



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS

NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA (*Lavándula angustifolia*)
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR”**

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingenieros
Agroindustriales

Autores

Palacios Rosero Omar Fabricio

Zúñiga Altamirano Luis Emilio

Tutor

Rojas Molina Jaime Orlando. Quim. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Palacios Rosero Omar Fabricio, con cédula de ciudadanía N° **1804441838** y **Zúñiga Altamirano Luis Emilio**, con cédula de ciudadanía N° **1804962361**; declaramos ser autores del presente proyecto de investigación “**EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA (*Lavándula angustifolia*), MEDIANTE LA METODOLOGÍA 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, 28 de Marzo del 2022

Omar Fabricio Palacios Rosero

Estudiante

CC:1804441838

Luis Emilio Zúñiga Altamirano

Estudiante

CC:1804962361

Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

Docente Tutor

CC: 0502645435

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 **Palacios Rosero Omar Fabricio**, identificado con cédula de ciudadanía N° **1804441838**, de estado civil **soltero** y con domicilio en Ambato, Ciudadela la Presidencial, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Dr. 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 en Agroindustrial**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Extracción del aceite esencial de lavanda (*Lavándula angustifolia*), mediante la metodología de arrastre de vapor**” el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Inicio de carrera: Marzo_2019 – Agosto_2019

Finalización de la carrera: Octubre_2021 – Marzo_2022

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de enero del 2022

Tutor. - Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina.

Tema: “Extracción del aceite esencial de Lavanda (*Lavándula angustifolia*), mediante la metodología 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:

- 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.
- f) 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** podrán 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.

Latacunga, 28 de Marzo del 2022

Omar Fabricio Palacios Rosero
EL CEDENTE

Dr. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
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 **Zúñiga Altamirano Luis Emilio**, identificado con cédula de ciudadanía N° **1804962361**, de estado civil **soltero** y con domicilio en Ambato, Ciudadela Miñarica 1, a quien en lo sucesivo se denominará **EL CEDENTE**; y, de otra parte, el Dr. 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 en Agroindustrial**, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “**Extracción del aceite esencial de lavanda (*Lavándula angustifolia*), mediante la metodología de arrastre de vapor**” el cual se encuentra elaborado según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico

Inicio de carrera: Marzo_2019 – Agosto_2019

Finalización de la carrera: Octubre_2021 – Marzo_2022

Aprobación en Consejo Directivo: 07 de enero del 2022

Tutor. - Quim. Mg Jaime Orlando Rojas Molina.

Tema: “Extracción del aceite esencial de Lavanda (*Lavándula angustifolia*), mediante la metodología 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:

- 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.
- f) 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 **EL CESIONARIO** 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** podrán 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.

Latacunga, 28 de Marzo del 2022.

Luis Emilio Zúñiga Altamirano
EL CEDENTE

Dr. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez
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 Lavanda (*Lavándula angustifolia*) mediante la metodología de arrastre de vapor”, de Palacios Rosero Omar Fabricio y Zúñiga Altamirano Luis Emilio, de la carrera de Agroindustrias, consideramos que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también hemos incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 28 de Marzo del 2022

Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina

DOCENTE TUTOR

C.C: 050264543-5

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: Omar Fabricio Palacios Rosero y Luis Emilio Zúñiga Altamirano con el título del Proyecto de Investigación: “**Extracción del aceite esencial de Lavanda (*Lavándula angustifolia*) mediante la metodología de arrastre de vapor**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 28 de Marzo del 2022

Lector 1 (Presidenta)

Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

CC: 0502270937

Lector 2

Ing. Mg. Zoila Eliana Zambrano Ochoa

CC:0501773931

Lector 3

Ing. Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal

CC: 0501864854

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, nuestro agradecimiento va para Dios quien con su infinita misericordia nos brindó la sabiduría y guio nuestros caminos.

En segundo lugar, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, a la Carrera de Agroindustrias por ser el alma máter el cual nos permitió alcanzar un peldaño más en nuestras vidas profesionales. En especial al Quim. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina, ya que gracias a su apoyo incondicional hemos llegado a culminar con éxito nuestra investigación.

De igual manera un reconocimiento muy especial a nuestras familias quienes son el pilar principal en nuestras vidas, brindando un apoyo y entrega en todo momento del trayecto. Gracias.

Omar y Luis

DEDICATORIA

La concepción de este proyecto está dedicada a DIOS y a mis padres Héctor Palacios y Patricia Rosero, pilares fundamentales en mi vida, a mi tía Marisol que desde el cielo siempre estuvo conmigo. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora. Su tenacidad y lucha insaciable han hecho de ellos el gran ejemplo a seguir y destacar, no solo para mí, sino para mis hermanas Karina y Camila, a mi familia en general. También dedico este proyecto a mis pequeñas sobrinas Sofía Torres, Génesis Vinuesa ellas representan a mi gran esfuerzo y el motivo de mi superación. A ellos este proyecto, que, sin ellos, no hubiese podido ser.

Omar F Palacios R,

DEDICATORIA

Dedico con gran estima mi esfuerzo puesto en la realización de este trabajo, principalmente a Dios quien me dio las energías para cumplir esta meta en mi vida, a mi grandiosa familia, a mis queridos hermanos que en muchas ocasiones fueron el combustible para seguir adelante, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, el cual por medio de sus docentes infundieron los conocimientos necesarios para hacer en mí una persona profesional.

Luis E Zúñiga A,

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

Título: “EXTRACCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA (*Lavándula angustifolia*), MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR”

AUTORES: Palacios Rosero Omar Fabricio

Zúñiga Altamirano Luis Emilio

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el objetivo de extraer aceite esencial de lavanda (*Lavándula angustifolia*) empleando el método de arrastre de vapor, asistido por un extractor de aceites esenciales con las siguientes condiciones operativas: tiempo: 60, 105, 150 min y relación de material / agua destilada: 1;3, 1;4,1;5. La temperatura del proceso se mantuvo en función a la temperatura de ebullición del agua. Se realizó un total de 17 corridas donde se recuperó el aceite esencial con un equipo con trampa de Clevenger, luego se añadió 2 gr de Na₂SO₄ por media hora, después se decantó y filtro la muestra, finalmente se envasó en frascos oscuros. Además, se empleó un programa estadístico Design Expert 8.0.6 (Stad-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.) para el procesamiento de datos con un diseño de superficie respuesta, donde se ejecutó una caracterización del aceite esencial mediante CG-MS con detector de masas en un equipo espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975 inert XL MSD with Triple-Axis Detector GC-MS de sobremesa Agilent. Se determinó la capacidad antioxidante del aceite, recurriendo a 2 métodos: FRAP- ABTS, dando un resultado de 101,23 μmol ET /g y 84,24 μmol Fe²⁺/g. Dentro de la investigación también se desarrolló un análisis antimicrobiano siendo el microorganismo *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145 la que mostró mayor resistencia presentando una CMI de 5%. Finalmente, la ejecución del programa estadístico nos permitió además validar el valor el experimental, dando un 0,6499% del rendimiento del aceite obtenido similar al predicho.

Palabras claves: Extracción, capacidad antioxidante, actividad antimicrobiana, estadístico, condiciones operativas, lavanda, arrastre de vapor.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

Theme: “EXTRACTION OF THE ESSENTIAL OIL OF LAVENDER (*LAVANDULA ANGUSTIFOLIA*), USING THE STEAM DRAG METHODOLOGY”

AUTHORS: Palacios Rosero Omar Fabricio

Zúñiga Altamirano Luis Emilio

ABSTRACT

This investigation was carried out to extract essential oil from lavender (*Lavándula angustifolia*) using the steam drag method, assisted by an essential oil extractor with the following operating conditions: time: 60, 105, 150 min, and the ratio of material / distilled water: 1;3, 1;4,1;5. The process temperature was maintained based on the boiling temperature of the water. A total of 17 shifts were carried out where the essential oil was recovered with Clevenger trap equipment, then 2 g of Na₂SO₄ was added for half an hour, then the sample was decanted and filtered; finally, it was packed in dark bottles. In addition, a Design Expert 8.0.6 statistical program (Stat-Ease Inc., Minneapolis, USA) was used for data processing with a response surface design, where an essential oil characterization was carried out using GC-MS with a mass detector on an Agilent Technologies 5975 inert XL MSD with Triple-Axis Detector GC-MS benchtop Agilent mass spectrometer. The antioxidant capacity of the oil was determined using two methods: FRAP- ABTS, giving a result of 101.23 μmol ET /g and 84.24 μmol Fe²⁺/g. An antimicrobial analysis was also developed, being the microorganism *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145 the one that showed the most significant resistance, presenting a MIC of 5%. Finally, the execution of the statistical program also allowed the researchers to validate the experimental value, giving 0.6499% of the oil yield obtained, similar to that predicted.

Keywords: Extraction, antioxidant capacity, antimicrobial activity, statistics, operating conditions, lavender, vapor entrainment.

ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	i
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
RESUMEN	xiv
ÍNDICE GENERAL.....	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
ÍNDICE DE FIGURAS	xix
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xx
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	2
3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	2
3.1 Beneficiarios Directos	2
3.2 Beneficiarios Indirectos.....	3
4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	3
5 OBJETIVOS	4
5.1 Objetivo General.....	4
5.2 Objetivos Específicos.....	4
6 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.	7
7.1 Antecedentes.....	7
7.2 Fundamentación Teórica	8
7.2.1 Historia de la lavanda.....	8
7.2.2 Descripción general de la lavanda.....	8
7.2.3 Composición química de la lavanda.....	9
7.2.4 Aceite esencial.....	10
7.2.5 Aceite esencial de lavanda.....	12

7.2.6	Composición de aceite esencial	12
7.2.7	Metodología aplicada en la extracción	14
7.2.8	Principios activos de la lavanda	15
7.2.9	Capacidad Antioxidante	15
7.2.10	ABTS	17
7.2.11	FRAP.	17
7.2.12	Cromatografía de gases con espectrofotometría de gases	18
8	MARCO CONCEPTUAL	19
9	VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.	20
9.1	Hipótesis Nula	20
9.2	Hipótesis Alternativa.....	20
9.3	Validación	21
10	METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL	21
10.1	Tipos de investigación.....	21
10.2	Técnicas	23
10.3	Materiales y equipos	23
10.4	Metodología de extracción de aceite esencial	25
10.4.1	Recolección del material vegetal.....	25
10.4.2	Selección y limpieza	26
10.4.3	Preparación de corridas experimentales.....	26
10.4.4	Extracción por arrastre de vapor	27
10.4.5	Separación del aceite esencial.....	27
10.5	Capacidad antioxidante del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	29
10.6	Actividad antimicrobiana del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	30
10.7	Caracterización del aceite esencial de lavanda obtenido mediante el arrastre de vapor.....	31
10.8	Diagrama de flujo de la extracción del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	32
10.9	Diseño experimental.....	33
10.9.1	Optimización de la extracción del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i> , mediante arrastre de vapor, en función del rendimiento.	33
10.10	Cuadro de variables.....	35
11	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	35

11.1	Optimización de la extracción del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i> , mediante arrastre de vapor, en función del rendimiento.	35
11.2	Evaluación del modelo para el rendimiento	36
11.3	Optimización de los modelos del diseño experimental	40
11.4	Caracterización de la composición del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i> , mediante cromatografía de gases con detector de masas.....	41
11.5	Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	43
11.6	Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	44
12	EVALUACIÓN DE IMPACTOS O RESULTADOS.....	46
12.1	Impactos técnicos	46
12.2	Impactos sociales	46
12.3	Impactos ambientales	46
13	PRESUPUESTO.....	47
14	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	49
14.1	Conclusiones.....	49
14.2	Recomendaciones	50
15	REFERENCIAS	50
16	ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Descripción de la lavanda (<i>Lavándula angustifolia</i>)	8
Tabla 2.	Taxonomía de la lavanda	9
Tabla 3.	Utilización de aceites esenciales	11
Tabla 4.	Compuestos químicos del aceite esencial	13
Tabla 5.	Condiciones experimentales seleccionadas para el diseño de experimentos	33
Tabla 6.	Corridas experimentales para la extracción del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	34
Tabla 7.	Cuadro de variables de la investigación.....	35

Tabla 8. Matriz experimental para la extracción del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	36
Tabla 9. Parámetros del modelo codificado del rendimiento.....	37
Tabla 10. Valores predichos y experimentales, obtenidos con las restricciones definidas en el proceso de optimización	40
Tabla 11. Composición del aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	41
Tabla 12. Ensayos de captación de radicales libres	44
Tabla 13. Concentración mínima inhibitoria de los aceites esenciales de <i>Lavándula angustifolia</i> para cada microorganismo	45
Tabla 14. Presupuesto de la investigación.....	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura química de compuestos presentes en aceite esencial.....	10
Figura 2. Estructura química del aceite esencial de lavanda	12
Figura 3. Radical catiónico ABTS+	17
Figura 4. Resultados de correlación entre FRAP vs ABTS fenoles	18
Figura 5. Recolección de material vegetal	25
Figura 6. Selección y limpieza del material vegetal	26
Figura 7. Preparación de corridas experimentales	26
Figura 8. Extracción del aceite esencial por arrastre de vapor.....	27
Figura 9. Separación del aceite esencial	28
Figura 10. Interacción entre los factores RMA: relación masa/agua, TIE: tiempo de extracción	38
Figura 11. Valores predichos y experimentales para el rendimiento	39
Figura 12. Optimización numérica para el rendimiento	40
Figura 13. Comatografía del aceite esencial de (<i>Lavándula angustifolia</i>).....	42

Figura 14. Timepo de retención de los compuestos presentes en el aceite esencial de <i>Lavándula angustifolia</i>	43
Figura 15. Materia prima	64
Figura 16. Equipo de extracción	64
Figura 17. Preparación del agua para la extracción	64
Figura 18. Armado del equipo colocando la materia prima y el agua	65
Figura 19. Control de temperatura durante el proceso de extracción	65
Figura 20. Separación del aceite esencial con el agua con la ayuda de la trampa de Clevenger	65
Figura 21. Pesado del aceite esencial para su almacenamiento	66
Figura 22. Producto final “Aceite esencial de lavanda (<i>Lavándula angustifolia</i>)”	66

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Resultados de la Composición química del aceite esencial de lavanda.	59
Anexo 2. Lugar de ejecución del proyecto de investigación	60
Anexo 3. Datos informativos del docente Tutor.....	61
Anexo 4. Datos informativos del estudiante	62
Anexo 5. Datos informativos del estudiante.	63
Anexo 6. Figuras (Fotografías)	64
Anexo 7. Aval de traducción	67

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“Extracción de un aceite esencial de lavanda (*Lavándula angustifolia*) mediante la metodología de arrastre de vapor”

Fecha de inicio:

Noviembre 2021

Fecha de finalización:

Marzo 2022

Lugar de ejecución:

- **País:** Ecuador
- **Provincia:** Cotopaxi, Zona 3
- **Cantón:** Latacunga
- **Barrio:** Salache/ CEASA
- **Lugar:** Universidad Técnica de Cotopaxi, Laboratorios de la Carrera de Agroindustrias

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Carrera que auspicia:

Carrera de Agroindustria

Equipo de trabajo:**Tutor:**

Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina (Anexo 3)

Postulantes:

Omar Fabricio Palacios Rosero (Anexo 4)

Luis Emilio Zúñiga Altamirano (Anexo 5)

Área de Conocimiento:

Industria de aceites, perfumes y grasas.

Línea de investigación:

Desarrollo y seguridad alimentaria

Sub línea de investigación de la Carrera:

Desarrollo de nuevos productos agroindustriales e ingredientes bioactivos para uso alimentario.

