



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE AGROINDUSTRIA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Título:

**“EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE RUDA (*Ruta graveolens*)
MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR”**

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

Autoras:

Fernández Romero Lizbeth Tatiana

Reascos Flores Lizbeth Carolina

Tutor:

Trávez Castellano Ana Maricela Ing. Mg.

LATACUNGA – ECUADOR

Marzo 2022

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Lizbeth Tatiana Fernández Romero, con cédula de ciudadanía No. 2100902473; y, Lizbeth Carolina Reascos Flores, con cédula de ciudadanía No. 1719689570; declaramos ser autoras del presente proyecto de investigación: “Extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) mediante la metodología de arrastre de vapor”, siendo la Ingeniera Mg. Ana Maricela Trávez Castellano, tutora 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, 18 de marzo del 2022

Lizbeth Tatiana Fernández Romero

Estudiante

CC: 2100902473

Lizbeth Carolina Reascos Flores

Estudiante

CC: 1719689570

Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Docente Tutora

CC: 0502270937

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 **FERNÁNDEZ ROMERO LIZBETH TATIANA**, identificada con cédula de ciudadanía **2100902473** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph. D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - LA CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) mediante la metodología de arrastre de vapor”, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2021- Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: “Extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) 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, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de marzo del 2022.

Lizbeth Tatiana Fernández Romero

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

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 **REASCOS FLORES LIZBETH CAROLINA**, identificada con cédula de ciudadanía **1719689570** de estado civil soltera, a quien en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ingeniero Ph.D. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez, Barrio El Ejido, Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **LA CESIONARIA** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA. - **LA CEDENTE** es una persona natural estudiante de la carrera de Agroindustria, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado “Extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) mediante la metodología de arrastre de vapor” la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad; y, las características que a continuación se detallan:

Historial Académico

Inicio de la carrera: Abril 2018 - Agosto 2018

Finalización de la carrera: Octubre 2021- Marzo 2022

Aprobación en Consejo Directivo: 7 de enero del 2022

Tutor: Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

Tema: “Extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) 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, **LA CEDENTE** autoriza a **LA CESIONARIA** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

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

- f) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- g) La publicación del trabajo de grado.
- h) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- i) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión.

j) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

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

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

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

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

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

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

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

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 18 días del mes de marzo del 2022.

Lizbeth Carolina Reascos Flores

Ing. Ph.D. Cristian Tinajero Jiménez

LA CEDENTE

EL CESIONARIO

AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

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

“EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE RUDA (*Ruta graveolens*) MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR”, de Fernández Romero Lizbeth Tatiana y Reascos Flores Lizbeth Carolina, de la carrera de Agroindustria, considero que el presente trabajo investigativo es merecedor del Aval de aprobación al cumplir las normas, técnicas y formatos previstos, así como también han incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la Pre defensa.

Latacunga, 18 de marzo del 2022

Ing. Mg. Ana Maricela Trávez Castellano

DOCENTE TUTORA

CC: 0502270937

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, las postulantes: Fernández Romero Lizbeth Tatiana y Reascos Flores Lizbeth Carolina con el título del Proyecto de Investigación: **“EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE RUDA (*Ruta graveolens*) MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR ”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

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

Latacunga, 18 de marzo del 2022

Lector 1 (Presidente)

Ing. Mg. Zoila Eliana Zambrano Ochoa
CC: 0501773931

Lector 2

Ing. Mg. Edwin Ramiro Cevallos Carvajal
CC: 0501864854

Lector 3

Quím. Mg. Jaime Orlando Rojas Molina
CC: 0502645435

AGRADECIMIENTO

Mi infinito agradecimiento a Dios, por haber estado conmigo a cada paso que doy, por llenarme de bendiciones y oportunidades para que no deje de luchar por mi sueño y lograr culminar mi carrera universitaria.

A mis padres, hermanos, abuelos, primos, tías y tíos por haberme dado su amor, fuerzas y su apoyo incondicional, motivándome siempre a salir adelante.

Agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi quien me abrió las puertas para poder superarme y crecer profesionalmente.

A mis queridos Ingenieros y mi tutora Ing. Mg. Ana Maricela Trávez por haberme transmitido todos sus conocimientos profesionales, por su paciencia y comprensión en el transcurso de mi formación académica.

Lizbeth Tatiana Fernández Romero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida, la sabiduría y las bendiciones que me ha proporcionado para que hoy pueda culminar una etapa de mi vida profesional.

A mis padres, hermanos y hermanas por siempre estar junto a mí y no soltarme, por darme todo su amor incondicional y ser partícipes de cada una de las actividades desarrolladas a lo largo de mi carrera universitaria.

Agradezco también a toda mi familia y amistades por ser parte de mi proyecto de vida personal y académica, por construir junto a mis recuerdos, enseñanzas y momentos de felicidad.

A mi tutora Ingeniera Mg. Ana Trávez por su ayuda, guía y predisposición para el desarrollo de este proyecto. De igual manera para Químico Mg. Jaime Rojas por su apoyo, colaboración y por solventar las inquietudes que me surgían. Muchas gracias a mis lectores/as y profesores/as por transmitirme sus conocimientos y la paciencia brindada.

Lizbeth Carolina Reascos Flores

DEDICATORIA

A Dios, quien me ha guiado siempre por el buen camino, por haberme dado fuerza, salud y valor para no desmayar en los momentos difíciles y lograr culminar mi carrera.

A mis padres Víctor y Nancy por todo su apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, por su confianza, sus consejos, su comprensión y su amor infinito en todo momento.

A mis hermanos Jimmy y Wider por el apoyo y el cariño que me brindaron cuando quería desfallecer.

A toda mi familia y amigos que estuvieron presente dándome ánimos y fuerzas día a día para que cumpla mi meta.

Lizbeth Tatiana Fernández Romero

DEDICATORIA

Después de haber pasado tantas jornadas de estudio, momentos felices, tristes, puedo hoy dedicar este proyecto de investigación a Dios y en especial a la Virgen del Cisne por darme la salud, sabiduría, perseverancia e inteligencia para poder culminar mi ingeniería.

A mis padres Ismael R & Betty F. por ser mi eje fundamental, soporte, luz e impulso para que siempre siga adelante y no decaiga, por ser la luz que ilumina mi camino y por la enseñanza de todos los valores y principios que me han sabido inculcar.

A mis hermanos y hermanas Maryurie, Isaac, Martin y Stefany por estar junto a mí en todo momento y ser mi fuente de inspiración y ejemplo. A mi sobrino Matias Jared Fernández Reascos por ser la luz que llegó a iluminar mi vida, por cada una de sus sonrisas y por dar color a mis días.

A toda mi familia y mejores amigos por ser parte de este gran sueño y por estar junto a mí en los momentos buenos y malos.

Lizbeth Carolina Reascos Flores

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

TÍTULO: “EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE RUDA (*Ruta graveolens*) MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR”

AUTORAS: Fernández Romero Lizbeth Tatiana

Reascos Flores Lizbeth Carolina

RESUMEN

En la presente investigación se desarrolló la extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) para ello se empleó el método de destilación por arrastre de vapor mediante el uso del equipo “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China) en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se determinó la humedad de la materia vegetal con un resultado de 71,22%, para optimizar el proceso de extracción se utilizó el diseño experimental superficie de respuesta en el programa Desing Expert 8.0.6., en el cual se establecieron 17 corridas experimentales y los factores de control fueron, tiempo (60, 105, 150 min) y la relación de masa/ disolvente (1.1:3; 2.1:4; 3.1:5 kg/l), mediante la optimización del proceso se identificó las condiciones óptimas la relación masa/disolvente 3.(1:5 kg/l) y el tiempo de 150 min, con el procesamiento de los datos obtenidos se determinó un rendimiento predicho de 0,14% y un rendimiento experimental de 0,13%, cabe destacar que estos valores tienen una diferencia de 0,001% por lo que existe una similitud entre ambos. Además se analizó la composición química a través de cromatografía de gases acoplado a un detector espectrómetro de masa en el equipo Agilent Technologies 5975C inert XL MSD with Triple – Axis Detector donde se encontró diversos compuestos orgánicos del aceite esencial de ruda y predominaron las cetonas, 2-Undecanona (46,74%) y la 2-Nonanona (29, 14%) y en menor cantidad el Limoneno (0,06%), la capacidad antioxidante de 37,67 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ en el ensayo FRAP y 46,46 $\mu\text{mol ET}/\text{g}$ en el ensayo ABTS, se detectó una eficacia antimicrobiana con el 3% en las bacterias *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus* y *Pseudomonas aeruginosa*, y con el 5% *Salmonella entérica*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*.

Palabras claves: Ruda, antioxidante, antimicrobiana, FRAP, ABTS, fitoquímico.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES

TITLE: “EXTRACTION OF RUDA ESSENTIAL OIL (*Ruta graveolens*) THROUGH STEAM DISTILLATION”

AUTHORS: Fernández Romero Lizbeth Tatiana

Reascos Flores Lizbeth Carolina

ABSTRACT

In the present research study, ruda essential oil (*Ruta graveolens*) was extracted by using the steam distillation method using “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China) equipment in a laboratory of the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources (CAREN) at Technical University of Cotopaxi. The humidity of the vegetable matter was determined with a result of 71.22%, to optimize the extraction process it was used of the Design Expert 8.0.6. software in which 17 experimental runs were established and the control factors were the relationship between time (60, 105, 150 min) and mass/dissolvent (1.1:3; 2.1:4; 3.1:5 kg/l), through the optimization of the process the following optimal conditions were identified mass/dissolvent 3. (1:5 kg/l) and 150 minutes, with the processing of the data obtained a predicted yield of 0.14% and an experimental yield of 0.13% were determined. It should be highlight that these values have a difference of 0,001% so there is a similarity between both. In addition, composition chemical was analyzed out through gas chromatography coupled to a mass spectrometer detector in the Agilent Technologies 5975C inert XL MSD with Triple – Axis Detector where various organic compounds of Ruda essential oil were found and ketones predominated, 2- Undecanone (46.74%) and 2- Nonanone (29.14%) and to a lesser extent Limonene (0.06%), the antioxidant capacity of 37.67 μmol 46,46 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ in the FRAP assay and 46.46 $\mu\text{mol TE}/\text{g}$ in the ABTS assay, antimicrobial efficacy was detected on the bacterias at 3% on *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, and *Pseudomonas aeruginosa* and with 5% *Salmonella entérica*, *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*.

Keywords: Ruda, antioxidant, antimicrobial, FRAP, ABTS, phytochemical.

INDÍCE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	iii
CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR.....	v
AVAL DE LA TUTORA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	vii
AVAL DE LOS LECTORES DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	viii
AGRADECIMIENTO	ix
AGRADECIMIENTO	x
DEDICATORIA	xi
DEDICATORIA	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiii
1. INFORMACIÓN GENERAL.....	1
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	1
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE TITULACIÓN.....	2
3.1. Beneficiarios Directos	2
3.2. Beneficiarios Indirectos	2
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
5. OBJETIVOS.....	4
5.1. Objetivo General	4
5.2. Objetivos Específicos	4
6. ACTIVIDADES Y SISTEMAS DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	5
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	7
7.1. Antecedentes	7
7.2. Fundamentación teórica	8
7.2.1. Ruda (<i>Ruta graveolens</i>)	8
7.2.2. Taxonomía de la ruda	9
7.2.3. Descripción botánica	9
7.2.4. Perfil fitoquímico de la ruda.....	10

7.2.5.	Principios activos de la ruda.....	10
7.2.6.	Características de la ruda	11
7.2.7.	Usos y propiedades de la ruda.....	11
7.2.8.	Aceites esenciales	12
7.2.8.1.	Composición química de los aceites esenciales	12
7.2.8.2.	Factores que pueden influir en la composición de los aceites esenciales.....	12
7.2.8.3.	Propiedades físicas de los aceites esenciales	12
7.2.8.4.	Aplicaciones de aceites esenciales	13
7.2.8.4.1.	Industria alimentaria	13
7.2.8.4.2.	Industria farmacéutica	13
7.2.8.4.3.	Industria de cosméticos	14
7.2.8.4.4.	Industria de productos de uso veterinario	14
7.2.8.4.5.	Desodorantes industriales	14
7.2.8.4.6.	Industria tabacalera	14
7.2.8.4.7.	Biocidas e insecticidas	14
7.2.9.	Extracción de aceites esenciales	15
7.2.10.	Métodos de extracción de aceites esenciales	15
7.2.10.1.	Destilación	15
7.2.10.2.	Arrastre de vapor	16
7.2.10.3.	Hidrodestilación	16
7.2.10.4.	Hidrodifusión	16
7.2.10.5.	Extracción por Soxhlet.....	17
7.2.10.6.	Extracción por disolventes	17
7.2.10.7.	Hidrodestilación asistida por microondas.....	17
7.2.10.8.	Prensado en frío (Expresión)	17
7.2.10.9.	Extracción por fluidos supercríticos.....	18
7.2.10.10.	Enfleurage	18
7.2.11.	Ventajas y desventajas del método de extracción por arrastre de vapor.	18
7.2.12.	Factores que influyen en la extracción por arrastre con vapor	19
7.2.13.	Cinética extracción por arrastre de vapor	19
7.2.14.	Caracterización química de los aceites esenciales.....	20
7.2.14.1.	Cromatografía de gases	20

7.2.14.2.	Espectrometría de masas	20
7.2.14.3.	Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas	20
7.2.15.	Actividad antimicrobiana	21
7.2.16.	Actividad antioxidante	21
7.3.	Marco conceptual	22
8.	VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS	24
9.	METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL.....	24
9.1.	Metodología	24
9.1.1.	Tipos de investigación	24
9.1.1.1.	Investigación cuantitativa.....	24
9.1.1.2.	Investigación experimental.....	24
9.1.1.3.	Investigación bibliográfica	25
9.1.1.4.	Investigación descriptiva.....	25
9.1.1.5.	Investigación tecnológica.....	25
9.1.2.	Métodos	26
9.1.2.1.	Método deductivo	26
9.1.2.2.	Método inductivo.....	26
9.1.2.3.	Método científico.....	26
9.1.3.	Técnicas de investigación	26
9.1.3.1.	Observación	26
9.2.	Materiales y equipos.....	27
9.2.1.	Materia vegetal.....	27
9.2.2.	Equipos	27
9.2.3.	Instrumentos de laboratorio.....	27
9.2.4.	Reactivos.....	28
9.3.	Determinación de la humedad	29
9.4.	Descripción de la extracción de aceite esencial	31
9.4.1.	Recepción de materia vegetal (ruda).....	31
9.4.2.	Clasificación de materia vegetal	31
9.4.3.	Limpieza de materia vegetal.....	32
9.4.4.	Pesado de materia vegetal	32
9.4.5.	Extracción de aceite esencial de ruda.....	32

9.4.6.	Separación del aceite esencial de ruda	33
9.4.7.	Almacenamiento.....	34
9.5.	Diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial de ruda (<i>Ruta graveolens</i>).....	34
9.6.	Caracterización del aceite esencial de ruda	35
9.7.	Composición química	35
9.8.	Capacidad antioxidante de aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i>	36
9.8.1.	Ensayo FRAP	36
9.8.2.	Ensayo ABTS.....	36
9.9.	Capacidad antimicrobiana de aceite esencial de <i>Ruta graveolens</i>	37
9.9.1.	Determinación de las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI).....	37
9.9.1.1.	Método de dilución en tubos	37
9.10.	Diseño experimental	38
10.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	40
10.1.	Humedad de la ruda (<i>Ruta graveolens</i>).....	40
10.2.	Optimización de extracción de aceite esencial de ruda	41
10.3.	Composición química de aceite esencial de ruda.....	46
10.4.	Capacidad antioxidante	49
10.5.	Capacidad antimicrobiana	49
10.6.	Análisis de costos de producción tipo laboratorio	51
11.	IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)	51
11.1.	Técnicos.....	51
11.2.	Sociales.....	52
11.3.	Ambientales	52
11.4.	Económico	52
12.	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO	52
13.	CONCLUSIONES	56
14.	RECOMENDACIONES	57
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
16.	ANEXOS.....	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de la ruda (<i>Ruta graveolens</i>).....	9
Tabla 2. Detalle del diseño experimental aplicado	38
Tabla 3. Representación de las corridas experimentales	39
Tabla 4. Descripción de las variables en estudio	39
Tabla 5. Determinación de la humedad de la ruda.....	40
Tabla 6.Descripción de los indicadores y porcentaje de rendimiento	41
Tabla 7. Deseabilidad del proceso	44
Tabla 8. Valores de rendimiento	46
Tabla 9. Composición química del aceite esencial de ruda	46
Tabla 10. Resultados de actividad antioxidante.....	49
Tabla 11. Resultados de actividad antimicrobiana.....	50
Tabla 12. Costo de producción del aceite esencial de ruda	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ruda (<i>Ruta graveolens</i>).....	8
Figura 2. Clasificación de materia vegetal para determinación de humedad	29
Figura 3. M1 y M2 (10 gramos) de flores y hojas de ruda	29
Figura 4. Secado de hojas y flores de materia vegetal	30
Figura 5. Muestras secas.....	30
Figura 6. Pesado de muestras secas	30
Figura 7. Recepción de materia vegetal (ruda)	31
Figura 8. Clasificación de materia vegetal	31
Figura 9. Limpieza de materia vegetal.....	32
Figura 10. Pesado de materia vegetal	32
Figura 11. Proceso de extracción.....	33
Figura 12. Obtención de aceite esencial de ruda (<i>Ruta graveolens</i>).....	33
Figura 13. Separación de aceite esencial de ruda.....	33
Figura 14. Almacenamiento de aceite esencial de ruda.....	34
Figura 15. Modelo del rendimiento y tiempo (min).....	42

Figura 16. Interacción del modelo de rendimiento. Relación masa/ disolvente y tiempo.....	43
Figura 17. Valores predichos y actuales	44
Figura 18. Interacción de factores de estudio y deseabilidad.....	45
Figura 19. Perfil lipídico por cromatografía de gases acoplado a un detector de masas del aceite esencial de ruda.....	48
Figura 20. Ubicación del lugar de ejecución del proyecto investigativo.	68
Figura 21. Datos informativos del docente tutor	69
Figura 22. Datos informativos del estudiante I.....	70
Figura 23. Datos informativos del estudiante II.....	71
Figura 24. Equipo “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China) destilador de arrastre de vapor de aceites esenciales.....	72
Figura 25. Introducción de la materia vegetal en el equipo de extracción.....	72
Figura 26. Finalización del proceso de extracción.....	73
Figura 27. Recolección de datos de peso de aceite esencial de ruda	73
Figura 28.Resultados de análisis de composición química de aceite esencial de ruda	74
Figura 29. Pesaje de recipiente diseñado para análisis de humedad.....	76
Figura 30. Ejecución experimental	76
Figura 31. Estufa Universal.	77
Figura 32. Concentraciones del análisis de antimicrobiano del aceite esencial.	77
Figura 33. Aval de traducción.....	78

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto: “Extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) mediante la metodología de arrastre de vapor”

Lugar de Ejecución

Barrio: Salache Bajo (**ver figura 20**)

Parroquia: Eloy Alfaro

Cantón: Latacunga

Provincia: Cotopaxi Zona: 3

País: Ecuador

Institución: Universidad Técnica de Cotopaxi

Facultad: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (CAREN)

Carrera que auspicia: Agroindustria

Nombres de equipos de investigadores:

Tutora de titulación: Ing. Mg. Trávez Castellano Ana Maricela (**ver figura 21**)

- **Investigador 1:** Fernández Romero Lizbeth Tatiana (**ver figura 22**)
- **Investigador 2:** Reascos Flores Carolina Lizbeth (**ver figura 23**)

Área de Conocimiento: Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación: Procesos industriales

Sub línea: Optimización de procesos tecnológicos agroindustriales

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Los aceites esenciales son muy demandados en la actualidad ya que tienen excelentes aromas dependiendo de la especie vegetal que se extraiga y pueden ser utilizados como insumos o aditivos en la elaboración de productos que son de uso frecuente en la sociedad. “Son productos naturales caracterizados por un fuerte olor, constituidos por mezclas complejas de compuestos volátiles y obtenidos a partir de un material natural mediante destilación (seca, con agua o vapor) o por expresión mecánica” (Roohinejad et al., 2017 citado en Pino & Aragüez, 2021).

Por tal razón realizar la extracción de aceite esencial de ruda es importante porque debido a la falta de información y desconocimiento de los métodos de extracción no se ha aprovechado de una buena manera esta especie de planta que es abundante en la sierra

ecuatoriana y es cultivada en huertos como hierba medicinal caracterizándose por su aroma que es muy fuerte. El aceite esencial de ruda al ser una planta aromática: “posee un fuerte potencial antimicrobiano y antioxidante, por lo que su uso como conservantes naturales satisface la demanda de los consumidores de alimentos seguros, sanos y nutritivos; debido a su gran potencial, pueden actuar contra los microorganismos patógenos que causan enfermedades en los consumidores y así mismo la vida útil de los alimentos se alargará y la calidad se mantendrá intacta” (Ceballos & Londoño, 2017).

