

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO

ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS, FÍSICAS Y MATEMÁTICAS

ESCUELA PROFESIONAL DE QUÍMICA



TESIS

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE *Senecio Rudbeckiifolius* Meyen & Walp. “MAICHA” Y EFECTO INSECTICIDA SOBRE INSECTOS DE LA ESPECIE *Linephitema* Sp.

PRESENTADO POR:

Br. BASILIA JUSCCA GUTIERREZ

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO**

ASESOR

Dr. LEONCIO SOLIS QUISPE

CUSCO – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: COMPOSICION QUIMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE SENEIO Rudbeckia folios Meyen & Walp. "MAICHA" y EFECTO INSECTICIDA SOBRE INSECTOS DE LA ESPECIE Linepitema sp.

presentado por: BASILIA JUSCA GUTIERREZ con DNI Nro.: 44826944

presentado por: con DNI Nro.:

para optar el título profesional/grado académico de Químico

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 3 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 29 de DICIEMBRE de 2023

Firma

Post firma Leoncio Solís Puigpe

Nro. de DNI 23877496

ORCID del Asesor 0000-0001-9979-8590

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid:27259:165850561

NOMBRE DEL TRABAJO

**COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ES
ENCIAL DE SENEIO RUDBECKIIFOLIUS
MEYEN & WALP. "MAICHA" Y EFECTO I**

AUTOR

Basilia Juscca Gutierrez

RECUENTO DE PALABRAS

13459 Words

RECUENTO DE CARACTERES

76586 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

80 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.3MB

FECHA DE ENTREGA

Sep 14, 2022 3:47 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Sep 14, 2022 3:53 PM GMT-5**● 6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Base de datos de trabajos entregados
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 20 palabras)
- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, por siempre guiarme para cumplir mis metas y sueños, y por permitirme el haber llegado a este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi mamita Andrea por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi papito Carlos, a pesar de nuestra distancia siempre conté con tu apoyo y aunque nos faltaron muchas cosas por vivir juntos, sé que este momento hubiera sido tan especial para ti como lo es para mí.

A mi amado esposo Javier por la confianza y siempre estar dispuesto para ayudarme.

A mis hijos Diego Alejandro y Daira Sophia, gracias por alegrar mis días y ser el motor para seguir esforzándome profesionalmente.

A mi papá Julián y mamá Tomasa, cuanto los extraño, Dios lo sabe, gracias con todo mi corazón.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por la vida, la fuerza, la valentía y perseverancia, no fue nada fácil el camino para culminar satisfactoriamente mi tesis, estoy agradecida por todos los logros y también los obstáculos que me hicieron más fuerte y me han enseñado a valorar cada momento de la vida

Gracias a la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco por haberme aceptado ser parte de ella en la facultad de ciencias químicas, físicas y matemáticas. Agradezco a mis diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos, paciencia y apoyo para seguir adelante.

Agradezco a mi asesor de tesis Dr. Leoncio Solís Quispe por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimiento científico, así como también haberme tenido toda la paciencia del mundo para guiarme durante todo el desarrollo de la tesis.

A los dictaminantes Mgt. Janet Francisca Gonzales Bellido y Mgt. Ciro Tomaylla Cruz, por todas las correcciones y exigencias, que permitieron darle el contenido adecuado al presente trabajo.

Gracias a todas esas personas y seres queridos que me apoyaron en la realización de la tesis, porque sin ellos, este proyecto no habría sido posible.

ÍNDICE

RESUMEN.....	i
ABSTRAC.....	ii
INTRODUCCIÓN	iii

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN	1
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	1
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS	1
1.3. OBJETIVOS	2
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	2
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.4. JUSTIFICACIÓN	2

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO.....	3
2.1. ANTECEDENTES	3
2.2. BASES TEÓRICAS	6
2.2.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE <i>SENECIO RUDBECKIIFOLIUS</i>	6
2.2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.....	6
2.2.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.....	7
2.2.4. USOS ETNOBOTÁNICOS.....	8
2.3. ACEITES ESENCIALES	8
2.3.1 TERPENOIDES.....	8
2.3.1.1. MONOTERPENOS.....	9
2.3.1.2. SESQUITERPENOS.....	10
2.3.1.3. FENILPROPANOS.....	11
2.3.2 OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.....	12
2.3.3 CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES.....	14
2.3.3.1 CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.....	14
2.3.3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.....	14
2.3.3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.....	15

2.4. INSECTICIDAS	19
2.4.1. INSECTICIDAS DE ORIGEN BOTÁNICO – BIOINSECTICIDAS.	22
2.4.1.1 EFECTO TÓXICO DE LOS INSECTICIDAS.....	22
2.4.2. CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE LA ESPECIE LINEPITHEMA SP.	23
2.4.2.1. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.....	23
2.4.2.2 ACCIÓN FISIOLÓGICA DE ACEITES ESENCIALES FRENTE A INSECTOS.....	24

CAPITULO III

MÉTODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	26
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	26
3.2. HIPÓTESIS.....	26
3.3. VARIABLES.....	26
3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.....	26
3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.	26
3.3.3 VARIABLES INTERVINIENTES.	27
3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO	27
3.4.1. MATERIALES, INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS	28
3.4.2. MUESTREO DE LA ESPECIE VEGETAL.....	30
3.4.3. EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL	31
3.4.3.1 PORCENTAJE DE EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL.....	31
3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL	32
3.5.1. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD.....	32
3.5.2. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD RELATIVA	32
3.5.3. ÍNDICE DE REFRACCIÓN	33
3.5.4. DETERMINACIÓN DE LA ROTACIÓN ÓPTICA	34
3.5.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ.....	34
3.5.6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN.....	35
3.6 DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA.....	36
3.7. EFECTO INSECTICIDA	37
3.7.1. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR EFECTO INSECTICIDA....	37
3.7.2 COLECCIÓN DE INSECTOS.....	38
3.7.3. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL INSECTO <i>LINEPITHEMA SP</i>	38
3.7.4. DETERMINACIÓN DEL EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL ...	38

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION.....	40
4.1. OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL.....	40
4.2. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD DEL ACEITE ESENCIAL	40
4.3. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL	41
4.4. COMPOSICION QUIMICA DEL ACEITE ESENCIAL.....	43
4.5. PERFIL CROMATOGRAFICO DEL ACEITE ESENCIAL.....	43
4.6. ESPECTROMETRIA DE MASAS DEL ACEITE ESENCIAL.....	47
4.7. EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL.....	52
CONCLUSIONES.....	56
RECOMENDACIONES.....	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	63

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1 DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR EL EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE S. RUDBECKIIFOLIUS SOBRE INSECTOS LINEPITHEMA SP.	37
TABLA 2 RENDIMIENTO DEL PORCENTAJE DE EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL	40
TABLA 3 RESULTADOS DE LA SOLUBILIDAD DE LOS ACEITES ESENCIALES	40
TABLA 4 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL DE SENECIO RUDBECKIIFOLIUS. ...	41
TABLA 5 COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL DE SENECIO RUDBECKIIFOLIUS MEYEN & WALP.	44
TABLA 6 ESTRUCTURAS QUÍMICA DE LOS COMPONENTES MAYORITARIOS DEL ACEITE ESENCIAL DE S. RUDBECKIIFOLIUS.	46
TABLA 7 EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE S. RUDBECKIIFOLIUS PARA LINEPITHEMA SP	52
TABLA 8 DL50 DEL EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL DE S. RUDBECKIIFOLIUS PARA LINEPITHEMA SP.....	53
TABLA 9 NORMA TÉCNICA PERUANA INDECOPI.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1	LA ESPECIE <i>SENECIO RUDBECKIIFOLIUS</i> MEYEN & WALP.	7
FIGURA 2	CLASIFICACIÓN DE LOS TERPENOS.	9
FIGURA 3	EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS DE MONOTERPENOS	10
FIGURA 4	EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS DE SESQUITERPENOS.	11
FIGURA 5	EJEMPLOS DE ESTRUCTURAS DE FENILPROPANOS	11
FIGURA 6	TRAMPA DE CLEVINGER	13
FIGURA 7	CROMATOGRAFIA DE GAS	17
FIGURA 8	ESPECTROMETRÍA DE MASAS	18
FIGURA 9	ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE INSECTICIDAS COMÚNMENTE UTILIZADOS	19
FIGURA 10	ESTRUCTURA QUÍMICA DE ALGUNOS INSECTICIDAS ORGANOCOLORADOS.....	20
FIGURA 11	ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE ORGANOFOSFATOS.	21
FIGURA 12	ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE COMPUESTOS DE CARBAMATOS	21
FIGURA 13	ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE REPELENTES COMÚNMENTE UTILIZADOS.....	22
FIGURA 14	LA ESPECIE <i>LINEPITHEMA SP.</i>	24
FIGURA 15	PERFIL CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL DE <i>SENECIO RUDBECKIIFOLIUS</i> MEYEN & WALP.	43
FIGURA 16	MASA IONICA DEL COMPUESTO BETA-PHELLANDRENE (BETA-FELANDRENO).....	47
FIGURA 17	MASA IONICA DEL COMPUESTO MYRCENE (MIRCENO)	48
FIGURA 18	MASA IÓNICA DEL COMPUESTO SABINENE (SABINENO)	49
FIGURA 19	MASA IÓNICA DEL COMPUESTO ALFA PINENO	50
FIGURA 20	MASA IÓNICA DEL COMPUESTO ALFA FELANDRENO	51
FIGURA 21	CERTIFICADO DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE <i>SENECIO</i> <i>RUDBECKIIFOLIUS</i>	63
FIGURA 22	CERTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE <i>LINEPITHEMA SP.</i>	64
FIGURA 23	MUESTREO DE LA ESPECIE <i>SENECIO RUDBECKIIFOLIUS</i>	65

FIGURA 24	PREPARACIÓN DE LA MUESTRA EN EL LABORATORIO.....	66
FIGURA 25	EXTRACCIÓN DE ACEITE ESENCIAL DE <i>SENECIO RUDBECKIIIFOLIUS</i>	67
FIGURA 26	DETERMINACIÓN DE LAS PRUEBAS DE SOLUBILIDAD DEL ACEITE ESENCIAL	68
FIGURA 27	DETERMINACIÓN DE PRUEBA DE SAPONIFICACIÓN.....	68
FIGURA 28	TITULACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ DEL ACEITE ESENCIAL	69
FIGURA 29	ACONDICIONAMIENTO DE INSECTOS.. EN LABORATORIO.....	69
FIGURA 30	INSECTOS LINEPITHEMA SP PARA EFECTO INSECTICIDA.....	70
FIGURA 31	DETERMINACIÓN DEL EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL	70
FIGURA 32	APLICACIÓN DE MUESTRAS DE ACEITE ESENCIAL PARA EFECTO INSECTICIDA	71

RESUMEN

La especie *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp., pertenece a la familia *Asteraceae*, se caracteriza por las propiedades aromáticas que posee. Es muy utilizado en la medicina tradicional para el tratamiento de muchas enfermedades, fundamentalmente como antiinflamatorio. Se desconoce sobre la actividad insecticida del aceite esencial de esta especie sobre *Linepithema* sp. Por tanto, en la presente investigación se determinó la composición química del aceite esencial de la especie de *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp. (Maicha) y su actividad insecticida sobre insectos de la especie *Linepithema* sp.

