineno	%p/v	1,20		
	Selin-4,7 (11)-Dieno	%p/v	1,13		
	Alfa-Cubebeno	%p/v	0,50		
	1,14- Epoxiherberteno	%p/v	24,73		
	Beta-Mirceno	%p/v	3,70		
	2-Acetil-8-Metoxi-5,6-Di...	%p/v	2,27		
	Acido Bencenpropanoico	%p/v	1,17		
	(12Z)-Abienol	%p/v	12,37		
	1,3-Heptadieno, 2,3-Dimetil	%p/v	3,00		
	2,4 Heptadieno, 2,6-Dimetil	%p/v	3,70		
	TOTAL DE COMPUESTOS EN EL ACEITE ESENCIAL ENSAYADO	%p/v	100,00		

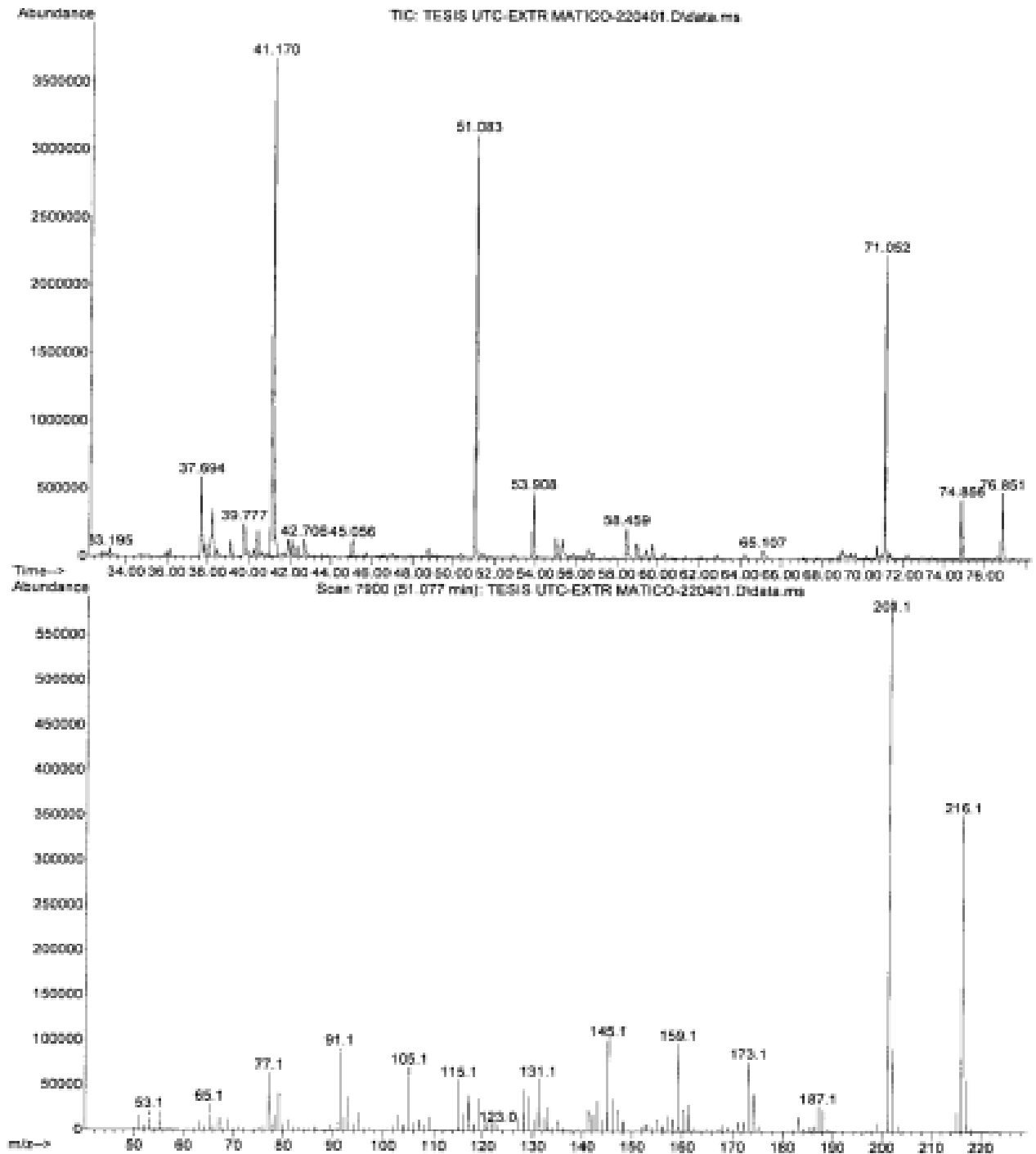
Observaciones: Los resultados corresponden a las muestras ensayadas.