2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En el Ecuador existe gran variedad de plantas aromáticas, especialmente en zona andina, donde varias especies son utilizadas como condimentos, aromatizantes, alimentos, medicina ancestral, ornamental, pero se desconoce su propiedades químicas y biológicas.

La lavanda (*Lavándula angustifolia*) es una planta que posee propiedades antioxidantes, antimicrobianas, ansiolíticos y sedantes, por ello esta investigación se enfoca en la extracción del aceite esencial en función al rendimiento, además de caracterizar el aceite esencial para su aplicación en el sector agroalimentario. Este proyecto es factible, ya que, analizando el mercado nacional, para lo cual se utiliza en la perfumería de exportación, y además por sus magníficas características aromáticas puede ser utilizado en la industria de alimentos como aromatizante.

La extracción de compuestos bioactivos de plantas es algo necesario por la funcionalidad de aplicación que se podría tener en la industria, hoy en día existen varias tecnologías de extracción de aceites esenciales como el arrastre de vapor, hidrodestilación, flujo super crítico, prensado, etc., cada una con sus condiciones experimentales, a nivel mundial el método de arrastre de vapor es el pionero, debido a sus altos rendimiento y al no ocasionar daños en los compuestos volátiles.

Los aceites esenciales para su aplicación en el sector alimentario deben ser caracterizados en función a sus compuestos químicos, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana, por ello esta investigación utilizó metodologías cromatográficas, microbiológicas y químicas, para establecer las propiedades específicas del aceite extraído.

3 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

3.1 Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos para este trabajo de investigación serán los pobladores del cantón Quero de la provincia de Tungurahua quienes, son los principales generadores de plantas

aromáticas (lavanda), adquiriendo nuevos métodos de aprovechamiento para la materia prima a través de esta investigación. Además, otros beneficiarios directos serán los estudiantes quienes adoptarán nuevos conocimientos y prácticas experimentales.

3.2 Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos para esta investigación serán las industrias biotecnológicas, alimenticias, industrias de perfumería y cosméticas. Siendo las principales fuentes de transformación en la materia prima, ya que cuentan con la maquinaria sofisticada para su industrialización, de igual forma estas industrias generarán nuevas alternativas en la creación de productos más amigables con la salud y el ambiente.

4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad existen diversas plantas aromáticas que poseen una variedad de principios activos en su estructura, los cuales son responsables del aroma y de diferentes características que conllevan a la utilización en amplios campos alimenticios y cosmetológicos. Pero existe un enorme desconocimiento de información detallada sobre los componentes y la caracterización estructural de las plantas, ya que en muchos de estos casos los productores de estas plantaciones son de países en vías de desarrollo. Motivo por el cual solo existen estudios realizados sobre análisis superficiales que imposibilitan su utilización y aprovechamiento al máximo en el ámbito industrial y químico. En el Ecuador las plantas aromáticas son muy consideradas, ya que desde la antigüedad se utilizaron para ámbitos fisioterapéuticos ancestrales. Sin embargo, se puede decir que uno de los problemas existentes es que no hay suficiente evidencia científica de estudios profundizados sobre los principios activos que contienen estas plantas, por lo tanto, en la mayoría de casos Ecuador se puede encontrar como uno de los exportadores hacia países subdesarrollados que disponen de la maquinaria necesaria para el estudio profundizado de los compuestos que poseen las diversas plantas aromáticas. (Ruiz, et al., 2015)

La lavanda se la conoce actualmente por sus principales beneficios que tiene en su estructura química, pero uno de los problemas que se identificó es que existe un extenso desconocimiento de sus propiedades bioactivas, ya que no se han realizado estudios profundizados que demuestren su poder antioxidante y antimicrobiano frente a microorganismos, es por eso que a través de esta investigación se propone realizar una investigación que permita conocer todas sus características benéficas. (Marqués, 2016)

5 OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

- Extraer un aceite esencial de Lavanda (*Lavándula angustifolia*) mediante la metodología de arrastre de vapor.

5.2 Objetivos Específicos

- a) Optimizar el proceso de extracción del aceite esencial de lavanda (*Lavándula angustifolia*) por la metodología de arrastre de vapor.
- b) Cuantificar los compuestos volátiles del aceite esencial de lavanda mediante la metodología de GC-DM
- c) Determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial mediante las metodologías de ABTS Y FRAP
- d) Establecer la capacidad antimicrobiana del aceite esencial mediante la concentración mínima inhibitoria.

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

OBJETIVOS	ACTIVIDADES	RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
<p>Objetivo 1.</p> <p>Optimizar el proceso de extracción del aceite esencial de lavanda (<i>Lavándula angustifolia</i>) por la metodología de arrastre de vapor.</p>	<p>Recolección de muestras.</p> <p>Cortado y pesado.</p> <p>Colocado en el destilador.</p> <p>Identificación del tiempo y rendimiento</p>	<p>Conocer cuál es la mejor metodología de extracción, estableciendo mediante un diseño experimental la corrida que brinde un mayor rendimiento y menor tiempo.</p>	<p>Se aplicó un programa estadístico Design Expert 8.0.6 para la evaluación de los factores A (Tiempo) y B (relación material/agua destilada) (Ver anexo A- Tabla 8)</p>
<p>Objetivo 2.</p> <p>Cuantificar los compuestos volátiles del aceite esencial de lavanda mediante la metodología de CG-DM</p>	<p>Se realizó una termo degradación, empleando temperaturas controladas entre 200°C y 300°C. Seguido de esto se inyectó el aceite junto al hexano en relación (1:3) y una relación (1:5) en un rango de masa de 50-1000.</p>	<p>Evidenciar mediante un estudio analítico los compuestos volátiles que posee el aceite e identificar las cantidades porcentuales por cada uno.</p>	<p>Se utilizó un cromatógrafo de gases con espectrometría de masas (GC-MS) y un espectrómetro de masas Agilent technologies 5975 nert XL MSD with Triple- Axis Detector GC-MS de sobremesa Agilent. Donde por medio de su software incorporado se pudo identificar</p>

			picos y compararlos con el índice de Kovats. (Ver anexo B – Tabla 11)
<p>Objetivo 3.</p> <p>Determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial mediante las metodologías de ABTS Y FRAP</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se tomó muestras del aceite obtenido. - Se determinó la capacidad antioxidante del aceite esencial mediante la metodología de ABTS y FRAP. - Revisión bibliográfica de los antioxidantes en otros trabajos similares 	<p>Resultado que se han obtenido durante el análisis del aceite esencial de lavanda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tabulación de datos y la interpretación de los resultados del mismo - Anexos de lo que se realizó mediante en la determinación. (Ver anexo C- Tabla 12)
<p>Objetivo 4</p> <p>Establecer la capacidad antimicrobiana del aceite esencial mediante la concentración mínima inhibitoria.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Se determinará mediante cepas de referencia en la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de lavanda. - Muestras detalladas de 3 ml para su identificación en el laboratorio 	<p>El resultado que se obtiene durante el análisis en la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de lavanda.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resultado que se tiene del análisis - Anexos - Información y comparación de los resultados con otros trabajos de investigación. (Ver anexo D- Tabla 13)

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga 2022)

7 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.

7.1 Antecedentes

Según, Castro (2018) en su investigación titulada como “Extracción de antioxidantes de los residuos de la destilación a vapor e hidrodestilación de la (*Lavándula angustifolia*)” indica que el mejor rendimiento durante la extracción de antioxidantes es por medio de la hidrodestilación, aunque para la determinación de mayor acción antioxidante fue el de los obtenidos por destilación a vapor. Además, la mayor cantidad de aceite esencial extraído fue del residuo destilado al vapor con un 0.007 ml/100 g de masa seca, que por hidrodestilación. También, en su investigación mostró un alto contenido de polifenoles y presencia de taninos de 1.24 a 6.39% en los extractos realizados por destilado a vapor. Por lo tanto, se puede decir ambos métodos son idóneos para la extracción de antioxidante.

Según Muñoz (2015) en su trabajo de investigación, muestra de una manera clara la comparación de diferentes aspectos de los aceites esenciales frente al aceite esencial de lavanda, donde se ponen a prueba la actividad antimicrobiana y antioxidante frente a dos patógenos como la *Listeria inocua* y *Pseudomonas fluorescens*. Dando como resultado que el aceite de perejil es prooxidante, es decir presenta una reacción oxidante diferente frente al índice de ácido tiobarbitúrico, en cuanto a su capacidad antimicrobiana todos los aceites presentaron inhibición frente a la *L. inocua*, pero ninguno presento capacidad antimicrobiana contra la *P. fluorescens*. Por otra parte, el aceite esencial que mayor contenido de fenoles presento de su investigación fue el aceite de perejil, seguido del hinojo y al último de la lavanda.

Según Mejía (2021) con el tema Evaluación de propiedades antibacterianas y anti fungicidas de aceites esenciales, el trabajo consiste en una revisión bibliográfica sobre los aceites esenciales, en concreto aceites esenciales de *Eucalyptus globulus*, *Mentha piperita*, *Melaleuca alternifolia* y *Lavándula angustifolia*, para lo cual de hoy en día en la industrialización de los aceites son utilizados principalmente en aromaterapia ya que estos

actúan como agentes antimicrobianos. El aceite esencial de *lavanda angustifolia* presenta actividades microbianas, antifúngicas, carminativas, sedativas, antidepresivas y efectivas para la quemadura de los insectos, además en el estudio se puntualiza que el aceite esencial de *lavanda angustifolia* varía significativamente debido a los cultivos que se hallen en ella.

7.2 Fundamentación Teórica

7.2.1 Historia de la lavanda

En la época de los antiguos egipcios, usaban la lavanda para los embalsamientos, para confeccionar perfumes y desinfección de estancias. Existía grupos étnicos en el cual le proponían otros usos que servía de protección para su vida cotidiana. En la edad media, las lavanderas situaban encima de los matorrales las prendas de vestir para persuadir su aroma que sea concentrado de forma natural. Dentro de esta historia se le conocía de la misma manera por sus propiedades medicinales, más recientemente, en el siglo XX, uno de los padres de la aromaterapia, René-Maurice Gattefosé, utilizó la lavanda para tratar quemaduras y cicatrizar heridas (López, 2020).

7.2.2 Descripción general de la lavanda

Tabla 1.

Descripción de la lavanda (Lavándula angustifolia)

Descripción	Detalles
Altura	50 – 80 cm
Tipo de tallos	Leñosos, muy ramificados
Forma de las hojas	Opuestas, angostas, alargadas
Color y tipo de flores	Flore pequeñas, de color azul- grisáceo o violáceo
Fruto	Su fruto es un aquenio

Fuente: (Paredes, 2019)

7.2.2.1 **Lavanda (*Lavándula angustifolia*)**. La lavanda es una mata leñosa, su esencia es muy importante en las industrias alimentarias. Estudios demuestran que sus flores secas contienen aceites esenciales con componentes químicos y terapéuticos, algunos de ellos son flavonoides, ácido rosmarínico, terpénicos, saponinas, acetato de linalilo y xantatos (Hernandez, 2017).

7.2.2.2 Taxonomía de la lavanda (*Lavándula angustifolia*)

Tabla 2.

Taxonomía de la lavanda

TAXONOMÍA	
Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Magnoliopsida
Orden:	Lamiales
Familia:	Lamiaceae
Subfamilia:	Nepetoideae
Tribu:	Lavanduleae
Genero:	Lavándula

Fuente: (León, 2020)

7.2.3 Composición química de la lavanda

Las hojas y sumidades floridas de la lavanda contienen el 1% de derivados terpénicos, ácido ursólico; cumarina y herniarina en forma de glucósido; ácido rosmarínico y picrosalvina. Su aceite esencial es un líquido amarillo claro cuyos principales componentes son: carburos terpénicos; alcoholes libres, del 30 al 40%, sobre todo linanol, del 25 al 38% y en pequeña proporción geraniol y borneol; ésteres, del 40 al 58% sobre todo el acetato de linalilo, del 25 al 45% y un 0,6% como máximo de alcanfor (Muñoz, 2018).

7.2.4 Aceite esencial

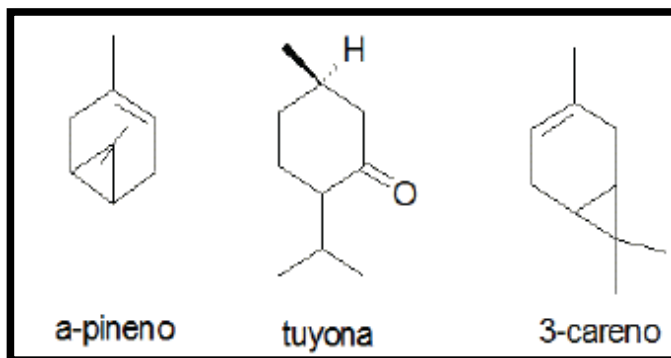
7.2.4.1 Definición. Los aceites esenciales son conocidos por las diversas actividades biológicas que poseen, incluidas las propiedades antimicrobianas y antioxidantes, y se han utilizado durante mucho tiempo en productos farmacéuticos y cosméticos. Estos aceites se utilizan a menudo como atrayentes o repelentes.

Los compuestos secundarios que las plantas ostentan, se encuentran los en los principios activos, que son una mezcla de hidrocarburos saturados y no saturados, alcoholes, aldehídos, ésteres, éteres, cetonas, fenoles y terpenos como α -pineno. (Ahamad, et al., 2015)

Estos son los responsables del aroma que posee el vegetal.

Figura 1.

Estructura química de compuestos presentes en aceites esenciales.



Fuente: (Hernandez, 2017)

Generalmente del peso seco de la planta del 0,1 al 1% se considera aceite esencial estos tienen escasa solubilidad en agua por lo que se utiliza alcohol o algunos disolventes. Cuando se encuentran frescos y temperatura ambiente estos son incoloros al momento que empiezan a oxidarse tienden a tomar un color amarillento oscuro, la mayoría de los aceites son menos densos que el agua. (Ahamad, et al., 2015)

7.2.4.2 Obtención de los aceites esenciales. En los métodos que se tienen en la actualidad se pueden utilizar el más frecuente es la extracción en corriente de vapor más conocido como destilación. Otro método que se puede manejar es la expresión en frío el mismo que se utiliza en casos concretos, el enflorado con grasas para la extracción de aromas delicados como son las rosas, jazmín y la extracción con disolventes orgánicos a temperatura ambiente. La destilación es el proceso para obtener el aceite esencial de una planta mediante el uso del vapor saturado a presión atmosférica. La generación del vapor puede ser local (hervidor), remota (caldera) o interna base de recipiente (Chavez, 2017).

7.2.4.3 Utilización de aceites esenciales. Los aceites esenciales se utilizan en perfumería, en la fabricación de licores, pinturas, cremas y productos farmacéuticos. Ellos se encuentran en un determinado órgano vegetal como pueden ser las flores, hojas, frutas, semilla, raíces o en toda la planta. (Sarria, et al., 2021)

Tabla 3.

Utilización de aceites esenciales

Farmacológicas	Industria	Cosméticas	Aroma terapéuticas
Para la obtención de principio activos como el anetol, excipientes y aromatizantes para la preparación de jarabes, suspensiones.	En la alimentación, confitería y licorería se utilizan como aromatizantes.	En la perfumería por sus cualidades olfativa, así como los perfumes colonias.	En el uso de tratamientos antiinfecciosos gracias al poder antibacteriano y fungicida de los aceites.