La extracción del aceite esencial, se realizó de las hojas y flores frescas de *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp. por el método de hidrodestilación con trampa de clewenger, fue caracterizado por sus propiedades fisicoquímicas, su composición fue determinada por cromatografía de gases - espectrometría de masas (CG-MS) y el efecto insecticida por el método de impregnación en papel en recipiente cerrado. Las características fisicoquímicas del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, fue: densidad (g/cm³) 0,9194, índice de refracción (n_D) 1,475, índice de acidez (mg/g) 0.975, índice de saponificación (mg/g) 61.57. Sus componentes mayoritarios fueron: Beta-felandreno (28,04%), mirceno (22.48%), Sabineno (14.83%), Beta-pineno (8.42%) y Alfa-felandreno (6.60%). El aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* muestra efecto insecticida; con CL₅₀ de 0.1829 % a 2 horas de exposición, con una mortalidad del 100 % desde la concentración del 2 % de aceite esencial.

Palabras claves: *Senecio rudbeckiifolius*, *Linepithema* sp., AEs, efecto insecticida.

ABSTRAC

The species *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp., belongs to the Asteraceae family, which is characterized by the aromatic properties it possesses, It is widely used in traditional medicine for the treatment of many diseases, mainly as an anti-inflammatory. The insecticidal activity of the essential oil of this species on *Linepithema sp.* is unknown. By Etanto, in the present investigation the chemical composition of the essential oil of the species *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp was determined. (Maicha) and its insecticidal activity on adult insects of *Linepithema sp.*

The extraction of the essential oil was carried out from the leaves and fresh flowers of *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp by the method of hydrodistillation with a Clevenger trap. The essential oil was characterized by its physicochemical properties, its composition was determined by gas chromatography - mass spectrometry (CG-MS) and the insecticidal effect by the paper impregnation method in a closed container

The physicochemical characteristics of the essential oil of *Senecio rudbeckiifolius* were: density (g/cm³) 0.9194, refractive index (n_D) 1.475, acidity index (mg/g) 0.975, saponification index (mg/g) 61.57. The main components for the essential oil of *Senecio rudbeckiifolius* are: Beta-phellandrene (28.04%), mircene (22.48%), Sabinene (14.83%), Beta-pinene (8.42%) and Alpha-fellandrene (6.60%). The essential oil of *Senecio rudbeckiifolius* shows an insecticidal effect; with LC₅₀ of 0.1829% 2 hours of exposure, with a mortality of 100% from the concentration of 2% of essential oil from 1 hour of exposure.

Keywords: *Senecio rudbeckiifolius*, *Linepithema sp.*, essential oil, insecticide effect.

INTRODUCCIÓN

El uso intensivo de insecticidas sintéticos en el control de los insectos-plagas ha creado numerosos problemas como el desarrollo de resistencia, efectos indeseables sobre organismos no específicos y la vida silvestre e impactos negativos en el medio ambiente. Frente a esta problemática, los aceites esenciales extraídos de diversas plantas son una de las alternativas viables que últimamente están siendo estudiadas con el objetivo de evaluar su actividad repelente y toxica frente a diferentes especies de plagas (Rodríguez *et al.*, 2018).

Asimismo, por las propiedades aromáticas de la especie *Senecio rudbeckiifolius* a través de la caracterización química mediante (CG-MS) nos permitirá conocer las moléculas responsables del aroma que emite en su aceite esencial. Cabe resaltar que los aceites esenciales poseen amplia variedad de usos y poseen propiedades biológicas e insecticidas (Rodríguez *et al.*, 2018).

Existen pocos estudios botánicos de la especie *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp., no se reportan datos sobre la composición química de los aceites esenciales de dicha especie. Además, se desconoce si el aceite esencial de esta especie presenta actividad insecticida sobre *Linepithema* sp. Por tanto, en la presente investigación se determinó la composición química del aceite esencial de la especie *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp. (Maicha) y su actividad insecticida sobre insectos adultos de *Linepithema* sp.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La especie *Senecio rudbeckiifolius*, perteneciente a la familia Asteraceae, se caracteriza por las propiedades aromáticas que posee, desprendiendo un aroma agradable. A partir de esta especie aromática, como materia prima, se puede obtener aceites esenciales cuya propiedad aromática se debe a la presencia de monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos aromáticos.

De la especie *Senecio rudbeckiifolius*, no se reportan estudios sobre la composición química del aceite esencial de dicha especie, Además, se desconoce si el aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* presenta efecto insecticida. Por lo tanto, se plantea este estudio con la finalidad de obtener información sobre la composición química de la especie y si presenta actividad insecticida.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la composición química del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp. (Maicha), y presentara efecto insecticida para insectos adultos de *Linepithema* sp?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es el rendimiento de la extracción del aceite esencial *de Senecio rudbeckiifolius*, por hidrodestilación con trampa de Clevenger?
- ¿Cuáles son las características organolépticas, solubilidad y fisicoquímicas del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*?
- ¿Cuál es la composición química del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, determinado por Cromatografía de Gases - Espectrometría de Masas?

- ¿Cuál es el efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* sobre insectos adultos de *Linepithema sp*, por el método de impregnación en papel?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la composición química del aceite esencial de la especie *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp. (Maicha) y su efecto insecticida sobre insectos adultos de *Linepithema sp*.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer el rendimiento de la extracción del aceite esencial por arrastre de vapor, mediante hidrodestilación con trampa de Clevenger.
- Determinar las características organolépticas, de solubilidad y fisicoquímicas del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*.
- Determinar la composición química del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, mediante Cromatografía de Gases - Espectrometría de Masas.
- Evaluar el efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, sobre insectos adultos de *Linepithema sp*, a través del ensayo experimental de efecto insecticida.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El uso de aceites esenciales en el control de insectos de la especie *Linepithema sp*, que actualmente se controlan con insecticidas sintéticos no biodegradables, podrían ser controlados con insecticidas naturales biodegradables que no contaminan el medio ambiente.

El desarrollo de la investigación posibilitará alcanzar conocimientos del efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* sobre insectos adultos de la especie *Linepithema sp*, lo que repercutirá en la conservación del medio ambiente.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

Huanca (2021) determino composición química del aceite esencial de *Senecio saxicola* Wedd. y su efecto inhibitorio ante *Staphylococcus epidermidis* y *Staphylococcus aureus*, La extracción del aceite esencial se realizó aplicando la técnica de hidrodestilación por arrastre de vapor con trampa de cleverger, se obtuvo un rendimiento de 7.7%, Las pruebas fisicoquímicas dieron a conocer que el aceite presenta una densidad de 0.9706, índice de refracción 1.518, rotación óptica -0.175°, índice de acidez 0.7106 mg de KOH/g de aceite, índice de saponificación 0.2018 mg de KOH, alta solubilidad en etanol al 90%. Fue caracterizado mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS) para determinar su composición química, se obtuvo como componentes mayoritarios, 4-metileno-1-(1-metiletil) Biciclo[3,1,0]hexano (4.65%), 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-1,8a-dimetil-7-(1-metiletenil)-[1s(1a,7a,8aa)]-Naftaleno (2.73%), (3S,4aR,5S,8aS)-4a,5-dimetil-3-(prop-1-en-2-il)-2,3,4,4a,5,6-hexahidronaftaleno - 1(8aH) (24.97%), 9-cedranona (7.17%), 3,4,4a,5,6,7-hexahidro-4a,5-dimetil-3-(1-metiletenil)-[3S-(3a,4aa,5a)]-1(2H)-naftalenona (41.4%). La actividad inhibitoria ante *Staphylococcus aureus* y *Staphylococcus epidermidis* se evaluó mediante la técnica de Kirby- bouer modificada mediante el uso de un antibiograma usando fármacos patrón Vancomicina y Cefalexina para comparar los resultados. Mediante el análisis estadístico realizado y coeficiente de correlación lineal de Pearson se estableció la correlación entre los halos de inhibición de actividad antibacteriana, los cuales verificaron los resultados obtenidos. El aceite esencial a 75% presento mediana actividad inhibitoria contra a *Staphylococcus aureus* a comparación de las diferentes concentraciones de aceite esencial evaluadas.

Basaid *et al.*, (2020) Determinaron el valor biopesticida de *Senecio glaucus subsp.* contra hongos patógenos, nematodos y ácaros. Para ello se recolectaron plantas enteras de *S. glaucus ssp coronopifolius* (tallos, hojas, flores y raíces). El aceite esencial se obtuvo utilizando

un aparato tipo Clevenger mediante hidrodestilación durante 4 h, lo que proporciona un rendimiento del 0,08%. La composición química fue cuantificó mediante cromatografía de gases junto con espectrometría de masas (GC/MS) Se identificaron ochenta y cinco compuestos, que representan el 94,3% del total de constituyentes. El 86,5% del total de compuestos identificados fueron hidrocarburos monoterpénicos tuvieron el mayor porcentaje (59,2%), seguidos de los sesquiterpenoides (11,5%). Como compuestos mayoritarios **fueron α -pineno (26,2%), mirceno (11,4%), p-cimeno (9,9%), β -pineno (7,7%),** Se demostró que el aceite esencial de *S. glaucus* tiene potencial como agente antifúngico, antinematodo, acaricidas y repelente frente a los fitopatógenos *Botrytis cinerea*, *Meloidogyne javanica* y *Tetranychus urticae* Koch en condiciones de laboratorio y puede ser sugerido como un componente del manejo sustentable de los patógenos mencionados.

Lopez, *et al.* (2018) Determinaron la composición química, actividades antibacterianas y repelentes de los aceites esenciales de *Azorella trifurcata*, *Senecio pogonias* y *Senecio oreophyton* **de las** partes aéreas frescas (500g.) se molieron finamente y se sometieron a hidrodestilación con trampa de Clevenger durante 1 h, Los rendimientos se promediaron en cuatro destilaciones y se calcularon. según el peso seco del material vegetal. Los aceites esenciales (AE) se almacenaron a -18 ° C, en microtubos herméticos, se determinó su composición química de los aceites esenciales de ambas especies de *Senecio* por cromatografía de gases acoplado a astrometría de masas (GC/MS). se identificaron un total de 19 y 18 compuestos que representan el 97,6% y el 97,3% en los aceites esenciales de *S. pogonias* y *S. oreophyton* , respectivamente. Los AE se caracterizan por un alto contenido de hidrocarburos monoterpénicos (92% y 95,1%). En *S. pogonias* y *S. oreophyton*, **respectivamente, siendo el α -pineno el componente principal en ambos aceites.** Además, el aceite esencial de *S. pogonias* se caracterizó por otros componentes **principales como α -felandreno (22,0%), p -cimeno (7,1%) y β -pineno (5,9%),** mientras que el de *S. oreophyton* El aceite esencial contiene p -mentha-1(7), 8-dieno (**31%**) y β -felandreno (5,3%). los AE mostraron buenas propiedades repelentes contra *Triatoma infestans* Klug, el vector de la

enfermedad de Chagas, con valores porcentuales de repelencia entre 60% y 70% a las 24 h y actividad moderada contra las bacterias *Escherichia coli*, *Enterobacter* sp., *Pseudomonas* sp., *Klebsiella pneumoniae* ss, *Staphylococcus coagulasa negativo* y *Proteus mirabilis*.

Alderete (2017); extrajo, determino la composición química y evaluó la actividad antimicrobiana, antioxidante *in vitro* de los aceites esenciales de *Senecio nutans* Sch. Bip, *S. calvus* Cuatrec y *S. chiquianensis* Cabrera. El estudio realizado también reportó que los aceites esenciales de *S. nutans* Sch. Bip, *S. calvus* Cuatrec *S. chiquianensis* Cabrera tuvieron porcentajes de rendimiento de 0.97 %, 0.42 % y 0.03 % respectivamente, obtenidos mediante la técnica de hidrodestilación. Además, indico que la composición química determinada mediante GC-MS obtuvo hidrocarburos monoterpenos como componentes mayoritarios, seguidos de sesquiterpenos. Además, la actividad antimicrobiana realizada por el método de microdilución, indicó que los aceites esenciales estudiados presentaron actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis* y poca actividad frente *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*.