En el ámbito social la extracción del aceite esencial de esta especie de planta podría generar ingresos en las familias que la cultiven realizando así su economía y generando un desarrollo a la provincia de Cotopaxi principalmente a los moradores de la parroquia San Buenaventura. Al desarrollar el proceso de extracción de aceites esenciales de plantas se plantea la posible diversificación de cultivos e incremento de la mano de obra en el campo (Véliz et al., 2019).

El propósito principal de este proyecto de investigación es realizar un análisis experimental sobre la extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) utilizando la metodología de arrastre de vapor para determinar su composición química, el cual será utilizando métodos instrumentales como la cromatografía de gases CG-EM, la capacidad antimicrobiana mediante el uso de las cepas de referencia certificadas a nivel internacional y para determinar la capacidad antioxidante la aplicación de los ensayos FRAP y ABTS.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO DE TITULACIÓN

3.1. Beneficiarios Directos

Los beneficiarios directos serán los productores de ruda de la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San Buenaventura, barrio San Silvestre y la Universidad Técnica de Cotopaxi como ente investigativo para la extracción del aceite esencial de la especie en estudio. Según el PDyOT Latacunga, 2016-2028 muestra un total de 183.446 habitantes.

3.2. Beneficiarios Indirectos

Los beneficiarios indirectos son los/as estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, las industrias biotecnológicas, alimentarias, farmacéuticas y cosmetológicas.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

(Montero, 2021) menciona que: “Las plantas medicinales han ido ganando terreno en la industria de alimentos, cosmética y principalmente farmacéutica, lo que incentiva que el estudio sistemático es necesario de los aceites esenciales ya que existen varias investigaciones que afirman esos efectos antibacterianos”. La ruda ha sido utilizada a través de los años por las culturas para la cura de enfermedades, pero en la actualidad todos estos conocimientos se han ido perdiendo debido al incremento de la medicina occidental y al desconocimiento de las nuevas generaciones sobre la utilización correcta de esta planta medicinal (Vásquez, 2015). Los aceites esenciales tienen un papel vital en la medicina tradicional o complementaria y puesto que son seguros, sencillos de administrar y no son invasivos, son ideales para incluirlos en prácticamente cualquier plan de cuidados personales. Durante miles de años, los aceites esenciales y demás remedios naturales fueron los únicos medicamentos disponibles y que se comprobaban su eficacia una y otra vez en la vida diaria (Althea Press, 2020).

En Ecuador, la producción de aceites esenciales ecuatorianos se basa en los conocimientos ancestrales de las comunidades que habitan la Región Amazónica, heredados por generaciones, en su selva se halla una prolífera vegetación fecundada por su clima cálido-húmedo y sus privilegiados bosques tropicales que le brindan a los aceites esenciales una alta gama de aromas exóticos y una gran variedad de aplicaciones entre ellas medicinales, muy utilizadas para aliviar desde alergias hasta infecciones en el sistema digestivo y respiratorio. Las exportaciones de aceites esenciales en el mundo han sobrepasado los mil millones de dólares por año en esta última década, los más exportados son los aceites esenciales de cítricos no especificados en otra parte, participando con el 74.9% seguido por los demás aceites esenciales excepto cítricos, con 22.65% de participación en el mismo año. Ecuador exporta este producto en mayor volumen hacia Estados Unidos conociéndose las esencias de menta piperita y hierbabuena, marginalizando las esencias de otros orígenes naturales, de Enero a Octubre del 2018 las exportaciones de aceites esenciales en el Ecuador registró 1,73 millones (García, 2017).

En la provincia de Cotopaxi la extracción del aceite esencial de ruda no es realizada, los estudios son escasos y en general no se comercializa de manera esencial en Ecuador debido a que en la provincia la actividad económica que más se realiza es la crianza y explotación de ganado

vacuno en la que se encuentra vinculada su mayor porcentaje a la producción de leche, existiendo además la ganadería de doble propósito (leche y carne) especialmente en la zona del subtrópico de la Provincia. Según datos del INEC ESPAC, 2013 en Cotopaxi existen 290.184 animales con una producción diaria de leche de 584.883 litros diarios y una productividad 7,63Lt/vaca/día.

En cuanto al cantón de Latacunga no existe empresas de extracción artesanales, ni privadas y públicas que realicen el uso de esta materia vegetal a pesar de que una de las actividades económicas con más influencia es la agricultura. Por lo tanto, se tomó en cuenta una alternativa de extracción mediante el método de arrastre de vapor ya que esta planta cuenta con principios activos entre los que podemos mencionar: metilnicotona, cineol, pineno, limoneno, cumarinas (taninos, vitamina C y alcaloides (Naveda, 2010) , lo cual impulsa a realizar la optimización de extracción, analizar la composición química, determinar la capacidad antioxidante y antimicrobiana del aceite esencial. La presente investigación genera un aprovechamiento a esta especie ya que es de gran utilidad para la elaboración de desinfectantes naturales, insecticidas, jabones desparasitantes y en cosmética avanzada. Dentro de la cosmética y productos tópicos el aceite esencial de ruda se debe mezclar con aceites portadores que generalmente no tienen olor y sirven para diluir los aceites esenciales.

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Extraer aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) mediante la metodología de arrastre de vapor.

5.2. Objetivos Específicos

- Optimizar el proceso de extracción del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) en función al rendimiento.
- Cuantificar los compuestos volátiles del aceite esencial de ruda mediante cromatografía de gases acoplado a un detector espectrómetro de masa.
- Determinar la capacidad antioxidante del aceite esencial de ruda mediante la metodología de FRAP y ABTS.
- Establecer la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de ruda.

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

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	ACTIVIDAD (TAREAS)	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MEDIOS DE VERIFICACIÓN
Objetivo específico 1			
Optimizar el proceso de extracción del aceite esencial de ruda (<i>Ruta graveolens</i>) en función del rendimiento.	Recepción y clasificación de la materia vegetal. Aplicación de diseño experimental para la extracción de aceite esencial. Extracción de aceite esencial de ruda por arrastre de vapor en el equipo “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd, China). Cálculo de rendimiento del aceite esencial de ruda.	Aceite esencial de ruda extraído mediante la metodología de arrastre de vapor. Rendimiento del aceite esencial de ruda.	Registro de análisis y discusión de resultados. Tabla 6, 7 y 8. Figura 15,16, 17 y 18.
Objetivo específico 2			
Cuantificar los compuestos volátiles del aceite esencial	Toma de muestra de aceite esencial de ruda para realizar el análisis de composición química.	Análisis de composición química del	Registro de análisis y discusión de resultados. Tabla 9. Figura 19.

de ruda mediante cromatografía acoplado a un detector espectrómetro de masa.	Analizar la composición química del aceite esencial de ruda mediante la cromatografía de gases acoplado a un detector selectivo de masas.	aceite esencial de ruda. Registro de anexos. Figura 28.
------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

**Objetivo
específico 3**

Determinar a la capacidad antioxidante del aceite esencial de ruda mediante la metodología de FRAP y ABTS.	Toma de muestras (10ml) del aceite esencial para la determinación de la capacidad antioxidante mediante la metodología de FRAP y ABTS.	Resultados de la capacidad y antioxidante. Registro de análisis y discusión de resultados. Tabla 10
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Objetivo
específico 4**

Establecer la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de ruda.	Toma de la muestra para el análisis de la capacidad antimicrobiana con una cepa de referencia con certificación a nivel internacional.	Resultados del análisis de actividad antimicrobiana. 11. Registro de anexos. Figura 30, 31 y 32.
---------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Antecedentes

(Ramón, 2020), en sus estudios “Extracción y caracterización de aceites esenciales de ruda (*Ruta graveolens*) y el marco (*Ambrosia chamisonis*) para su potencial uso como plaguicida” (realizado en la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad de Guayaquil), menciona que: Se determinó que su uso potencial es recomendable en la agricultura como alternativa viable en la prevención de plagas y enfermedades, que afectan el desarrollo natural de las plantas evitando así el uso de agroquímicos por su toxicidad, especialmente en hortalizas que son propensas. Los resultados de la extracción indican que el rendimiento de la ruda contiene 0,23% y del marco 0,018%. Se concluye que el mayor componente de los aceites esenciales de la ruda: Undecanone <2-> (39,97%) y el Nonanone <2-> (38,05%) sustancias que tienen efectos en bacterias y para el marco: Zingiberene < α -> (55,91%) sustancia que tiene efectos plaguicidas.

(Quintero & Rangel, 2016) en su investigación “Determinación de la actividad antimicrobiana de aceites esenciales frente a *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans*” (realizado en la Facultad de Química Ambiental) manifiestan que : Se obtuvieron los perfiles cromatográficos (corrientes totales reconstruidas) de los aceites estudiados mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, los principales componentes mayoritarios presentes en las muestras de acuerdo con los porcentajes de áreas relativas son: limoneno 89,4% (*C. sinensis*), trans anetol 70,3 – 85,7% (*F. vulgare* y *P. anisum*), ledol 53% (*S. officinalis*), geranial 39,8% (*C. citratus*), 2-nonanona 35,3% y 2-undecadona 34,8% presentes en (*R. graveolens*), y citronelol 24,7% (*P. odoratissimum*).

(Nahar L et al., 2021), en sus estudios “Ruta Essential Oils: Composition and Bioactivities” menciona que: Las especies de Ruta se han utilizado durante mucho tiempo en la medicina tradicional como abortiva y emenagoga y para el tratamiento de enfermedades pulmonares e infecciones microbianas. El género Ruta es rico en aceites esenciales, que contienen predominantemente cetonas alifáticas, por ejemplo, 2-undecanone y 2-nonanone, pero carecen de cualquier cantidad significativa de terpenos. Tres especies de Ruta, *Ruta chalepensis* L., *Ruta graveolens* L., y *Ruta montana* L., han sido ampliamente estudiadas por la composición de sus aceites esenciales y varias bioactividades, revelando sus potenciales aplicaciones medicinales y

agroquímicas. Esta revisión proporciona una evaluación sistemática y crítica de las publicaciones disponibles en la literatura sobre la composición y bioactividades de los aceites esenciales obtenidos de especies de Ruta e incluye una breve perspectiva de las aplicaciones potenciales de la nanotecnología y quitosanoproductos a base de aceites esenciales Ruta.

Según investigaciones de (Jianu C et al., 2021), “Chemical Profile of *Ruta graveolens*, Evaluation of the Antioxidant and Antibacterial Potential of Its Essential Oil, and Molecular Docking Simulations” menciona que: la destilación al vapor del material vegetal fresco de *R. graveolens* dio un aceite amarillento de olor intenso y penetrante con un rendimiento de 0.29% (v / w). El análisis GC-MS del RGEO identifica treinta y siete compuestos que representan el 98,68% del aceite obtenido. Los principales compuestos detectados son 2-Undecanona y 2-Nonanona con 76,19% y 7,83%, respectivamente, seguidos de 2-Undecanol con 1,85% y 2-Tridecanona con 1,42%.

7.2. Fundamentación teórica

7.2.1. Ruda (*Ruta graveolens*)

Figura 1. Ruda (*Ruta graveolens*)



Fuente: (Rainer & Douglas, 2015)

La especie *Ruta graveolens* L. perteneciente a la familia Rutaceae, es una hierba perenne de aproximadamente 30-60 cm, posee flores de color amarillo y se caracteriza por su olor fuerte y penetrante. Es nativa de Europa, pero fue introducida en América en la edad media, encontrándose en diferentes países de Centro y Suramérica. Caracterizada por presentar diversas propiedades

medicinales. Se ha reportado su uso como parte de la terapéutica en la diabetes mellitus, basada en el uso de productos naturales (Rojas et al., 2011).

7.2.2. Taxonomía de la ruda

Tabla 1. Taxonomía de la ruda (*Ruta graveolens*)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliophyta
Subclase	Rosidae
Orden	Sapindales
Familia	Rutacea
Género	Ruta
Especie	<i>Ruta graveolens</i>
Nombre binomial	<i>Ruta graveolens</i> L.

Fuente: (Garden & Missouri, 2009 citado en Montero, 2021)

7.2.3. Descripción botánica

Según (Saldaña & Torres, 2012) mencionan que la ruda tiene una raíz amarilla, leñosa y muy fibrosa:

- Tallos herbáceos, ramificados de dos a tres pies de alto; pequeñas, oblongas, carnosas, lisas apareadas sobre un peciolo, terminadas por una hoja impar.
- Flor: Compuesta por cinco pétalos cóncavos, prendidos por uñuelas pequeñas; el cáliz está dividido en cinco partes, aunque más frecuentemente tiene tan solo cuatro pétalos y cuatro divisiones en el cáliz.
- El pistilo está acompañado de ocho y más comúnmente de diez estambres, adherentes al cáliz o receptáculo común.
- Fruto: capsula dividida en tantos lóbulos como pétalos que se abren por la parte superior.

7.2.4. Perfil fitoquímico de la ruda

(Saldaña & Torres, 2012), afirma que: “El aceite esencial de ruda está constituido en su mayoría por sesquiterpenos. La planta contiene 0,2%-0,7% de aceite esencial”. La composición química de la planta es:

- Cetonas (90%)
- Metil-nonil cetona
- Metil heptil cetona
- Alcaloides (0,4-1,4%)
- Del tipo furoacridona y quinolina: arborinina , graveolina , rutacridona , gama gaborina , kokusaginina, 6 metoxidictamnina y sikimmianina.
- Flavonoides
- Quercetina
- Rutina.
- Alcoholes
- Metil-etil-carbinol
- Hidrocarburos
- Pinene
- Limoneno

7.2.5. Principios activos de la ruda

(Cusquipoma, 2018), menciona que existen estudios que han encontrado mayor a 120 fitoconstituyentes naturales:

- Aceite esencial (0,1-0,6%): cetónas alifáticas (metilnonilcetona en un 90%); terpenos (pineno, limoneno, metilnonil-carbinol y cienol); ácidos (caprílico, anísico, plagónico y salicílico).
- Cuamarina y furanocumarinas (0,15-0,70%): como psoraleno, bergapteno, dafnoretina, xantoxina, etc.
- Alcaloides furoquinólicos como la arborinina, rutamina, skiamina, graveolina, graveolinina, arborotina, etc.
- Flavonoide: La Rutina (1 a 2% quercetina 3- β rutinósido), también luteolina.

- Otros metabolitos: como la resina, gomas, taninos, ácidos ascórbico, palmítico y málico, compuestos amargos, glucósidos, rutamarina, etc.

7.2.6. Características de la ruda

- “Tiene varias propiedades terapéuticas que incluyen su uso como cicatrizante, antiinflamatorio, antifebril y propiedades antimicrobianas” (Bonilla et al., 2020).
- “La ruda es utilizada debido a sus propiedades y componentes espasmolíticas, venotónicas, antihistamínicos, antihelmínticas y antiparasitarias” (Alegre et al., 2017).
- “Ligero toque de amargo y picante” (Cevallos, 2020).
- “Los frutos de esta planta se encuentran en cápsula” (Ruiz, 2018).

7.2.7. Usos y propiedades de la ruda

Según (Naveda, 2010), manifiesta que:

A la ruda se le atribuyen propiedades antiespasmódicas, sudoríficas, rubefacientes, antiparasitarias, hipotensoras, sedantes, alelopáticas, citotóxicas, antisépticas, emenagogas, venetónicas y vaso protectoras.

- Debido a sus propiedades la ruda es utilizada para: calmar los nervios e histerismos, aliviar cólicos menstruales, molestias digestivas, dolores de cabeza, para eliminar lombrices, para tratar las varices y problemas de circulación, evitar la caída del cabello y reducir hemorragias.
- Por su acción emenagoga, la ruda es usada por los homeópatas para reducir los síntomas menopáusicos causados por una disminución de la secreción estrogénica.
- En uso externo, la ruda trata el vitíligo, la sarna, el reumatismo, los calambres, los goles, la ciática, la gota, el dolor de oído, la vista cansada. También es aplicada en la cabeza, baja la fiebre y en el el pecho es eficaz contra la bronquitis crónica.
- En el campo agrícola, la ruda se utiliza como insecticida natural en el manejo de plagas como saltamontes, insectos, hormigas y pulgones; como solución nematicida y fungicida para controlar hongos resistentes como desinfectante natural de suelo.

Sin embargo, todos los autores concuerdan que es una planta cuya dosis debe ser aplicada con mucho cuidado debido a que si supera los valores permitidos puede resultar tóxica.

7.2.8. Aceites esenciales

Los aceites esenciales son líquidos aceitosos aromáticos que se obtienen por diferentes métodos de extracción, a partir de material vegetal (flores, tallos, raíces, hojas, frutos, y semillas), algunos de ellos indican actividad antibacteriana y antifúngica, evaluadas como una fuente potencial de nuevos compuestos antimicrobianos y una alternativa para la preservación de alimentos (Argote et al., 2017).

7.2.8.1. Composición química de los aceites esenciales

Los aceites esenciales son mezclas complejas de hasta más de 100 componentes que pueden ser compuestos alifáticos de bajo peso molecular (alcanos, alcoholes, aldehídos, cetonas, ésteres y ácidos), monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos. Los aceites esenciales por lo general contienen compuestos como el carvacrol, timol, γ -terpineno, p-cimeno, sabineno, α -tujeno, α -terpineno, linalol y eugenol, dependiendo de la planta (Lima et al., 2012).

Por lo cual (Valdeverde & Leonardo, 2011), manifiestan que: “Difieren de una familia a otra, los aceites esenciales están formados principalmente por compuestos orgánicos líquidos más o menos volátiles, se encuentran compuestos de cadena abierta, cíclicos, bicíclicos, tricíclicos, así como también sus derivados oxigenados y en algunas ocasiones compuestos sulfurados”.

7.2.8.2. Factores que pueden influir en la composición de los aceites esenciales.

Existen muchos factores que influyen sobre la composición y rendimiento del aceite esencial de una planta, entre ellos figuran (Gil et al., 2005 citado en Ruíz, 2017):

- Condiciones geobotánicas del medio (clima, altitud, tipo de suelos, cantidad de lluvia, etc.)
- Método de cultivo (uso de fertilizantes, abono, pesticidas, otros químicos, etc.)
- Época de recolección y parte de la planta (raíz, tallo, hojas, semillas, etc.).
- Modo de manejo y almacenamiento del material vegetal (fresco, seco, fermentado, etc.).
- Método de obtención del aceite (destilación, maceración, prensado, extracción con disolventes, extracción de fluidos supercríticos, destilación con arrastre de vapor, etc.).
- Edad de la planta y estado fenológico.

7.2.8.3. Propiedades físicas de los aceites esenciales

Según los autores (Valdeverde & Leonardo, 2011), mencionan que:

Los aceites esenciales son generalmente líquidos a temperatura ambiente. Una de las diferencias con respecto a los aceites fijos (lípidos) radica en su volatilidad o capacidad de evaporación al contacto con el aire a temperatura ambiente. Estos son sensibles a la oxidación, no se enrancian como los aceites fijos, son fácilmente alterables y presentan una tendencia a polimerizarse formando así productos resinosos, incrementándose esta tendencia en aquellos que contienen alcoholes terpénicos insaturados, es decir aquellos que se auto-oxidan, variando su viscosidad, olor y color (pág. 38).

7.2.8.4. Aplicaciones de aceites esenciales

Los aceites esenciales tienen enorme cantidad de usos y se obtiene de plantas cultivadas como de silvestres, se estima que alrededor de 3000 aceites esenciales conocidos mundialmente, de los cuales el 10% tienen importancia comercial (Stashenko, 1998 citado en Valdeverde & Leonardo, 2011). Las cuales destacan en las siguientes industrias:

7.2.8.4.1. Industria alimentaria

Se emplean para condimentar carnes preparadas, embutidos, sopas, helados, queso, etc. Los aceites más empleados por esta industria son el Culantro, Naranja y Menta, entre otros. También son utilizados en la preparación de bebidas alcohólicas y no alcohólicas, especialmente refrescos. Estas esencias también se emplean en la producción de caramelos, chocolates y otras golosinas. Según (Jover, 2021), menciona que: “Los gruesos de la producción se usan para la industria alimentaria: el resto a la cosmética, a la perfumería y a la aromaterapia. Los aceites esenciales que más se utilizan son los cítricos y mentas”.