Fuente: (Sarria, et al., 2021)

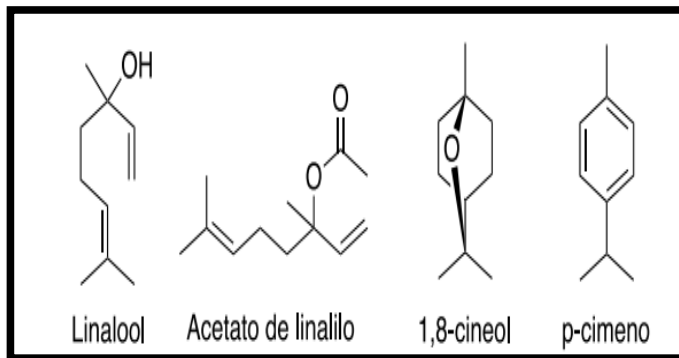
7.2.5 Aceite esencial de lavanda

“El mismo es conocido por sus actividades antibacterianas, antifúngicas, carminativas, sedativas, antidepresivas y efectivas para quemaduras y picaduras de insectos” (Jaramillo, 2020, págs. 11- 24).

Con respecto a la fitoquímica los constituyentes principales compuestos son el linalool, acetato de linalilo, 1,8- cineol, β -ocimeno, terpinen-1,4-ol y camphor. Cada uno de estos constituyentes puede variar significativamente debido a los cultivos. El aceite esencial de *Lavándula angustifolia* se compone principalmente de acetato de linalilo, linalool, lavandunol, 1,8- cineol, acetato de lavandula y camphor. (Jaramillo, 2020)

Figura 2.

Estructura química



Fuente: (Marqués, 2016)

7.2.6 Composición de aceite esencial

Según Gaibor, et al., (2019) en su investigación indica que los aceites esenciales son volátiles y están constituidos por mezclas de terpenos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y ceras.

Tabla 4.*Compuestos químicos del aceite esencial*

COMPUESTOS	EJEMPLO	PROPIEDAD
ALCOHOL	Mentol, geraniol	Antimicrobiano, antiséptico, espasmolítico.
ALDEHIDO	Citral, citronelal	Espasmolítico, sedante, antiviral.
CETONA	Alcanfor, tuyona	Moculítico, regenerador celular, neurotóxico.
ÉSTERES	Cineol, ascaridol	Expectorante, estimulante.
ESTER	Metil salicilato	Espasmolítico
ÉTER FENÓLICO	Safrol, anetol, miristicina	Diurético, carminativo estomacal expectorante.
FENOL	Timol, eugenol, carvacrol	Antimicrobiano, irritante, estimulante inmunológico.
HIDROCARBURO	Pineo, limoneno	Estimulante, descongestionante antivírico, antitumoral.

Fuente: Gaibor, et al., (2019)

7.2.7 Metodología aplicada en la extracción

Métodos	Descripción
1. Destilación por arrastre de vapor (Hidrodestilación)	Este método es particular por la forma de extraer aceites esenciales, ya que esta técnica se emplea vapor en condiciones específicas de sobrecalentamiento, encontrándose la materia vegetal en contacto con el agua que está generando vapor. (Logroño y Lozano, 2019)
2. Extracción por disolventes volátiles	Para este método se tritura la muestra la cual, al estar en contacto con el solvente (alcohol y cloroformo) se solubiliza el aceite esencial, por este medio también se obtienen ceras y grasas que son el resultado impuro de este proceso. (Fonseca, 2016)
3. Extracción por fluidos supercríticos	En este método se considera una operación unitaria que se encarga de extraer todo el poder disolvente de los fluidos supercríticos en condiciones que superen su temperatura y presión. (Logroño y Lozano, 2019)
4. Extracción por microondas	Para esta técnica no se necesita de una modificación, ya que existe una transferencia de calor y masa de forma unidireccional desde el interior hacia el exterior. Haciendo que ocurra

	la hidrofusión y permitiendo la extracción del aceite esencial y la separación por gravedad. (Logroño y Lozano, 2019)
5. Extracción por prensado	Aquí se somete al vegetal en una fuerza mecánica que por efecto de la presión exprime el aceite que contiene, para su posterior filtración y purificación. Usualmente este método se emplea en plantas cítricas. (Fonseca, 2016)
6. Extracción por enflorado	Usualmente este método tiene como factor dar un contacto a la materia prima con una grasa, la misma que actúa como vehículo extractor y la esencia será solubilizada. La mezcla se purifica mediante métodos físico-químicos. (Fonseca, 2016)

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2021)

7.2.8 Principios activos

El porcentaje que se obtiene es (0,5%-0,6%) poseen alcoholes libres como el linanol, el borneol y el geraniol. Además, también B- oxicimeno, cineol y alcanfor; ésteres en discreta cantidad, usualmente en forma de valerianatos, butiratos y acetatos (acetato de linalilo). (Sandoval, 2018, pág. 46)

7.2.9 Capacidad Antioxidante

Ordinariamente los métodos para ejecutar la actividad antioxidante son algunos debido a la capacidad de cada uno de los sustratos y del microambiente que se encuentre, en la cual los

más afanosos por su validación ante efectos inhibitorios posibles son el DPPH, FRAP Y ABTS. (Sarmiento, 2020)

Según Chasipanta y Chicaiza (2016) en su investigación titulada "EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE BIOAUTOGRÁFICA DE 5 VARIEDADES DE ACEITES ESENCIALES AMAZÓNICOS (*Ocoteaquixos*; *Psidium guajava*; *Eugenia stipitata*; *Piper auritum*; *Piper imperiale*)” expresa que “los antioxidantes son capaces de detener la oxidación en un compuesto biológico y en muchos casos estos pueden alterar el daño que han sufrido moléculas afectadas” (p. 22). se dividen en:

- 1) Antioxidantes preventivos: Estos se encuentran usualmente al principio de una cadena oxidativa.
- 2) Antioxidantes secundarios: Los que se encargan de interrumpir alguna etapa en la cadena de oxidación.
- 3) Antioxidantes enzimáticos: Buscan eliminar los radicales O₂. Este es el Superóxido dismutasa. (Chasipanta y Chicaiza, 2016)

“La capacidad antioxidante que tiene una matriz biológica está representada por el contenido de metabolitos secundarios” (Alean, 2016, págs. 99-105). Para evaluar esto se utilizan algunos procedimientos como los métodos de Fenoles Totales, FRAP, DPPH y ORAC. La necesidad de ver la capacidad antioxidante en la que se uno con otros principios la cual establecen una habilidad de disminuir los efectos perjudiciales causados por las especies reactivas de oxígeno.

La mayoría de plantas como son las frutas y hortalizas se fortalecen en lo que relaciona para la capacidad antioxidante; los mismos que son los fenoles, pigmentos y vitaminas estos son los que contribuyen a retardar los daños producidos a nivel del inmunológico, como consecuencia del envejecimiento de las células.

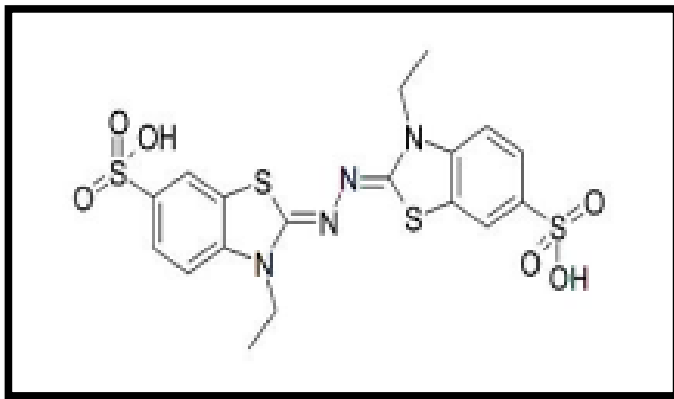
7.2.10 ABTS

Según Pérez, (2019) con el título "OBTENCIÓN DE EXTRACTOS AROMÁTICOS DE LOS GÉNEROS *Lepechinia graveolens*, *Lepechinia meyenii*, *Lepechinia lancifolia* COMO POTENCIAL PARA INDUSTRIA COSMÉTICA" indica que este método se orienta en la habilidad antioxidante de capturar el catión ABTS+ persulfato potásico, este radical tiene una coloración verde-azulado. Para esta metodología se instala las muestras a temperatura ambiente baso sombra, donde por añadidura de etanol se consigue una absorbancia entre 750nm. Seguido de esto se junta el radical con el aceite y se determina mediante lectura del equipo UV-VIS.

Por otro lado, este método posee un extenso uso aplicativo en materiales biológicos, compuestos puro o extractos obtenidos por hidrófila. (Chasipanta y Chicaiza, 2016)

Figura 3.

Radical catiónico ABTS+



Fuente: Chasipanta y Chicaiza (2016)

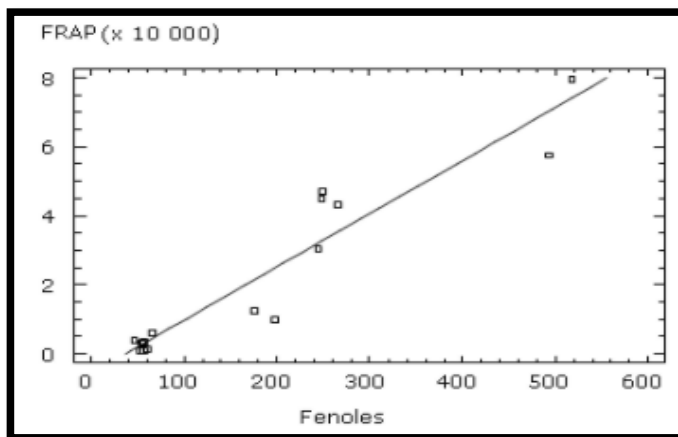
7.2.11 FRAP.

El método de FRAP se basa en la reducción del hierro férrico (Fe^{+3}), existente en el reactivo de FRAP hasta su forma ferrosa (Fe^{+2}) por aspecto de antioxidantes. Generalmente su coloración es azul intenso, este método provoca la capacidad reductora en muestras y se cuantifica por colorimetría (593nm) entorno a un patrón sulfato ferroso. (Rioja, et al., 2018)

Según Andrade y Tapia (2020) en su investigación titulada "Desarrollo de un aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare l.*) micro encapsulado, mediante secado por aspersión" indica que este método no caracteriza la capacidad estabilizadora de radicales libres en una muestra estudiada, sino evalúa la capacidad reductora por transferencia de electrones.

Figura 4.

Resultados de correlación entre FRAP vs ABTS fenoles



Fuente: Mesa, et al., (2018)

7.2.12 Cromatografía de gases con espectrofotometría de gases

A la cromatografía se la considera como la técnica óptima para separar constituyentes de una mezcla. “Es un método analítico que se utiliza para identificar y cuantificar compuestos de una fase líquida o una mezcla homogénea, de igual manera este método se aplica en mezclas heterogéneas en forma de transferir en fase líquida por la aplicación de disolventes”. (Aillón, 2020, pág. 38)

Según Sánchez, T (2018) en su investigación titulada “Extracción y cuantificación de aceite esencial de cáscara de granada (*Punica granatum l.*) y determinar su efecto antifúngico sobre *penicillium sp*” indica que la cromatografía de gases es un método físico de separación, el cual con cada muestra indica la posición, altura y anchura de los picos en la representación gráfica del cromatograma.

Entre los componentes a ser separados se distribuye en dos fases; una es la fase estacionaria y la otra es la fase de movimiento en una dirección definida, a este método se lo puede clasificar de acuerdo a su utilidad como eluyente para separar solutos.

La cromatografía de gases es muy manejada en el área de aceites esenciales, prácticamente estos productos son de gran categoría comercial por lo que la cromatografía se usa para cuantificar componentes concretos en la fluidez del mismo, además de detectar la adición de compuestos u antioxidantes. (Sánchez, 2018)

8 MARCO CONCEPTUAL

- ✓ **Aceite esencial:** Se refiere a los metabolitos secundarios lipófilos de las plantas y altamente volátiles.
- ✓ **Actividad antioxidante:** Es la actividad de una molécula en función de retrasar la oxidación entre otras moléculas.
- ✓ **Arrastre de vapor:** Es un tipo esencial de la destilación que no son tan vulnerables para altas temperaturas y así conocer los compuestos aromáticos.
- ✓ **Capacidad antimicrobiana:** Es el poder de contrarrestar e inhibir la acción de un microorganismo
- ✓ **Condiciones operativas:** Permite determinar previamente la operación en servicios realizados.
- ✓ **Destilación:** Se encarga de separar compuestos para establecer los estados de cada fluido que se tiene en la extracción.
- ✓ **Evaporación:** Se encarga del pasaje lento de un estado líquido hacia el gaseoso, después de recibir energía para derrotar la tensión superficial.
- ✓ **Extractor:** Evita la condensación para ayudar a eliminar microorganismos en el ambiente.

- ✓ **Fluido supercrítico:** Es las sustancias que se encuentran en relaciones que se toma en cuenta a la presión y temperatura altamente sobre su punto crítico, lo que ocasiona que actúe como híbrido entre líquido y gas. Y actuando como ambos
- ✓ **Hidrodestilación:** Es la acción de incorporar agua a una materia prima con el fin de extraer aceite por medio de ebullición o vapor.
- ✓ **Lavanda:** Es una planta vegetal dentro del medio nacional que contiene alrededor de 70 especies y taxones infra – específicos.
- ✓ **Principios bioactivos:** Es el poder de contrarrestar e inhibir la acción de un microorganismo
- ✓ **Rendimiento:** Es la ganancia o utilidad que se le puede detallar en las operaciones de proceso.
- ✓ **Temperatura:** Es una de las más comunes en nuestro medio ya que detalla si el elemento se encuentra frío o caliente.
- ✓ **Tratamiento:** Es la combinación de niveles o factores expuestos a unidades experimentales, permitiendo observar el efecto que producen sobre una respuesta experimental.

9 VALIDACIÓN DE LAS PREGUNTAS CIENTÍFICAS O HIPÓTESIS.

9.1 Hipótesis Nula

La concentración de masa - disolvente y la temperatura no influyen en el rendimiento del proceso de extracción del aceite esencial.

9.2 Hipótesis Alternativa

La concentración de masa - disolvente y la temperatura influyen en el rendimiento del proceso de extracción del aceite esencial.

9.3 Validación

En esta investigación se aceptó la hipótesis alternativa y se rechazó la hipótesis nula, debido a que existió una gran influencia de la masa – disolvente y la temperatura con el rendimiento del proceso de extracción del aceite esencial de lavanda.

10 METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL

La metodología es el procedimiento o conjunto de procedimientos que se emplean para entender, explicar, describir o predecir un fenómeno; siendo el modo de proceder para lograr los objetivos de la investigación (Gallardo, 2017).

Para el desarrollo de este trabajo se empleó los siguientes tipos de investigación: cuantitativa, cualitativa, descriptiva y experimental.

10.1 Tipos de investigación

Se emplearon los siguientes tipos de investigación que se detallan a continuación:

✓ Investigación cuantitativa

Este tipo de enfoque utiliza la recolección y análisis de datos, para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas, además confía en la medición de variables e instrumentos de investigación, con el uso de la estadística y diseño experimental (Ñaupas et al., 2014).

Esta investigación denota un enfoque cuantitativo, debido que para la ejecución de la extracción del aceite esencial se utilizó factores numéricos utilizando variables, por lo que se pudo establecer las condiciones óptimas de la extracción. Además, se caracterizó al aceite esencial mediante cromatografía de gases con detector de masas, donde se pudo determinar la composición química, así mismo se evaluó la capacidad antioxidante y antimicrobiana de los extractos.