Elaborado por:


Dr. Kjever Parreño

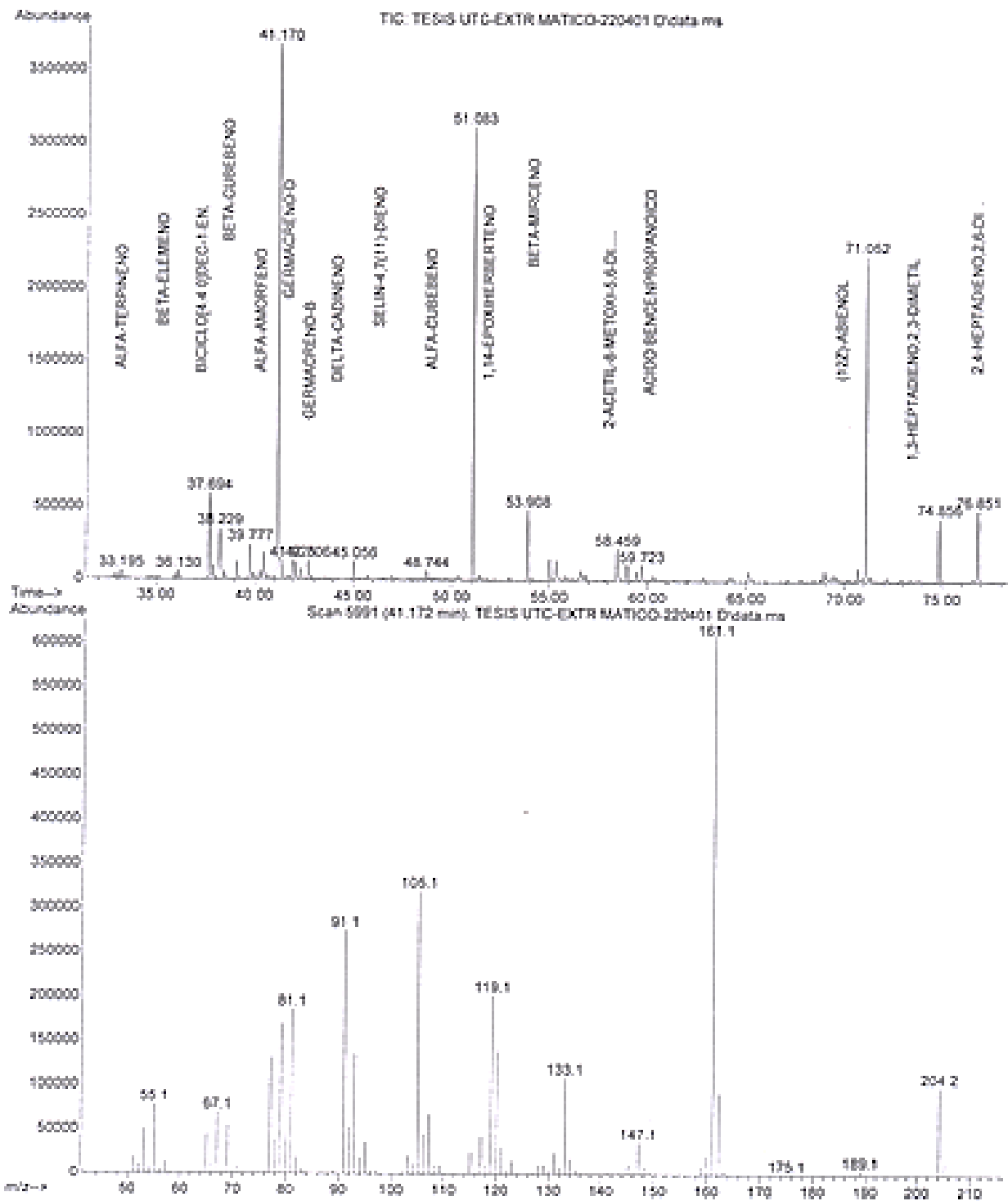
Fuente: Laboratorio Cientific Crom, 2022