7.2.8.4.2. Industria farmacéutica

Se usan en cremas dentales (aceite de menta e hinojo), analgésicos e inhalantes para descongestionar las vías respiratorias (eucalipto y romero). El eucalipto es muy empleado en odontología. Son utilizados en la fabricación de neutralizantes de sabor desagradable de muchos medicamentos naranjas y menta, entre otros (Stashenko, 1998 citado en Valdeverde & Leonardo, 2011).

7.2.8.4.3. Industria de cosméticos

Por tal razón (Stashenko, 1998 citado en Valdeverde & Leonardo, 2011) menciona que: “Esta industria emplea los aceites esenciales en la producción de cosméticos, jabones, colonias, perfumes y maquillaje. En este campo se pueden citar los aceites de geranio, lavanda y rosas (pág. 44).

7.2.8.4.4. Industria de productos de uso veterinario

Según (Stashenko, 1998 citado en Valdeverde & Leonardo, 2011), manifiesta que: “Esta industria emplea el aceite esencial de *Chenopodium ambrosoides* muy apreciado por su contenido de ascaridol, vermífugo. También requiere limoneno y mentol como insecticidas” (pág. 45).

7.2.8.4.5. Desodorantes industriales

Actualmente se ha desarrollado el uso de esencias para disimular el olor desagradable de algunos productos industriales como el caucho, los plásticos y las pinturas. La industria de la pintura emplea limoneno como disolvente biodegradable. También se imparte olor a juguetes. En textiles, como enmascarados de olores en tratamientos con mordientes antes y después del teñido. En papelería, para impregnar de fragancias cuadernos, tarjetas, papel higiénico, toallas faciales (Stashenko, 1998 citado en Valdeverde & Leonardo, 2011).

7.2.8.4.6. Industria tabacalera

Según (Stashenko, 1998 citado en Valdeverde & Leonardo, 2011) manifiesta que: “La industria demanda el mentol para los cigarrillos mentolados” (pág.45).

7.2.8.4.7. Biocidas e insecticidas

De acuerdo a (Stashenko, 1998 citado en Valdeverde & Leonardo, 2011), afirma que: Existen esencias con propiedades bactericidas, como el tomillo, clavo, salvia, mentas, orégano, pino, etc. Otras son insecticidas:

- Contra hormigas: *Mentha spicata* (spearmint), *Tanacetum vulgare*.
- Contra áfidos: ajo, otros *Allium*, coriandro, anís, albahaca.
- Contra pulgas: lavanda, mentas, lemongrass, etc.

- Contra moscas: ruda, citronela, menta, etc.
- Contra piojos: Menthaspicata, albahaca, ruda, etc.
- Contra polilla: mentas, Hisopo, romero, eneldo, etc.
- Contra coleópteros: Tanacetum, comino, ajenjo y tomillo, etc.
- Contra cucarachas: menta, ajenjo, eucalipto, laurel, etc.
- Contra nemátodos: Tagetes, salvia, caléndula, Aspáragus, etc.

7.2.9. Extracción de aceites esenciales

Los aceites esenciales y extractos de plantas se han utilizado desde hace mucho tiempo para obtener aromas y sabores. Con el paso del tiempo se han realizado varios estudios de las diversas especies de plantas para determinar si tienen actividad antimicrobiana, si actúan como agentes antioxidantes o si aportan nutrimentos. La composición de los aceites esenciales y extractos puede variar de acuerdo al método de extracción utilizado. Aunque estas variaciones pueden no ser importantes, son detectables por técnicas sensibles como la cromatografía de gases (Bardales & Farfán, 2018).

7.2.10. Métodos de extracción de aceites esenciales

Por lo tanto (Althea Press, 2020) menciona que “Debido a que las plantas son muy complejas, los aceites esenciales se extraen con varias técnicas diferentes. Todos los métodos son importantes y el valor del producto terminado depende en gran parte de la experiencia del destilador y la aplicación a lo que se destine el aceite”.

7.2.10.1. Destilación

Según (Amaya & Sandoval, 2020) manifiesta que:

La destilación es un método comúnmente utilizado para extraer los aceites esenciales de la mayoría de plantas y consiste en separar por medio del calor sustancias volátiles, relativamente inmiscibles con el agua, de otras más fijas. Los aceites esenciales son una mezcla de compuestos volátiles y durante el proceso de la destilación de vapor, la vaporización del aceite ocurre a una temperatura menor que la del punto de ebullición del agua (pág. 34).

7.2.10.2. Arrastre de vapor

Según (Amaya & Sandoval, 2020), menciona que:

Es el proceso más común para extraer aceites esenciales. Este método se basa en realizar una mezcla de dos líquidos y a través de una vaporización a temperaturas inferiores a las de ebullición de cada uno de los componentes volátiles por efecto de una corriente directa de vapor de agua, el cual ejerce la doble función de calentar la mezcla hasta su punto de ebullición y adicionar tensión de vapor a los componentes volátiles que contiene el aceite esencial (pág. 34).

“Esta técnica funciona para extraer aceites esenciales en general, pero no para extraer todos los ácidos grasos, además algunos compuestos puedan degradarse con la temperatura de vapor provocando que las células y las estructuras vegetales se rompan y se pierdan compuestos esenciales” (Martínez & Zúniga, Extracción de aceite de la semilla de guanábana (*Annona muricata* L) a nivel de laboratorio, aplicando los métodos de extracción soxhlet y arrastre con vapor de agua, 2018).

“El hidrolato se presenta en mayor cantidad y se compone de agua y compuestos solubles volátiles que conservan propiedades olfativas que genera un subproducto con valor agregado en la producción” (Arias, 2019).

7.2.10.3. Hidrodestilación

De acuerdo a (Ruíz, 2020), se menciona que:

La hidrodestilación es una técnica consiste en que el material a extraer se encuentra en contacto con el agua y todo en conjunto se calienta por ebullición y el vapor que sale del balón se conduce a través de un tubo de vidrio hasta el condensador, donde cambia de fase y los vapores resultantes son condensados como en el caso de las sustancias volátiles y posteriormente son separados (pág. 4).

7.2.10.4. Hidrodifusión

Según (Daniel, 2019), afirma que la hidrofusión:

Es un proceso similar a la destilación por arrastre con vapor, pero este método sólo difiere en la forma de entrada de vapor el cual se administra por la parte superior de la materia prima. Este método se utiliza cuando el material ha sido secado y es insensible a la temperatura de ebullición (pág. 17).

7.2.10.5. Extracción por Soxhlet

Por lo tanto, (Azuola & Aguilar, 2007 citado por Perez & Cerda, 2018), menciona que:

La extracción de aceite esencial según el método Soxhlet consta en hacer un lavado consecutivamente la materia vegetal con un solvente, se realiza solo a escala de laboratorio, generalmente consta de un recipiente donde se almacena la muestra a la misma que se le aplica calor y un condensador enfría los gases que fueron generados para que pasen a estado líquido y vuelvan a recircular.

7.2.10.6. Extracción por disolventes

“En el método de disolventes volátiles se deberá tener una muestra seca y molida se pone en contacto con los disolventes orgánicos que pueden ser alcohol u otros más. Estos compuestos llegan a solubilizar la esencia, pero también tendremos sustancias como ceras y grasas” (CCaman, 2019, pág. 34).

7.2.10.7. Hidrodestilación asistida por microondas

“En esta técnica se utiliza un microondas para el proceso de extracción del aceite y de esta manera se genera un menor consumo del disolvente añadido y la protección ofrecida a los componentes termolábiles son algunas de las características atractivas de esta técnica” (Angarita, 2019, pág. 43).

7.2.10.8. Prensado en frío (Expresión)

“El material vegetal es exprimido para liberar el aceite y este es recolectado y filtrado” (Martínez, 2003 citado en Siancas, 2021, pág.29).

Es sin duda el aceite de la más alta calidad alcanzable por cualquier tipo de exprimidor. Esta técnica se aplica comúnmente para extraer los aceites esenciales de las cáscaras de los cítricos como: limón, lima, naranja (Siancas, 2021, pág. 29).

7.2.10.9. Extracción por fluidos supercríticos

Según (Román et al., 2016 citado por Vega, 2019), manifiesta que:

Consiste en utilizar como material de arrastre sustancias químicas en condiciones especiales de temperatura y presión. El material vegetal se corta en trozos pequeños, se licua y se empaca en una cámara de acero inoxidable por donde se hace circular un líquido supercrítico. Los aceites esenciales se solubilizan y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor se elimina por descompresión progresiva hasta alcanzar la presión y temperatura ambiente. Finalmente se obtiene un aceite puro.

7.2.10.10. Enfleurage

Según (Hidalgo & Romero, 2017), afirma que:

En esta técnica se emplean grasas vegetales y animales. Para ello se cubre con las grasas absorbentes a las hojas de las plantas y después de unos días, estas grasas absorben la esencia, que luego al ser sumergidas en alcohol es fácil conseguir la separación de la grasa con el aceite esencial que se ha obtenido. Es utilizada generalmente para la extracción de algunas plantas como rosas y jazmines.

7.2.11. Ventajas y desventajas del método de extracción por arrastre de vapor.

Según (Quispe & Taco, 2018), mencionan que: “La extracción por arrastre de vapor es un método que presenta varias ventajas y desventajas al ser utilizado para extraer los aceites esenciales de las diversas plantas tanto de sus hojas, tallos y flores”.

- **Ventajas**

Según (Arévalo & Sánchez, 2021), manifiestan que:

- a) La extracción por arrastre de vapor es un proceso de extracción muy limpio que asegura un producto de buena calidad.
- b) Se requiere de instalaciones básicas de herrería para la construcción y mantenimiento del equipo.
- c) Método industrial y de laboratorio.
- d) Buenos rendimientos en aceite extraído.

- e) Obtención del aceite puro, libre de solvente.
- f) Bajo costo y tecnología no sofisticada.

- **Desventajas**

Según (Véliz et al., 2019), afirman que: “Su principal inconveniente es la alta temperatura de operación, que lo hace inapropiado para aquellos aceites esenciales con componentes sensibles al calor”.

7.2.12. Factores que influyen en la extracción por arrastre con vapor

Según (Quispe & Taco, 2018), manifiestan que: “En la extracción de aceite esencial existen factores que puedan afectar el proceso en el rendimiento de la extracción de aceite esencial y la calidad del mismo”.

- Factor de empaquetamiento y tiempo de extracción
- Humedad del rizoma y forma de corte
- Presión de vapor y temperatura de extracción.

7.2.13. Cinética extracción por arrastre de vapor

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

- 1º Forma Rendimiento= cantidad de aceite obtenido/cantidad de materia vegetal usada.
- 2º Forma Rendimiento= Cantidad de energía utilizada/cantidad de aceite obtenido

La primera forma de rendimiento es considerada “rendimiento del proceso de extracción”, el cual se define como el volumen de aceite obtenido por la cantidad de materia prima utilizada (Bampouli, 2014) algunas veces, la ecuación se calcula en masa o en volumen como se muestra en las siguientes ecuaciones del % de rendimiento (Armijo et al., 2012 citado en Cordova & Velasquez, 2021, pág.26).

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{g. \text{ de aceite esencial obtenido}}{g. \text{ de materia prima utilizada}} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

7.2.14. Caracterización química de los aceites esenciales

Según (Labrada et al., 2018), “Los aceites esenciales son mezclas complejas constituidas por hidrocarburos de la serie polimetilénica, del grupo mono y sesquiterpenos, junto a otros compuestos oxigenados, tales como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos, ésteres y óxidos”.

De acuerdo a (Mendoza, 2020), “La actividad antimicrobiana de los aceites esenciales se debe a la presencia de compuestos fenólicos como el carvacrol, timol, eugenol, etc. Los aceites esenciales con mayor actividad antimicrobiana son aquellos en los que la proporción de compuestos fenólicos es mayor”.

Según (Daglia, 2012 citado en Barriga, 2020), “La capacidad antioxidante de los fenoles se debe a la reactividad del grupo fenol. Los CF tienen propiedades potenciales saludables para el organismo humano, principalmente como antioxidantes, agentes antimicrobianos, también tienen actividad antibacteriana, antiviral y antifúngica”.

7.2.14.1. Cromatografía de gases

Según (Cermeño, 2021), “Se emplea cuando los componentes de la mezcla problema son volátiles o semi-volátiles y térmicamente estables a temperaturas de 350-400 grados Celsius. Es una técnica separativa que tiene la cualidad de conseguir la separación de mezclas muy compleja”.

7.2.14.2. Espectrometría de masas

La espectrometría de masas puede identificar de manera casi inequívoca cualquier sustancia pura, pero normalmente no es capaz de identificar los componentes individuales de una mezcla sin separar previamente sus componentes, debido a la extrema complejidad del espectro obtenido por superposición de los espectros particulares de cada componente (Cermeño, 2021).

7.2.14.3. Cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas

Según (Cermeño, 2021) menciona que: “La asociación de las dos técnicas, cromatografía de gases (GC), y espectrometría de masas (MS), da lugar a una técnica combinada GCMS que permite la identificación inequívoca de los componentes de los aceites esenciales”

7.2.15. Actividad antimicrobiana

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

- **Carácter hidrófilo, hidrófobo:** Se da una alteración y penetración en la estructura lipídica de la pared celular provocando desnaturalización y muerte de la célula.
- **Compuestos químicos:** Actúan como agentes, interviniendo en la translocación de protones y la fosforilación de ATP.
- **Tipo de organismo al que ataca:** Las bacterias gran negativas poseen mayor susceptibilidad que las Gran positivas in- vitro.

Las metodologías para determinar la actividad antimicrobiana de extractos de plantas son muy variadas, sin embargo, siempre aportan información muy valiosa para la búsqueda preliminar de compuestos con propiedades antimicrobianas. Es importante tomar en cuenta los factores que pueden causar variaciones en los resultados, de ahí la importancia de la estandarización de los métodos y la recomendación es evaluar la actividad antimicrobiana por métodos ya estandarizados (Sánchez et al., 2016).

Es importante tomar en cuenta los factores que pueden causar variaciones en los resultados, de ahí la importancia de la estandarización de los métodos y de las recomendaciones realizadas en métodos ya estandarizados. Las condiciones específicas utilizadas durante el desarrollo del método aseguran la reproducibilidad de los resultados, que son de suma importancia para evaluar la actividad antimicrobiana. Hay que considerar algunos factores que son decisivos para obtener resultados reproducibles y exactos, desde el método de extracción, solventes utilizados, medios de cultivo, cantidad de inóculo, uso correcto de controles; esto nos permitirá descartar algunos errores sistemáticos durante la realización de las evaluaciones que pudieran arrojar falsos positivos o negativos (Sánchez et al., 2016).

7.2.16. Actividad antioxidante

Según (Granados et al., 2013), “Los antioxidantes son todas las moléculas para retardar o prevenir la oxidación para estabilizar algún componente biológico. Existen tipos de oxidantes que pueden ser utilizados in situ (endógenos) y los que se pueden ingerir mediante la dieta (exógenos)”. Según (Torrenegra, 2014), afirma:

Al destruirse el radical libre, el antioxidante se oxida; debido a ellos se debe restaurar constantemente. Los principales mecanismos de acción son: el primero, el antioxidante primario que dona un electrón al radical lipídico y producen derivados de lípidos y radicales antioxidantes más estables, el segundo, el antioxidante secundario, que frenan la velocidad de oxidación de distintas formas, a menudo como sinergias de antioxidantes, como ácido, cítrico, ácido ascórbico, lecitina.

Los antioxidantes primarios comúnmente utilizados en la industria alimenticia son aquellos de síntesis químicas como Hidroxianisol butilado (BHA), el Hidroxitolueno butilado (BHT), Galato de propilo (PG) y el terbutil hidroquinona (TBHQ). Entre los antioxidantes naturales de los alimentos son categorizados como primarios se encuentran los tocoferoles, los carotenoides y los compuestos fenólicos (Astudillo, 2014) . Los métodos para la determinación de actividad antioxidante son variados debido a la suma de las capacidades antioxidantes de cada componente y del microambiente del compuesto, siendo los más aplicados por su estabilidad frente a los efectos sinérgicos o inhibitorios que se puedan producir el DPPH y ABTS (Martínez et al., 2015).

La capacidad antioxidante definida como el potencial de neutralizar a las especies reactivas del oxígeno y del nitrógeno (ROS y NOS) tiene como resultado la protección al daño celular promovido por dichas especies reactivas. Las plantas con dicha capacidad han ido en incremento en las últimas décadas dados los beneficios que aportan, se ha demostrado que las moléculas con capacidad antioxidante además guardan un vínculo estrecho con otras actividades biológicas de importancia, como lo son antitumorales, anticancerígenas, antimicrobianas, antiinflamatorias, antidiabéticas, entre otras; por lo que su aislamiento y estudio son de gran importancia para la industria farmacéutica, cosmetológica y alimentaria. Dentro los principales protocolos para la determinación de dicha capacidad podemos mencionar la neutralización del radical DPPH•+, ABTS•+, AAPH•+, ORAC, así como los análisis de reducción de diferentes especies químicas como el método CUPRAC (Cupric ion reducing antioxidant capacity) el método FRAP (Ferric ion Reducing Antioxidant Power) (Leos et al., 2016).

7.3. Marco conceptual

Antioxidante: Son moléculas que tienen la capacidad de retardar o prevenir la oxidación.

Antimicrobiano: Sustancias que reducen la presencia microorganismo, como bacterias y hongos.

Actividad antioxidante: Cantidad que tiene una sustancia para retrasar la degradación oxidativa.

Actividad antimicrobiana: Capacidad que tiene un compuesto para reducir o eliminar bacterias.

Flavonoides: Estos metabolitos se hallan distribuidos ampliamente en las plantas y en algunos alimentos. El alto contenido en PF, particularmente de flavonoides, ha correlacionado positivamente con la capacidad de ciertas plantas para eliminar radicales libres e inhibir enzimas prooxidantes y han sido situados como los antioxidantes más abundantes proporcionados por la dieta humana (Valencia et al., 2017).

Cetonas: (Ramírez, 2019) afirma que : “Son compuestos que contienen en su estructura el grupo carbonilo, en cualquier posición excepto en los extremos”.

Alcaloides: Compuesto orgánico nitrogenado que producen algunas plantas son metabolitos secundarios que se sintetizan mediante aminoácidos.

Composición química: Sustancias que se encuentran presentes en una determinada muestra y las cantidades en las que se encuentran.

Aceite esencial: Son concentrados de la materia prima, volátiles, olorosos que son obtenidos de raíces, tallos, hojas y flores de las plantas.

Limoneno: Sustancia natural que es extraído de las cascaras de cítricos.

CMI: Concentración mínima inhibitoria, es la concentración más baja de un antimicrobiano que inhibe el crecimiento de un microorganismo después de su incubación.

Cepas de referencia: Son microorganismos que pueden ser nacionales o internacionales que son categorizados y tienen un origen ya conocido.

Cromatografía de gases: Procedimiento químico que separa una mezcla o sustancia en sus componentes individuales mediante una fase móvil y una fase estacionaria.

FRAP: Poder antioxidantes reductor de hierro (Ferric Reducing Antioxidant Power) , se fundamenta en la reducción del hierro férrico Fe^{+3} hasta formar Fe^{+2} .

ABTS: (2,2'- azino – bis (3 –ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid), método que evalúa la actividad antioxidante equivalente Trolox (TEAC).

8. VALIDACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

H₀= La relación masa/disolvente y tiempo no influyen significativamente en el rendimiento de la extracción del aceite esencial de ruda.

H_a= La relación masa/disolvente y tiempo influyen significativamente en el rendimiento de la extracción del aceite esencial de ruda.

Una vez realizada la optimización de la extracción del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) mediante el diseño experimental superficie de respuesta y la aplicación de un modelo matemático lineal se determina que la relación masa/disolvente y tiempo si influyen significativamente en el rendimiento por lo cual se acepta la hipótesis alternativa y se rechaza la hipótesis nula.

9. METODOLOGÍA / DISEÑO EXPERIMENTAL

9.1. Metodología

Para realizar el proyecto de investigación se tomó en cuenta los tipos de investigación: cuantitativa, experimental, bibliográfica, descriptiva y tecnológica. Los métodos de investigación son: deductivo, inductivo y científico. La técnica utilizada es la observación.

9.1.1. Tipos de investigación

9.1.1.1. Investigación cuantitativa

“Es aquella en la que los propios investigadores establecen notables niveles de control sobre los diversos componentes del proceso investigativo que ejecutan y sobre la presentación de los resultados que alcanzan” (Fernández, 2010).

Se utilizó esta investigación en la optimización de extracción del aceite esencial de ruda debido a que se empleó un modelo matemático y estadístico. Además, se realizó la cuantificación de la composición química y la determinación de la capacidad antioxidante y antimicrobiana.

9.1.1.2. Investigación experimental

“La investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente” (Ramos, 2021).