Kenoufi *et al.* (2017). identificaron la composición química, actividad antimicrobiana del aceite esencial y número de cromosoma de *Senecio jacobaea* L. de Argelia. Este aceite se caracterizó por la presencia de pentanol-3-metilo (25,70%), seguido de ciclopentanodiona-3-metil-1,2 (22,83%) y fitol (3,15%). Los hidrocarburos y alcoholes representan el 56% del aceite de *S. jacobaea*. El aceite esencial, probado en 5 cepas bacterianas y levadura, mostró una actividad antimicrobiana relativamente moderada contra todas las bacterias ensayadas.

Joshi (2016) determino los componentes volátiles de *Senecio tenuifolius*, el aceite se obtuvo por hidrodestilación de partes aéreas frescas de *S. tenuifolius* utilizando un equipo tipo Clevenger. durante 3 h. El rendimiento de aceite fue del 0,15% (p/p). El aceite se disolvió en n-hexano, se secó sobre sulfato de sodio anhidro, y almacenado a 4 °C. sus componentes se

determino mediante cromatografía de gases y espectrometría de masas (GC-MS), Se identificaron cincuenta componentes volátiles en el aceite de partes aéreas de *S. tenuifolius*, que representan el 98,2% del aceite total. Los principales componentes del aceite, E-farneseno (16,9%), -curcumeno (16,3%), -cariofileno (14,5%) y E-ocimeno (11,2%). Los otros compuestos menores fueron terpinoleno (3,9%), epi-bisabolol (3,9%), -pineno (3,5%), E, E-farneseno (2,9%), acetato de bornilo (2,7%) y 2,5-dimetoxi-p-cimeno (2,2%). Se encontraron hidrocarburos sesquiterpénicos siendo la clase principal de compuestos, constituyendo el 53,1%, seguidos por los hidrocarburos monoterpénicos (24,5%), oxigenados.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. CLASIFICACIÓN BOTÁNICA DE *senecio rudbeckiifolius* Meyen & Walp.

La identificación se realizó en el Herbario Vargas (CUZ) de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco de acuerdo al sistema moderno de clasificación de Judd.

División	: <i>Magnoliophyta</i>
Clase	: <i>Magnoliopsida</i>
Orden	: <i>Asterales</i>
Familia	: <i>Asteraceae</i>
Género	: <i>Senecio</i>
Especie	: <i>Senecio rudbeckiifolius</i> Meyen & Walp.

Entre los nombres comunes destaca: *Maicha, Maycha, Maich'a*

2.2.2. DESCRIPCIÓN BOTÁNICA.

Senecio rudbeckiifolius Meyen & Walp es una planta de crecimiento anual, glandular ramas herbáceas, delgadas, erguidas, estriadas con moderación de hoja, en lugar del ápice ligeramente corimbosas son un poco lineal, aguda, sésiles, ovoide; subauriculatus ambos

fuertemente dentadas; y se encuentra con sus oligocefalos, tiene capítulos de radiación amplios, por otro lado el cáliz es mucho más corto que el pedúnculo; involucre subcampanulato, con 12-15 glándulas de hojas lineales bordeadas; flores a la altura del disco; con gran densidad de papilosis, en forma de cepillo. Esta especie vegetal tiene de 20 a 30 centímetros de altura, con una cepa leñosa. Las hojas tienen de 2 a 3 centímetros de largo, y apenas 2 milímetros de ancho, además posee pequeños y numerosos tallos en las extremidades de los tallos o ramas, de 15 milímetros de ancho cuando están abiertos, tienen una longitud de 6 a 8 milímetros. Flores de color amarillo pálido en los meses de mayo a julio (Bandoni, 2000).

Figura 1
La Especie Senecio Rudbeckiifolius Meyen & Walp.



2.2.3. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.

Senecio rudbeckiifolius se encuentra en los Andes, desde el sur del Perú hasta el norte de Argentina. En el Perú es común en el borde de caminos húmedos y chacras abandonadas; registrada en los departamentos de Apurímac, Arequipa, Cusco, Junín, Moquegua, Puno y Tacna, entre los 3000 y 4500 m.s.n.m. (Beltrán, 2007).

2.2.4. USOS ETNOBOTÁNICOS.

Según los conocimientos empíricos, sobre medicina tradicional andina la especie *Senecio rudbeckiifolius*, conocida con el nombre común de Maicha, utilizado para dolores musculares, torcedura y mal de viento (Wayna,2018).

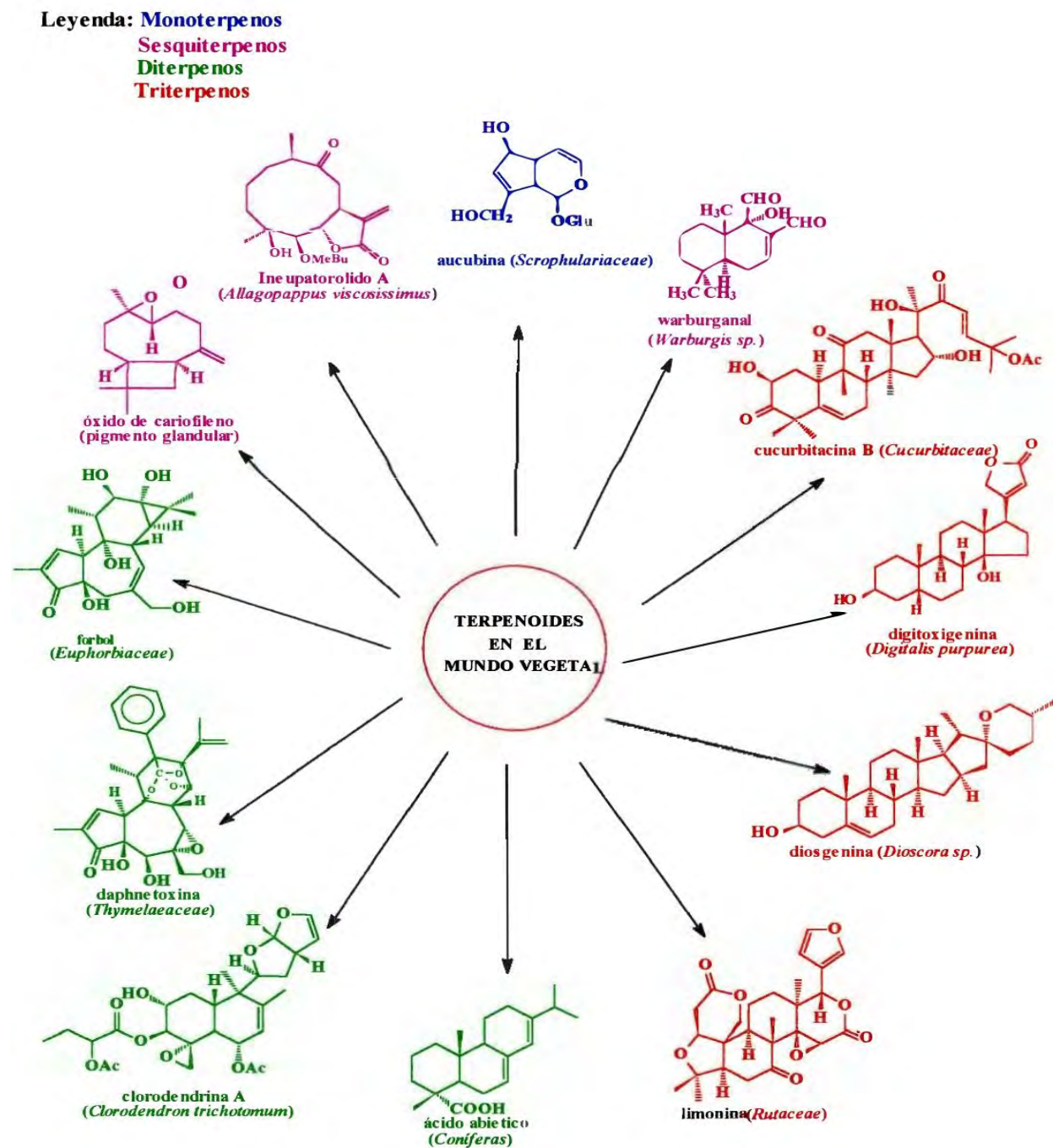
2.3. ACEITES ESENCIALES

Los aceites esenciales son mezclas complejas, de olor aromático intenso, generalmente líquidos volátiles arrastrables por el vapor del agua, contenidos en los vegetales. Poseen una alta volatilidad a temperatura ambiente, esta característica, junto con sus propiedades antivirales, antimicóticas, antioxigénicas, antiparasíticas e insecticidas, han incrementado su interés por ellos. La actividad insecticida de los aceites esenciales se debe a la presencia de sustancias bioactivas como flavonoides, terpenos, coumarinas y carotenos. De los millones de plantas existentes en nuestro planeta, se conocen alrededor de 4000 aceites esenciales distintos. Las plantas aromáticas son las que concentran una mayor cantidad de esencias y, por tanto, constituyen la materia prima para su obtención, bien sea empleando toda la planta, sólo sus hojas, flores, frutos o raíces (Obregón, 2018).

2.3.1. TERPENOIDES

Los terpenoides o isoprenoides se derivan de la fusión de unidades de 5 carbonos llamado isopreno (C_5). Los terpenoides se clasifican en función de las unidades básica de cinco carbonos (isopreno) presentes en su estructura. Los terpenoides de 10 carbonos correspondientes a dos unidades de C_5 se denominan *monoterpenos*, mientras que los terpenoides de 15 carbonos (3 unidades C_5) son los *sesquiterpenos*, y los de 20 unidades (4 unidades C_5) son los *di terpenos*. Los terpenoides con más carbonos son los *triterpenos* (30 carbonos), *tetraterpenos* (40 carbonos) y en general *politerpenos* (Romo, 2006).

Figura 2
 Clasificación de los terpenos (Martinez,1998).

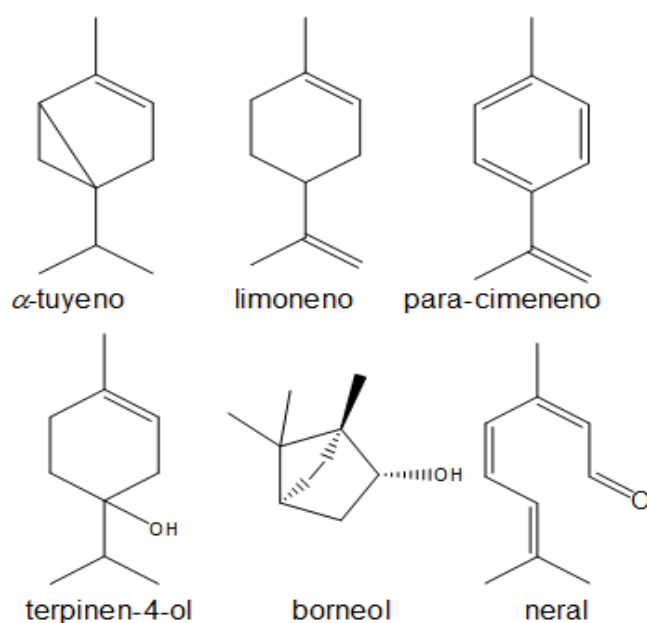


3.2.1.1. MONOTERPENOS

Los monoterpenos son sustancias lipofílicas, volátiles, responsables del olor característico de muchas plantas. Constituyentes principales de los aceites esenciales. La gran mayoría son

compuestos cíclicos que pueden tener uno o dos ciclos, asimismo, hay monoterpenos acíclicos como el mirceno o el linalol pero la familia es poco numerosa. Los monoterpenos son muy apreciados en la industria de los saborizantes y aromas, sus usos comerciales comprenden las áreas farmacéutica y agroquímica (Romo, 2006). son por lo general los componentes mejor representados y los que percibimos inmediatamente ante el contacto con una esencia (Lizárraga, 2019).