File :D:\DATOS msd\ACEITES ESENCIALES\ACET ESENCIALES 220407 TESIS
 ... UTC\ACET ESENCIALES 220407 TESIS UTC MATICO\TESIS UTC-EXTR
 ... MATICO-220401.D
 Instrument : GC-MSD KP
 Operator : KP
 Acquired : 7 Apr 2022 10:47 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES.M
 Sample Name: TESIS UTC-EXTR MATICO-220401



Fuente: Laboratorio Cientific Crom, 2022

File : D:\DATOS mediACEITES ESENCIALES\ACET ESENCIALES 220407 TESIS
 ... UTC\ACET ESENCIALES 220407 TESIS UTC MATICO\TESIS UTC-EXTR
 ... MATICO-220401.D
 Instrument : GC-MSD-KP
 Operator : KP
 Acquired : 7 Apr 2022 10:47 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES.M
 Sample Name: TESIS UTC-EXTR MATICO-220401



Fuente: Laboratorio Cientific Crom, 2022

Anexo 6. Fotografías de la metodología

Figura 13

Recolección de la materia prima



Fuente: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Figura 14

Clasificación de la materia prima



Fuente: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Figura 15

Pesaje de la materia prima



Fuente: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Figura 16

Triturado de 3cm del material vegetal



Fuente: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Figura 17

Proceso de extracción del aceite esencial



Fuente: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Figura 18

Aceite esencial extraído



Fuente: (Bedón, K y Leon, N., 2022)

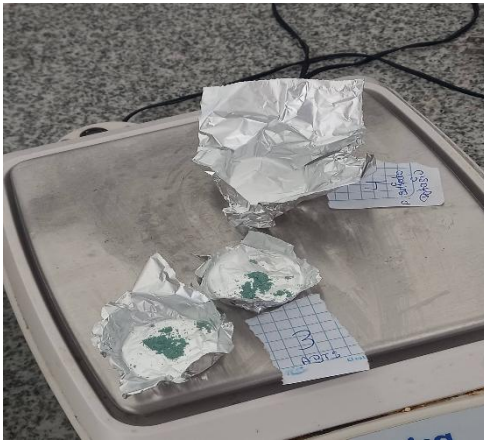
Figura 19*Aceite esencial final***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 20***Rendimiento del aceite esencial***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Anexo7. Fotografías del análisis de la actividad antioxidante****Figura 21***Pesaje de los reactivos ABTS Y FRAP***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 22***Preparación de las soluciones***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)

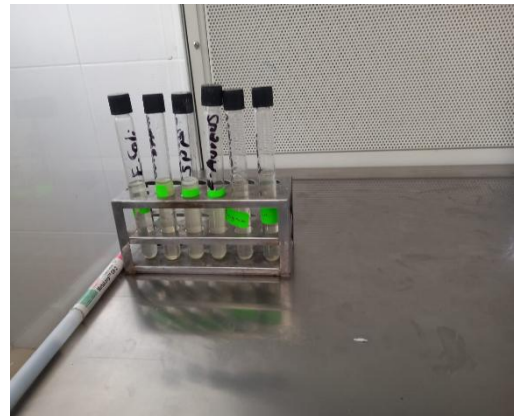
Figura 23*Soluciones con aceite esencial de matico***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 24***Lectura de la absorbancia***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Anexo 8. Fotografías del análisis de actividad antimicrobiana****Figura 25***Preparación del medio de cultivo***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 26***Preparación de las cepas microbiológicas***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Figura 27*Preparación del medio de cultivo***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 28***Incubación de los medios de cultivo***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 29***Actividad microbiana del aceite al 5 %***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 30***Actividad microbiana al 3 %***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 31***Actividad microbiana al 1 %***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)**Figura 32***Actividad microbiana al 0,5 %***Fuente:** (Bedón, K y Leon, N., 2022)

Anexo 9. Aval de Traducción