La investigación experimental fue aplicada en el desarrollo de un diseño experimental superficie de respuesta en el programa Design Expert 8.0.6, en el que se utilizó el modelo matemático lineal para determinar las condiciones óptimas de extracción de aceite esencial de ruda.

9.1.1.3. Investigación bibliográfica

Etapas de la investigación académica en la que se explora varias fuentes académicas para conocer más sobre un determinado tema (Ramos, 2021).

En la presente investigación se ocupó conocimientos teóricos mediante la búsqueda bibliográfica en libros, revistas, artículos científicos, documentos y sitios web para la investigación de la materia prima estudiada, métodos de extracción de aceites esenciales, composición química de la especie y los demás análisis realizados al aceite esencial de ruda.

9.1.1.4. Investigación descriptiva

En las investigaciones de tipo descriptiva, llamadas también investigaciones diagnósticas, buena parte de lo que se escribe y estudia sobre lo social no va mucho más allá de este nivel. Consiste, fundamentalmente, en caracterizar un fenómeno o situación concreta indicando sus rasgos más peculiares o diferenciadores (Morales, 2018).

Se realizó la descripción de los componentes químicos, capacidad antioxidante y antimicrobiana presentes en el aceite esencial de ruda. Además, la descripción del procedimiento que conlleva la extracción del aceite esencial que han sido interpretados en los resultados.

9.1.1.5. Investigación tecnológica

“Esta investigación tiene como finalidad la invención de artefactos o de procesos con el objeto de ofrecerlos al mercado y obtener un beneficio económico y es esencialmente experimental” (Sánchez, 2004).

Uno de los objetivos de la investigación son la optimización de la extracción del aceite esencial de ruda para lo cual se utilizó un equipo de destilación e implementos y equipos de laboratorio.

9.1.2. Métodos

9.1.2.1. Método deductivo

“En el enfoque deductivo, el investigador explica las reglas gramaticales para que los alumnos después puedan practicar individual y mecánicamente este campo de la gramática. Es decir, con el punto de partida de la regla se crean ejemplos nuevos” (Gabrielsson, 2012).

En el proyecto de investigación se aplicó este método en la experimentación de la extracción de aceite esencial ya que se determinó el rendimiento en relación de masa/ disolvente y el tiempo en la que se debe realizar la extracción de aceite esencial de ruda.

9.1.2.2. Método inductivo

(Gabrielsson, 2012) menciona que: “El método inductivo va de los ejemplos (lo individual) hasta las reglas (lo general)”.

En la investigación se utilizó este método debido a el planteamiento de las hipótesis (Hipótesis nula y alternativa), es así que se realizó la observación y experimentación para llegar a una conclusión.

9.1.2.3. Método científico

“El método científico tiende a reunir una serie de características que permiten la obtención de nuevo conocimiento científico. Es el único procedimiento que no pretende obtener resultados definitivos” (Asensi & Parra, 2002).

El método científico se empleó en el procedimiento de extracción de aceite esencial ya que se generó una adquisición de nuevos conocimientos y la comprobación de los mismos.

9.1.3. Técnicas de investigación

9.1.3.1. Observación

(Crotte, 2011) afirma que: “La técnica de observación es un proceso cuya función primera e inmediata es recoger información sobre el objeto que se toma en consideración”.

Esta técnica fue aplicada en la observación del procedimiento de la extracción de aceite esencial de ruda y en el desarrollo de los análisis de capacidad antioxidante y antimicrobiana.

9.2. Materiales y equipos

9.2.1. Materia vegetal

- Ruda (*Ruta graveolens*)

9.2.2. Equipos

- Cromatógrafo de gases con espectrometría de masas (GC-MS) en un equipo Agilent Technologies 5975 inert XL MSD with Triple- Axis Detector
- Destilador por arrastre de vapor “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China)
- Espectrofotómetro GENESYS 20 Modelo 4001/4j
- Incubador Biocell modelos M345
- Estufa universal por convención UN30
- Balanza analítica (0,0001g)
- Micropipeta automática 100-1000µl Microlit
- Equipo con trampa Clevenger

9.2.3. Instrumentos de laboratorio

- Frascos ámbar 10 ml
- Vasos de precipitación 50 ml
- Vaso de precipitación 500 ml
- Matraz Erlenmeyer 500 ml
- Matraz Kitasato
- Balón aforado de vidrio 50 ml
- Balón aforado de vidrio de 100 ml
- Puntas transparentes 10 a 200 µl
- Pipeta volumétrica de vidrio 10 ml
- Rejilla de asbesto con trípode.
- Tubos de ensayo con rosca de 5 ml
- Tubos de ensayo con rosa de 10 ml
- Probeta de 100 ml
- Pinza metálica

- Gradilla
- Asas de Digralsky
- Varilla de agitación
- Papel filtro
- Papel aluminio

9.2.4. Reactivos

- Acetato de sodio
- Cloruro férrico
- Ácido acético
- Sal de Mohr
- Carbonato de sodio
- Ácido clorhídrico
- Ácido gálico
- Folling
- Agua destilada
- Etanol 99.8%
- Trolox grado analítico
- Sulfato de sodio
- Reactivo TPTZ (2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride)
- Reactivo ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid diammonium salt)
- *Salmonella entérica* U822s
- *Staphylococcus aureus* ATTC25923
- *Listeria monocytogenes* ATTC 19115
- *Escherichia coli* ATTC25922
- *Bacillus cereus* ATTC 10876
- *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145
- Agar Salmonella Shiguella
- Agar Baird Parker
- Agar nutritivo

- Agar Macconkey
- Agua peptonada

9.3.Determinación de la humedad

El análisis de humedad se llevó a cabo en los laboratorios de la Universidad Técnica de Cotopaxi con el uso del equipo de secado Estufa Universal por convención UN30 a una temperatura de 65 °C por 48 horas.

- El primer paso que se realizó fue la clasificación de la materia vegetal.

Figura 2. Clasificación de materia vegetal para determinación de humedad



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

- Se pesó dos muestras de 10 gramos (flores y hojas de la ruda) y se colocó en un recipiente de papel aluminio.

Figura 3. M1 y M2 (10 gramos) de flores y hojas de ruda



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

- Se introdujo en el equipo y se dejó el tiempo antes mencionado

Figura 4. Secado de hojas y flores de materia vegetal



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

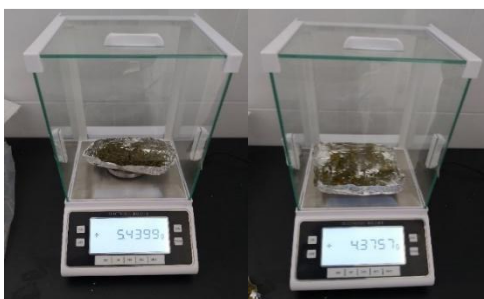
- Finalmente se retiró las muestras y se pesó la muestra seca en el recipiente.

Figura 5. Muestras secas



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Figura 6. Pesado de muestras secas



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

- Una vez obtenido los valores se calculó la humedad mediante la siguiente fórmula:

$$\%H = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} \times 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde:

%H= Porcentaje de humedad.

A= Peso de capsula seca limpia.

B=Peso de capsula + muestra.

C= Peso capsula + muestra seca.

9.4. Descripción de la extracción de aceite esencial**9.4.1. Recepción de materia vegetal (ruda)**

La recepción de la planta en estado fresco fue realizada de manera manual y se la receptó de sembríos de la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, parroquia San Buenaventura, barrio San Silvestre.

Figura 7. Recepción de materia vegetal (ruda)



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.4.2. Clasificación de materia vegetal

Una vez recolectada la materia prima se clasificó la que se encontraba en mejores condiciones, las hojas, flores y tallos tomando en cuenta que no contengan tierra, insectos, grietas en hojas, y que toda la planta se encuentre en estado fresco.

Figura 8. Clasificación de materia vegetal



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.4.3. Limpieza de materia vegetal

La materia vegetal se sometió a un lavado en una solución acuosa de hipoclorito de sodio al 0,1%.

Figura 9. Limpieza de materia vegetal



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.4.4. Pesado de materia vegetal

Una vez clasificada la materia vegetal se procedió a pesar la materia prima para colocar en el equipo destilador por arrastre de vapor “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China).

Figura 10. Pesado de materia vegetal



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.4.5. Extracción de aceite esencial de ruda

Se colocó materia vegetal fresca y disolvente (agua destilada) en el destilador “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China) a una temperatura de 110°C, con las siguientes condiciones operativas: Tiempo (A) 60, 105 y 150 min y relación de masa/disolvente (B) (1:3; 1:4; 1:5 kg/l), la temperatura del proceso se mantuvo en función a la temperatura de ebullición del agua mientras que el vapor que se fue generando entro en contacto con la materia prima y comenzó a liberar

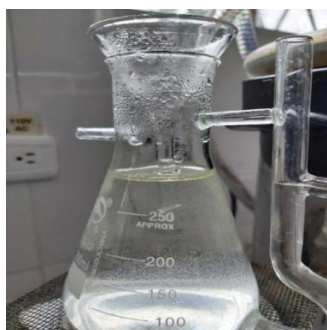
aceite esencial contenido, cabe recalcar que el proceso de extracción empieza en el momento en que cae la primera gota de aceite. Los factores A y B fueron seleccionados de acuerdo a las bibliografías de extracción de aceites esenciales. Se preparó un total de 5000 ml de la disolución de extracción para cada ejecución experimental de esta manera se obtuvo la mezcla de hidrolato y aceite esencial la cual fue posteriormente separada.

Figura 11. Proceso de extracción



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Figura 12. Obtención de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*)



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.4.6. Separación del aceite esencial de ruda

El aceite esencial se separó con un equipo de vidrio con un equipo de trampa de Clevenger, luego se añadió de 2 g sulfato de sodio por media hora, se decantó y filtró la muestra.

Figura 13. Separación de aceite esencial de ruda



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.4.7. Almacenamiento

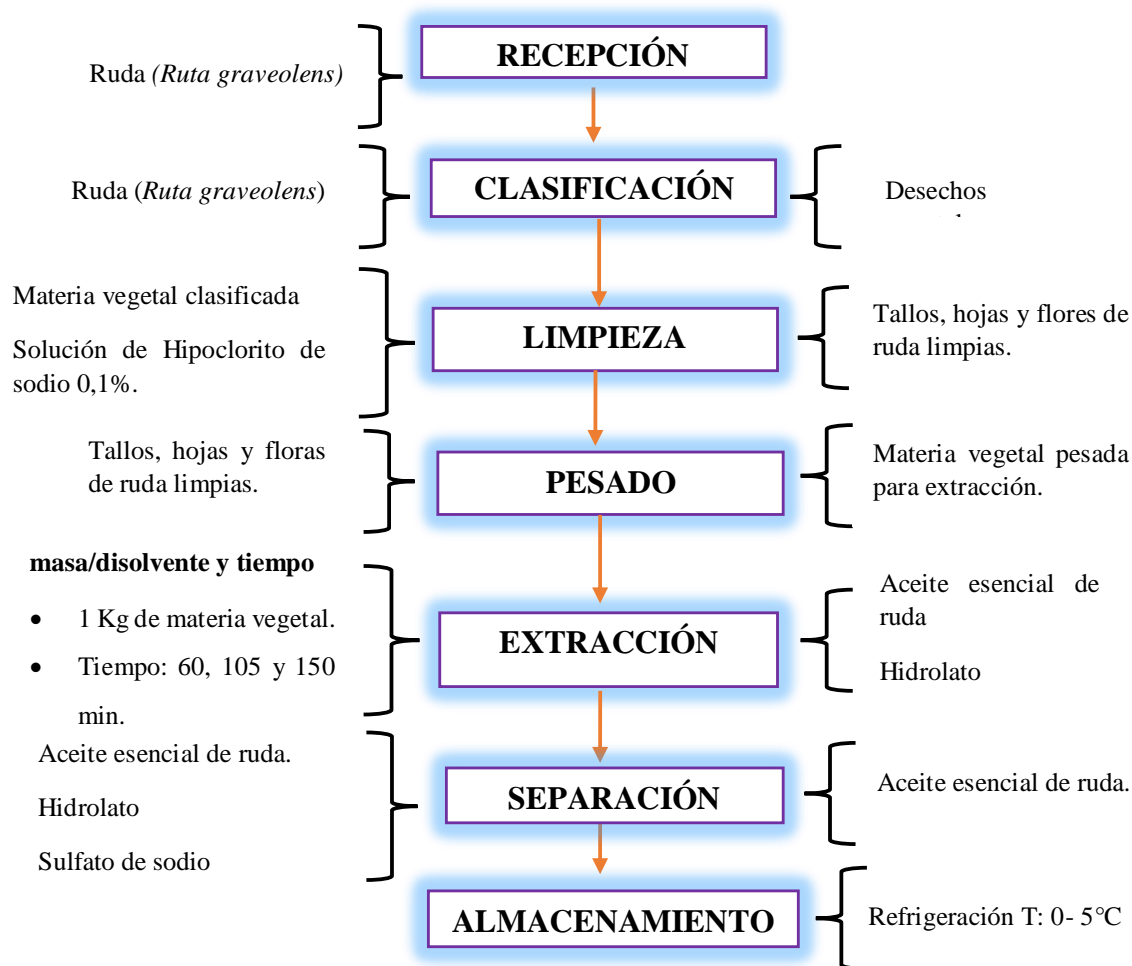
El aceite esencial se envasó en frascos ámbar de con capacidad de 10 ml y se almacenó en refrigeración a una temperatura de 0 a 5°C.

Figura 14. Almacenamiento de aceite esencial de ruda



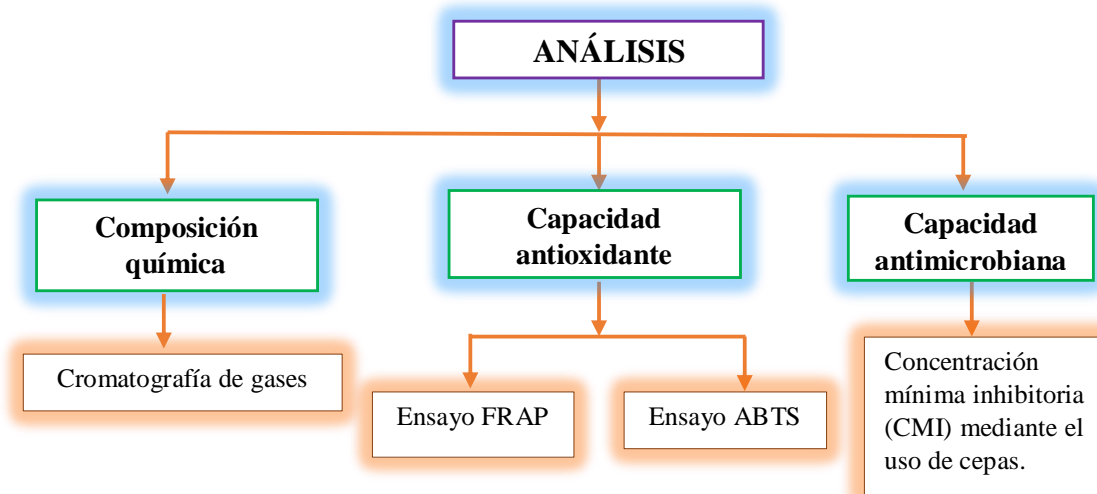
Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.5. Diagrama de flujo de la extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*)



Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

9.6. Caracterización del aceite esencial de ruda



9.7. Composición química

La determinación de los componentes químicos del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) se realizó mediante cromatografía de gases / espectrómetro de masa (GC/MS): utilizando un cromatógrafo de gases de marca Agilent Technologies, Modelo: 7890A GC System acoplado a un detector selectivo de masas 5975C inert XLMSD with Triple-Axis Detector.

Según la metodología aplicada por (Andrade & Tapia, 2020) describe los siguientes pasos para realizar el análisis de cromatografía

Temperatura del inyector: 240°C

- Se añadió 1 ml de solución de patrón interno (ácido C13:0, a 10 mg. ml en metanol), y 3 ml de cloruro de acetilo al 10 % (v/v) en metanol.
- Se cerró el tubo de ensayo y se llevó a 85 °C (2 h), aplicando agitación discontinua.
- Se enfrió y se añadieron 4 ml de hexano y 4 ml de agua destilada.
- Se adicionaron 4 ml de etanol.
- Se agitó de manera manual por unos segundos.
- Se colocó una alícuota de 3 ml de la fase orgánica en otro tubo de ensayo, en el que se adicionaron 4 ml de hexano, 4 ml de hidróxido de sodio y 1 ml en metanol.
- Se cerró y agitó (15 min).
- Se adicionaron 4 ml de agua destilada y nuevamente se agitó (15 min).
- Se dejó en reposo.

- Se transfirió una alícuota de 2 ml hacia un vial de 4 ml de capacidad, del que se tomaron 60 ml.
- Se diluyeron en 1,5 ml de hexano para el respectivo análisis.

9.8. Capacidad antioxidante de aceite esencial de *Ruta graveolens*

9.8.1. Ensayo FRAP

En la determinación de la actividad antioxidante se aplicará el método FRAP propuesto Benzie y Straind (1996) que consiste en medir la capacidad para reducir el hierro férrico a ferroso.

Según (Gavilanez, 2020) menciona que: a un pH bajo se coloca en el medio de reacción el complejo Fe^{3+} -TPTZ, este complejo en presencia de agentes reductores se reduce a Fe^{2+} -TPTZ que desarrolla un color azul intenso con un máximo de absorción a 593 nm.

El reactivo FRAP está compuesto por 0,0078 g de 2,4,6-tri (2-piridil)-1,3,5-triazina.

- Para preparar el reactivo FRAP se utilizó buffer acetato 300 ml (pH= 3,6), ácido acético y 20 mm de cloruro férrico ($FeCl_3 \cdot 6H_2O$).
- Se prepararon 4,6-tripiridils-triazina (TPTZ) 10 mm en 40 mm de HCl y se disolvió totalmente.
- 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, en la cual se le añadió 0,3 ml de reactivo
- Se incubó a 37 °C durante 15 minutos.
- Para la determinación se tomaron 10 μ L del extracto de la muestra y se añadieron en un tubo de ensayo de 10 ml de capacidad.
- Se adicionaron 1,5 ml del reactivo FRAP, se atemperó a 37 °C durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 593 nm en una relación con blanco de reactivo.
- La capacidad antioxidante total de las muestras se determinó frente a un patrón de FRAP conocido como sulfato ferroso y por reducción de hierro conocido como método FRAP.

9.8.2. Ensayo ABTS

Este método se fundamenta en la cuantificación de la decoloración del radical ABTS⁺, debido a su reducción a ABTS por la acción de antioxidantes. El radical catiónico ABTS⁺ es un cromóforo verde azulado que absorbe a una longitud de onda de 734 nm y se genera por una reacción de oxidación del ABTS (2,2'-azino-bis- (3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) con

persulfato de potasio. De esta manera el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical ABTS⁺ está determinado en función a la concentración (Rioja et al., 2018).

- El radical ABTS⁺ se formó tras la reacción de 7,7 mm de ABTS con 2,45 mm de persulfato potásico (concentración final).
- Las muestras fueron incubadas entre 2-8 °C y en oscuridad durante 12-16 h.
- Una vez formado el radical ABTS⁺ se diluyó con etanol hasta obtener una absorbancia de $0,7 \pm 0,05$ a 734 nm.
- A un volumen de 190 µL de la dilución del radical ABTS se le adicionaron 10 µL de la muestra de AE.
- Se incubó a temperatura ambiente durante 5 minutos; después se determinó espectrofotométricamente la desaparición del radical ABTS a 734 nm en el equipo GENESYS 20 Modelo 4001/4j.
- Se utilizó ácido ascórbico (4 µg/mL) como control positivo de captación de los radicales ABTS (Pajaro et al., 2018).

9.9. Capacidad antimicrobiana de aceite esencial de *Ruta graveolens*

Se valoró el efecto del aceite esencial de ruda sobre 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.

9.9.1. Determinación de las concentraciones mínimas inhibitorias (CMI)

9.9.1.1. Método de dilución en tubos

Según (Fon-Fay et al., 2017), este análisis se realizó de la siguiente manera:

- Se realizó un cultivo de la cepa probada por un lapso de 12h.
- 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: 0; 0,2; 0,5; 1; 3; 5.
- Se procedió a añadir 10 µl de cada cepa.
- Se desarrolló una incubación de 24 h a 37 °C.
- En tubos de ensayo se pusieron en contacto 1 ml de las diluciones del aceite esencial con 1 ml del inóculo microbiano (10⁶ ufc/mL suspendidos en caldo Mueller Hinton).
- Los tubos se incubaron a 32 ± 2 °C (bacterias) y a 25 ± 1 °C (hongos) durante 24 h.
- Transcurrido este tiempo, se sembró 1ml del contenido de los tubos, empleando medios apropiados para el crecimiento de cada microorganismo y se incubaron a las temperaturas referidas anteriormente.
- La CMI se determinó como la menor concentración del aceite esencial capaz de inhibir el crecimiento microbiano.