✓ **Investigación cualitativa**

El enfoque cualitativo, hace referencia a caracteres, atributos y propiedades no cuantificables, que pueden describir, comprender y explicar mejor los fenómenos, acontecimientos u objetos (Ñaupas et al., 2014).

Se empleó para identificar los compuestos químicos que están presentes en el aceite esencial, utilizando la metodología de cromatografía de gases con detector de masas.

✓ **Investigación descriptiva**

Lo que se detalla mediante la investigación es diseñar y ver las características, perfiles de procesos, objetos que se someta a un previo informe de valoración ya sea este técnico o físico. Es decir, se pretende encontrar de manera dependiente o independiente las variables que posee cada una. (Hernández et al., 2014).

En la investigación se describió el proceso optimizado de la extracción del aceite esencial de lavanda, generándose las condiciones óptimas según los modelos matemáticos, además se describe las características del extracto en función a su composición química, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana.

✓ **Investigación experimental**

Este tipo de investigación consiste en determinar un individuo a condiciones o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos que se producen (variable dependiente), además por la manipulación y control de variables que ejerce el investigador durante el experimento (Gallardo, 2017).

Esta investigación utilizó experimentos para validar la hipótesis, donde se demostró que es viable la optimización de la extracción del aceite esencial, así como también caracterizar la

composición química, capacidad antioxidante y actividad antimicrobiana del aceite esencial optimizado.

10.2 Técnicas

Para la recopilación de información bibliográfica, datos experimentales, observaciones de campo, etc., se empleó las técnicas de la observación y entrevista.

✓ Observación

La observación consiste en una tarea descriptiva de un objeto o fenómeno, debido a que establece la relación principal entre el sujeto que observa y el objeto que es observado (Hernández et al., 2014).

Se empleo para observar el proceso de extracción y recopilar los resultados obtenidos de la extracción, además tomar información y registrar en los documentos de investigación.

✓ Entrevista

Este dialogo se lo propone con 2 personas, el entrevistado y el investigador, donde el investigador hace preguntas abiertas o cerradas sobre el tema de interés, de ser el caso el entrevistado también puede consultar al investigador (Gallardo, 2017).

Fue utilizada para seleccionar a la especie de planta utilizada en la extracción, para ello se realizó entrevistas a especialistas en el campo botánico, que dieron su aporte en la taxonomía y aplicación de la planta en el proceso.

10.3 Materiales y equipos

Los materiales utilizados para la realización de la presente investigación se detallan a continuación:

Materiales de laboratorio

- Matraz Erlenmeyer de vidrio 500 mL
- Micropipeta 100-1000µl Microlit
- Matraz con trampa de Clevenger,
- Punta 10 a 200 µl puntas amarillas
- Pipeta volumétrica de vidrio 10 mL
- Bureta de vidrio de 1000 mL
- Varilla de agitación
- Vasos de precipitación (250mL)
- Tubos de ensayo
- Cajas Petri
- Asas de Didrasky
- Gradillas
- Pinzas
- Papel filtro
- Balones aforados vidrio 5 mL
- Balones aforados 10 mL

Equipos

- Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j
- Balanza Analítica (0,0001g)
- Cromatógrafo de gases con espectrometría de masas (GC-MS) en un equipo Agilent Technologies 5975.
- Incubador Biocell modelos M345
- Extractor de aceite esencial por arrastre de vapor (Lanphan Ltd., China)

Reactivos

- Cloruro Férrico
- Acetato de sodio
- Ácido acético
- Reactivo TPTZ (2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride)
- Sal de Mohr
- Ácido clorhídrico
- Carbonato de sodio
- Folling
- Ácido gálico
- Etanol 99.8%
- Agua destilada
- Sulfato de sodio
- Trolox grado analítico

- Reactivo ABTS (2,2'-Azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt)
- *Salmonella entérica* U822s
- *Staphylococcus aureus* ATTC25923
- *Escherichia coli* ATTC25922
- *Listeria monocytogenes* ATTC 19115
- *Bacillus cereus* ATTC 10876
- *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145.
- Agar nutritivo
- Agar Baird Parker
- Agar Salmonella Shiguella
- Agar Macconkey
- Agua peptonada
- Discos de celulosa

10.4 Metodología de extracción de aceite esencial

10.4.1 Recolección del material vegetal

La planta de *Lavándula angustifolia* fue recolectada en fresco sin humedad, en la provincia de Tungurahua, cantón Quero, parroquia Rumipamba.

Figura 5.

Recolección de material vegetal



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

10.4.2 Selección y limpieza

Luego de la recolección, el material vegetal se sometió a un proceso de selección para que la materia prima esté en buenas condiciones para la extracción, para ello se evaluó que no presente roturas, alteraciones morfológicas, hongos, plagas, manchas y posteriormente se sometió a un lavado en una solución acuosa de hipoclorito de sodio al 0,1%.

Figura 6.

Selección y limpieza del material vegetal



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

10.4.3 Preparación de corridas experimentales

Se procedió a pesar el material vegetal en una balanza analítica marca Radwag Modelo AS 82/220.R2 PLUS, siguiendo las relaciones del material/agua destilada de 1:3, 1:4 y 1:5. Se preparó un total de 5000 mL de la disolución de extracción para cada corrida experimental.

Figura 7.

Preparación de corridas experimentales



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

10.4.4 Extracción por arrastre de vapor

Para determinar el aceite esencial de lavanda se realizó en un extractor por arrastre de vapor (Lanphan Ltd., China) con las siguientes condiciones operativas: tiempo (A) de 60, 105 y 150 minutos y relación material/agua destilada (B) de 1:3, 1:4 y 1:5, la temperatura del proceso se mantuvo en función a la temperatura de ebullición del agua. Los factores A y B fueron seleccionados de acuerdo a las bibliografías de extracción de aceites esenciales.

Figura 8.

Extracción



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

10.4.5 Separación del aceite esencial

El aceite esencial se recuperó por medio de un equipo con trampa de Clevenger, luego se añadió de 2 g sulfato de sodio por media hora, después se decantó y filtró la muestra, posteriormente se envaso en frascos oscuros y se almacenó a temperatura de refrigeración. Se realizaron tres réplicas en las condiciones óptimas de la extracción por arrastre de vapor (Marín, 2015).

Figura 9.*Separación del aceite esencial*

Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

10. Cálculo del rendimiento (%)

El rendimiento en los procesos productivos, corresponde a la relación entre el producto generado y las materias primas utilizadas, con lo cual se establece la eficacia de los procesos tecnológicos. La determinación del rendimiento para cada corrida experimental se realizó mediante la relación entre la masa del material vegetal y el aceite esencial obtenido luego del proceso.

Para la determinación del rendimiento, se pesó el material vegetal (M2) en una balanza analítica marca Radwag Modelo AS 82/220.R2 PLUS, luego se elaboró las corridas experimentales utilizando agua destilada y se procedió a la extracción del aceite esencial en el equipo de arrastre de vapor marca Lanphan Ltd., China, luego se pesó el aceite esencial generado (M1). Para el cálculo se utilizó relación matemática que se detalla a continuación:

$$\text{Rendimiento (\%)} = \frac{M1}{M2} \times 100 \quad \text{\underline{\underline{Ecuación 1}}}$$

Donde: M1= Masa final de aceite esencial expresada en gramos (g).

M2= Masa inicial del material vegetal expresada en gramos (g).

100 Factor matemático (Nazem et al., 2019)

11. Caracterización de la composición química del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*, mediante cromatografía de gases con detector de masas, así como la actividad antioxidante y antimicrobiana.

El análisis GC-MS se utilizó para caracterizar la composición del aceite esencial. El equipo utilizado fue cromatógrafo de gases con espectrometría de masas (GC-MS) en un equipo espectrómetro de masas Agilent Technologies 5975 GC-MS de sobremesa Agilent. La temperatura del horno se fijó en 50°C durante 1 minuto y luego mantener isotérmicamente durante 2 minutos a 320°C. La temperatura se mantuvo a 200°C y la interfase de la temperatura se mantuvo a 300°C. Se inyectó aceite con (1 µL) con hexano (1:1) y la relación de división era 1:5. Los datos de GC-MS fueron capturado a 70 eV usando tiempos de escaneo de 1.5 segundo en el rango de masa de 50-1000 amu. La cromatografía y los espectros de masas se manejaron utilizando los softwares del equipo, los picos/componentes individuales se identificaron por comparación de su Índice de Kovats (K.I.) y la literatura existente (Jo et al., 2021; Najibullah et al., 2021).

10.5 Capacidad antioxidante del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*.

- Capacidad para reducir el hierro férrico a ferroso (FRAP)

La capacidad reductora férrica (FRAP) se determinó como una medida de la capacidad antioxidante. Para preparar el reactivo FRAP, acetato 300 mM, pH 3,6 glacial tampón de ácido acético, cloruro férrico 20 mM (FeCl₃·6H₂O), y se prepararon 4,6-tripirridils-triazina (TPTZ) 10 mM en HCl 40 mM. Las tres soluciones se mezclaron en la relación 10:1:1 (v/v/v). El ensayo FRAP se realizó a con 1 g de muestra, al cual se le añadió 0,3 ml de reactivo y se incubaron a

37 C durante 4 min. La absorbancia se midió a 593 nm con relación con un blanco de reactivo. La capacidad antioxidante total de las muestras se determinó frente a un patrón de FRAP conocido, sulfato ferroso. Se determinó la actividad antioxidante del aceite esencial, por reducción de hierro conocida como método FRAP (Jo et al., 2021).

- **Determinación de la actividad antioxidante por el método de captura de cationes de radicales libres ABTS.**

El ensayo de eliminación de radicales ABTS [2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina6-ácido sulfónico)] fue llevado a cabo utilizando el catión radical ABTS (ABTSz+) se obtiene haciendo reaccionar una solución de ABTS mM con persulfato de potasio 2,45 mM y dejando reposar la mezcla en la oscuridad a temperatura ambiente temperatura durante 12-16 h antes de su uso. El ABTSz+ la solución se diluyó con metanol hasta una absorbancia de $0,70 \pm 0,02$ a 734 nm. Después de agregar 25 μ L de solución de muestra a 275 μ L de solución ABTSz+, se registró la absorbancia después de 7 min a 734 nm. Se realizaron pruebas en triplicado. La solución ABTSz+ se utilizó como blanco muestra, se utilizó el trolox como estándar analítico (Hadjadj et al., 2020).

10.6 Actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*.

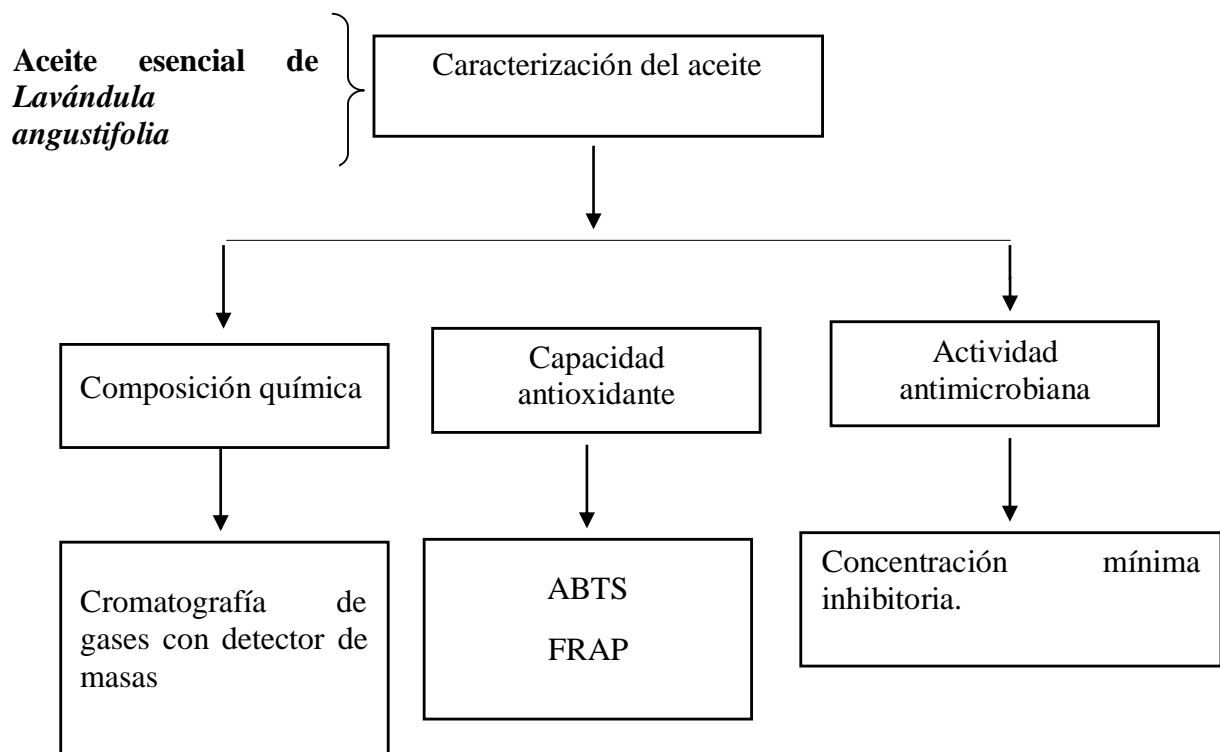
Se valoró el efecto de las cepas bacterianas. Los microorganismos utilizados corresponden a la colección de la Universidad Técnica de Cotopaxi: *Salmonella entérica* U822s, *Staphylococcus aureus* ATTC25923, *Escherichia coli* ATTC25922, *Listeria monocytogenes* ATTC 19115, *Bacillus cereus* ATTC 10876 y *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145.

Las cepas bacterianas fueron activadas antes de su uso, se sembraron en medio de agar nutritivo para evaluar su viabilidad en ensayos de susceptibilidad bacteriana.