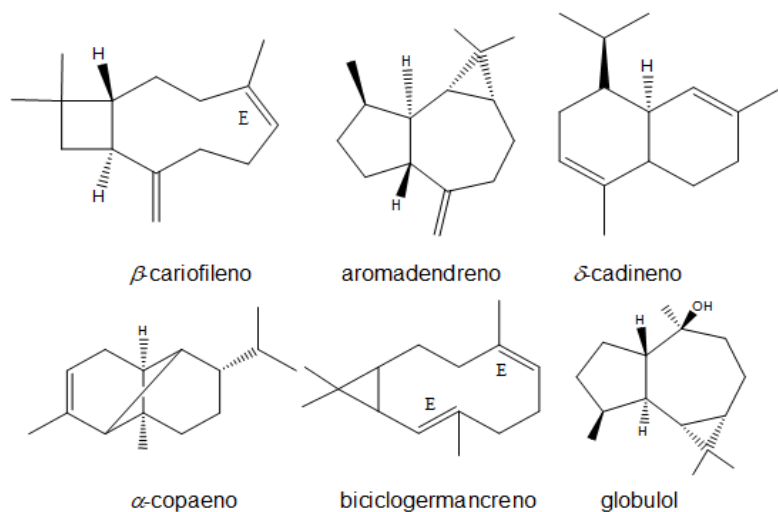
Figura 3
Ejemplos de estructuras de monoterpenos (Lizárraga, 2019).



3.2.1.2. SESQUITERPENOS

Los sesquiterpenos compuestos de 15 átomos de carbono, representan la fracción de mayor peso molecular y por supuesto los componentes son menos volátiles. Se tratan de los aromas de una esencia que se perciben luego de estar un tiempo en contacto con ella (Lizárraga, 2019).

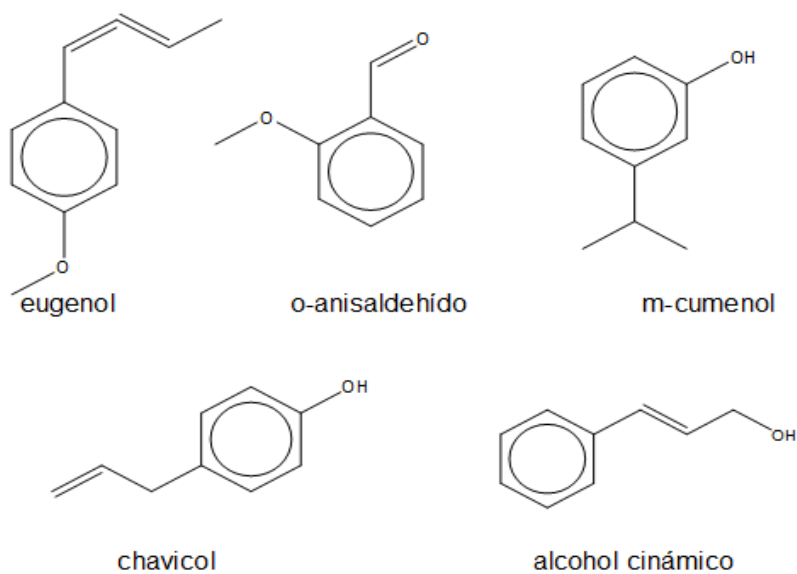
Figura 4
Ejemplos de estructuras de sesquiterpenos (Lizárraga, 2019).



3.2.1.3. FENILPROPANOS.

Su presencia en un aceite esencial es más restringida, limitándose a algunas especies de aromáticas. Por ejemplo, el perfume que nos recuerda al clavo de olor o al anís estrellado se debe a la existencia de este tipo de compuestos. (Lizárraga, 2019).

Figura 5
Ejemplos de estructuras de fenilpropanos (Lizárraga, 2019).



2.3.2. OBTENCIÓN DE ACEITES ESENCIALES.

Los aceites esenciales se pueden extraer de las muestras vegetales mediante varios métodos:

a. HIDRODESTILACIÓN CON TRAMPA DE CLEVINGER

En la hidrodestilación, la especie vegetal es sumergido en agua, esto consiste en ebullición del agua y de esa forma penetra a los tejidos vegetales disolviendo el aceite esencial; esta disolución acuosa; se difunde a través de las membranas celulares y el aceite esencial se vaporiza. Este procedimiento es continuo hasta que sale todo el aceite contenido en las glándulas de la planta, de tal manera que los vapores generados puedan ser condensados y colectados fácilmente (Gómez. 2010).

Al equipo de hidrodestilación se le acopla la trampa de Clevenger, usado en muchos laboratorios y considerado en varios estándares internacionales, como el más adecuado para la determinación del contenido total del aceite esencial de una planta aromática (Solís, 2018). Consta de un balón de vidrio de un litro, donde se deposita la especie vegetal picada en trozos pequeños con una cantidad conocida de agua y se somete a calor constantemente, la mezcla de aceite esencial y agua se evapora continuamente. Un condensador va acoplado al balón y una conexión en forma de D, permite acumular y separar el aceite esencial de la mezcla condensada. El agua floral condensada regresa al balón por el rebose de la conexión. Las ventajas de este equipo son: su simplicidad y flexibilidad para trabajar con aceites de diferente densidad y naturaleza. Además, el hecho de estar partidas, genera que el aceite se encuentre disponible para su **vaporización y “arrastre”**. Con este método se agota todo el aceite contenido en la planta (Cerpa, 2007).

Figura 6
Trampa de Clevenger



b. EXTRACCIÓN MEDIANTE ARRASTRE DE VAPOR.

Por este método de extracción, la muestra vegetal fresca es cortada en trozos pequeños, confinada en una cámara inerte y sometida a una corriente de vapor de agua sobrecalentado mediante inyección de vapor directa, conocida como vapor de arrastre. Después, la esencia arrastrada en estado gaseoso se condensa y al pasar a estado líquido, tiende a formar 2 fases, lo que facilita la separación de los componentes aceitosos y acuosos, en este proceso cada componente genera su presión de vapor y estas se igualan facilitando el proceso de condensación. Esta técnica es muy utilizada porque no requiere tecnología sofisticada (Martínez M., 2003).

c. EXTRACCIÓN MEDIANTE USO DE SOLVENTES.

Este método de extracción aplica solventes volátiles, donde la muestra seca y molida se pone en contacto con solventes orgánicos (alcohol, cloroformo, entre otros). Por lo cual, los solventes solubilizan el aceite esencial, grasas y ceras obteniendo un extracto impuro acompañado de ceras, resina y pigmentos, dando lugar a que los extractos obtenidos presenten tonalidades más oscuras. Esta técnica es poco aplicada en el sector industrial debido a que no es muy rentable (Martínez M., 2003).

d. EXTRACCIÓN MEDIANTE FLUIDOS SUPERCRÍTICOS.

Este método usa el poder de los disolventes de fluidos supercríticos por la alta volatilidad que poseen, baja viscosidad y alta difusividad. Primero, el material vegetal es cortado en trozos pequeños, licuado o molido. Después, es llevado a una cámara de acero inoxidable y se hace circular a través de la muestra un líquido supercrítico, por ejemplo, dióxido de carbono líquido (CO₂). El CO₂ hace más eficaz el proceso de extracción del aceite esencial, debido a que regula la temperatura del proceso haciendo posible la micro selección de sus componentes. Los aceites esenciales son solubilizados, arrastrados y el líquido supercrítico que actúa como solvente extractor. Después, este es eliminado por la descompresión que se genera cuando alcanza la presión y temperatura ambiente. Finalmente, esta técnica se caracteriza porque el tiempo de extracción disminuye, el porcentaje de rendimiento aumenta y no requiere mucha energía (Martínez M., 2003).

2.3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS ACEITES ESENCIALES.

2.3.3.1. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS.

- a. Color:** Dependen de la composición de los aceites esenciales, son incoloros generalmente, pero poseen un color en la gama del amarillo. Al exponerse al ambiente se oxidan (cambian de color) fácilmente. (Rodas, 2012).
- b. Olor:** Es la principal característica de los aceites esenciales y es difícil de describir, más aún los olores de una mezcla compleja a menos que uno de los componentes sea tan característico que determine en gran parte el olor o el sabor de la composición y puede clasificarse en floral, frutal, herbáceo, o con olores similares (Rodas, 2012).

2.3.3.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS.

- a. Densidad:** Es la masa de una sustancia entre su volumen. La mayoría de esencias tienen una densidad menor que el agua, pero existen algunas excepciones, como la esencia de clavo, canela y ajo (Rodas, 2012).

- b. Índice de Refracción:** Es una propiedad específica que determina la reducción de la velocidad de la luz al propagarse por un medio, que varía con la temperatura y la longitud de onda de la luz; normalmente se reportan a 20°C (Rodas, 2012). Por otro lado, el índice de refracción no varía mucho en los diferentes aceites esenciales, los valores oscilan entre 1.46 y 1.61 a 20°. En general los índices de refracción menores de 1.47, poseen un alto porcentaje de hidrocarburos terpénicos o compuestos alifáticos. Por el contrario, un índice de refracción mayor a 1.47, indica la posible presencia de compuestos alifáticos oxigenados (Castellanos, 2014).
- c. Poder rotatorio:** El poder rotatorio permite deducir los componentes químicos ópticamente activos que desvían el plano de la luz polarizada y se determina con el polarímetro, los aceites esenciales mayormente poseen compuestos ópticamente activos, y por ello esta determinación es de gran utilidad para la detección de adulteraciones o falsificaciones (Cañigüeral et al., 2003)
- d. Miscibilidad en Etanol:** Se determina con una determinada graduación de etanol, que se va añadiendo a razón de 0.5 mL en 1 mL del aceite esencial, observando el comportamiento de la esencia; mientras mayor sea la solubilidad, menor será el contenido de monoterpenos y mayor será el contenido de compuestos oxigenados (fenoles y alcoholes). También sirve para detectar adulteraciones provocadas por adición de aceites vegetales o minerales, que son insolubles en etanol (Albarracín, 2003).

2.3.3.3. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS.