9.10. Diseño experimental

En la optimización de la extracción del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*), el diseño aplicado es de superficie de respuesta mediante el uso del programa Desing expert 8.0.6. De esta manera se estableció 17 corridas utilizando los factores de masa/disolvente (1.1:3 kg/l ;2. 1:4 kg/l ;3. 1:5 kg/l) y el tiempo (60, 105 y 150 min), para ello se aplicó un modelo matemático lineal.

Tabla 2. Detalle del diseño experimental aplicado

Factores	Nomenclatura	UM	Tipo	Subtipo	
Tiempo	A	min	Numérico	Discreta	60
					105
					150
Relación masa/disolvente	B	kg/l	Numérico	Discreta	1:3
					1:4
					1:5

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Tabla 3. Representación de las corridas experimentales

Corrida	Tiempo (min)	Relación material/agua destilada	Rendimiento (%)
1	60	3	0.12
2	150	1	0.13
3	60	3	0.12
4	150	2	0.13
5	105	1	0.12
6	105	3	0.14
7	105	3	0.13
8	150	1	0.12
9	60	2	0.12
10	60	1	0.10
11	105	3	0.13
12	150	3	0.15
13	105	2	0.13
14	105	2	0.12
15	105	1	0.12
16	150	3	0.14
17	60	1	0.10

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Modelo lineal: 1. 1:3; 2. 1:4; 3. 1:5

9.11. Variables en estudio

Tabla 4. Descripción de las variables en estudio

Variable dependiente	Variable independiente	Indicadores	Dimensiones
Aceite esencial de ruda (<i>Ruta graveolens</i>)	Masa / Disolvente	Optimización de la extracción	• Rendimiento %
		Composición química	• Cromatografía de gases
		Capacidad antioxidante	• Ensayo FRAP • Ensayo ABTS

Tiempo	Capacidad antimicrobiana	Uso de cepas: <i>Salmonella entérica</i> U822s, <i>Staphylococcus aureus</i> ATTC25923, <i>Listeria monocytogenes</i> ATTC 19115, <i>Escherichia coli</i> ATTC25922, <i>Bacillus cereus</i> ATTC 10876, <i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATTC10145.
--------	--------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1. Humedad de la ruda (*Ruta graveolens*)

De acuerdo a la aplicación de la fórmula de la humedad se obtuvo los siguientes resultados:

Tabla 5. Determinación de la humedad de la ruda

HUMEDAD DE LA RUDA		
Porcentaje de humedad de las muestras		Humedad final
Muestra 1	Muestra 2	
70,60%	71,84%	71,22%

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la tabla 5 se muestran los valores en porcentaje de la muestra 1 con un valor de: 70,60% y muestra 2: 71,84%. Es así que se determinó un valor final de 71,22% de humedad de la materia

vegetal. Valores idénticos se encontraron en la investigación de (Naveda, 2010) en la que se menciona que: “La determinación de humedad de la ruda realizó por un tiempo de 6 horas y a una temperatura de 80°C, de esta manera se determinó un valor de 73,8°C ± 0,6%”.

10.2. Optimización de extracción de aceite esencial de ruda

Para la evaluación numérica del proceso de extracción de aceite esencial de ruda se emplearon parámetros ya evaluados (relación de masa/disolvente y el tiempo) con lo cual se determinó el rendimiento.

Tabla 6. Descripción de los indicadores y porcentaje de rendimiento

Indicador	Rendimiento %
Intercepto	0,12
X_{RMA}	0,009*
X_{TIE}	0,011*
R^2	0,9261
R^2 ajustado	0,909
R^2 predicho	0,8683
F modelo	54,29*
F falta de ajuste	172,18
Precisión adecuada	5,25

Nota: Tabla generada por el programa Desing expert 8.0.6 con los datos experimentales

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

X_{RMA} : relación masa/agua

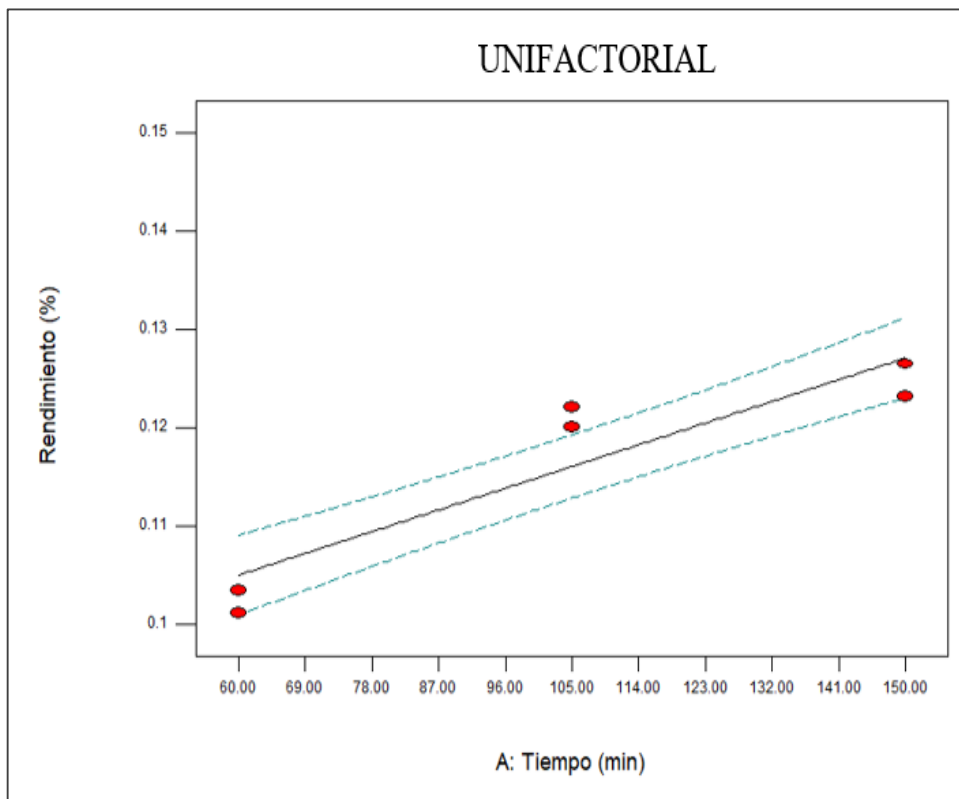
X_{TIE} : tiempo de extracción

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

En la tabla 6 se determinaron los parámetros establecidos para la optimización de extracción de aceite esencial de ruda en el cual se adaptó a un modelo lineal, es así que se determinó que X_{RMA} (relación masa/disolvente), X_{TIE} (tiempo) y F modelo tienen signo positivo, resultaron significativos debido a que los dos factores tienen influencia en el rendimiento de la extracción. En cuanto al coeficiente de correlación R^2 indica que existe un nivel de confianza de 92,61% lo

cual garantiza que el modelo tiene una linealidad correcta ya que se encuentra por encima del rango establecido 90%.

Figura 15. Modelo del rendimiento y tiempo (min)



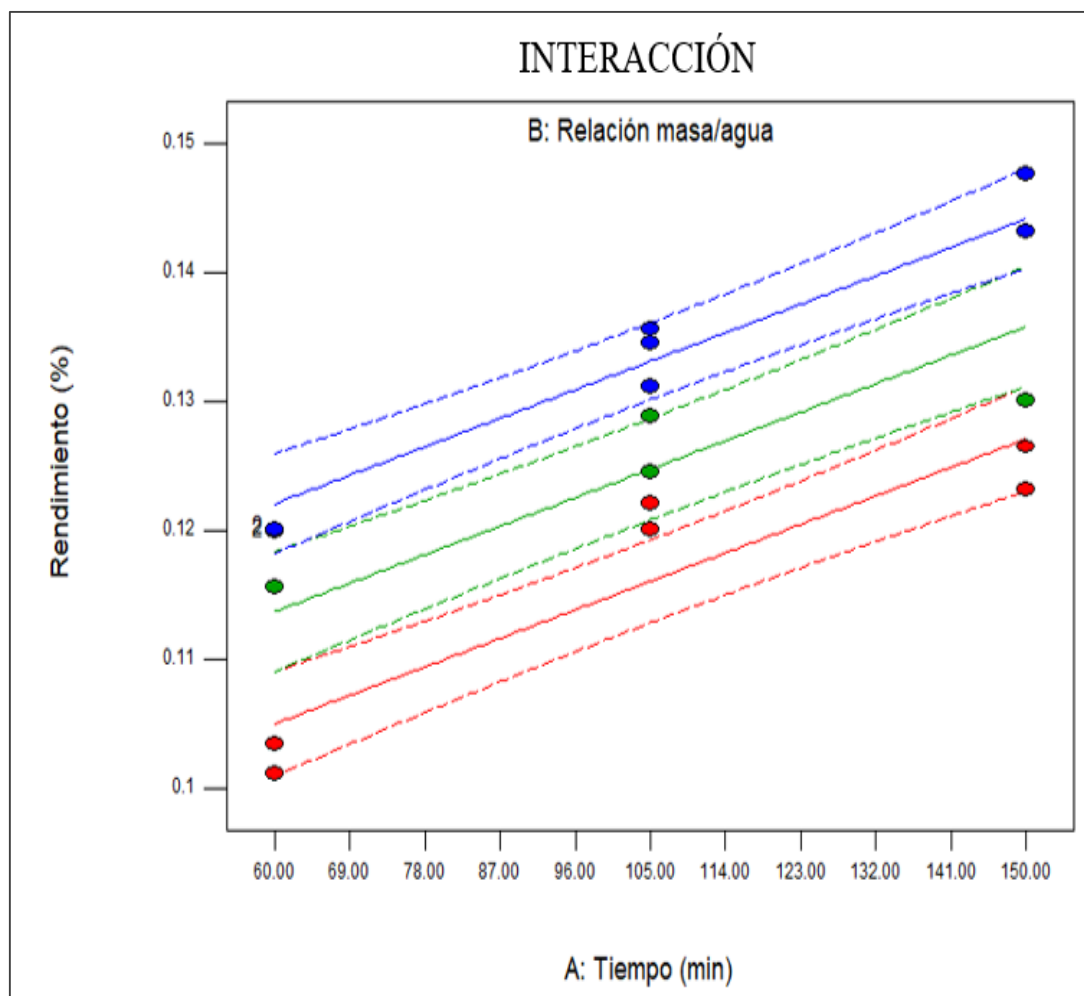
Nota: Figura generada por el programa Desing expert 8.0.6 con los datos experimentales

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la figura 15 se detecta que existe proporcionalidad directa debido a que conforme aumenta el tiempo se incrementa el rendimiento, alcanzando un valor de 150 min y 0,12% respectivamente.

El tiempo real para la extracción de la materia prima fue de 3 horas, utilizando 6 kg de material y 4 l de agua. Una vez que el equipo se puso en marcha se logra extraer el aceite esencial en los primeros 30 min la mayor cantidad. Se recomienda que el proceso esté entre 3 a 4 horas en el caso del aceite esencial de ruda (Ramón, 2020). Por otra parte (Acevedo et al., 2013), mencionan que: “Se realizó con 1 kg de material fresco de hojas de *O. vulgare*, depositarlo en un recipiente de acero inoxidable, al que se le añadieron 2 l de agua destilada, con un tiempo de extracción de 120-180 min”.

Figura 16. Interacción del modelo de rendimiento. Relación masa/ disolvente y tiempo

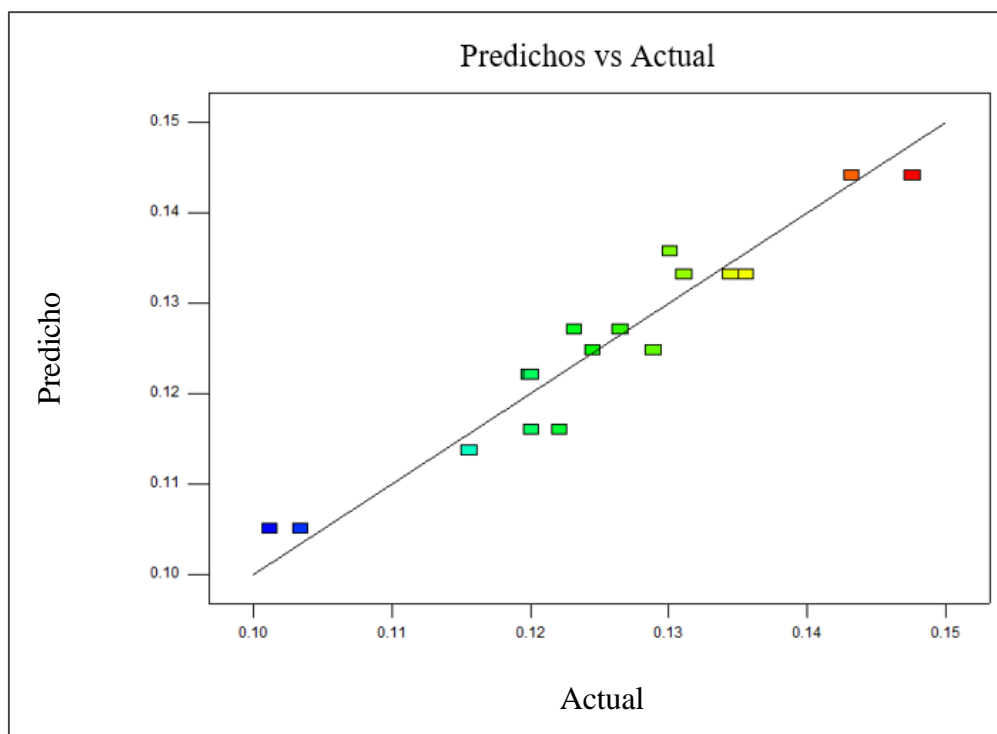


Nota: Figura generada por el programa Desing expert 8.0.6 con los datos experimentales.

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la figura 16 se identifica la interacción que existe entre el tiempo y la relación masa / disolvente con un valor de 150 min en la relación 1:5 (masa/agua destilada) en estas condiciones se alcanza un rendimiento de 0.15%, siendo así directamente proporcional ya que cuando aumenta la relación masa/ disolvente se eleva el rendimiento. Resultados cercanos se produce en la investigación de (Cusquipoma, 2018) debido a que en cada extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) se utilizó 0,4 kg , un total de 4 kg para obtener 10 ml de esta manera genero un rendimiento de 0.25% de aceite esencial de ruda. (Valdeverde & Leonardo, 2011) mencionan que: “Para la extracción de aceite esencial de romero (*Rosmarinus officinalis*) se utilizó 0,6 kg de materia vegetal seca y 0,5 kg de agua lo cual genero un rendimiento de 0,61%”.

Figura 17. Valores predichos y actuales



Nota: Figura generada por el programa Desing expert 8.0.6 con los datos experimentales.

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la figura 17 se observa que existe dispersión entre los valores predichos y actuales demostrando así la eficiencia y eficacia del proceso en el modelo matemático ya que algunas de las interacciones entre predichos (ideales) y actuales (experimentales) se encuentran cercanos a la recta lo cual indica que existe una correlación R^2 aceptable. “La gráfica de los valores predichos y experimentales posibilita establecer, por simple reconocimiento, que existió una correlación entre las respuestas experimentales y las predichas por el modelo” (Gavilanez, 2020).

10.2.1. Deseabilidad del proceso de extracción

Tabla 7. Deseabilidad del proceso

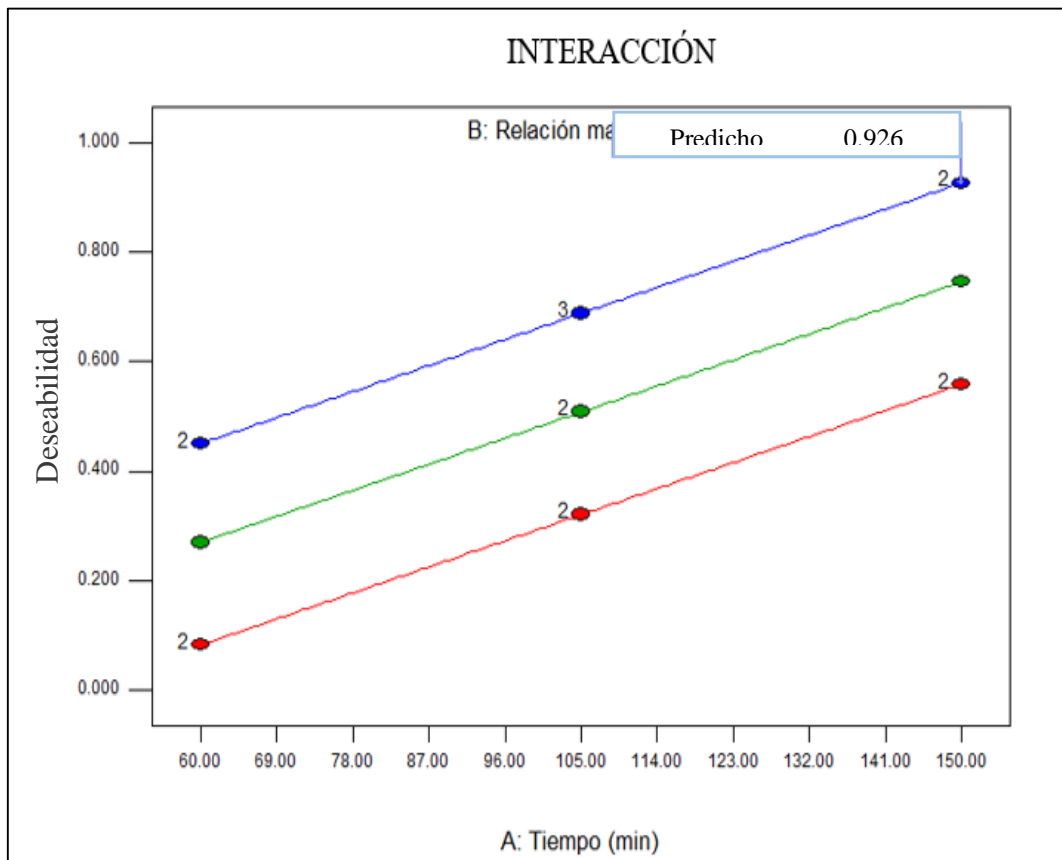
Número de Deseabilidad	Tiempo /min	Relación masa / agua	Rendimiento %	Deseabilidad	Selección
1	150	3	0,14	0,926	

Nota: Tabla generada por el programa Desing expert 8.0.6 con los datos experimentales.

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la tabla 7 se evidencia la deseabilidad del proceso en un tiempo de 150 min, en la relación masa/agua (3.1:5), obteniendo un rendimiento de 0,14% y una deseabilidad del 0,926.

Figura 18. Interacción de factores de estudio y deseabilidad



Nota: Figura generada por el programa Desing expert 8.0.6 con los datos experimentales.

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la figura 18 se observa la interacción que existe entre la relación masa / disolvente, el tiempo y la deseabilidad, se identifica que la línea azul representa a la relación 3 la cual tiene los siguientes parámetros: 1 kg de materia vegetal y 5 l de disolvente, en un tiempo de 150 min y con una deseabilidad de 0,926 la cual se encuentra en un rango aceptable que está cercano a 1. De acuerdo a (Chapa, 2018), en los datos obtenidos del aceite esencial de orégano (*Origanum vulgare L.*) menciona que: “El R^2 es la proporción de la varianza total de la variable explicada por la regresión, donde los resultados son mejor si se acerca a 1,00, y para el aceite esencial de orégano se obtuvo un valor de 0,979 de deseabilidad”. (Aguilar, 2015) manifiesta que: “En el estudio piloto realizado de aceite esencial de tomillo (*Thymus vulgaris*) se identificó una deseabilidad de 0,98”.

Tabla 8. Valores de rendimiento

Parámetro	Valor predicho	Valor experimental
Rendimiento	0,14%	0,13%

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la tabla 8 se detalla los valores del rendimiento predicho con (0,14%) y experimental (0,13%), en donde se determinó que el valor es bajo comparado con otras investigaciones que contenían métodos similares de extracción del aceite esencial, por lo tanto, (Pino et al., 2014, citado en Ramón, 2020), menciona que en su estudio de extracción de aceite esencial de ruda obtuvo un rendimiento entre 0,16 a 0,23 %, valor superior que se aproxima a 0,3% entregado por otros autores. (Fuentes, 2010) manifiesta que: “Se evaluó el rendimiento de aceite esencial de ruda con 0,02 kg de materia vegetal varias muestras con diferente humedad y en una de ellas tiene un valor de 0,23%”.