- **Determinación de las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI)**

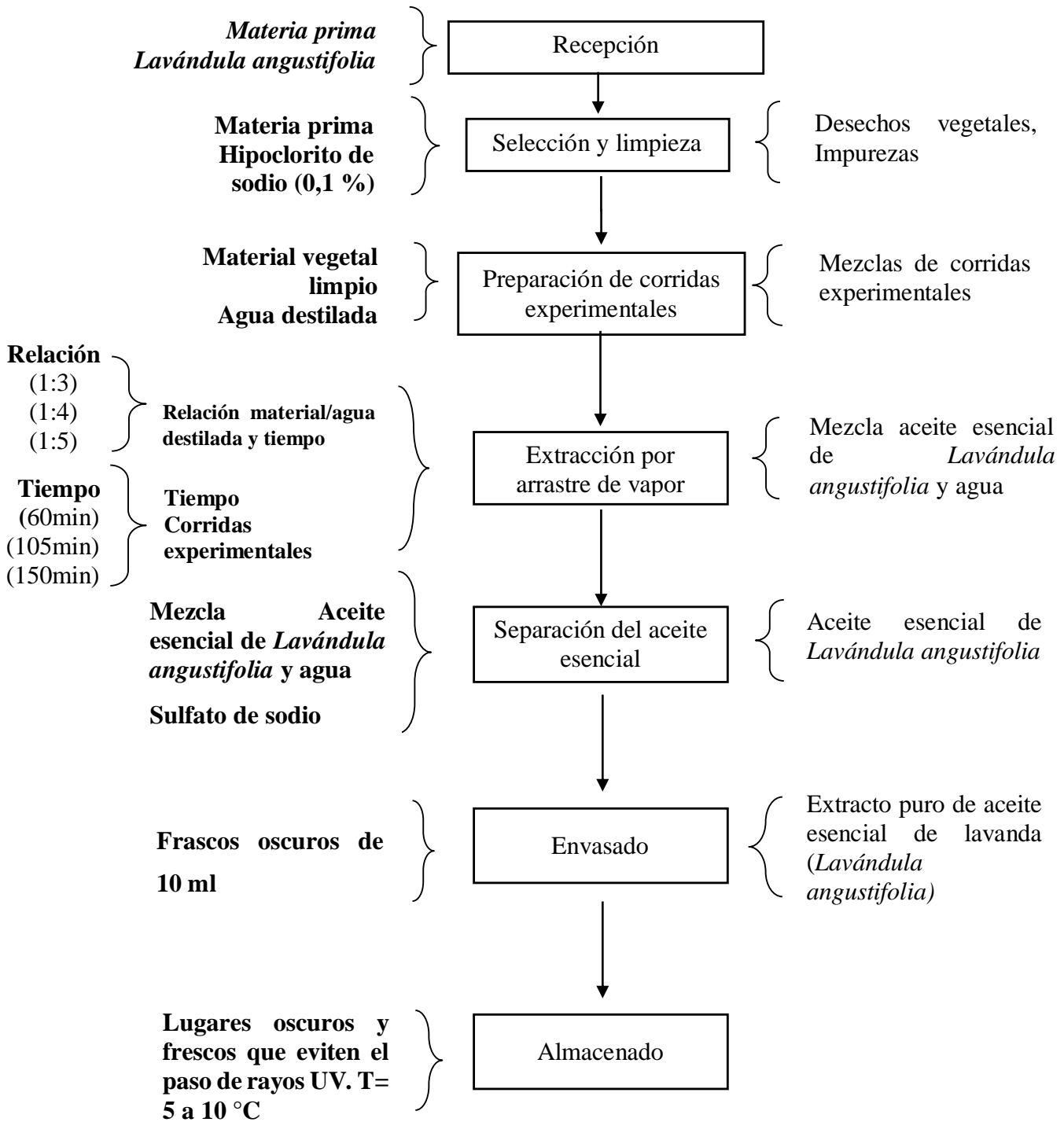
Se detallo en un cultivo de la cepa probada durante la noche, se ajustó la turbidez del cultivo bacteriano a una óptica densidad de 0,5 estándares McFarland. El método de dilución en caldo fue llevado a cabo en tubos de ensayo utilizando cepas microbianas de referencia. Las concentraciones de aceite esencial se prepararon asépticamente y se colocaron en tubos de ensayo, teniendo las siguientes concentraciones 3, 2, 1, 0,5; 0,2 y 0,005 %, donde se procedió a añadir 10 µl de cada cepa. Después de una incubación de 24 h a 37 °C, se modificó el crecimiento bacteriano por la presencia de turbidez y un sedimento en el bien abajo. CMI se definió como la concentración que completamente inhibió el crecimiento celular visible durante un período de incubación de 24 h a 37 °C (Merghni et al., 2018).

10.7 Caracterización del aceite esencial de lavanda obtenido mediante el arrastre de vapor



Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

10.8 Diagrama de flujo de la extracción del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*.



Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

10.9 Diseño experimental

10.9.1 Optimización de la extracción del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*, mediante arrastre de vapor, en función del rendimiento.

Mediante el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.), se elaboró el diseño experimental y procesamiento de los resultados obtenidos de la extracción aceite esencial de lavanda, de tal forma que la extracción optimizada presentó mejores respuestas en el rendimiento. Con el empleo de la optimización numérica mediante el diseño de superficie respuesta IV Óptimo, se obtuvo un modelo matemático que refleja las condiciones del proceso.

Tabla 5.

Condiciones experimentales seleccionadas para el diseño de experimentos.

Factor	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	Mínimo	Máximo
Tiempo	A	min	Numérico	Discreta	60	150
Relación material/agua destilada	B		Numérico	Discreta	1:5	1:3

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

En la Tabla 5 se muestra el intervalo a evaluar para cada uno de los factores. Los factores evaluados fueron: tiempo (A) y relación material/agua destilada (B) mientras que el rendimiento es la variable respuesta.

Tabla 6.*Corridas experimentales*

Corrida	Tiempo (min)	Relación material/agua destilada
1	60	3
2	150	1
3	60	3
4	150	2
5	105	1
6	105	3
7	105	3
8	150	1
9	60	2
10	60	1
11	105	3
12	150	3
13	105	2
14	105	2
15	105	1
16	150	3
17	60	1

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

La Tabla 6 muestra las corridas experimentales generadas del diseño de superficie respuestas IV Óptimo, las cuales fueron utilizadas para la experimentación en el desarrollo de la investigación.

10.10 Cuadro de variables

Tabla 7.

Cuadro de variables de la investigación

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Dimensiones
Extracción del aceite esencial de lavanda (<i>Lavándula angustifolia</i>)	Tiempo	Optimización del proceso de extracción.	Rendimiento (%)
		Caracterización química del aceite esencial	Composición química (CG-DM)
	Relación material/agua destilada	Capacidad antioxidante	Método FRAP Método ABTS
		Actividad antimicrobiana	Concentración mínima inhibitoria (CMI)

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

11 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

11.1 Optimización de la extracción del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*, mediante arrastre de vapor, en función del rendimiento.

Los aceites esenciales se pueden obtener por diferentes métodos tales como: hidrodestilación, destilación por arrastre de vapor, destilación con agua y vapor, destilación con agua y vapor con aplicación de cohobación. La más frecuente es extracción por arrastre de vapor, ya que es más económica porque utiliza vapor como reactivo para la extracción de agua, utiliza equipos que son fáciles de operar y evita que el aceite se sobre calentamiento (Quezada et al., 2019).

La composición y rendimiento del aceite esencial en la extracción, se ven influenciados por factores como el método de extracción, tamaño de partícula del material vegetal, relación masa disolvente y el tiempo de extracción. Por tal razón, se evaluaron los intervalos de tiempo de extracción (60 a 150 min) y relación material/agua destilada (1:3 a 1:5) mediante un diseño de superficie de respuesta; estas referencias fueron escogidas de acuerdo con otras investigaciones de extracción de aceites esenciales (Quezada et al., 2019; Soler et al., 2021; Marín, 2015).

11.2 Evaluación del modelo para el rendimiento

Los datos obtenidos mediante un diseño de superficie respuesta son expuestos en la matriz experimental presentada en la Tabla 8. (ANEXO A)

Tabla 8.

Matriz experimental para la extracción del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*

Corrida	Tiempo (min)	Relación material/agua destilada	Rendimiento (%)
1	60	3	0,5207
2	150	1	0,6423
3	60	3	0,5307
4	150	2	0,4312
5	105	1	0,2834
6	105	3	0,5654
7	105	3	0,5796
8	150	1	0,6424
9	60	2	0,3632
10	60	1	0,2889
11	105	3	0,5687
12	150	3	0,6420
13	105	2	0,399
14	105	2	0,4232
15	105	1	0,2912
16	150	3	0,6231
17	60	1	0,2889
1. 1:3; 2. 1:4; 3. 1:5			

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Los rendimientos de la extracción del aceite esencial de lavanda variaron entre 0,6424 y 0,2834 %. Lo que se asemeja a otros estudios realizados sobre la misma especie vegetal, donde los rendimientos estuvieron en el rango de 0,358 a 0,223% (Soler Rafael, 2021), 0,7% de rendimiento por el método de hidrodestilación (Wilson et al., 2021) y 0,60% de rendimiento (Danila et al., 2018).

Tabla 9.

Parámetros del modelo codificado del rendimiento

Indicador	Polifenoles totales (mg/g)
Intercepto	0,43
X_{RMA}	0,088*
X_{TIE}	0,088*
$X_{RMA} X_{TIE}$	-0,062*
X_{TIE}^2	0,059*
R^2	0,9025
R^2 ajustado	0,8439
R^2 predicho	0,5473
F modelo	15,42*
F falta de ajuste	172,18
Precisión adecuada	11,65

RMA: relación masa/agua

TIE: tiempo de extracción

*Valor significativo para $p \leq 0,05$.

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

En la Tabla 9 se muestran los resultados del modelo codificado de rendimiento, donde se observa que el modelo cuadrático resultó significativo con un nivel de confianza del 95,0 %.

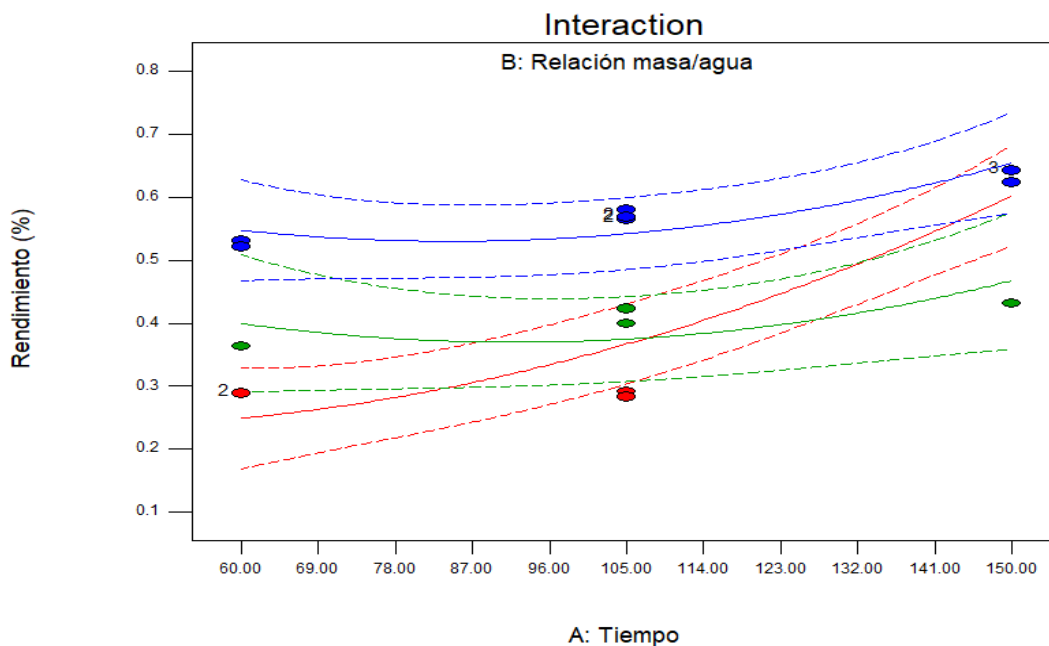
La F del modelo lineal fue superior al valor de la tabla de Fisher, por lo tanto, se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que el modelo y las diferencias fueron significativas. Los factores X_{RMA} (relación masa/agua) y X_{TIE} (tiempo de extracción), fueron significativos generando una influencia en el rendimiento de la extracción del aceite esencial.

El coeficiente de correlación (R^2) indicó que el modelo ajustado explica el 90,25 % de variabilidad del rendimiento, por lo cual se acepta el modelo matemático. El R^2 ajustado no sube cuando los términos no significativos son agregados al modelo matemático, mientras que el R^2 predicho decrece cuando hay muchos términos no significativos.

Los factores relación masa/agua y el tiempo de extracción influyeron en la misma proporción en el rendimiento (Tabla 8), resultando significativo en los términos cuadráticos. El coeficiente del término X_{RMA} fue positivo, por lo que el rendimiento aumentó con el aumento de la relación masa disolvente, alcanzando un valor máximo de 0,6420 % a 150 min y relación masa disolvente de 1:5.

Figura 10.

Interacción entre los factores RMA: relación masa/agua, TIE: tiempo de extracción.



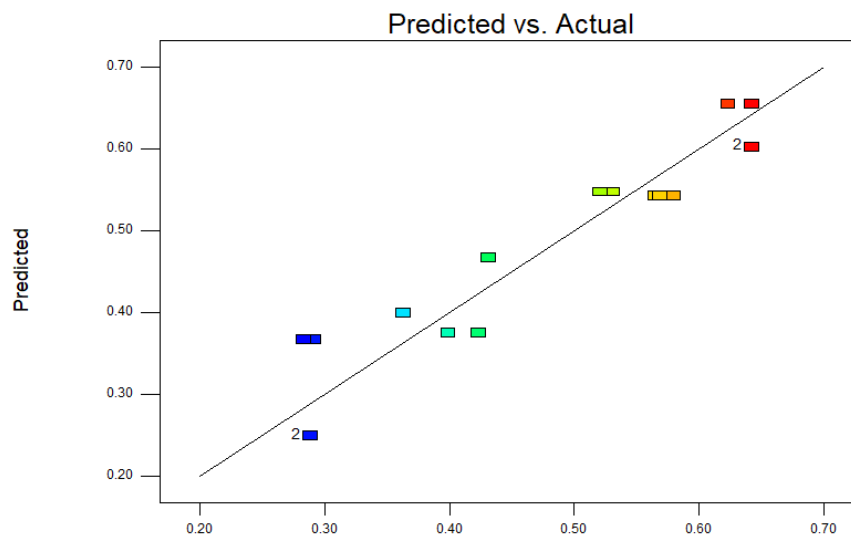
Nota. Figura generada con los datos experimentales en el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.). Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

En la figura 10 se muestra la interacción entre los factores X_{RMA} (relación masa/agua) y X_{TIE} (tiempo de extracción) sobre el rendimiento, notándose que el rendimiento aumentó cuando la relación masa disolvente y el tiempo incrementa.

En otras investigaciones se ha encontrado resultados similares en el comportamiento de la extracción de aceites esenciales mediante arrastre de vapor (Diaz, 2017; Soler, 2021). Este fenómeno se explica por la difusión y la transferencia de masa. Una cantidad superior de disolvente permite abarcar mayor superficie en el material, por tal razón una mayor área de contacto entre la fase de vapor y el material vegetal, esto lleva a un mayor rendimiento del aceite esencial. El aceite esencial presente en las glándulas odoríficas de las células vegetales se acumula en las paredes, al estar en contacto con el vapor de agua se hinchan y generan el paso de los aceites esenciales al exterior por osmosis. Los mejores rendimientos del aceite esencial se dan en las primeras horas de extracción debido a la difusión de los componentes de una fase a otra, generando una transferencia de masa de los componentes activos con tendencia al equilibrio (Harborne, 2018).

Figura 11.

Valores predichos y experimentales para el rendimiento.



Nota. Figura generada con los datos experimentales en el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.). Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

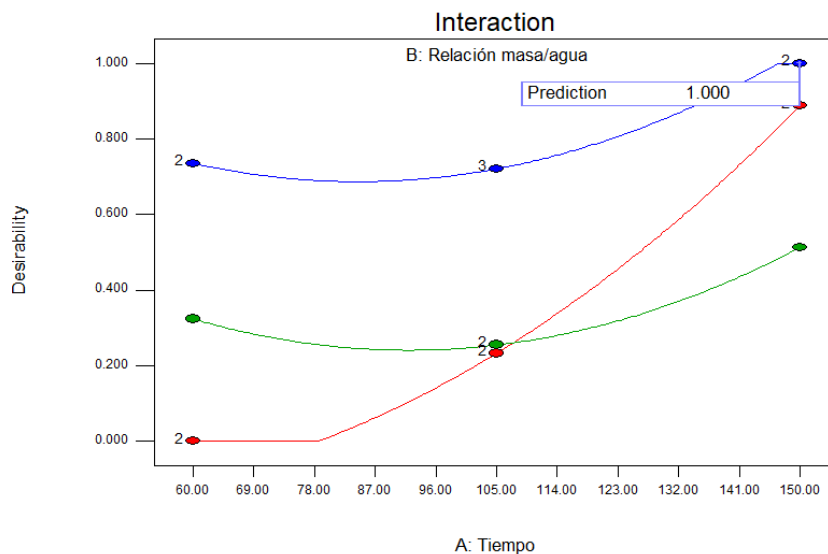
Mediante la gráfica (Fig. 11) de valores predichos y experimentales, permite evidenciar la correlación entre las respuestas experimentales y las predichas por el modelo matemático. La gráfica de los valores predichos y experimentales (Fig. 11) posibilita establecer, por simple reconocimiento, que existió una correlación entre las respuestas experimentales y las predichas por el modelo, este modelo se valida debido a que los puntos experimentales se acercan a la línea el modelo actual.