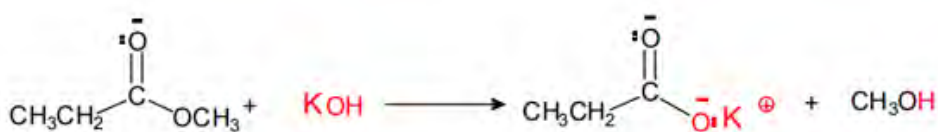
a. Índice de acidez

El índice de acidez es la masa en miligramos de hidróxido de potasio que se requiere para neutralizar un gramo de una sustancia química. En otras palabras, este valor determina la cantidad de ácido en la sustancia. Generalmente, este valor se utiliza como medida de la cantidad de grupos de ácido carboxílico en un compuesto químico (Madhu, 2020)

b. Índice de saponificación

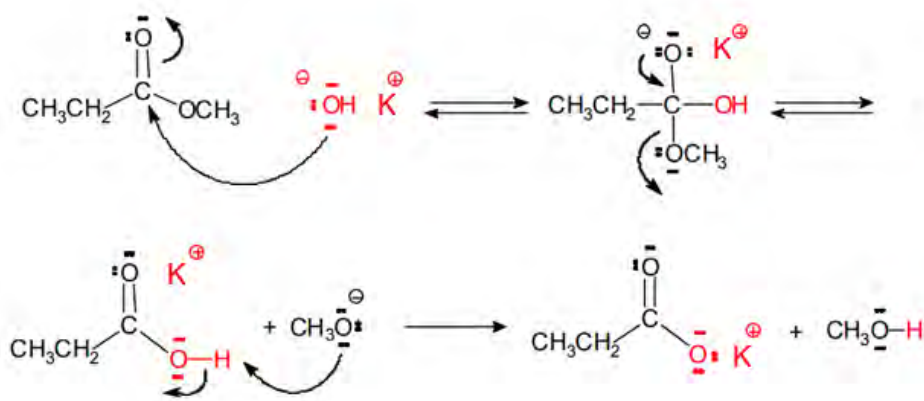
La saponificación es la hidrólisis de un éster para formar un alcohol y la sal de un ácido carboxílico en condiciones ácidas. se usa generalmente para referirse a la reacción de formación de jabón de un álcali metálico (base) con grasa.

La saponificación es un tipo de reacción química en la que las moléculas de éster se rompen para crear un grupo funcional de ácido carboxílico y alcohol. Un conjunto de moléculas o átomos que podemos reconocer fácilmente en un compuesto es un grupo funcional (Madhu, 2020).



El ion hidróxido ataca al carbonilo del éster formando un intermedio tetrahédrico. Cuando se regenera el grupo carbonilo se produce la eliminación del ión alcóxido y se forma un ácido carboxílico. Una rápida transferencia de protón forma el carboxilato y el alcohol. Este último paso es muy exotérmico y desplaza los dos equilibrios anteriores del proceso de saponificación hacia su terminación, haciendo que el proceso sea irreversible (Wade, 1993).

Mecanismo del proceso de saponificación de ésteres

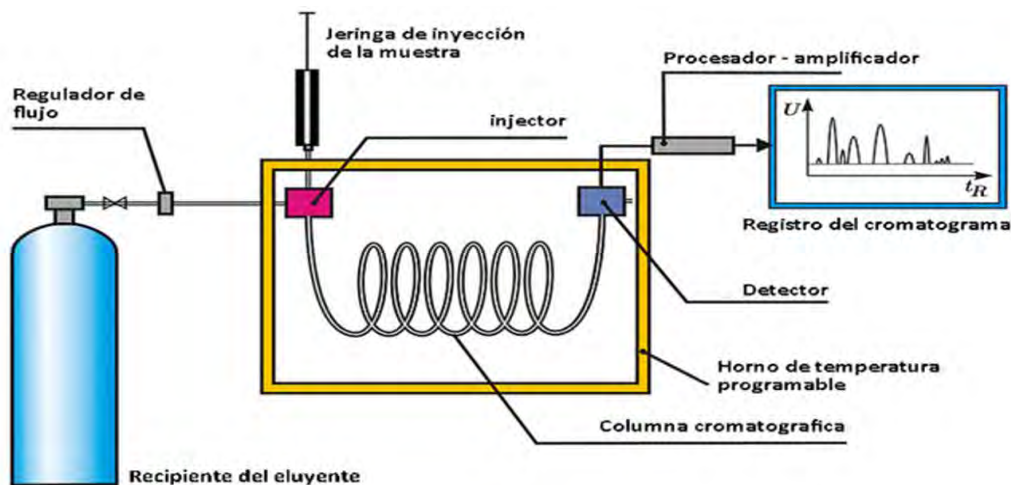


c. CROMATOGRAFIA DE GASES

La cromatografía de gases es una técnica de separación que utiliza como fase móvil un gas y como fase estacionaria un sólido o un líquido, se lleva a cabo en una columna cerrada en la cual se encuentra retenida la fase estacionaria y por la cual se hace pasar el gas portador que actúa como fase móvil los componentes de la muestra se introducen a través del inyector la temperatura debe ser la adecuada, de tal forma que permita la vaporización de los componentes de la mezcla, el gas portador que actúa como fase móvil transporta los componentes de la muestra a través de la columna y el detector debe ser una especie químicamente inerte, térmicamente estable y debe tener una pureza elevada no puede contener oxígeno ni agua en la práctica los gases más utilizados son el helio, nitrógeno, hidrógeno y el argón. Los compuestos inyectados en el

cromatógrafo de gases se separan dentro de la columna cromatográfica según la tendencia que tengan de ser retenidos en la fase estacionaria o a permanecer en la fase móvil. Si no existiera esta interacción entre los componentes y la fase estacionaria estos se desplazarían por la columna a la misma velocidad que el gas y no sería posible la separación de los diferentes componentes de la mezcla (solis, 2018)

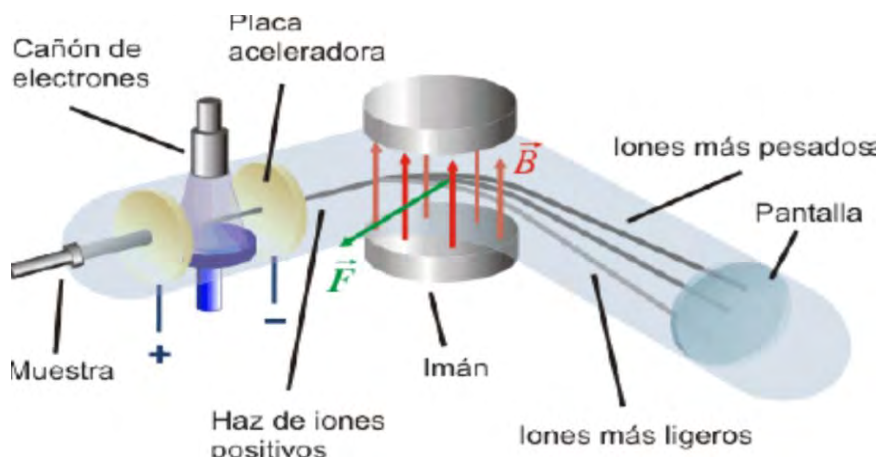
Figura 7
cromatografía de gas (solis, 2018)



d. ESPECTROMETRIA DE MASAS

Finalmente, los componentes individuales aislados pasan inmediatamente a un detector que en este caso será un espectrómetro de masas. En el espectrómetro de masas las moléculas de la muestra entran en una fuente de ionización donde se ionizan los componentes de la muestra separados por el cromatógrafo de gases, las fuentes de ionización de los espectrómetros de masas moleculares tienen la energía suficiente para romper los enlaces químicos de las moléculas de la muestra pero no para descomponer estas moléculas en átomos, las fuentes de ionización en la espectrometría de masas produce moléculas fragmentadas e ionizadas cargados para luego ser graficada según su abundancia relativa, la espectrometría de masas logra esto haciendo uso de la relación de la masa de la partícula sobre la carga eléctrica m/z . La sección siguiente del espectrómetro de masas es el analizador que sirve para cuantificar los iones según valores de masa carga con la obtención de espectros de masas de los componentes separados mediante la cromatografía de gases y con la utilización del software adecuado si se compara el espectro incógnita con una serie de espectros contenidos dentro de la librería del espectrómetro de masas se puede llegar a conocer la naturaleza de cada sustancia separada por cromatografía de gases también se puede deducir información cuantitativa determinando el área o las alturas de cada uno de los picos cromatográficos. (Solís, 2018)

Figura 8
Espectrometría de masas (T., martin, A.,serrano, 2014)



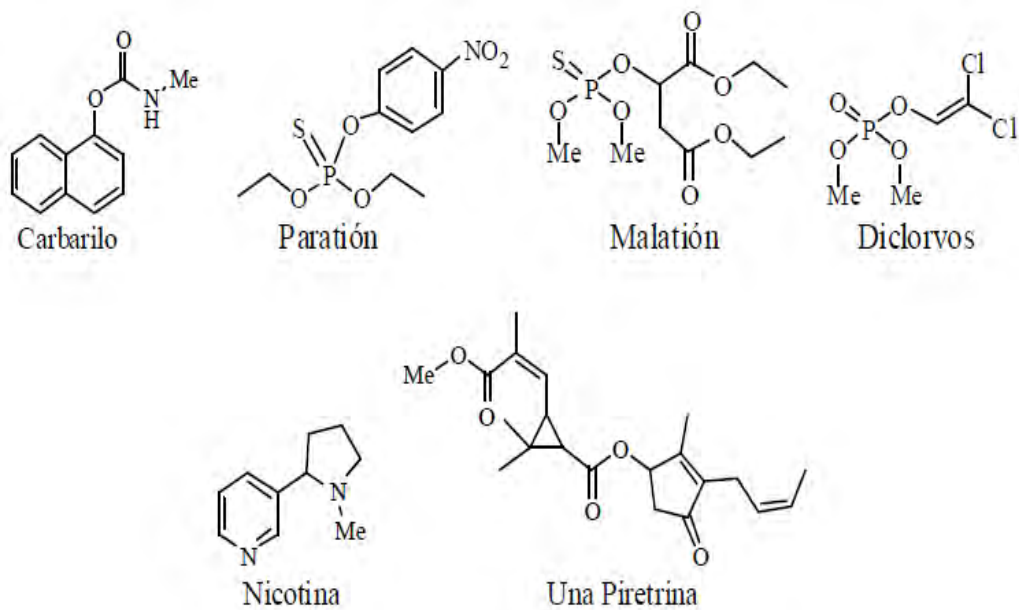
2.4. INSECTICIDAS

Un insecticida, es un producto fitosanitario utilizado para controlar insectos generalmente por la inhibición de enzimas. Es un tipo de biocida, los que pueden ser sustancias químicas sintéticas, naturales, de origen biológico o de origen físico y están destinados a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo considerado nocivo para el hombre (Devine, 2008).

Entre los más comunes están el carbarilo, paratión, malatión, diclorvos, nicotina y las piretrinas (Mondragón, 2002).

Figura 9

Estructuras químicas de insecticidas comúnmente utilizados

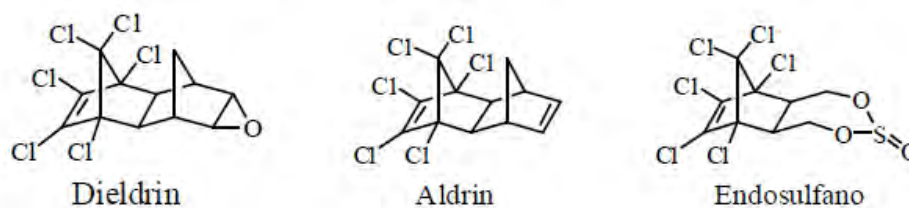


a. ORGANOCLORADOS

Los organoclorados son insecticidas cuya estructura química corresponde a la de hidrocarburos clorados aromáticos, aunque algunos de ellos contienen otros elementos como oxígeno y azufre. Dentro de los compuestos organoclorados más conocidos se encuentran el DDT (diclorodifeniltricloroetano), metoxicloro, hexaclorociclohexano (HCH), etc.

Los organoclorados son poco solubles en agua, estables a la luz solar, a la humedad, al aire y al calor, lo que los hace persistente en el medio ambiente. La principal acción tóxica de los organoclorados la ejercen sobre el sistema nervioso, interfiriendo con el flujo de iones de las membranas de las células nerviosas. Aumentando de esta forma, la irritabilidad de las neuronas. Los organoclorados a diferencia de organofosfatos y los carbamatos no inhiben las colinesterasas (Mondragón, 2002).