10.3. Composición química de aceite esencial de ruda

Mediante cromatografía de gases, se determinó los compuestos orgánicos del aceite esencial de ruda dando como resultado los siguientes datos:

Tabla 9. Composición química del aceite esencial de ruda

Clasificación	Parámetro	Unidad	Códigos de muestra	Tiempo de retención (min)	Método interno	Método de referencia
			Aceite de ruda			
Aceites esenciales	2-Octanona	%p/v	0,21	18,25	LP- CGM	Método para compuestos orgánicos en aceites esenciales. Método de Agilent Technologies, catálogo de aplicaciones 2015, cromatografía de gases con detector selectivo de masas (msd)
	Limoneno	%p/v	0,06	18,59		
	Eucaliptol	%p/v	0,07	19,60		
	2-Nonanona	%p/v	29,14	24,46		
	Geireno	%p/v	5,02	24,53		
	2-Decanona	%p/v	2,04	28,01		
	Acido-2-propenoico	%p/v	0,95	28,65		
	2-Undecanona	%p/v	46,74	33,00		
	2-Dodecanona	%p/v	1,52	35,72		

2-Tridecanona	%p/v	1,24	37,09
2-Pentadecanona	%p/v	1,36	41,32
Elemol	%p/v	0,52	44,91
Cariofileno Oxido	%p/v	0,24	47,25
Alfa-Cadinol	%p/v	0,54	49,18
Fenetil Butirato	%p/v	1,20	51,89
Hexestrol	%p/v	2,27	56,39
1,3-Benzodioxol	%p/v	1,71	69,32
Isomatumin	%p/v	5,17	72,88
Total de compuestos en el aceite esencial ensayado	%p/v	100,00	100,00

Fuente: (LABPARREÑO.CIA, 2022)

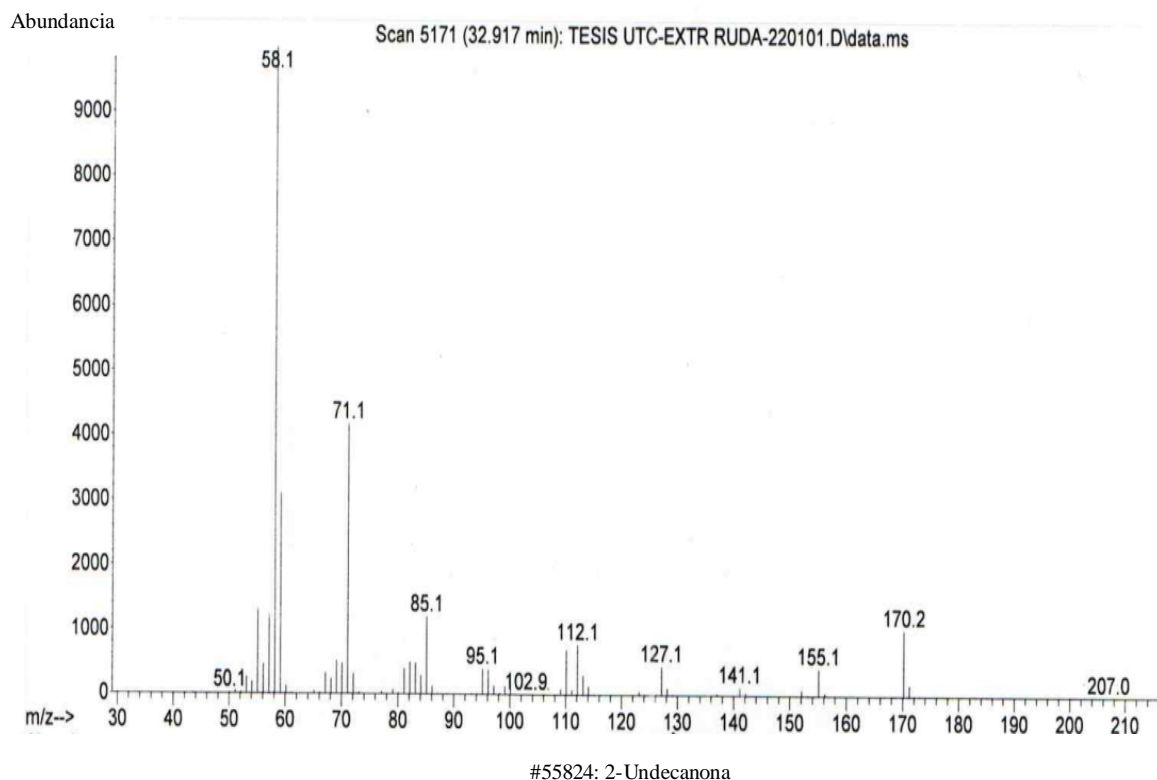
En los datos obtenidos de la tabla 9, se analizó la composición química mediante cromatografía de gases con detector selectivo de masas 5975C inert XLMSD with Triple-Axis Detector, el contenido de compuestos orgánicos del aceite esencial de ruda, siendo así la cetona 2-Undecanona (46,74%) el componente mayoritario, seguido por el 2-Nonanona (29,14%) en , y como componentes minoritarios Isomatumin, geireno, hexestrol, 2-Decanona, 1,3-Benzodioxol, 2-Dodecanona, 2-Pentadecanona, 2-Tridecanona, Fenetil Butirato, Ácido-2-propenoico, Alfa cadinol, Elemol, Cariofileno Óxido, 2-Octanona, Eucaliptol y Limoneno con un rango que va desde 5,17% hasta el 0,06%. Los datos fueron comparados con los resultados de (Rosado et al., 2018) en el que se analizó la composición química del aceite esencial de *Ruta graveolens* son 2-Undecanona (30,50%) y 2-Nonanona (35,4%).

El tiempo de retención de los componentes mayoritarios son 33,00 min 2-Undecanona y 24,46 min 2-Nonanona, mientras que los otros componentes se encuentran en un rango establecido de 35,72 hasta 72,88 min. (Ruiz et al., 2015) menciona que en la investigación realizada del aceite esencial de ruda los tiempos de retención de 2-Undecanona en 27,98 min y 2-Nonanona en 20,13 min.

La 2-undecanona, por su presencia como componente mayoritario en los aceites esenciales de varias especies de Ruta, es considerada como un marcador para este género. La prevalencia de

este compuesto en el aceite estudiado permite incluirlo en el quimiotipo 2-undecanona, en correspondencia con su valor de abundancia relativa, que está comprendido en el rango de 20,40 a 82,74 % informado previamente (Pino et al., 2014). “Existen varios informes de que la 2-undecanona y 2-nonanona son los responsables de su actividad repelente y larvicida. A una concentración de 0,080 $\mu\text{g}/\text{cm}$, este aceite tiene un porcentaje de repelencia de 90 % y un tiempo de protección de 90 minutos, y varios autores han demostrado su eficacia como repelente y larvicida contra *Ae. aegypti* y *An. quadrimaculatus*” (Andrade et al., 2017).

Figura 19. Perfil lipídico por cromatografía de gases acoplado a un detector de masas del aceite esencial de ruda



Fuente: (LABPARREÑO.CIA, 2022)

En la figura 19 se puede apreciar un cromatograma con la masa sobre carga iónica (m/z) y la abundancia del compuesto característico del aceite esencial de ruda en el cual se determinó que la cetona 2-Undecanona tiene el pico más alto con un valor de 58,1 es decir que durante esa carga de ión se destruye un hidrogeno de la estructura molecular del compuesto. “Los espectros de masas obtenidos para cada pico del cromatograma son comparados automáticamente con los registrados

en determinadas bases de datos, de manera que, a partir de su similitud, pueden identificarse con elevada fiabilidad los componentes correspondientes a cada pico cromatográfico” (Martínez, 2020).

10.4. Capacidad antioxidante

Tabla 10. Resultados de actividad antioxidante

Ensayo	Unidades	Resultado
FRAP	$\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$	37,67
ABTS	$\mu\text{mol ET}/\text{g}$	46,46

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

De acuerdo a los datos de la tabla 10 se menciona que la capacidad antioxidante mediante los ensayos FRAP y ABTS se determinó $37,67 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$ en el ensayo FRAP y en el ensayo ABTS presenta un valor de $46,46 \mu\text{mol ET}/\text{g}$ en el aceite esencial de ruda. La capacidad antioxidante de una mezcla no viene dada solo por la suma de las capacidades antioxidantes de cada uno de sus componentes; también depende del microambiente en que se encuentra el compuesto. Estos interactúan entre sí, pudiendo producirse efectos sinérgicos o inhibitorios (Granados et al., 2012 citado en Pajaro et al., 2017). Los resultados de FRAP fueron más elevados que el valor reportado por (Enríquez, 2020), en el estudio de capacidad antioxidante de aceite esencial de Guaviduca (*Piper carpunya*) fue de $13,26 \mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$. En cuanto al ensayo ABTS no existen reportes que expresen la capacidad antioxidante del aceite esencial de ruda en equivalentes Trolox para realizar una comparación directa pero (Vasquez, 2021), menciona que si existen reportes de equivalentes Trolox de otros aceites esenciales como *Origanum vulgare L.* ($25.1 \mu\text{mol ET}/\text{g}$), *Rosmarinus officinalis L.* ($17.7 \mu\text{mol ET}/\text{g}$), *Pimpinella anisum L.* ($24.3 \mu\text{mol ET}/\text{g}$), *Lippia alba Mill.* ($14.4 \mu\text{mol ET}/\text{g}$), en general, la capacidad del aceite esencial fue buena y parecida al de los aceites esenciales expresados.

10.5. Capacidad antimicrobiana

En los análisis realizados de la actividad antimicrobiana se logró tener excelentes resultados que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11. Resultados de actividad antimicrobiana

Muestra (%)	S. entérica	S. aureus	E. Coli	L. monocytogenes	B. cereus	Pseudomonas aeruginosa
Aceite esencial de ruda	5,0	5,0	5,0	3,0	3,0	3,0

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la tabla 11 se puede observar que el aceite esencial analizado mostró una mejor actividad en las bacterias *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, y *Pseudomonas aeruginosa* con un porcentaje del 3% y en *Salmonella entérica*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* con un porcentaje de 5% para inhibir su crecimiento. “La actividad de los componentes de los aceites esenciales en orden decreciente va desde los fenoles, aldehídos, cetonas, alcoholes, éteres, hidrocarburos” (Kalemba and Kunicka 2003 citado en Luján & Castro, 2010).

Estos datos obtenidos sirven para conocer la eficiencia que tiene el aceite esencial de ruda como uso alternativo en las industrias alimentarias, farmacológicas y biotecnológicas para erradicar las bacterias gram positivas y negativas. “La presencia de metabolitos secundarios en las plantas ofrece la posibilidad de encontrar moléculas bioactivas que tengan actividad antimicrobiana, estas son muy promisorias y buscadas afanosamente, en especial por el alarmante incremento de la resistencia bacteriana” (Delgadillo et al., 2017).

La capacidad antimicrobiana por parte del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) logra efectos desde concentraciones pequeñas para varios grupos de microorganismos como bacterias, hongos y parásitos, existen muchas investigaciones las cuales concuerdan con los efectos del aceite sobre *Staphylococcus aureus* subp *aureus* ATCC 25904® que abarcan desde 100 a 200 µg/ml (1-2%) de determinación de la CMI (Montero, 2021).

“Varios estudios han determinado que los compuestos químicos del aceite esencial de ruda especialmente las cetonas (2-undecanona) producen un efecto antimicrobiano sobre bacterias como: *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* y *Staphylococcus aureus*, investigaciones convirtiéndose en alternativas de tratamiento en la medicina veterinaria” (Montero, 2021).

10.6. Análisis de costos de producción tipo laboratorio

Tabla 12. Costo de producción del aceite esencial de ruda

DETALLE DE COSTOS DEL ACEITE ESENCIAL DE RUDA					
Descripción del producto	Unidad de medida	Cantidad mensual requerida	Costo unitario	Costo mensual	Costo anual
PRODUCTO A	ml	17	7,82	234,65	2815,84
Costos directos					
Materia prima	kg	30	1	30	360
Mano de obra	h	17	0,83	14,11	169,32
Costos indirectos					
Envases	U	4	1	4	48
Insumos / reactivos	ml/g	1	7	7	84
Agua destilada	m ³	100	0,31	31	372
Luz eléctrica	kW	2	0,712	21,36	256,32
Alquiler maquinaria	h	17	1,5	25,5	306
TOTAL				132,97	1595,64

Elaborado por: (Fernández L & Reascos C., 2022)

En la tabla 12 se detalla los costos de producción de tipo laboratorio sobre la extracción de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) en donde se determinó que el costo unitario en ml de aceite es de \$7,82 tomando los costos directos y costos indirectos. Los aceites esenciales en su mayoría tienen costos elevados ya que son productos que tienen un grado de dificultad al momento de su extracción debido a diversos factores. Según (Montoya, 2010) menciona que: “También se encuentra una variación en el costo de un aceite esencial en función de su pureza y de su procedencia natural o sintética”.

11. IMPACTOS (TÉCNICOS, SOCIALES, AMBIENTALES O ECONÓMICOS)

11.1. Técnicos

El impacto técnico que genera la presente investigación es positivo debido a que se desarrolló la optimización de la extracción del aceite esencial de ruda y se aplicó varias metodologías que evidencian las excelentes propiedades, las cuales pueden ser utilizadas principalmente en las industrias alimentarias ya que permitirá aplicar el aceite esencial de ruda

en diversos procesos agroindustriales debido a sus compuestos químicos, además proporcionará beneficios a industrias debido a sus capacidades antioxidantes y antimicrobianas.

11.2. Sociales

La iniciativa de extracción de aceite esencial de ruda motivará a los productores de ruda a cultivar esta especie de planta ya que es de uso potencial en la agroindustria por sus características y propiedades beneficiosas, lo que permitirá generar un desarrollo en el ámbito social y económico de la provincia, de esta manera se dará un aprovechamiento de los recursos naturales y ancestrales bajo el precepto de industrialización.

11.3. Ambientales

La extracción del aceite esencial de ruda presente en la región sierra del Ecuador fomenta la conservación del medio ambiente e incentiva a la exploración y explotación de los recursos naturales de una forma sostenible. Tomando en cuenta el uso de productos amigables con el ambiente y evitando el uso de productos químicos en la tecnología de productos.

11.4. Económico

Este proyecto beneficiará a los productores de la materia vegetal debido a que ayudará a incrementar la producción de ruda y de esta manera se podrá generar mayores ingresos económicos para el sector priorizado generando así una alternativa de uso en la industria alimentaria, biotecnológica, farmacéutica y cosmetológica.

12. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DEL PROYECTO

Presupuesto de proyecto: "Extracción de aceite esencial de ruda (<i>Ruta graveolens</i>) mediante la metodología de arrastre de vapor"				
RECURSOS	CANTIDAD	UNIDAD	VALOR UNITARIO \$	VALOR TOTAL \$
HUMANOS				
Tutora	1	-	-	-
Lectores	3	-	-	-
Postulantes(s)	2	-	-	-
EQUIPOS				

Cromatógrafo de gases con espectrometría de masas (GC-MS) en un equipo Agilent technologies 5975 inert XL MSD con triple detector	1	U	45,60	45,6
Destilador por arrastre de vapor "XIAOJIAN" (Lanphan Ltd., China)	1	U	52,50	52,5
Espectrofotómetro GENESYS 20 modelo 4001/4j	1	U	67,80	67,8
Incubador Biocell modelo M345	1	U	78,00	78
Estufa Universal por convención UN30	1	U	25,38	25,38
Balanza analítica (0,0001g)	1	U	31,00	31
Micropipeta automática 100-1000µl microlit	1	U	18,36	18,36
Equipo con trampa clevenger	1	U	32,00	32
				350,64
MATERIALES Y SUMINISTROS				
Frascos color ámbar 10 ml	5	U	0,8	4
Vasos de precipitación 50 ml	3	U	0,80	2,4
Vaso de precipitación 500 ml	4	U	1,5	6
Matraz erlenmeyer 100 ml	2	U	3,5	7
Matraz kitasato	1	U	4,5	4,5
Balón aforado de vidrio 50 ml	2	U	2,5	5
Balón aforado de vidrio 100 ml	2	U	4,5	9
Puntas transparentes 10 a 200 µl	8	U	5,6	44,8
Pipeta volumétrica de vidrio 10 ML	2	U	3	6
Rejilla de asbesto con trípode	1	U	10,29	10,29

Tubos de ensayo con rosca de 5ml	4	U	0,15	0,6
Tubos de ensayo con rosca de 10 ml	4	U	1,75	7
Probeta de 100 ml	2	U	5	10
Pinza metálica	1	U	9,37	9,37
Gradilla	1	U	9,9	9,9
Asas de Didrasky	1	U	2,7	2,7
Varilla de agitación	2	U	2,5	5
Papel filtro MN615 4 -12 um 124	1	U	10,9	10,9
Papel aluminio	1	U	5,6	5,6
				160,06
REACTIVOS				
Acetato de sodio	1	g	28	28
Cloruro Férrico	1	g	10,9	10,9
Ácido acético	1	ml	24	24
Sal de Mohr	1	g	20,5	20,5
Carbonato de sodio	1	g	18	18
Ácido clorhídrico	1	ml	14,5	14,5
Ácido gálico	1	g	37,7	37,7
Folling	1	ml	62	62
Agua destilada	5	gal	2,05	10,25
Etanol 99.8%	1	ml	41	41
Trolox grado analítico	1	ml	61	61
Sulfato de sodio	1	ml	40	40
Reactivo TPTZ (2,3,5-Triphenyltetrazolium chloride)	1	ml	66	66
Reactivo ABTS (2,2'-Azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt).	1	ml	64	64
<i>Salmonella entérica U822s</i>	1	U	63	63

<i>Staphylococcus aureus</i> ATTC25923	1	U	50	50
<i>Listeria monocytogenes</i> ATTC 19115	1	U	60	60
<i>Escherichia coli</i> ATTC25922	1	U	56	56
<i>Bacillus cereus</i> ATTC 10876	1	U	70	70
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATTC10145	1	U	59	59
Agar Salmonella Shiguella	1	g	61,2	61,2
Agar Baird Parker	1	g	72	72
Agar nutritivo	1	g	53,3	53,3
Agar Macconkey	1	g	57,2	57,2
Agua peptonada	1	g	60	60
				1159,55
MATERIA PRIMA				
Ruda	4	q	5	20
				20
ANÁLISIS				
Cromatografía de gases	1	U	70	70
				70
MATERIALES DE OFICINA				
Esferos	2	U	0,7	1,4
Carpetas	2	U	0,5	1
Cuadernos	2	U	0,6	1,2
Copias, impresiones	800	U	0,06	48
Anillados	9	U	1,25	11,25
Cd con portada	1	U	1,5	1,5
Empastados	1	U	30	30
Internet	6	Meses	15	90
				184,35
			SUBTOTAL	1944,60
			10%	194,46
			TOTAL	2139,06

13. CONCLUSIONES

- En el análisis de humedad efectuado a través de secado de la materia vegetal es de 71,22% por lo tanto el estado fresco es propicio para extraer aceite esencial.
- De acuerdo a los resultados obtenidos en la optimización de la extracción de aceite esencial de ruda se determinó que las condiciones óptimas son en una relación de masa / disolvente de 1:5 lo que quiere decir que se debe utilizar 1 kg de materia vegetal y 5 litros de agua destilada por un tiempo de 150 min, de esta manera se obtiene un rendimiento predicho de 0,14%, mientras que en el rendimiento experimental con un valor de 0,13% el cual está sujeto a varios factores como el tiempo, relación masa/disolvente y metodología en la extracción de aceite esencial de ruda.
- En la composición química del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*), se determinó como componente mayoritario la cetona 2-Undecanona (46,74%) ya que ésta es predominante en la especie Ruta con un rango de 20,40 a 82,74 %, y finalmente como componente minoritario el Limoneno (0,06%).
- Una vez realizado los análisis mediante los ensayos de FRAP Y ABTS se determinó que el aceite esencial de ruda si tiene una capacidad antioxidante alta con los siguientes valores: el ensayo FRAP tiene un valor de 37,67 $\mu\text{mol Fe}^{2+}/\text{g}$, mientras que en el ensayo ABTS presenta 46,46 $\mu\text{mol ET/g}$.
- En la determinación de la capacidad antimicrobiana del aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) sobre las cepas seleccionadas Salmonella entérica U822s, *Staphylococcus aureus* ATTC25923, *Escherichia coli* ATTC25922, *Listeria monocytogenes* ATTC19115, *Bacillus cereus* ATTC10876 y *Pseudomonas aeruginosa* ATTC10145 se evidencia las potencialidades que puede tener el aceite esencial ya que con un porcentaje de 5% y 3% inhibe el crecimiento de las bacterias gram-positivas y gram-negativas y debido a su eficacia antimicrobiana podría aplicarse para el desarrollo de nuevos productos.
- En el análisis de costos de producción realizado del aceite esencial de ruda se determinó un costo unitario de \$7,82 ctvs por ml.