11.3 Optimización de los modelos del diseño experimental

Con el buen ajuste del modelo, se procedió a la optimización numérica de la variable rendimiento (%).

Figura 12.

Optimización numérica para el rendimiento.



Nota. Figura generada con los datos experimentales en el programa Design Expert 8.0.6 (Stat-Ease Inc., Minneapolis, EE.UU.). Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

En la figura 12 se representa la superficie respuesta lograda para la optimización. La condición óptima prevista se obtuvo con un RMA de 1:5 Y TIE de 150 min, con una función de deseabilidad de 1,00, que es lo ideal.

Tabla 10.

Valores predichos y experimentales, obtenidos con las restricciones definidas en el proceso de optimización.

Parámetro	Valor predicho	Valor experimental
Rendimiento (%)	0,6544	0,6499

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Con la finalidad de confirmar la validez de la optimización numérica, se realizaron ensayos experimentales a las condiciones óptimas y se comparó con los valores predichos, obteniéndose similitud entre los valores experimentales y predichos, que se muestran en la Tabla 10.

11.4 Caracterización de la composición del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*, mediante cromatografía de gases con detector de masas.

Por medio de cromatografía de gases se determinó los compuestos químicos presentes en el aceite esencial.

Tabla 11.

Composición del aceite esencial de Lavándula angustifolia.

Compuesto	Unidad	%
Alfa-Pineno	%p/v	3,43
Beta-Pineno	%p/v	4,48
Limoneno	%p/v	5,53
Beta-Falandreno	%p/v	11,19
Eucaliptol	%p/v	44,78
Linalool	%p/v	1,91
Alo-Ocimeno	%p/v	1,25
Borneol	%p/v	11,69
Alcanfor	%p/v	4,83
Criptone	%p/v	0,55
Cuminal	%p/v	0,63
Beta-Cariofileno	%p/v	2,81
Gergemacreno	%p/v	1,20
Beta-Ocimeno	%p/v	2,49
Cariofileno Oxido	%p/v	1,03
Alfa-Cadinol	%p/v	1,17
Longipineno	%p/v	1,02
Total	%p/v	100,00

Fuente: (Laboratorio Cientific Crom, 2022)

En la Tabla 11 se evidencia el estudio analítico donde se identifican 17 compuestos volátiles que representan el 100 % de la composición total. Los compuestos volátiles que aparecen de forma mayoritaria es el eucaliptol (44,78 %) y en menor cantidad el borneol (11,69 %). Los dos componentes pertenecen al grupo de los terpenos, estos compuestos están asociados a la biosíntesis de los monoterpenos (Eslahi et al., 2017). (ANEXO B)

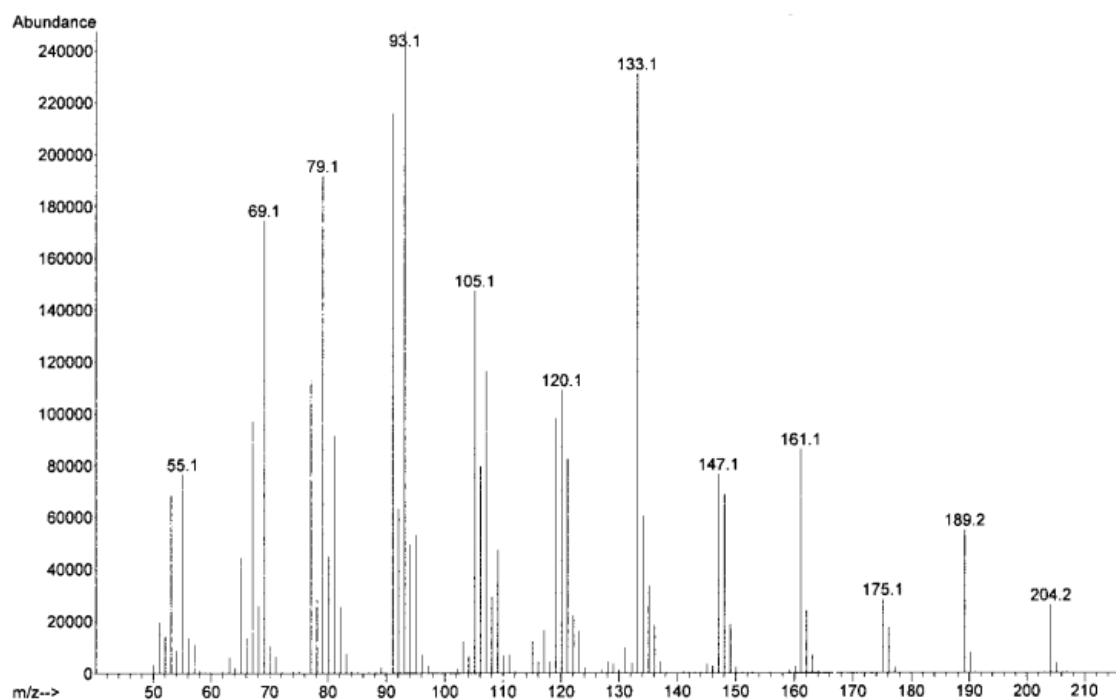
La composición del aceite difiere a lo reportado por otros autores, Germinara et al. (2017) reporta que el linalol (23,8%) y el borneol (10,7%) son los componentes representativos, Wilson et al. (2021) publica que los compuestos principales del aceite son el linalol acetato (34,3%) y Linalol (26,5%), además Danila et al. (2018) reporta que los componentes mayoritarios son el Linalool (44.65%) y Eucalyptol (15.44%). Las diferencias en la

composición de aceites esenciales de la misma especie pueden deberse a la variación genética y factores medioambientales, como el clima, tiempo de cosecha y locación geográfica (Verma y Shukla, 2015).

El eucaliptol es el componente mayoritario del aceite esencial, el cual químicamente es un monoterpeno líquido e incoloro soluble en alcohol. Es utilizado en las industrias farmacológicas, cosméticas y alimentarias por sus propiedades organolépticas (olor a alcanfor y sabor picante refrescante) y actualmente está aprobado por la FDA para la preparación de alimentos. Este compuesto muestra efectos terapéuticos en el tratamiento del asma bronquial, crónica enfermedad pulmonar obstructiva e inflamación gástrica; mejora la circulación sanguínea, provoca vasodilatación y broncodilatación, y tiene propiedades antitumorales, hepatoprotectoras, antiinflamatorias y efectos antimicrobianos (Martinez y Ortega, 2019).

Figura 13.

Cromatograma del aceite esencial de (Lavándula angustifolia).

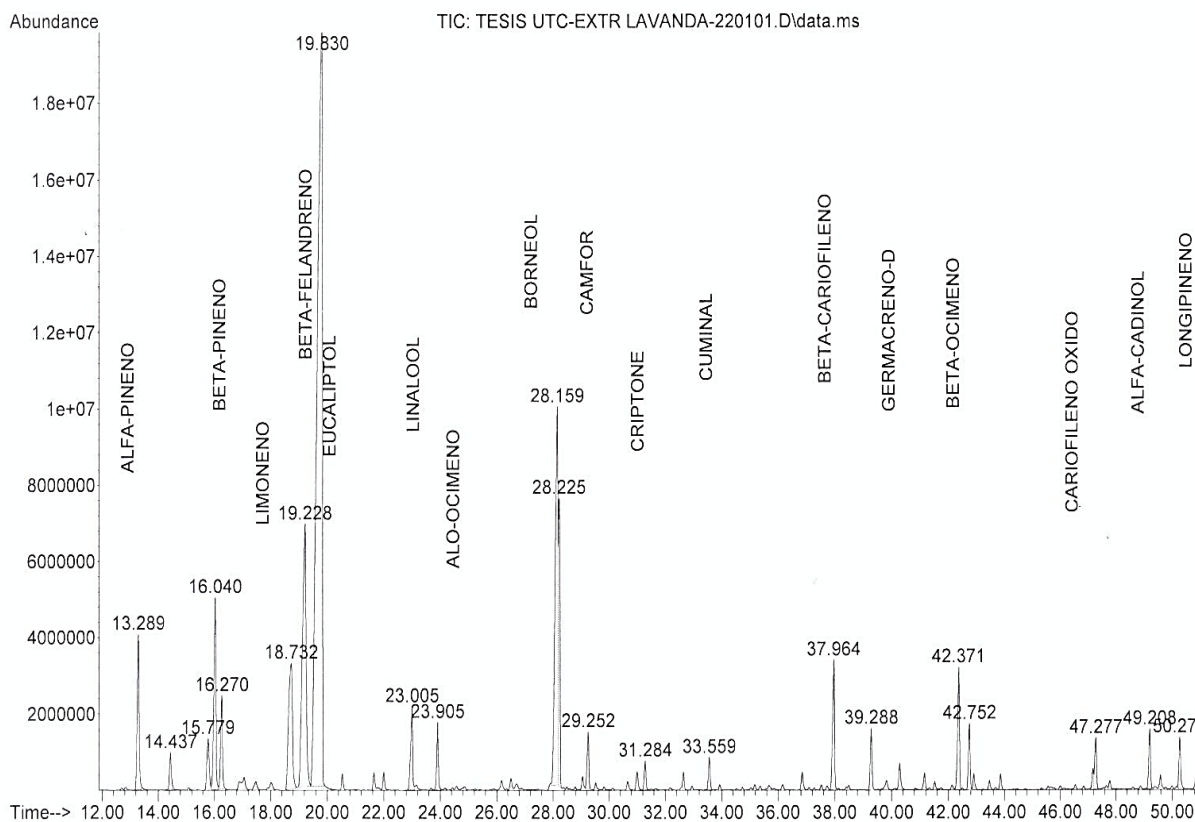


Fuente: (Laboratorio Cientific Crom, 2022)

En la figura 13 se observa el cromatograma del aceite esencial obtenido por GC-MS, donde se representa la relación entre la abundancia y los tiempos de retención de los compuestos químicos, cada pico del cromatograma representa a un compuesto específico, mientras más grande sea el pico tendrá mayor cantidad la sustancia. Se aprecia una composición variada marcada por la presencia del eucaliptol como compuesto mayoritario.

Figura 14.

Tiempo de retención de los compuestos presentes en el aceite esencial de Lavándula angustifolia.



Fuente: (Laboratorio Cientific Crom, 2022)

En la figura 14 se observa el tiempo de retención presentado en los rendimientos, donde se da a notar que el mayor tiempo posee el longipineno con 50,27 min, seguido del alfa-cadinol con 49,21 min y el cariofileno oxido con 47.28 min.

Una vez desarrollada la cromatografía gaseosa acoplada a espectrometría de masa, se obtuvieron los resultados con un porcentaje de aplicación de los distintos componentes, expresados con un tiempo de retención en (min), para cada compuesto en la muestra del aceite de lavanda. Representado en diferentes picos en el cromatograma. Este tiempo de retención muestra la mezcla y compartición entre compuestos, elevando la calidad del aceite.

11.5 Determinación de la capacidad antioxidante del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*.

La capacidad antioxidante se efectuó mediante análisis de ABTS+ y FRAP donde, la actividad antioxidante del aceite de lavanda tiene similitud con lo reportado por otros autores, Geovannini et al. (2016) publica valores de FRAP de 28 μmol equivalente FeSO_4/mL y ABTS

de 110 μmol equivalente ácido ascórbico/mL, Carrasco Alejandro (2015) publica datos de 165 a 170 μmol equivalente trolox/mL para el ABTS, Bogdan et al (2021) reporta valores para ABTS de 71,85 μmol equivalente trolox/mL.

Tabla 12.

Ensayos de captación de radicales libres

Ensayo	Unidades	Resultado
ABTS	$\mu\text{mol ET /g}$	101,23
FRAP	$\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$	88,24

ET: equivalente de trolox

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

La Tabla 12 muestra los resultados de la capacidad antioxidante del aceite esencial de lavanda por las metodologías de FRAP y ABTS fueron de 88,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ y 101,23 $\mu\text{mol ET /g}$ respectivamente, lo que refleja una buena cualidad para eliminar radicales libres (ANEXO C).

La rica composición química de la planta de lavanda hace que tenga una alta actividad antioxidante, la cual está más correlacionada con los aceite esencial y compuestos fenólicos, que con antocianinas, flavonoides y taninos. Las flores de lavanda, independientemente de la fase de su desarrollo tenían mayores concentraciones de aceite esencial y linalool, así como acetato de linalilo en el aceite (Nurzyńska et al., 2016).

11.6 Evaluación de la actividad antimicrobiana del aceite esencial de *Lavándula angustifolia*.

La actividad antibacteriana del aceite de lavanda se determinó in vitro, calculando su concentración mínima inhibitoria (CMI) contra las bacterias.

Tabla 13.

Concentración mínima inhibitoria de los aceites esenciales de Lavándula angustifolia para cada microorganismo.

Muestra (%)	S. entérica	S. aureus	E. Coli	L. monocytogenes	B. cereus	Pseudomonas aeruginosa
Aceite esencial <i>Lavándula angustifolia</i>	3,0	0,5	3,0	3,0	3,0	5,0

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Los resultados, se muestran en la Tabla 13, encontrándose en el intervalo de 0,5 a 5%, según la experimentación se puede plantear el siguiente orden de efectividad en la CMI: *Staphylococcus aureus* ATTC25923 > *Salmonella entérica* U822s = *Escherichia coli* ATTC25922 = *Listeria monocytogenes* ATTC 19115 = *Bacillus cereus* ATTC 10876 > *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145. Siendo el microorganismo *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145 la que mostró mayor resistencia presentando una CMI de 5%, en otras investigaciones se reportaron valores parecidos, Giovannini et al. (2016) reportó valores de CMI de 0,2 % para el *Staphylococcus aureus*, Hossain et al. (2017) muestra un CMI para la *Salmonella entérica* y *Pseudomonas aeruginosa* del 2 y 4% respectivamente, además Ciocarlan et al (2021) reportó un CMI 300 µg/mL de aceite frente *Bacillus subtilis* y *Pseudomonas fluorescens* (Ciocarlan et al., 2021) (ANEXO D).

La actividad antimicrobiana observada en el aceite de lavanda está correlacionada con el nivel de alcoholes y ésteres principalmente monoterpénicos. El aceite esencial investigado mostró mejor actividad contra Gram-positivos que Gram-negativos bacterias. Sin embargo, se requiere más investigación para dilucidar el mecanismo exacto de acción, pero se asume que el aceite ocasiona la destrucción o activación directa de dianas moleculares. Por lo tanto, la acción del aceite sobre las bacterias es el resultado del efecto de cada compuesto aumentando la acción del potencial efecto sinérgico (Nikšić et al., 2017; Sayout et al., 2020).

12 EVALUACIÓN DE IMPACTOS O RESULTADOS

12.1 Impactos técnicos

La estandarización de los procesos de extracción de principios bioactivos de plantas es de mucho interés en la industria, debido a que se puede establecer las condiciones óptimas de operación, siendo eficientes en los recursos empleados en los procesos, además que la caracterización química, antioxidante y antimicrobiana de los aceites esenciales hace que las industrias farmacéuticas, médicas, cosméticos y perfumería vean las posibles aplicaciones en los procesos Agroindustriales.