Figura 10
Estructura química de algunos insecticidas organoclorados.



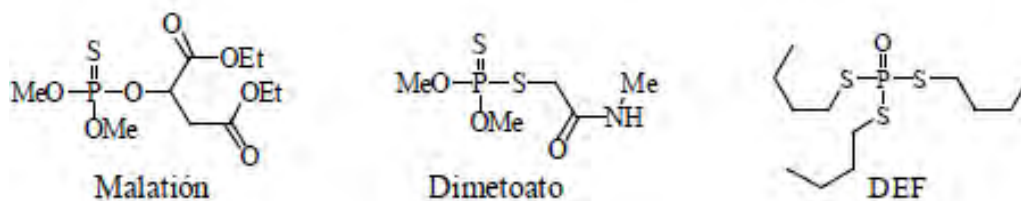
b. ORGANOFOSFATOS

Organofosfatos (OPs) es el término genérico actualmente usado que incluye todos los insecticidas que contienen fósforo. Otros nombres usados *fosfatos orgánicos, insecticidas fosforados*. Todos los organofosfatos se derivan del ácido fosfórico.

La actividad insecticida se debe a su capacidad para fosforilar la enzima colinesterasa, que regula la transmisión de impulsos nerviosos. El efecto de esta desactivación es una acumulación de la acetilcolina. Esto resulta en una transmisión de energía a través de las neuronas causando convulsiones en algunos de los centros musculares vitales y finalmente parálisis. Todos los OPs son ésteres del fósforo que tienen combinaciones variables de oxígeno, carbono, azufre y nitrógeno, lo cual resulta en seis diferentes subclases: osfatos, fosfonatos, fosfotioatos, fosfoditioatos, fosfotiolatos y fosfoamidatos. Estas subclases son fáciles de identificar por sus nombres químicos. Cuando contiene un átomo de azufre unido por doble enlace, la actividad se debe a una oxidación para formar el derivado oxo. Los OPs generalmente son divididos en tres grupos – derivados *alifáticos, fenílicos y heterocíclicos*. Los grupos suelen ser unidades de bajo

peso molecular con menos de cuatro carbonos y son generalmente grupos hidrolíticamente inestables que se separan de la molécula (Mondragón, 2002).

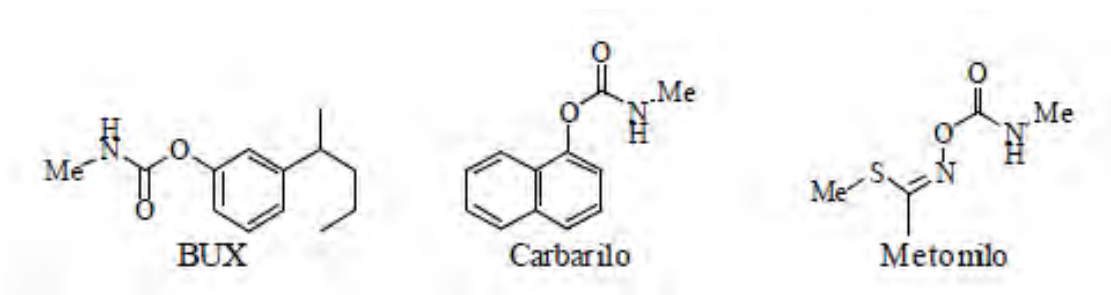
Figura 11
Estructuras químicas de organofosfatos.



c. CARBAMATOS

Muchos de los insecticidas poseen la estructura de carbamato (derivados del ácido carbámico). Los grupos presentes en los carbamatos son fenilos sustituidos (BUX) o un grupo naftilo (carbarilo). Algunas de las estructuras contienen grupos oximino (metomilo y temik), sistémico de gran potencia, así como las variantes heterocíclicas como el carbofurán. Los grupos unidos al nitrógeno pueden ser metilo, acilo, sulfenilo o fosforilo (Mondragón, 2002).

Figura 12
Estructuras químicas de compuestos de carbamatos

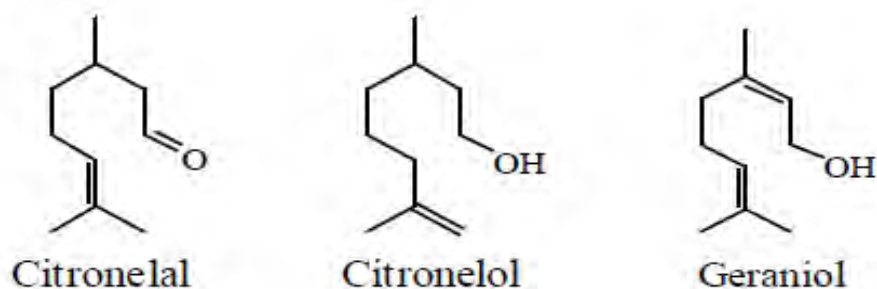


d. REPELENTES

Los repelentes de insectos son sustancias que mantienen alejados a los insectos de humanos, animales, plantas, comida. se desconoce cómo funcionan estas sustancias. Pueden ser compuestos que proporcionan a los insectos un gusto u olor desagradables, pueden ser feromonas de alarma que advierten a los insectos de un peligro inminente o pueden ser

inhibidores sensoriales que previenen a los insectos para encontrar al huésped. De cualquier manera, que trabajen, son un método de control efectivo pero limitado. (Mondragón, 2002)

Figura 13
Estructuras químicas de repelentes comúnmente utilizados.



2.4.1. INSECTICIDAS DE ORIGEN BOTÁNICO – BIOINSECTICIDAS.

Son insecticidas naturales o bioinsecticidas, Las plantas consideradas insecticidas, desarrollan sustancias llamadas aleloquímicos, como mecanismo de defensa contra insectos, regulando así la presencia de insectos fitófagos, que actúan como atrayentes, estimulantes, repelentes o inhibidores de la alimentación. (Lizana, 2005). Los insecticidas vegetales no deben ser considerados inocuos, por la gran cantidad de metabolitos tóxicos, porque una molécula se debe a la naturaleza de su estructura química y no al origen, en su totalidad. Por ello la diferencia entre lo que mata y lo que cura es la dosis (Camacho, 2011).

2.4.1.1 EFECTO TÓXICO DE LOS INSECTICIDAS.

La toxicidad de los insecticidas o de cualquier tóxico a un organismo, se expresa usualmente en términos de DL50 (dosis letal media); Medida estándar de la toxicidad del medio circundante. La mitad de la muestra de población (50%) de una prueba en un animal específico en un período determinado muere a causa de la exposición a través de la inhalación o la respiración. Como una comparación de toxicidad, los valores de CL50 no tienen correlación directa de una especie a la otra o a los seres humanos. La medición CL50 se hace en microgramos o miligramos de material por litro, o partes por millón (ppm), de aire o agua. Cuanto menor sea la cantidad, más tóxico es el material. CL50 (Zúñiga, 2022).

para expresar la susceptibilidad de cualquier población de insectos a cualquier veneno se usa el método de CL50 y CL95 mediante análisis probit la cual consiste en:

- graficar los porcentajes de mortalidad observados en función del logaritmo de las dosis aplicadas.
- Una vez graficados los puntos o valores de mortalidad se traza la línea recta que se encuentre más cercana a los valores de mortalidad observados.
- Posteriormente, se extrapola una línea horizontal desde el punto 50% en el eje Y hacia la recta que contiene los valores de mortalidad esperados; en ese punto de corte, se traza otra recta perpendicular a la anterior dirigida hacia el eje X. El punto de corte en dicho eje nos indicará la dosis que produce un 50 % de mortalidad o CL50.

El resultado es una recta en la cual podemos interpolar el 50 % (CL50) ó 90 % (CL90) de la respuesta y conocer que concentración de tóxico causa esa respuesta (Vergara, 2016).

2.4.2 CLASIFICACIÓN SISTEMÁTICA DE LA ESPECIE *linepithema sp*

El insecto *Linepithema*, es un género de hormigas perteneciente al orden *Hymenoptera*. Por el momento incluye 20 especies distribuidas por América, aunque han aparecido colonias invasoras en otras partes del mundo, debido a actividades humanas.

Reino	: Animalia
Clase	: Insecta
Orden	: Hymenoptera
Familia	: Formicidae
Género	: <i>Linepithema</i>
Especie	: <i>Linepithema sp.</i>

2.4.2.1. DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA.

La familia formicidae posee cabeza prognata, segmento antenal basal largo, el flagelo se compone de 4 a 12 segmentos en hembras y de 9 a 13 en machos, ambos presentan ocelos. Alas

presentes en todos los machos y en la mayoría de hembras, las cuales pueden presentar hasta dos celdas. Mesosoma y metasoma. Las hembras son muy similares a obreras, aunque siempre con mesosoma robusto y alas, las cuales se pierden cuando son fecundadas; los machos son de porte pequeño y esbelto (Guarín *et al.*, 2017).

Son de color marrón oscuro brillante con áreas de dos colores marrón claro brillante y amarillo oscuro brillante. Asimismo, se reconoce por dos características básicas, la primera es que el propodeo es visible dorsalmente, no oculto bajo el abdomen y la segunda es que el mesosoma no presenta espinas; además este género tiene dos pelos cortos sobre el margen anterior del clípeo (Palacio, 2003). La función de esta especie en las hojas es que se alimenta de insectos muertos de las familias *Chrysomelidae* (Coleoptera) y *Dolichoderinae* (Diptera). Por otro lado, las especies de este género son omnívoras (dieta generalista) y fácilmente muestreadas con cebos (Silvestre *et al.*, 2003)

Figura 14

La Especie *Linepithema* Sp (Iriberry,2020)



2.4.2.2 ACCIÓN FISIOLÓGICA DE ACEITES ESENCIALES FRENTE A INSECTOS

Para describir el efecto insecticida recordamos que los aceites esenciales están compuestos generalmente por mezclas complejas de monoterpenos, sesquiterpenos y fenilpropanos, los cuales se caracterizan por su acción neurotóxica sobre insectos y por la baja toxicidad para mamíferos y otras especies. Dicho efecto tóxico está directamente relacionado por los metabolitos secundarios que los componen y además por las propiedades físicas que poseen (Prieto, 2011; Patiño, 2017). Con base en esto, los aceites esenciales pueden ser tóxicos para el insecto mediante cuatro vías:

- **Inhalación:** Provocada por su riqueza en compuestos volátiles
- **Contacto:** Los insectos mueren como consecuencia de la formación de una película impermeable, provocando la asfixia del insecto.
- **Absorción:** Debido a su carácter lipofílico son absorbidos en la cutícula de los insectos
- **Ingestión:** Los insectos sufren intoxicación tras ingerir alimento impregnado con el aceite (Isman, 2006).

Los aceites esenciales **y sus compuestos como α -pineno, eugenol, limoneno, terpinol, citronelol, citronelal, alcanfor, cineol y timol** se caracterizan por su rápida acción tóxica sobre insectos. (Pérez, 2012), Dicha acción se da por varios mecanismos al interior del insecto, entre los que se han podido estudiar están:

- La interferencia con el neuromodulador octopamina
- el bloqueo de los canales del ácido gamma-aminobutírico; 3) inhibición de acetilcolinesterasa
- bloqueo de canales iónicos
- inhibición de la cadena transportadora de electrones
- inhibición de la actividad catalítica de enzimas desintoxicadoras.

CAPITULO III

METODOLOGIA Y PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo descriptivo y experimental.