14. RECOMENDACIONES

- Extender el trabajo de investigación para dar un uso y conservación al aceite esencial de ruda mediante la aplicación de microencapsulación ya que de esta manera se puede proteger de la luz y el oxígeno al producto realizado.
- Realizar la caracterización de aceite esencial de ruda (*Ruta graveolens*) y evaluar los polifenoles totales.
- Realizar futuras investigaciones para determinar otras actividades biológicas del aceite esencial de ruda como insecticida, plaguicida, antifúngico o antibacteriano.

15. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acevedo, Navarro, & Monroy. (2013). Composición Química del Aceite Escencial de Hojas de Orégano (*Origanum vulgare*) . *Scielo*, 24(4), 43-48. Recuperado el 13 de Marzo de 2022, de https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-07642013000400005&script=sci_arttext&tlng=n
2. Aguilar. (2015). *Actividad antibacteriana in vitro de aceite esencial de Thymus vulgaris "Tomillo" sobre bacterias prevalentes en patologías de origen endodóntico*. Tesis de grado, Universidad Científica del Sur , Facultad de Ciencias de la Salud , Lima. Recuperado el 18 de Marzo de 2022
3. Alegre, Bonifaz, Solange, & Iannacone. (Junio de 2017). Sensibilidad de dos biocontroladores *Chrysoperla externa* y *Chrysoperla Carnea* (Neuroptera : Chrysopidae) frente al extracto acuoso de *Ruta graveolens* (Rutaceae). *El biólogo (Lima)*, 173-180. Recuperado el 16 de Enero de 2022, de https://www.researchgate.net/publication/317176717_SENSITIVITY_OF_TWO_BIOCONTROLLERS_CHRYSOPERLA_EXTERNA_AND_CHRYSOPERLA_CARNEA_NEUROPTERA_CHRYSOPIDAE_AGAINST_AQUEOUS_EXTRACT_OF_RUTA_GRAVEOLENS_RUTACEAE
4. Althea Press. (2020). *Aceites esenciales de la A a la Z : Diccionario completo de aceites esenciales para la salud*. SIRIO. Recuperado el 21 de Diciembre de 2021, de

https://books.google.com.ec/books?id=niTvDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=aceites+esenciales&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=aceites%20esenciales&f=false

5. Amaya, P., & Sandoval, J. (2020). *Evaluación de la obtención y uso del aceite esencial de eucalipto (eucalyptus globulus) como fungicida*. Bogotá D.C: [Tesis de grado, Fundación Universidad de America].
6. Andrade, K., & Tapia, L. (2020). *Desarrollo de un aceite esencial de orégano (origanum vulgarel.) micro encapsulado, mediante secado por aspersion*. Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi [Tesis de grado].
7. Andrade, S., Sánchez, L., Nevárez, G. C., & Noguera, B. (2017). Aceites esenciales y sus componentes como una alternativa en el control de mosquitos vectores de enfermedades. *Biomedica*, 37, 224-243.
8. Angarita, M. (2019). *Obtención de aceite esencial de semilla de durazno por método soxhlet y arrastre de vapor*. Bogotá D.C: [Tesis de grado, Fundación Universidad de America].
9. Arango, Bolaños, Villota, Hurtado, & Toro. (20 de 08 de 2012). Optimización del rendimiento y contenido de Timol de aceite esencial de orégano silvestres obtenidos por arrastre de vapor . *Scielo*, 10(2). Recuperado el 15 de Marzo de 2022, de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612012000200025
10. Aranibar. (2014). *Extracción de aceite esencial de ruda* . Universidad Mayor de San Simon , Facultad de Ciencias y Tecnología , Cochabamba . Recuperado el 05 de 02 de 2022, de <https://1library.co/document/q5nnr6rq-extraccion-de-aceite-esencial-de-ruda.html>
11. Araujo, C. (2018). *Parámetros de extracción de aceite esencial de albahaca(Ocimum basilicum L.) por arrastre de vapor*. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano [Tesis de grado].
12. Arévalo, L., & Sánchez, E. (2021). *Implementación de un destilador prototipo por arrastre de vapor para la obtención de aceites esenciales de “Eucalipto” (Eucalyptus globulus)*. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo [Tesis de grado].

13. Argote, Suárez, Tobar, Perez, Hurtado, & Delgado. (29 de Agosto de 2017). Evaluación de la capacidad inhibitoria de aceites esenciales en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia Coli*. *SciELO.org*, 15, 9. Recuperado el 29 de Diciembre de 2021, de <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v15nspe2/1692-3561-bsaa-15-spe2-00052.pdf>
14. Arias, C. (2019). *Estandarización de la extracción por arrastre con vapor de aceite de naranja para la asociación del hato en el municipio de girardota*. Medellín-Colombia: Universidad de Antioquia.
15. Asensi, & Parra. (2002). El método científico y la nueva filosofía de la ciencia . *Universidad de Murcia*, 9-19. Recuperado el 17 de febrero de 2022, de <https://revistas.um.es/analesdoc/article/view/2251/2241>
16. Astudillo. (2014). *Utilización de aceites esenciales naturales como conservantes en la elaboración de salchicha de pollo* . Universidad Politécnica Salesiana , Cuenca. Recuperado el 29 de Diciembre de 2021, de Utilización de aceites esenciales naturales como conservantes en la elaboración de salchicha de pollo: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7009/1/UPS-CT003676.pdf>
17. Bardales, M., & Farfán, M. (2018). *Determinación de los componentes mayoritarios del aceite esencial del cedrón (Aloysia Triphylla) mediante destilación por arrastre de vapor*. Callao-Perú: Universidad Nacional del Callao [Tesis de grado].
18. Bonilla, Toche, Fernández, Curioso, Rayme, Soto, . . . Venegas. (2020). Composición química y caracterización de flavonoides de extractos metanólicos de dos tipos de hojas de *Ruta Chalepensis L.* *Revista peruana de medicina integrativa*, 100-109. Recuperado el 15 de Enero de 2022, de <https://www.rpmi.pe/ojs/index.php/RPMI/article/view/181/209>
19. Carrasco, B. (2019). *Evaluación técnica del proceso discontinuo y semicontinuo de destilación por arrastre con vapor para la obtención de aceites esenciales de Ocotea quixos*. Puyo-Ecuador: Universidad Estatal Amazónica.
20. CCaman, A. (2019). *Extracción y caracterización del aceite esencial de espinaca (Spinacia Oleracea L.) por arrastre de vapor*. Puno-Perú: Universidad Nacional del Altiplano.

21. Ceballos, V., & Londoño, L. (2017). *Aceites esenciales en la conservación de alimentos*. Pereira-Colombia: Universidad Libre Seccional Pereira.
22. Cermeño, B. (2021). *Evaluación y comparación del rendimiento del aceite esencial de cardamomo (Elettaria cardamomum, L. Matton) obtenido a nivel planta piloto, utilizando el método convencional de secado y utilizando un secador eléctrico de flujo transversal de bandejas*. Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala [Tesis de grado].
23. Cevallos. (2020). *Efecto del extracto total de palo santo Bursera graveolens y ruta graveolens sobre la infestación de Riphicephalus Boophilus microplus en bovinos , sitio Playones , cantón Flavio Alfaro - Manabí . 2019*. Tesis de grado, Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Facultad de ciencias agropecuarias , Manta. Recuperado el 08 de Enero de 2022, de <https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/3354/1/ULEAM-AGRO-0083.pdf>
24. Chapa, B. (2018). *Efecto antimicrobiano del aceite esencial de orégano (Origanum vulgare L.) sobre Listeria monocytogenes en queso fresco*. Chachapoyas-Perú: (Tesis de grado) Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Recuperado el 18 de Marzo de 2022
25. Crotte, I. (2011). Elementos para el diseño de técnicas de investigación: una propuesta de definiciones y procedimientos en la investigación científica. *Tiempo de educar*, 12(24), 12(24), 277-297. Recuperado el 16 de Febrero de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/311/31121089006.pdf>
26. Cusquipoma. (2018). *Efecto antimicótico in vitro del aceite esencial de las hojas de Ruta graveolens (RUDA) sobre candida albicans*. Tesis de grado, Universidad Católica de los Ángeles de Chimbote, Facultad de Ciencias de la salud , Trujillo. Recuperado el 15 de Enero de 2022, de http://repositorio.uladech.edu.pe/bitstream/handle/123456789/5105/RUTA_GRAVEOLENS_ACEITES_ESENCIALES_CUSQUIPOMA_ECHEVERRIA_MARIA_ISABEL.pdf?sequence=1

27. Daniel, U. (2019). *Obtención de aceite esencial de salvia (Buddleja perfoliata) mediante el proceso de extracción por arrastre de vapor y evaluación de su actividad antioxidante*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
28. Delgadillo, L., Bañuelos, R., Delgadillo, O., Silva, M., & Gallegos, P. (2017). Composición química y efecto antibacteriano in vitro de extractos de *larrea tridentata*, *origanum vulgare*, *artemisa ludoviciana* y *ruta graveolens*. *Revista Electrónica Nova Scientia*, 273-290.
29. Enríquez. (9 de 10 de 2020). Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido fenólico del aceite esencial de hojas secas y húmedas de *Guaviduca (Piper carpunya Ruiz & Pav.)*. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 09-15. Recuperado el 16 de Marzo de 2022
30. Fernández. (Febrero de 2010). *Sistema .* Recuperado el 17 de Febrero de 2022, de La investigación cuantitativa : <http://ftp.isdi.co.cu/Docencia/Posgrado/Maestr%C3%ADa/La%20investigaci%C3%B3n%20cuantitativa.pdf>
31. Fon-Fay, F. M., Casariego, A. F., & Pino, J. A. (2017). Actividad antimicrobiana de aceites esenciales de *Ocotea quixos (Lam.) Kosterm*, *Bursera graveolens (Kunth) Triana y Planch*, *Cymbopogon citratus (DC) Stapf*. y *Curcuma longa (L)* sobre microorganismos contaminantes de alimentos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 27(3), 27-31.
32. Fuentes. (2010). Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias y Química , Guatemala. Recuperado el 16 de Febrero de 2022, de <https://biblioteca-farmacia.usac.edu.gt/Tesis/EPsq90.pdf>
33. Gabrielsson. (2012). *Métodos para enseñar la gramática española como una lengua extranjera*. Recuperado el 17 de Febrero de 2022, de <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=2341608&fileOid=2362725>
34. García. (2017). *Análisis de la producción y exportación de Aceites esenciales de uso terapéutico y su factibilidad de comercialización en el mercado Francés*. Universidad de Guayaquil , Facultad de Ciencias administrativas . Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Administrativas. Recuperado el 13 de Febrero de 2022, de

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/20481/1/TESIS%20JOHANNA%20GARCIA%20ANDRADE%202017.pdf>

35. Gavilanez, S. (2020). *Optimización del proceso de extracción hidroalcohólica a partir del orégano (Origanum vulgare L.)*. Latacunga-Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi [Tesis de grado].
36. Google-maps. (2022). *Google maps*. Recuperado el 23 de Enero de 2022, de Ubicación de Universidad Técnica de Cotopaxi (Ceypsa): <https://www.google.com.ec/maps/place/Universidad+Tecnica+de+Cotopaxi/@-0.9994478,-78.6196846,19z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x91d462563a35aa99:0xa3a059adae90fa63!8m2!3d-0.9994491!4d-78.6191374?hl=es>
37. Granados, Yánez, & Acevedo. (16 de Diciembre de 2013). Evaluación de la Actividad Antioxidante del Aceite Esencial de Foliar de *Myrcianthes leucoxylla* de Norte de Santander. *SciELO.org*, 25(3), 11-16. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v25n3/art03.pdf>
38. Hidalgo, G., & Romero, A. (2017). *Diseño de una planta piloto para la extracción de aceites esenciales mediante destilación por arrastre de vapor*. Perú: Universidad de Piura [Tesis de Grado].
39. Jover. (2021). *Los aceites esenciales para el día a día*. En Jover. Barcelona, España: RBA Libros u publicaciones. Recuperado el 18 de Enero de 2022, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=fLVNEAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT4&dq=ruda+aceite+esencial&ots=U2TMLETNsk&sig=GqreeUMSxveqNPylCFcxorbuCUc#v=onepage&q=ruda%20aceite%20esencial&f=false>
40. Jurado, Palou, & López. (2012). Vapores de aceites esenciales : alternativa de antimicrobianos naturales. *Udlap.mx*, 6(1), 29-39. Recuperado el 29 de Diciembre de 2021, de [https://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6\(1\)-Reyes-Jurado-et-al-2012.pdf](https://www.udlap.mx/wp/tsia/files/No6-Vol-1/TSIA-6(1)-Reyes-Jurado-et-al-2012.pdf)

41. Leos, Rivas, & García. (2016). *Investigación en plantas de importancia médica*. (Rivas, Oranday, & Verde, Edits.) Barcelona, España: OmniaScience. Recuperado el 24 de Diciembre de 2021, de <https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/view/97/409/812-1>
42. Lima, Parodi, Reckziegel, Garcia, Escobar, Baldisserotto, . . . Heinzmann. (20 de Junio de 2012). (Elsevier, Ed.) *Aquaculture*, 350-353, 91-97. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0044848612002165?via%3Dihub>
43. Luján, C. M., & Castro, F. (2010). Componentes químicos y su relación con las actividades biológicas de algunos extractos vegetales. *Química Viva*, 9(2), 86-96.
44. Martínez, J. (2020). *Composición química y actividad antioxidante de los aceites esenciales de Mentha longifolia y Mentha x piperita*. (Tesis Doctoral) Universidad Politécnica de Valencia.
45. Martínez, J., & Zúniga, G. (2018). *Extracción de aceite de la semilla de guanábana (Annona muricata L) a nivel de laboratorio, aplicando los métodos de extracción soxhlet y arrastre con vapor de agua*. Managua: Facultad de Ingeniería Química.
46. Martínez, Ortega, Herrera, Kawas, Zárate, & Soriano. (11 de Noviembre de 2015). Uso de aceites en animales de granja. (A. Interciencia, Ed.) *Redalyc.org*, 40(11), 744-750. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/339/33942541003.pdf>
47. Mendoza, C. (2020). Caracterización química del aceite esencial de oregano como agente bioconservador en alimentos. *Universidad Ciencia y Tecnología*.
48. Montero, M. (2021). *Eficacia antimicrobiana del aceite esencial de Ruta graveolens (Ruda) sobre Staphylococcus aureus subesp aureus ATCC® 25904*. Tesis de maestría, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga . Recuperado el 25 de Diciembre de 2021, de Eficacia antimicrobiana del aceite esencial de Ruta graveolens (Ruda): <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7623/1/MUTC-000914.pdf>
49. Montoya, G. (2010). *Aceites esenciales: una alternativa de diversificación para el eje cafetero*. Departamento de Física y Química.

50. Morales. (2018). *Investigación descriptiva , exploratoria y descriptiva* . Recuperado el 16 de Febrero de 2022, de https://www.ucipfg.com/Repositorio/MSCG/Practica_independiente/UNIDAD1/Tipos%20de%20investigaci%C3%B3n.docx
51. Naveda. (2010). *Establecimiento de un proceso de obtención de extracto de ruda (Ruta graveolens) , con alto contenido de polifenoles*. Tesis de grado, Escuela Politécnica Nacional , Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria , Quito. Recuperado el 11 de Marzo de 2022, de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/2295/1/CD-3036.pdf>
52. Obando. (Julio de 2011). *Diseño y construcción de un molino para extraer aceite del fruto morete*. Tesis de grado , Universidad Politécnica Salesiana , Quito. Recuperado el Enero de 2022, de *Diseño y construcción de un molino para extraer aceite del fruto morete*: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1054>
53. Pajaro, León, Osorio, Torrenegra, & Roper. (2017). La microencapsulación del aceite esencial de Cinnamomum verum J. mediante secado por aspersión y su potencial actividad antioxidante. *I(2)*. Recuperado el 15 de Febrero de 2022, de <http://www.revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/227/13>
54. Pilco. (2015). *Optimización del proceso de extracción de aceite de unguahua (Oenocarpus bataua) en función del rendimiento* . Tesis de grado , Universidad Técnica de Ambato , Facultad de Ciencia e Ingeniería en alimentos , Ambato. Recuperado el 17 de Enero de 2022, de *Optimización del proceso de extracción de aceite de unguahua (Oenocarpus bataua) en función del rendimiento*: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/9366/1/AL%20558.pdf>
55. Pino, O., Sanchez, Y., Rojas, M. A., Correa, T., Martinez, D., & Montes de Oca, R. (2014). Chemical composition and antibacterial activity of the essential oil from Ruta chalepensis L. *Rev. Prot. Veg*, 29, 220-225.
56. Quintero, A., & Rangel, C. (2016). *Determinación de la actividad antimicrobiana de aceites esenciales frente a Enterococcus faecalis, Staphylococcus aureus y Candida albicans*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.

57. Quispe, K., & Taco, R. (2018). *Evaluación del tiempo de extracción, factor de empaquetamiento, humedad del rizoma, en el rendimiento de la extracción del aceite esencial de jengibre (zingiber officinale roscoe) por arrastre de vapor, caracterización fisicoquímica del aceite esencial*. Arequipa-Perú: [Tesis de grado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa].
58. Rainer, W., & Douglas, S. (2015). *Plantas medicinales de los Andes y la Amazonía*. Trujillo, Perú: Centro William L. Brown – Jardín Botánico de Missouri. Recuperado el 18 de Enero de 2022, de https://www.researchgate.net/profile/Rainer-Bussmann/publication/283355334_PLANTAS_MEDICINALES_DE_LOS_ANDES_Y_LA_AMAZONIA_-La_Flora_magica_y_medicinal_del_Norte_del_Peru/links/563a6f7808ae405111a5883f/PLANTAS-MEDICINALES-DE-LOS-ANDES-Y-LA-AMAZONIA-La-Flo
59. Ramírez. (Septiembre de 2019). *Universidad Autónoma del estado de México*. Recuperado el 21 de Enero de 2022, de Éteres y Epóxidos: http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/108449/secme-40914_1.pdf
60. Ramón, J. (2020). *Extracción y caracterización de aceites esenciales de ruda (Ruta graveolens) y el marco (Ambrosia chamisonis) para su potencial uso como plaguicida*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil [Tesis de grado].
61. Ramos. (2021). *Dialnet*. Recuperado el 17 de Febrero de 2022 , de Proyectos de investigación experimental : <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7890336>
62. Rioja Antezana, A. P., Vizaluque, B., Aliaga-Rossel, E., Tejeda, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2018). Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de chenopodium quinoa. *evista Boliviana de Química*, 35(5), 168-176.
63. Rojas, Mender, L, R., Guillen, Buitrago, Lucena, & Cardenas. (25 de Noviembre de 2011). Estudio comparativo de la composición química y actividad antibacteriana del aceite esencial de Ruta graveolens L. recolectada en los estados de Mérida y Miranda, Venezuela. *Redalyc.org*, 6(3), 89-93. Recuperado el 03 de Enero de 2022, de <https://www.redalyc.org/pdf/933/93321324005.pdf>

64. Rosado, D., Restrepo, R., Jaramillo, V., Puerto, C., Kouznetsov, V., & Vargas, L. (2018). Actividad larvicida de aceites esenciales y extractos de plantas colombianas frente a *Culex quinquefasciatus* (Díptera: Culicidae). *Iteckne*, 15(2), 79-87. Recuperado el 30 de Marzo de 2022
65. Ruiz. (14 de Mayo de 2018). *Issuu*. Recuperado el 16 de Enero de 2022, de Manual de cultivo y uso de las principales plantas medicinales: https://issuu.com/sergiruiz0/docs/plantas_medicinales
66. Ruiz, C., Díaz, C., & Rojas, R. (2015). Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(2), 81-94.
67. Ruíz, M. (2020). *Métodos Físicos de Separación-Obtención de Extractos e Hidrodestilación*. Universidad Simón Bolívar .
68. Saldaña, & Torres. (2012). *Efecto analgésico de aceites esenciales de hierba luisa (Cymbopogon citratus), ruda (ruta graveolens), formulados como conos nasales*. Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Cuenca. Recuperado el 03 de Enero de 2022, de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/2465/1/tq1108.pdf>
69. Sánchez. (2004). *Metodología de la investigación científica y tecnológica*. Madrid: Días de Santos. Recuperado el 16 de Febrero de 2022, de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=8SA8KZyurk4C&oi=fnd&pg=IA7&dq=definicion+de+investigacion+tecnologica&ots=ihimAkycaA&sig=6Cb61Qrg1L0K7CKqPBrkVFpNftk#v=onepage&q=definicion%20de%20investigacion%20tecnologica&f=false>
70. Sánchez, Castillo, & García. (2016). *Investigación en plantas de importancia médica*. (R. Catalina, O. María, & M. Verde, Edits.) Barcelona, España: OmniaScience . Recuperado el 22 de Diciembre de 2021, de <https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/view/97/409/812-1>
71. Shamal Badhusha PA, R. K. (2020). Traditional uses, Phytochemistry and Ethanopharmacology of *Ruta graveolens* Linn: A review. *International Journal of Pharmaceutics and Drug Analysis*, 1-4.