12.2 Impactos sociales

Debido a la utilización de lavanda como materia prima, hace que el sector agrícola se vea involucrado, aumentando la producción de esta especie. Además, a nivel de los consumidores se pueden ofertar nuevos productos naturales que van a saludables y nutritivos, que los que se encuentran en el mercado.

12.3 Impactos ambientales

La producción a gran escala de estas plantas no genera ninguna afectación en el ecosistema, además la producción del aceite esencial no genera desechos tóxicos que puedan afectar al medio ambiente.

13 PRESUPUESTO

Tabla 14.

Presupuesto de la investigación.

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO				
Recursos	Cantidad	H. uso	Valor Unitario \$	Depreciación de 120 días
Equipos				
Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j	1	8	10,5	84
Balanza Analítica (0,0001g)	1	3	11,5	34,5
Cromatógrafo de gases con espectrometría de masas (GC-MS)	1	8	20,5	164
Incubador Biocell modelos M345	1	48	1,15	55,2
Extractor por arrastre de vapor (Lanphan Ltd., China)	1	50	5	250
				587,7
Descripción	Cantidad	Unidad	Valor Unitario\$	Valor Total\$
Materiales y suministros				
Matraz Erlenmeyer de vidrio 500 ml	5	U	2,2	11
Micropipeta 100-1000µl Microlit	1	U	150	150
Matraz con trampa de Clevenger,	1	U	40	40
Punta 10 a 200 µl puntas amarillas	100	U	0,05	5
Pipeta volumétrica de vidrio 10 ml	10	U	5	50
Bureta de vidrio de 1000 ml	1	U	10	10
Varilla de agitación	1	U	1	1
Vasos de precipitación (250ml)	5	U	3	15
Tubos de ensayo	25	U	0,5	12,5
Cajas Petri	25	U	0,5	12,5
Asas de Didrasky	1	U	10	10
Gradillas	3	U	10	30
Pinzas	1	U	5	5
Papel filtro	1	U	5	5
Balones aforados vidrio 5 ml	5	U	8	40
Balones aforados 10 ml	5	U	8	40
				437
Reactivos				
Cloruro Férrico	10	g	0,1	1
Acetato de sodio	10	g	0,1	1
Ácido acético	25	ml	0,1	2,5

Reactivo TPTZ	1	g	55	55
Sal de Mohr	1	g	1	1
Ácido clorhídrico	25	ml	0,1	2,5
Carbonato de sodio	25	g	0,1	2,5
Folling	10	ml	5	50
Ácido gálico	1	g	5	5
Etanol 99.8%	1000	ml	0,1	100
Agua destilada	1000	ml	0,01	10
Sulfato de sodio	25	g	0,1	2,5
Trolox grado analítico	1	g	100	100
Reactivo ABTS	1	g	50	50
<i>Salmonella entérica</i> U822s	1	U	50	50
<i>Staphylococcus aureus</i> ATTC25923	1	U	50	50
<i>Escherichia coli</i> ATTC25922	1	U	50	50
<i>Listeria monocytogenes</i> ATTC 19115	1	U	50	50
<i>Bacillus cereus</i> ATTC 10876	1	U	50	50
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATTC10145.	1	U	50	50
Agar nutritivo	50	g	0,25	12,5
Agar Baird Parker	50	g	0,25	12,5
Agar Salmonella Shiguella	50	g	0,25	12,5
Agar Macconkey	50	g	0,25	12,5
Agua peptonada	50	g	0,25	12,5
Discos de celulosa	1	g	5	5
				750,5
Material Bibliográfico y fotocopias.				
Esferos.	2	U	0.40	0,8
Impresiones.	180	U	0.2	3,6
Computadora	1	U	835	745
Anillados	3	U	30	90
Empastados	2	U	12	24
				863.4
Gastos varios				
Internet	810	Horas	0.10	81
Combustible	26	Días	10.00	260
Alimentación	10	Días	3.00	30
				371
Materia prima				
Lavanda	10	Kg	0.80	8
				8
TOTAL				3017.6

Elaborado por: (Palacios y Zúñiga, 2022)

14 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 Conclusiones

- Se optimizó la extracción del aceite esencial de lavanda por medio de la aplicación de un diseño experimental superficie respuesta que muestra la interacción masa/disolvente y tiempo de extracción, para el cual se propuso un intervalo de 60 a 150min y una relación de (1:3 a 1:5) para el material/agua destilada. Obteniendo como mejor combinación a la relación 1:5 con un tiempo de 150 min y un rendimiento de 0,6499%.
- Una vez cuantificado los compuestos volátiles del aceite esencial de *Lavándula angustifolia* a través de la cromatografía de gases, se determinó que en su composición posee una gran cantidad de terpenos, entre ellos los compuestos volátiles mayoritarios son el eucaliptol con (44,78%) y el borneol con (11,69%) en comparación a los 17 compuestos presentes en la lavanda.
- Se determinó la capacidad antioxidante del aceite esencial, por medio de los análisis de FRAP y ABTS, en donde se obtuvo como resultado un 88,24 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ para la metodología de FRAP y un 101,23 $\mu\text{mol ET}/\text{g}$ en ABTS. Estos resultados expresan que el aceite posee una buena cualidad para eliminar radicales libres presentes.
- Se estableció la capacidad antimicrobiana mediante la evaluación del aceite esencial de lavanda, frente diferentes microorganismos, donde mostro una acción eficiente frente a *la Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella entérica* U822s, *Escherichia coli* ATTC25922, *Listeria monocytogenes* ATTC 19115, *Bacillus cereus* ATTC 10876 y *Staphylococcus aureus* ATTC25923. Es decir, el aceite esencial tiene una mejor inhibición contra bacterias Gram-positivos que bacterias Gram-negativas.

14.2 Recomendaciones

1. En futuras investigaciones buscar nuevas aplicaciones para el aceite esencial de lavanda en matrices alimentarias, siendo empleado como agente antioxidante y antimicrobiano.
2. Para complementar la investigación se puede trabajar en la comparación de los métodos de extracción, tomando como referente al arrastre de vapor, hidrodestilación y fluido super crítico.
3. Implementar nuevas tecnologías de conservación de los aceites esenciales, entre ellas la microencapsulación que evita la oxidación debido al medio ambiente.

15 REFERENCIAS

- Aillón, C. (2020). "Estudios de actividad antioxidante en fracciones provenientes de dos plantas medicinales Ecuatorianas: Extractos Hidroalcohólicos de Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) y Aceite esencial de congola (*Peperomia inaequalifolia*). Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/9903/1/QT08034.pdf>
- Alean, J. C. (2016). Degradation of polyphenols during the cocoa drying process. *Journal of Food Engineering*, 99-105.
- Andrade, K., & Tapia, L. (Febrero de 2020). "DESARROLLO DE UN ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum Vulgare* L.) MICROENCAPSULADO, MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN". Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6679/1/PC-000866.pdf>
- Arango, O.; Hurtado, A.; Castillo, P. . (2009). Estudio de las condiciones de extracción por arrastre de vapor del aceite esencial de laurel cera (*Morella pubescens*). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 2:40-48.

- Bogdan, M.; Bungau, S.; Tit, D. (2021). Chemical Profile, Antioxidant Capacity, and Antimicrobial Activity of Essential Oils Extracted from Three Different Varieties (Moldoveanca 4, Vis Magic 10, and Alba 7) of *Lavandula angustifolia*. *Molecules* , 26, 4381.
- Carrasco, J. (2015). Caracterización y bioactividad antioxidante y antienzimática de aceites esenciales de lavandas, tomillos y oréganos de Murcia. . Universidad de Murcia .
- Chasipanta, E., & Chicaiza, T. (Marzo de 2016). "EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE BIOAUTOGRÁFICA DE 5 VARIEDADES DE ACEITES ESENCIALES AMAZÓNICOS (Ocoteaquixos; Psidium guajava; Eugenia stipitata; Piper auritum; Piper imperiale)". Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/12141/1/UPS-QT09649.pdf>
- Chavez, M. (marzo de 2017). Hidrodestilacion de aceites esenciales: Modelado y caracterizacion. (U. d. Valladolid, Ed.) Obtenido de https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf
- Ciocarlan, A.; Lupascu, L.; Aricu, A. . (2021). Chemical Composition and Assessment of Antimicrobial Activity of Lavender Essential Oil and Some By-Products. *Plant*, 10,1829.
- Cong, Y.; Abulizi, P.; Zhi, L. (2008). Chenical composition of the essencial oil of *Lavandula angustifolia* fron Xinjiang, China. *Chemistry of Natural Compounds*, 44 (6): 2008.
- Danila, E.; Kaya, D.; Patrusca, M. (2018). Comparative Study of *Lavandula angustifolia* Essential Oils Obtained by Microwave and Classical Hydrodistillation. *Rev. Chim (Bucharest)*, 69(8), 2240-2244.

- Eslahi H., Fahimi N., Sardarian A.R. . (2017). Chemical composition of essential oils. En: Essential Oils in Food Processing: Chemistry, Safety and Applications, Hashemi S.M.B., Khaneghah A.M., de Souza Sant'Ana A. (Eds.),. Wiley-Blackwell, 119-125.
- Espina de Castro, L. (2018). "Extracción de antioxidantes de los residuos de la destilación a vapor e hidrodestilación de la *Lavandula angustifolia*". Obtenido de <http://uvadoc.uva.es/handle/10324/30863>
- Fon-Fay F., Casariego A., Falco A., Pino J. . (2015). Fon-Fay F., CasarActividad Microbiana de aceites esenciales de Ocoteaquixos(LAM.) Kosterm, Busera Graveolens (KUNTH) Trianay Plach, Cymbopogon Citratus (DC) Stapf. y Curcuma Longa (L.) sobre microorganismos contaminantes. Ciencia y Tecnología de Alimentos, 26(1):34-40.
- Fonseca, E. (2016). "EVALUACIÓN IN VITRO DE LA ACTIVIDAD ANTIMICROBIANA DEL ACEITE ESENCIAL DE SUNFO FRENTE A PATÓGENOS DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS". Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13227/1/UPS-QT10425.pdf>
- Gaibor, J., Guamán, K., & Tiamba, O. (2019). "Evaluación de la extracción de aceites esenciales de tres especies vegetales, marco (*Franseria artemisioides*), ruda (*ruta graveolens*) y pumin (*Bistropogum mollis*), en el cantón Guaranda mediante la aplicación de dos métodos". Obtenido de <https://dspace.ueb.edu.ec/handle/123456789/3076>
- Gallardo, E. (2017). Metodología de la Investigación. Huancayo: Universidad Continental.
- Germinara, G.; Di Stefano, M.; Sandra Pati, L. (2017). Bioactivities of *Lavandula angustifolia* essential oil against the stored grain pest *Sitophilus granarius*. Bulletin of Insectology, 70 (1): 129-138.

- Giovannini, A.; Gismondi, A. ; Basso, L.; Canuti, R.; Braglia, A.; Canini, F. (2016). Lavandula angustifolia Mill. Essential Oil Exerts Antibacterial and Anti-Inflammatory Effect in Macrophage Mediated Immune Response to Staphylococcus aureus. Journal of Molecular and Cellular Immunology, 45(1): 11–28.
- Hadjadj, N., & Hazzit, M. . (2020). Analysis and Antioxidant Activity of Essential Oils and Methanol Extracts of Origanum floribundum Munby. Hadjadj, N., & Hazzit, M. (2020). Analysis and Antioxidant Activity of Essential Oils and Methanol Extracts of Origanum. Journal of Essential Oil Bearing Plants. , 23(1), 85–96.
- Harborne, J. (2018). Phytochemical Methods. Hird edition. Ed. Chapman & Hall, London. 1998. pp. 295., 295.
- Harborne, J. (2018). Procesos de transporte y operaciones unitarias. Tercera edición. Ed. CECSA., 993.
- Hernandez, E. (2017). emulgel de aceite esencial de lavanda. Obtenido de Emulgel de aceite
- Hernández, R., Fernandez, C., Baptista, M. . (2014). Metodología de Investigación . México : Mc Graw Hill.
- Hossain, S.; Heo, H.; De Silva, H. . (2017). Antibacterial activity of essential oil from lavender (*Lavandula angustifolia*) against pet turtle-borne pathogenic bacteria. Lab Anim Res , 33(3): 195-201.
- Hurtado, A.; Ibañez, E.; Señorans, J.; Reglero, G.;. (2009). Characterization of Morella pubescens fruits aroma by SPME-GC-MS. 11ª Jornadas Facultad de Ciencias Agropecuarias , 7:48.

- Jaramillo, V. (2020). Evaluación de propiedades antibacterianas y antifúngicas de. Obtenido de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/53050/25324.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Jo, Y.; Cho, H.; Chun, J. . (2021). Antioxidant activity of b-cyclodextrin inclusion complexes containing trans-cinnamaldehyde by DPPH, ABTS and FRAP. *Food Sci Biotechnol* , 30(6):807–814.
- León, O. (20 de Octubre de 2020). naturalista. Obtenido de inaturalist.org: <https://www.naturalista.mx/taxa/61905-Lavandula>
- Logroño, P., & Lozano, J. (06 de 2019). "ESTUDIO DE DIVERSIDAD QUÍMICA CUALITATIVA Y CUANTITATIVA DE ACEITES ESENCIALES PROVENIENTES DE DIFERENTES VARIEDADES DE ROSAS HÍBRIDAS DE TÉ. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17406/1/UPS-QT13953.pdf>
- López, P. (2020). Lavanda angustifolia. monografico N°5.
- Marín, I. (2015). Actividad antioxidante y antibacteriana de aceites esenciales de ecológicos de hinojo, perejil y lavanda . Universidad Miguel Hernández .
- Marqués, D. (2016). "Composición química de los aceites esenciales de Lavanda y Tomillo". Obtenido de https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/62057/TFG%20MANUEL%20MARQUES%20CAMARENA_14489064360187381276109123176571.pdf?sequence=1
- Mejía, J. (16 de Abril de 2021). Repositorio Uniandes.edu.ec. Obtenido de Evaluación de propiedades antibacterianas y antifúngicas de aceites esenciales: <https://repositorio.uniandes.edu.co/handle/1992/53050>

- Merghni, A., Noumi, E., Hadded, O., Dridi, N., Panwar, H., Ceylan, O. (2018). Assessment of the antibiofilm and quorum sensing activities of Eucalyptus globulus essential oil and its main component 1,8-cineole against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* strains. *Microbial Pathogenesis*, 118:74-80.
- Mesa, A., Gaviria, C., Cardona, F., Sáez, J., Trujillo, S., & Rojano, B. (2018). "Actividad antioxidante y contenido de fenoles totales de algunas especies del género *Calophyllum*". Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962010000200003#:~:text=Ensayo%20FRAP%20\(ferric%20reducing%20antioxidant,m%C3%A1ximo%20de%20absorbancia%20a%20una](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962010000200003#:~:text=Ensayo%20FRAP%20(ferric%20reducing%20antioxidant,m%C3%A1ximo%20de%20absorbancia%20a%20una)
- Milagritos, D. (2017). Determinación del rendimiento a diferentes tiempos de extracción de aceite esencial de la raíz *Salvia trifilis* Epling (mejorana) por el método de arrastre de vapor. *Agroindustrial Science*, 7(2): 73 - 77 .
- Muñoz, F. (2018). Plantas medicinales y aromáticas, estudio cultivo y procesado. Madrid: mundi prensa.
- Muñoz, I. (Septiembre de 2015). "Actividad antioxidante y antibacteriana de aceites esenciales ecológicos de hinojo, perejil y lavanda". Obtenido de <http://dspace.umh.es/bitstream/11000/5385/1/TFM%20%20Mar%C3%ADn%20Mu%C3%B1oz%2C%20Irene.pdf>
- Murbach B., Nunes L., Da Silva D., Fernandes A. . (2014). Antimicrobial activity of essential oils. *Journal of Essential Oil Research.*, 26(1): 34–40.
- Najibullah, S.; Ahamad, J.; Aldahish, A. (2021). Chemical Characterization and α -Glucosidase Inhibitory Activity of Essential Oil of *Lavandula angustifolia* Flowers. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24 (3): 431 - 438.