En la investigación se describe, a través de métodos y técnicas de laboratorio las características fisicoquímicas más comunes y las moléculas componentes del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, con la aplicación del método instrumental cromatografía de gases acoplado a espectrometría de masas.

En la parte experimental, a través de pruebas de toxicidad se determina el efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* a diferentes concentraciones de aceite esencial, sobre insectos adultos de la especie *Linepithema sp.*

3.2. HIPOTESIS

El aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* “Maicha” tiene alto contenido de monoterpenos, sesquiterpenos y compuestos aromáticos; y presenta efecto insecticida sobre insectos de la especie *Linepithema sp.*

3.3 VARIABLES

3.3.1 VARIABLE INDEPENDIENTE.

Concentración de los aceites esenciales de *Senecio rudbeckiifolius* “Maicha”

en pruebas experimentales de efecto insecticida a nivel de laboratorio.

3.3.2 VARIABLE DEPENDIENTE.

Efecto insecticida de los aceites esenciales para *Linepithema sp.*

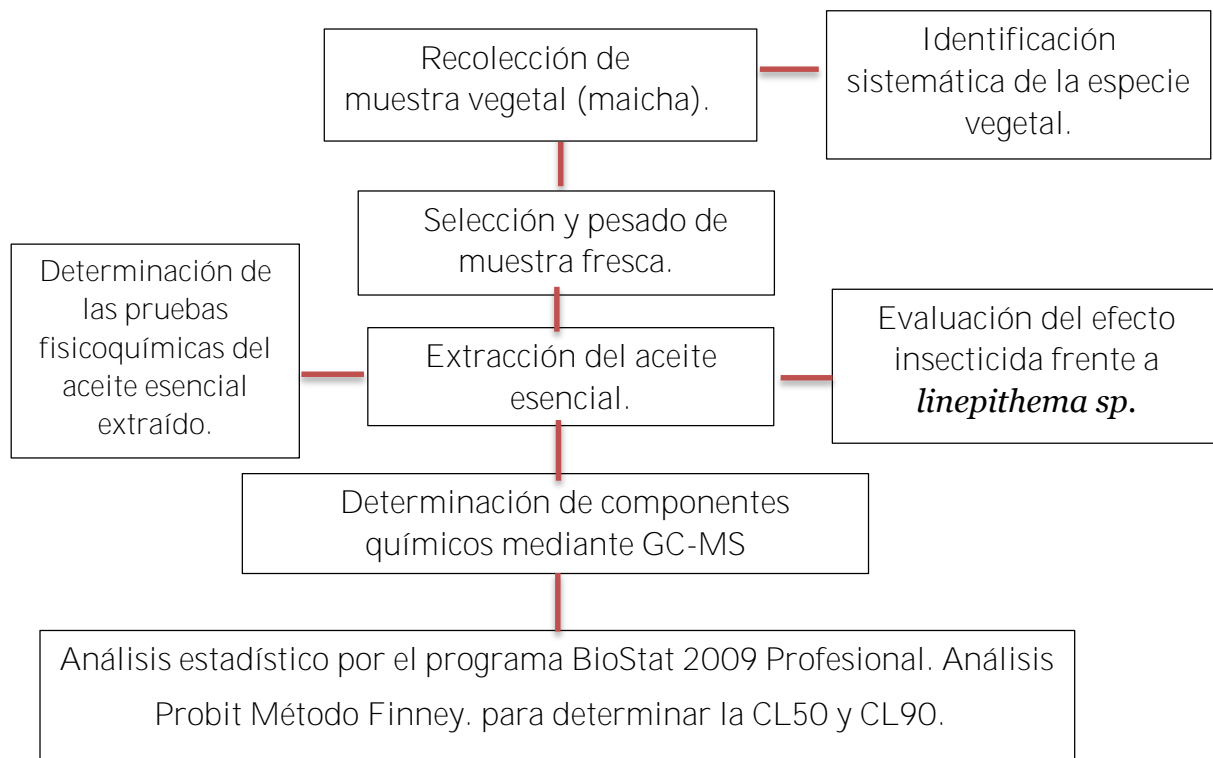
3.3.3 VARIABLES INTERVINIENTES.

- **CONTROLADAS:** Lugar de muestreo, tipo de muestra, periodo vegetativo de la planta, las condiciones de extracción, tiempo de vida de los animales de experimentación y las condiciones de experimentación.
- **NO CONTROLADAS:** Humedad y temperatura del ambiente de experimentación.

3.4. PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO

El procedimiento metodológico seguido para el desarrollo de la investigación, estuvo enmarcado en las siguientes etapas:

Diagrama de flujo del trabajo experimental.



3.4.1 MATERIALES, INSTRUMENTOS, EQUIPOS Y REACTIVOS

MATERIALES DE CAMPO

- Cámara fotográfica modelo CMA-LX3
- Cinta de embalaje.
- Cuaderno de campo.
- Etanol al 70%.
- Lapiceros.
- Papel kraft.
- Plumón indeleble.
- Segaderas.
- Tijeras

MATERIALES DE LABORATORIO

- Algodón.
- Anillos para soporte universal.
- Baguetas.
- Barbijo.
- Bureta.
- Capilares.
- Desecador.
- Embudos de vidrio.
- Erlenmeyer de 100-200 ml.
- Frascos color ámbar 10-20 ml.
- Jeringas 10 ml.
- Goteros.

- Gradilla.
- Guantes.
- Matraces de 100-500 ml.
- Mechero bunsen.
- Micropipetas.
- Nueces para soporte universal.
- Papel filtro marca Whatman, grado 3.
- Papel filtro.
- Papel kraft 70 x 100 cm.
- Picnómetro de 10 ml.
- Pinzas.
- Pipetas graduadas de 1.5 -10 ml.
- Placa Petri 100 X 15 mm.
- Probetas de 25-100 ml.
- Soporte universal.
- Termómetro de 100°C.
- Tubos de ensayo.
- Vaso de precipitados de 50-250 ml.
- Viales 1-20 ml.

EQUIPOS DE LABORATORIO

- Balanza analítica marca Swiss Made, modelo LX220A.
- Equipo de hidrodestilación de tipo Clevenger Movilab.
- Estufa.marca Thermo Scientific, modelo OGS 100.
- Centrifuga de 1500-4500 r.p.m. marca Powerspin, modelo DX UNC-C8724
- Refractómetro ABBE.marca OPTIKA, modelo 2WAJ.

- Polarímetro marca Rudolph research analytical, modelo Autoplo 1.
- Cromatógrafo de gases modelo Trace 1310 GC-MS (Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, EE. UU.) acoplado a un espectrómetro de masas Modelo ISQ QD Thermo scientific,
- Refrigeradora marca Samsung, modelo RT29K5710S8

REACTIVOS

- Agua destilada
- Solución estándar de KOH 0.127N.
- Solución etanólicas de KOH 0.1 N.
- **Hidróxido de sodio NaOH 0.1N**
- Solución estándar de HCl 0.125 N.
- Indicador fenolftaleína (C₂₀H₁₄O₄) al 0.1 % p/v.
- Tween 80.
- Etanol al 40, 50, 70 y 95%
- Hexano (C₆H₁₄) Q.P.
- Metanol (CH₃-OH) Q.P.
- Acetona (C₃H₆ O) Q.P.
- Cloroformo (C₁H₁Cl₃) Q.P.
- Heptano (C₇ H₁₆) Q.P.

1.4.2. MUESTREO DE LA ESPECIE VEGETAL

a) COLECCIÓN DE MUESTRA

Para el desarrollo de la investigación las muestras de *Senecio rudbeckiifolius* fueron colectados sistemáticamente, las partes aéreas compuesta por hojas y tallos verdes, en pleno periodo de floración; de los alrededores del Distrito Pucyura, Provincia de Anta y Departamento

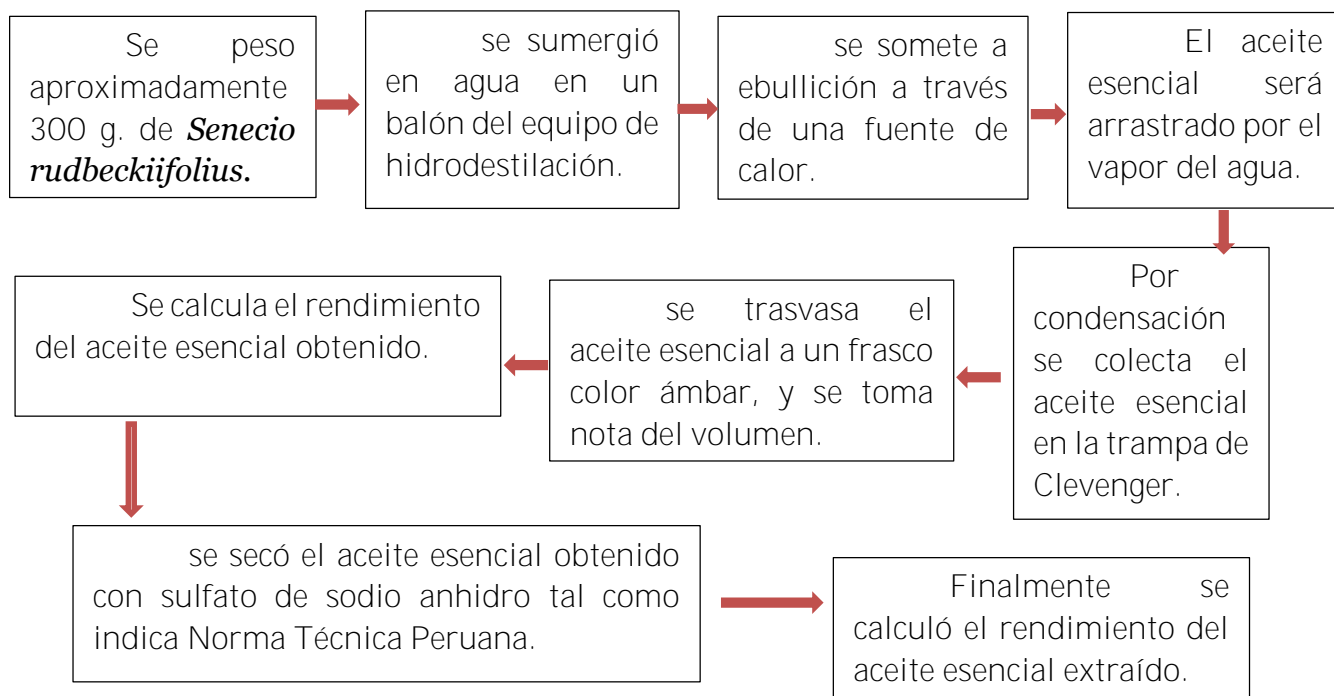
de Cusco a 3 351 m.s.n.m. Las muestras fueron depositadas en bolsas de papel y en el tiempo más corto posible, transportadas al Laboratorio de Fitoquímica de la UNSAAC, para su selección y obtención del aceite esencial.

b) PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

En el laboratorio, las muestras fueron seleccionadas las hojas y tallos verdes junto con las flores, quedando así libre de todo material extraño y luego fueron trozadas a fracciones pequeñas, para someter a proceso de extracción del aceite esencial.