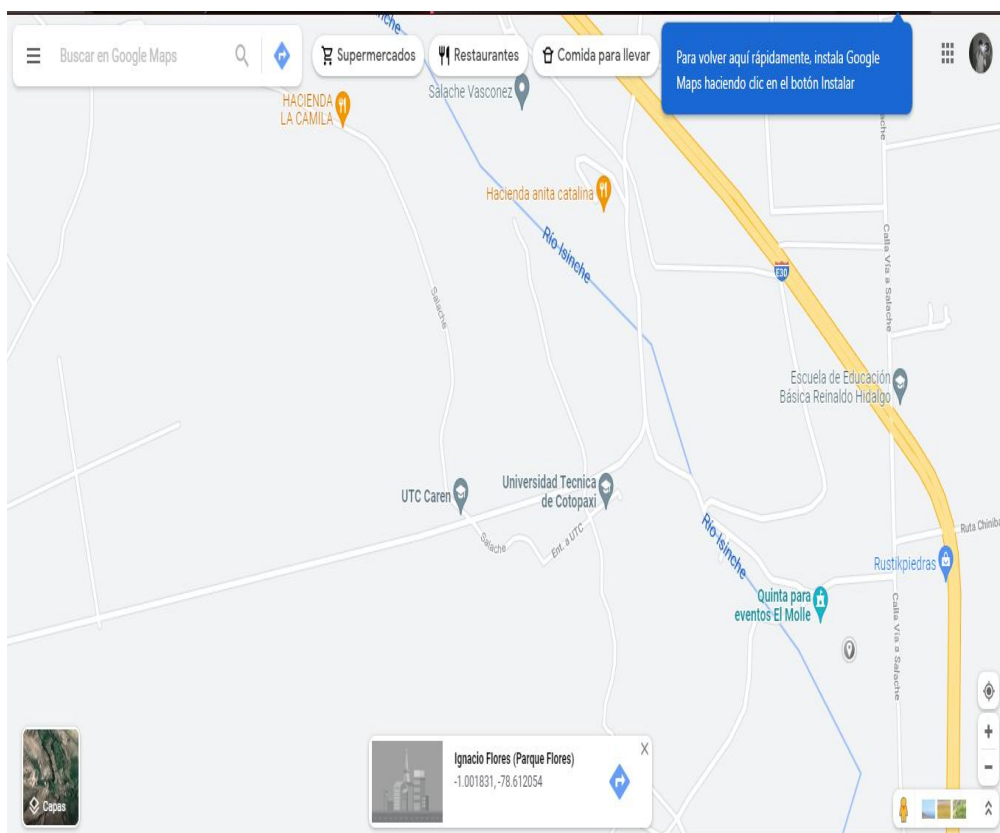
72. Siancas, J. (2021). “*Determinación de la presión de vacío óptima para mejorar el rendimiento y la calidad del aceite esencial de limón sutil (citrus aurantifolia) obtenido por hidrodestilación*”. Piura-Perú: Universidad Nacional de Piura.
73. Singh, Kaur, Negi, Kumari, Saini, Batish, & Kumar. (Octubre de 2012). Evaluación de la actividad antioxidante in vitro del aceite esencial de Eucalyptus citriodora (Eucalyptus con aroma a limón; Myrtaceae) y sus principales constituyentes. *Science Direct*, 48(2), 237-241. Recuperado el 14 de Febrero de 2022, de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643812001429?via%3Dihub>
74. Tapia, E. (2018). *Composición química, actividad antioxidante y antiCandida albicans del aceite esencial de Clinopodium pulchellum (Kunth) Govaerts “panizara”*. Lima-Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos [Tesis de grado].
75. Torrenegra. (Julio de 2014). *Evaluación de la actividad antioxidante del aceite esencial de Foliar extraído de especie de orégano "borde blanco" (Origanum vulgare ssp) y oreganito (Lippia alba mill) cultivado en la zona norte del departamento de Bolívar (Colombia)*. Tesis de grado, Universidad de Colombia , Cartagena de Indias. Recuperado el 22 de Diciembre de 2021, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/75164/45506760.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
76. Valdeverde, & Leonardo. (2011). *Extracción y caracterización de aceite esencial de romero (Romero officinalis) por el método de arrastre de vapor obtenido en estado seco y secado convencional*. Recuperado el 13 de Marzo de 2022, de <https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/1968/Vallever%20Torres%20-%20Leonardo%20Leon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
77. Valencia, Figueroa, Martínez, Bartólome, Martínez-Flores, & García. (31 de Enero de 2017). Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas* (16), 173. Recuperado el 18 de Enero de 2022, de <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/1583/1238>
78. Vásquez. (Marzo de 2015). *Uso tradicional de la ruda como planta medicinal en la aldea Río Azul del municipio de Nebaj , departamento de Quiché*. Tesis de grado, Centro

Universitario de Quiché, Nebaj. Recuperado el 22 de Diciembre de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/EPS/07/07_5681.pdf

79. Vasquez. (2021). *Actividad antioxidante y antimicrobiana in vitro del complejo de inclusión del aceite esencial de Schinus molle con 2 tipos de ciclodextrinas*. Tesis de grado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Lima. Recuperado el 16 de Febrero de 2022, de https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/16618/Vasquez_ga.pdf?squence=1&isAllowed=y
80. Véliz, González, & Martínez. (2019). Evaluación técnica y económica del proyecto de obtención de aceites esenciales. *Tecnología Química*, 39(1), 207-220.

16. ANEXOS

Figura 20. Ubicación del lugar de ejecución del proyecto investigativo.



Fuente: (Google-maps, 2022)

Figura 21. Datos informativos del docente tutor

DATOS PERSONALES**APELLIDOS:** Trávez

Castellano

NOMBRES: AnaMaricela **ESTADO****CIVIL:** Casada**CÉDULA DE CIUDADANÍA:** 0502270937**NUMERO DE CARGAS FAMILIARES:** 2**LUGAR Y FECHA DE NACIMIENTO:** Latacunga, 06 Abril 1983**DIRECCIÓN DOMICILIARIA:** Pujili - S/N y Rafael Villacis y Urb. Marco Antonio Guzmán.**TELÉFONO CONVENCIONAL:** 02255192
0987204886**TELÉFONO CELULAR:****CORREO ELECTRÓNICO:** ana.travez@utc.edu.ec / animariuxy83@hotmail.com**EN CASO DE EMERGENCIA CONTACTARSE CON:** Alonso Trávez (0987265684) ó Hernán Castro (0991550992).**ESTUDIOS REALIZADOS Y TÍTULOS OBTENIDOS**

NIVEL	TÍTULO OBTENIDO	FECHA DE REGISTRO EN EL CONESUP	CÓDIGO DEL REGISTRO CONESUP
TERCERO	Ingeniera en Alimentos	2005-04-03	1010-07-743350
CUARTO	Magíster en Gestión de la Producción Agroindustrial	2014-07-31	1010-14-86050240

HISTORIAL PROFESIONAL**FACULTAD EN LA QUE LABORA:** Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales**CARRERA A LA QUE PERTENECE:** Ingeniería Agroindustrial.**ÁREA DEL CONOCIMIENTO EN LA CUAL SE DESEMPEÑA:**Administración; Educación Comercial y Administración
Ingeniería, Industria y Construcción; Industria y
Producción**PERÍODO ACADÉMICO DE INGRESO A LA UTC:** 09 de Mayo del 2009.

 Ing. Ana Maricela Trávez
Castellano Mg.

Figura 22. Datos informativos del estudiante I

DATOS PERSONALES

NOMBRES: Lizbeth Tatiana

APELLIDOS: Fernández Romero

C.I: 2100902473

NACIMIENTO: 31 de Julio de 1999

LUGAR: Lago Agrio - Ecuador

ESTADO CIVIL: Soltero

DOMICILIO: Santa Cecilia-km 15 vía Quito

TELÉFONO: S/N

CELULAR: 0981494881

E-MAIL: lizbeth.fernandez2473@utc.edu.ec

ESTUDIOS REALIZADOS:

Escuela: Unión Nacional de Educadores (UNE)

Colegio: Unidad Educativa Nacional “Napo”

Bachiller: Bachillerato General Unificado (BGU) – Ciencias Generales

Superior: Universidad Técnica de Cotopaxi

CURSOS REALIZADOS:

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

2020- noviembre- “Seminario Internacional de Calidad”.

2020-Gestión de la Agroindustria UTC como eje de desarrollo en la industria agroalimentaria.

2021-Enero- “Capacitación en Emprendimiento e Innovación”



Figura 23. Datos informativos del estudiante II

DATOS PERSONALES**NOMBRES:** Lizbeth Carolina**APELLIDOS:** Reascos Flores**C.I:** 1719689570**NACIMIENTO:** 27 de mayo de 1999**LUGAR:** Quito-Ecuador**ESTADO CIVIL:** Soltero**DOMICILIO:** Quito, Barrio “El Tránsito”**TELÉFONO:** 02-3035909**CELULAR:** +593979123515**E-MAIL INSTITUCIONAL:** lizbeth.reascos9570@utc.edu.ec**ESTUDIOS REALIZADOS:****Escuela:** Emaús “Fé y Alegría”**Colegio:** Simón Bolívar**Bachiller:** Bachillerato General Unificado (BGU) – Ciencias Generales**Superior:** Universidad Técnica de Cotopaxi**CURSOS REALIZADOS**

2020- “Jornadas de difusión científica agroindustrial”

2020- noviembre- “Seminario Internacional de Calidad”.

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

2020- Julio- “Bioseguridad en tiempos de covid19”.

2020-Gestión de la Agroindustria UTC como eje de desarrollo en la industria agroalimentaria.

2021-INNOVACYT – Capacitación de emprendimiento e innovación.



Figura 24. Equipo “XIAOJIAN” (Lanphan Ltd., China) destilador de arrastre de vapor de aceites esenciales



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Figura 25. Introducción de la materia vegetal en el equipo de extracción



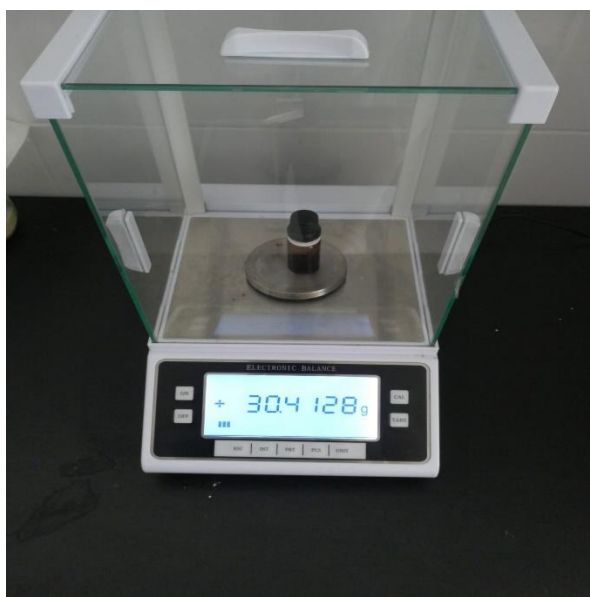
Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Figura 26. Finalización del proceso de extracción




Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Figura 27. Recolección de datos de peso de aceite esencial de ruda



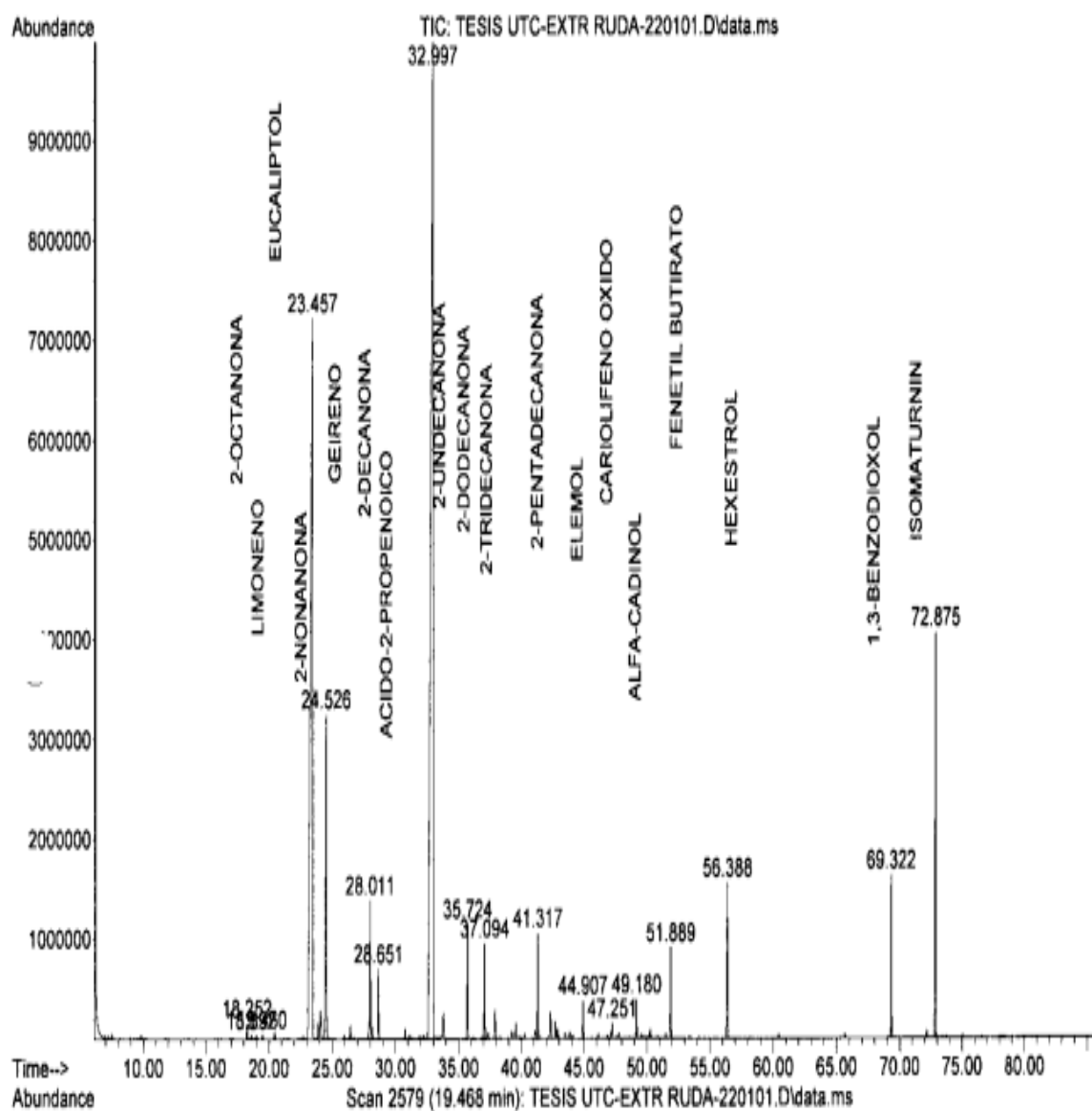
Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Figura 28. Resultados de análisis de composición química de aceite esencial de ruda

CIENTIFIC CROM	INFORME DE ENSAYOS		CÓDIGO: FT-17		
CONFIDENCIAL			PÁGINA: 1 de 1		
<small>Dirección: La Esperanza 1, Las Guinimas N°16-197 y la Vías (Quito-Ecuador) Tel: 2033-099 /098558815</small>			REVISIÓN: 00		
			INFORME DE ENSAYOS No: 002-22 REFERENCIA: OT-02-22		
INFORME 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 RUDA		
ACEITES ESENCIALES	2-Octanona	%p/v	0,21	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)
	Limoneno	%p/v	0,06		
	Eucaliptol	%p/v	0,07		
	2-Nonanona	%p/v	29,14		
	Geireno	%p/v	5,02		
	2- Decanona	%p/v	2,04		
	Acido-2-Propenoico	%p/v	0,95		
	2-Undecanona	%p/v	46,74		
	2-Dodecanona	%p/v	1,52		
	2-Tridecanona	%p/v	1,24		
	2-Pentadecanona	%p/v	1,36		
	Elemol	%p/v	0,52		
	Cariofileno Oxido	%p/v	0,24		
	Alfa-Cadinol	%p/v	0,54		
	Fenetil Butirato	%p/v	1,20		
	Hexestrol	%p/v	2,27		
	1,3-Benzodioxol	%p/v	1,71		
Isomatumin	%p/v	5,17			
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				

Fuente: (LABPARREÑO.CIA, 2022)

File : D:\DATOS msd\ACEITES ESENCIALES\ACT ESENCIALES 220101 TESIS
 ... UTC KMENA\ACT ESENCIALES 220101A TESIS UTC RUDA\TESIS UTC-EX
 ... TR RUDA-220101.D
 Instrument : GC-MSD KP
 Operator : KP
 Acquired : 1 Jan 2022 11:04 using AcqMethod ACEITES ESENCIALES.M
 Sample Name: TESIS UTC-EXTR RUDA-220101



Fuente: (LABPARREÑO.CIA, 2022)

Análisis de humedad

Figura 29. Pesaje de recipiente diseñado para análisis de humedad.



Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Análisis Antimicrobiano

Figura 30. Ejecución experimental



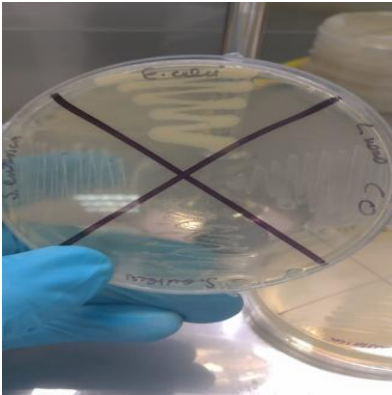
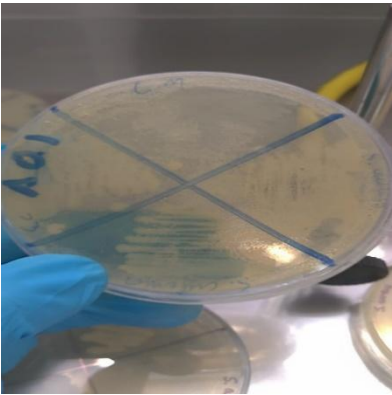
Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

Figura 31. Estufa Universal.

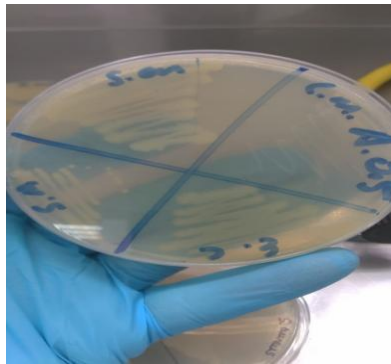


Fuente: (Fernández L & Reascos C., 2022)

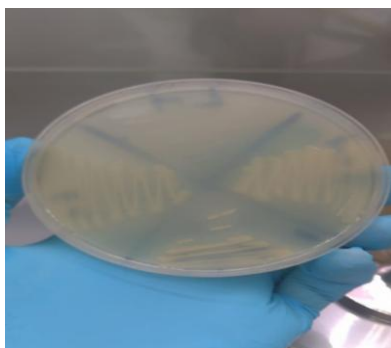
Figura 32. Concentraciones del análisis de antimicrobiano del aceite esencial.

Concentración	Fotografía
0	
0.1	

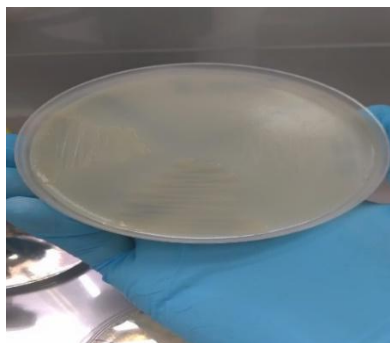
0.5



1



3



5



Figura 33. 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 RUDA (*Ruta graveolens*) MEDIANTE LA METODOLOGÍA DE ARRASTRE DE VAPOR”** presentado por: **Fernández Romero Lizbeth Tatiana y Reascos Flores Lizbeth Carolina**, egresadas 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 las peticionarias hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, Marzo del 2022



PATRICIA
MARCELA CHACON
PORRAS

Mg. Patricia Marcela Chacón Porras
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC
C.C: 0502211196



**CENTRO
DE IDIOMAS**