- Nazem, V.; Sabzalian, M.; Saeidi, G. (2019). Essential oil yield and composition and secondary metabolites in self- and Essential oil yield and composition and secondary metabolites in self- and. *Industrial Crops & Products*, 332-340.
- Nurzyńska-Wierdak, R; Zawislak, G. (2016). Chemical composition and antioxidant activity of lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) aboveground parts . *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 15(5): 225-241.
- Ñaupas H., Valdivia M., Palacios J., Romero H. . (2014). *Metodología de investigación* . Bogota : Ediciones de la U.
- Paredes, J. (2019). *Minasal* . cl. Obtenido de Medicamentos herbarios tradicionales: <https://www.minsal.cl/portal/url/item/7d98ad06d33c83d5e04001011f016dbb.pdf>
- Perez, V. (2019). "OBTENCIÓN DE EXTRACTOS AROMÁTICOS DE LOS GÉNEROS *Lepechinia graveolens*, *Lepechinia meyenii*, *Lepechinia lancifolia* COMO POTENCIAL PARA INDUSTRIA COSMÉTICA". Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/26057/PG-2306.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Quezada, W.; Quezada, D.; Gallardo, A.; Cevallos, E.; Rojas, J. (2019). Extraction and chemical characterization of the essential oil of *Tagetes pusilla*, in fresh and stored samples. *Afinidad*, 307-311.
- Rioja, A., Vizaluque, B., Tejada, L., Book, O., Mollinedo, P., Rossel, E., & Peñarrieta, J. (25 de Diciembre de 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*". Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/#:~:text=El%20m%C3%A>

9todo%20FRAP%20se%20fundamenta,2)%20por%20presencia%20de%20antioxidantes.

Ruiz, e. a. (Junio de 2015). "Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas". Obtenido de http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2015000200002

Sánchez, T. (2018). "Extracción y cuantificación de aceite esencial de cáscara de granada y determinar su efecto antifúngico sobre penicillium sp". Obtenido de <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/433/61274s.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sandoval, E. (Enero de 2018). esteve. org. Obtenido de aceite esencial de espliego de lavanda: <http://esteve.org/wp-content/uploads/2018/01/13437.pdf>

Sarmiento, C. (2020). "EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE ESENCIAL DE ORÉGANO (*Origanum vulgare*), OBTENIDO A PARTIR DE DOS PRETRATAMIENTOS". Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18905/1/UPS-CT08804.pdf>

Sarria, R., Gallo, J., & Urbano, F. (2021). Caracterización de los Aceites Esenciales del Pinus oocarpa por Cromatografía de Gases-Espectrometría De Masas (Gc-Ms) Aceites Esenciales by Gc-Ms. Revista EIA. Obtenido de <https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/1341>

Sayout, A.; Ouarhach, A.; Dilagui, I. (2020). Antibacterial activity and chemical composition of essential oil from *Lavandula tenuisecta* Coss.ex Ball. an endemic species from Morocco. *European Journal of Integrative Medicine*, 33.

- Smigielski, K.; Raj, A.; Krosowiak, K. . (2014). Chemical Composition of the Essential Oil of *Lavandula angustifolia* Cultivated in Poland. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12 (3): 338 - 347.
- Soler, R. (2021). Extracción asistida por ultrasonido de compuestos de valor añadido . Escuela Politécnica Superior de Linares.
- Verma N., Shukla, S. . (2015). Impact of various factors responsible for fluctuation in plant secondary metabolites. . *JARMAP* , 2 (4): 105-113.
- Wilson, T.; Poulson, A.; Packer, C. (2021). Essential Oil Profile and Yield of Corolla, Calyx, Leaf, and Whole Flowering Top of Cultivated *Lavandula angustifolia* Mill. (Lamiaceae) from Utah. *Molecules* , 26, 2-10.

16 ANEXOS

Anexo 1. Resultados de la Composición química del aceite esencial de lavanda.

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 Viñas (Quito-Ecuador) Tel. 2033-099 /0988598615

INFORME DE ENSAYOS No: 001-22
REFERENCIA: OT-01-22INFORME DE ENSAYOS DE ANALISIS QUIMICOS

CLIENTE: Karla Mena (Universidad Técnica de Cotopaxi)
NÚMERO DE ORDEN: N/A
FECHA DE RECEPCIÓN: 28 de diciembre 2021
FECHA DEL INFORME: 09 de enero 2022
MUESTREADO POR: Cliente

DETERMINACION DE COMPUESTOS ORGANICOS EN ACEITES ESENCIALES

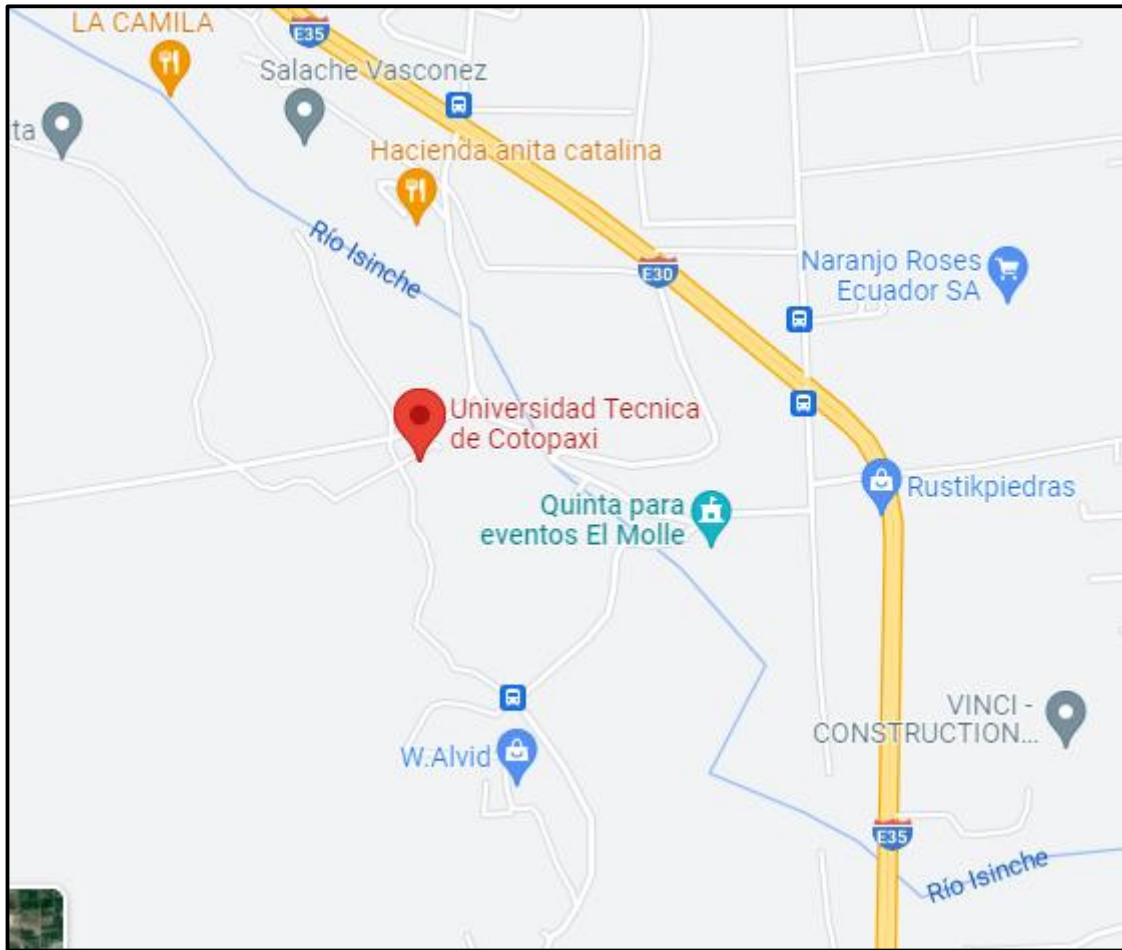
CLASIFICACIÓN	PARÁMETRO	UNIDAD	CÓDIGOS DE MUESTRA	MÉTODO INTERNO	MÉTODO REFERENCIA
			ACEITE DE LAVANDA		
ACEITES ESENCIALES	Alfa-Pineno	%p/v	3,43	LP-CGM	Método para Compuestos Organicos en Aceites esenciales: Método de Agilent Technologies ,Catálogo de aplicaciones 2015, Cromatografía de gases con detector selectivo de masas (MSD)
	Beta-Pineno	%p/v	4,48		
	Limonemo	%p/v	5,53		
	Beta-Felandreno	%p/v	11,19		
	Eucaliptol	%p/v	44,78		
	Linalool	%p/v	1,91		
	Alo-Ocimeno	%p/v	1,25		
	Borneol	%p/v	11,69		
	Canfor	%p/v	4,83		
	Criptone	%p/v	0,55		
	Cuminal	%p/v	0,63		
	Beta-Cariofileno	%p/v	2,81		
	Germacreno-D	%p/v	1,20		
	Beta-Ocimeno	%p/v	2,49		
	Cariofileno Oxido	%p/v	1,03		
	Alfa-Cadinol	%p/v	1,17		
Longipineno	%p/v	1,02			
TOTAL DE COMPUESTOS EN EL ACEITE ESENCIAL ENSAYADO	%p/v	100,00			

Observaciones: Los resultados corresponden a las muestras ensayadas.

Elaborado por:


 Dr. Klever Parreño

Anexo 2. Lugar de ejecución del proyecto de investigación



Fuente:

<https://www.google.com/maps/place/Universidad+Tecnica+de+Cotopaxi/@-0.9994491,-78.6191374,15z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0xa3a059adae90fa63!8m2!3d-0.9994491!4d-78.6191374>

Anexo 3. Datos informativos del docente Tutor**DATOS PERSONALES****APELLIDOS:** Rojas Molina**NOMBRES:** Jaime Orlando**ESTADO CIVIL:** Casado**CÉDULA DE CIUDADANÍA:** 050264543-5**NÚMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 1**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Latacunga 15/10 /1984**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** la Merced, Quijano Ordoñez y Juan Abel Echeverría 7-60**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 032-802455**TELÉFONO CELULAR:** 0999084592**E-MAIL INSTITUCIONAL:** orlando.rojas@utc.edu.ec**E-MAIL PERSONAL:** rojas_orlando1984@hotmail.com**TIPO DE DISCAPACIDAD:** Ninguna**# DE CARNET CONADIS:** N/A**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	INSTITUCIÓN DE EDUCACIÓN SUPERIOR	FECHA DE REGISTRO	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP O SENESCYT
TERCERO	Químico en alimentos	Universidad Central del Ecuador	2009-09-21	1005-09-946545
CUARTO	Master en Sistemas de Gestión de Calidad	Universidad Central del Ecuador	2015-10-14	1005-15-86069925

HISTORIAL PROFESIONAL

FACULTAD EN LA QUE LABORA: Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales **ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:** Ingeniería, Industria y Construcción / Ingeniería en Alimentos / Ciencia de los Alimentos / Seguridad e Inocuidad Alimentaria / Ingeniería de Procesos.

FECHA DE INGRESO A LA UTC: 2015

Rojas Molina Jaime Orlando

CC: 0502645435

Anexo 4. Datos informativos del estudiante**DATOS PERSONALES****NOMBRES:** Omar Fabricio**APELLIDOS:** Palacios Rosero**C.I:** 1804441838**NACIMIENTO:** 05 de enero de 1994**LUGAR:** Ambato - Ecuador**ESTADO CIVIL:** Soltero**DOMICILIO:** La Presidencial**TELÉFONO:** 032842405**CELULAR:** 0979313700**E-MAIL:** omar.palacios1838@utc.edu.ec**ESTUDIOS REALIZADOS:****Escuela:** Escuela fiscal Mariano Castillo**Colegio:** Colegio Particular Japón**Bachiller:** Bachillerato General Unificado (BGU) – Ciencias Sociales**Superior:**

- Instituto Tecnológico Superior “Luis. A Martínez” (Agronómico)
“Tecnólogo en Agroindustrias”
- Universidad Técnica de Cotopaxi
“Cursando el octavo ciclo académico de Ingeniería en Agroindustrias”

CURSOS REALIZADOS:

2020- Julio- “Seminario en línea sobre la aplicación de mucílago en el sector agroalimentario”.

2021-Enero- “Capacitación en Emprendimiento e Innovación”



Palacios Rosero Omar Fabricio

CC: 1804441838

Anexo 5. Datos informativos del estudiante.

DATOS PERSONALES

NOMBRES: Luis Emilio

APELLIDOS: Zúñiga Altamirano

C.I: 180496236-1

NACIMIENTO: 06 de Octubre de 1996

LUGAR: Ambato - Ecuador

ESTADO CIVIL: Soltero

DOMICILIO: Miñarica 1

TELÉFONO: 03-2840734

CELULAR: 0962599327

E-MAIL: Luis.zuniga2361@utc.edu.ec

FORMACIÓN ACADÉMICA:

Escuela: Unidad Educativa Luis A. Martínez

Colegio: Unidad Educativa Luis A. Martínez (Agropecuario)

Bachiller: Técnico Agropecuario

Superior:

- Instituto Tecnológico Superior “Luis. A Martínez” (Agronómico)

“Tecnólogo en Agroindustrias”

- Universidad Técnica de Cotopaxi

“Cursando el octavo ciclo académico de Ingeniería en Agroindustrias”

CURSOS REALIZADOS:

II. Seminario de Higiene y Manipulación (2017) con duración de 40 horas.

II. I Congreso Internacional de Innovación y Emprendimiento en tiempos de Pandemia y Post Pandemia. (2020) con duración de 40 horas.



Zúñiga Altamirano Luis Emilio

CC: 180496236-1

Anexo 6. Figuras (Fotografías)

Figura 15.

Materia prima



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Figura 16.

Equipo de extracción



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Figura 17.

Preparación del agua para la extracción



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Figura 18.

Armado del equipo colocando la materia prima y el agua



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Figura 19.

Control de temperatura durante el proceso de extracción



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Figura 20.

Separación del aceite esencial con el agua con la ayuda de la trampa de Clevenger



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Figura 21.

Pesado del aceite esencial para su almacenamiento



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Figura 22.

Producto final "Aceite esencial de lavanda (Lavandula angustifolia)"



Fuente: (Palacios y Zúñiga, 2022)

Anexo 7. Aval de traducción



CENTRO
DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma inglés del proyecto de investigación cuyo título versa: **“EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE LAVANDA (*Lavándula angustifolia*) MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR”** presentado por: **Palacios Rosero Omar Fabricio** y **Zúñiga Altamirano Luis Emilio**, egresados de la Carrera de **Agroindustria**, perteneciente a la **Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, marzo del 2022

Atentamente,



El modo de verificar la autenticidad para
**WILMER PATRICIO
COLLAGUAZO VEGA**



Mg. C. Wilmer Patricio Collaguazo Vega
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
CC. 1722417571