3.4.3 EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL

PROCEDIMIENTO:



3.4.3.1. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE DE EXTRACCION DEL ACEITE ESENCIAL

El porcentaje se obtuvo del peso total de la muestra fresca y el peso del aceite obtenido mediante la siguiente fórmula (Martínez, 2003).

$$\% R = \frac{\text{Volumen de aceite obtenido (mL)}}{\text{Peso de muestra (g)}} \times 100$$

$$\% R = \frac{8.0(\text{mL})}{2100(\text{g})} \times 100 = 0.38\%$$

$$\% R = 0.385$$

3.5. CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL

Las propiedades fisicoquímicas que permiten caracterizar al aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, se determinaron utilizando métodos y técnicas estandarizadas, estas se detallan a continuación:

3.5.1 PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

Los aceites esenciales de acuerdo a la estructura y polaridad de sus componentes, a la temperatura ambiente, son susceptibles de formar soluciones con diferentes disolventes químicamente puros y soluciones etanólicas de concentraciones conocidas.

PROCEDIMIENTO:

Se mezcló 0.2 mL de aceite esencial con 1 mL de diferentes disolventes (agua, etanol al 40%, 50%, 70% y 95 %, metanol, acetona, hexano, cloroformo, luego se sometió a una agitación suave y finalmente a observación; esta prueba fue realizada por triplicado, a condiciones ambientales. Aplicando la Norma Técnica Peruana INDECOPI 319.084: 1974 (Chávez 2002).

3.5.2. DETERMINACIÓN DE DENSIDAD RELATIVA

La densidad relativa es la relación que existe entre la masa de un volumen del aceite esencial y la masa de un volumen igual de agua destilada a la temperatura de 20°C como referencia.

La densidad relativa del aceite esencial se determinó por el método del Picnómetro, aplicando la Norma Técnica Peruana INDECOPI 319.081: 1974 (Chávez 2002).

PROCEDIMIENTO

Para determinar la masa del picnómetro se pesó el picnómetro limpio, vacío y seco, luego se llenó con agua destilada, evitando la formación de burbujas de aire, se sumerge en un baño isotérmico a 20 °C durante 30 minutos controlando la temperatura del baño con el termómetro del picnómetro cuando alcanzó la temperatura deseada, se enrazó la rama capilar del picnómetro con agua destilada a la misma temperatura y se tapó, se extrajo del baño, limpió y se secó para determinar su masa. El picnómetro vacío y lavado con etanol, se secó y posteriormente se llenó con el aceite esencial, y procedió de igual forma que para el agua destilada y se determinó su masa.

La densidad se determinó mediante la siguiente fórmula:

$$d = \frac{m}{v} = \frac{p2 - p1}{V}$$

$$d = \frac{m}{v} = \frac{p2 - p1}{V} = \frac{19.701 - 15.104}{5ml} = \frac{4.597g.}{5ml.} = 0.9194 \frac{g.}{ml}$$

3.5.3. ÍNDICE DE REFRACCIÓN.

El índice de refracción del aceite esencial, se determinó por el método de refractometría con el equipo Abbe, aplicando la Norma Técnica Peruana INDECOPI 319.075: 1974 (Chávez 2002).

PROCEDIMIENTO

El refractómetro se calibró con agua destilada y antes de colocar la muestra, se mantuvo a la temperatura próxima a la que se va a tomar la lectura. Se hace circular una corriente de agua en el refractómetro, con el objeto de que el instrumento esté a la temperatura de 20 °C, a la cual se efectuará la lectura. En los prismas limpios y secos, se colocó una gota de aceite esencial, se esperó a que se estabilice la temperatura y se determinó la lectura en el refractómetro de Abbe.

3.5.4. DETERMINACIÓN DE LA ROTACIÓN ÓPTICA

La rotación óptica del aceite esencial, se determinó por el método del polarímetro, aplicando la Norma Técnica Peruana (Chávez 2002).

El polarímetro mide el ángulo de rotación para luego hallar la rotación específica

Rotación específica es el número observado de grados de rotación si se emplea un tubo de 1 decímetro de largo y si el compuesto examinado está presente en la cantidad de 1 g/ml. mediante la fórmula:

$$[\alpha] = \frac{\alpha}{l \times d}$$

$$\text{Rotación específica} = \frac{\text{rotación observada (grados)}}{\text{largo(dm)} \times \text{g/ml}}$$

Donde *d* representa la densidad de un líquido puro o la concentración de una solución.

PROCEDIMIENTO

Para la determinación de la rotación óptica se preparó solución de aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* “Maicha” al 1 % en etanol absoluto, El instrumento se calibró con etanol absoluto y el tubo del polarímetro de 1 dm (10cm) de largo y una capacidad de 10 mL (g/ml.) se llenó con la solución de aceite esencial a la temperatura de 20°C, luego se determinó la lectura de la rotación óptica en el polarímetro. (Chávez 2002).

3.5.5. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE ACIDEZ

El índice de acidez del aceite esencial, se determinó por el método volumétrico de titulación ácido-base, aplicando la Norma Técnica Peruana: (Chávez 2002).

La determinación del índice de acidez se basa en la neutralización de los ácidos libres, con una solución de NaOH de concentración 0.1 N. en presencia de un indicador fenolftaleína 0.1%



PROCEDIMIENTO

Se pesó aproximadamente 0.410 gramos de aceite esencial, al que se le agregó un volumen de 10 mL de etanol neutralizado, se añadió 2 gotas de indicador fenolftaleína al 0,1 %, luego se tituló con solución estándar de hidróxido de sodio 0.1N hasta el cambio de viraje de color rosado.

El índice de acidez se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$IA = \frac{40 \times V \times Z}{M}$$

$$IA = \frac{40g/mol \times 0.1ml \times 0.1N}{0.410gr}$$

$$IA = \frac{\frac{40g}{mol} \times 0.1ml \times 0.1N}{0.410gr}$$

$$IA == 0.975 \text{ mg NaOH/g aceite}$$

3.5.6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

El índice de saponificación representa los mg de hidróxido de potasio 0.1N necesarios para la saponificación de 1 g de aceite esencial. Se determinó por la técnica descrita y reportada por Lock de Ugaz (1994).

PROCEDIMIENTO

En un balón de vidrio de 250 mL, se pesó aproximadamente 0.410 gramos de aceite esencial, se agregó 15 mL de solución etanólica de hidróxido de potasio 0.1 N luego de reflujar por 30 minutos, se enfrió y añadió 3 gotas de indicador fenolftaleína al 0.1 %, se tituló con la solución estándar de ácido clorhídrico 0.1 N hasta el cambio de viraje de color. Se realizó la titulación en blanco, con una muestra de aceite esencial sin hidrolizar.

El índice de saponificación se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$IS(\text{miligramosKOH/g. muestra}) = \frac{56.1 \times (NKOH \times VKOH - NHCl \times VHCl)}{g \text{ aceite}}$$

$$IS = \frac{56.1g/eq \times (0.1eq/L \times 12mL - 0.1eq/L \times 7.5mL)}{0.410g}$$

$$IS = \frac{56.1g/eq \times (1meq - 0.75meq)}{0.410g}$$

$$IS = \frac{56.1g/eq \times (0.45meq)}{0.410g}$$

$$IS = 61.57mgKOH/g$$

3.6. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA

La determinación de la composición química del aceite esencial se realizó por Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de Masas.

El aceite esencial se caracterizó por GC-MS, utilizando un equipo modelo Trace 1310 GC MS (Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, EE. UU.) Con una columna capilar de 30 m x 0,25 mm de diametro interno y un Espectrómetro de Masas modelo TG-5SiIMS (Thermo Scientific, Waltham, Massachusetts, EE. UU.). Los análisis se llevaron a cabo bajo las siguientes condiciones: El programa de la temperatura del horno, temperatura inicial 70 °C (después de 2 min) hasta 250 °C, con incremento de temperatura de 4 °C/min, se mantuvo durante 10 min. A 250 °C. Se utilizó Helio como gas portador con un flujo de 1 mL/min; temperatura del inyector y detector a 250 °C, volumen de **inyección fue de 1µL y una dilución Split de 1/100. La cuantificación de los componentes** se realizó mediante la abundancia relativa porcentual y el método de normalización con factores de respuesta de corrección basados en la agrupación de los de los componentes del aceite esencial por sus grupos funcionales (Costa, 2008). Los datos porcentuales son

los valores medios de dos inyecciones por muestra. Los compuestos se identificaron usando sus tiempos de retención (TR) y los espectros de masas de cada componente. Los tiempos de retención se compararon con los encontrados en la literatura (Adams, 2007). Los espectros de masas se compararon con los espectros de masas de NIST 05, Wiley 6, NBS 75 k.

3.7 EFECTO INSECTICIDA

3.7.1. DISEÑO EXPERIMENTAL PARA DETERMINAR EFECTO INSECTICIDA

El diseño experimental para determinar el efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* sobre insectos adultos de la especie *Linepithema sp*, fue el diseño con post prueba únicamente y grupo control, cuyo esquema se muestra en la tabla 1:

Tabla 1

Diseño Experimental para Determinar el Efecto Insecticida del Aceite Esencial de S. Rudbeckiifolius sobre Insectos Linepithema Sp.

Grupo	Estimulo	Observación
G ₁	X ₁	O ₁
G ₂	X ₂	O ₂
G ₃	X ₃	O ₃
G ₄	X ₄	O ₄
G ₅	X ₅	O ₅
G ₆	X ₆	O ₆

Nota. Esta tabla muestra cómo se colocó, a que concentraciones y mortalidad de los insectos.

Dónde:

- G₁, G₂,..., G₆: Son grupos de 20 insectos de la especie *Linepithema sp* colocados en recipientes de plástico de 250 mL, cada grupo por cuadruplicado.
- X₁, X₂,..., X₆: Son las diferentes concentraciones (0, 0.25, 0.5, 1, 1.5, 2 % V/V) del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*.
- O₁, O₂,..., O₆: observación de la mortalidad de insectos *Linepithema sp* que fueron ocasionados por el aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* en tiempos de 1,2,12 y 24 horas.

3.7.2. COLECCIÓN DE INSECTOS

Se ubicaron presencia de insectos adultos de la especie *Linepithema* sp., en uno de los jardines familiares de la Urbanización Magisterio del distrito, provincia y departamento del Cusco; en el lugar se le colocó como carnada restos de hueso de pollo cocido en dos recipientes de plástico, durante horas de la mañana y después de 06 horas, los insectos se aglomeraron sobre la carnada, entonces, los recipientes fueron tapados con tapas acondicionadas con malla fina de poliéster, esto para permitir la ventilación y luego fueron conducidos al laboratorio. Los insectos fueron mantenidos a las condiciones del laboratorio durante 72 horas antes de someter a experimentación. De esta población de insectos, para la determinación del efecto insecticida fueron seleccionados los insectos adultos sanos tomando en cuenta los siguientes parámetros como: tamaño del insecto de 0,20 cm a 0,30 cm, movimiento ágil, extremidades completas, antenas dobladas como codos y color marrón-oscuro.

3.7.3. IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL INSECTO *Linepithema* sp.

La identificación sistemática del insecto se realizó, en el Laboratorio de Entomología de la Facultad de Ciencias – Escuela Profesional de Biología de la UNSAAC, por el Doctor Erick Yavar Landa, especialista en Entomología; las muestras de insectos fueron identificadas como *Linepithema* sp, de la familia *Formicidae*.

3.7.4. DETERMINACIÓN DEL EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL

El efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, se ha determinado frente a los insectos adultos de la especie: *Linepithema* sp., mediante el método de impregnación de papel descrito y reportado por (Tapondjou *et al.*, 2005).

PROCEDIMIENTO

Se preparó aceite esencial de concentraciones 0.25, 0.5, 1, 1.5 y 2 %, emulsificados en agua destilada con Tween 80 al 0.2 %; 1 mL de cada concentración de aceite esencial emulsificado fue impregnado en un disco de Tween de 9 cm de diámetro, colocados dentro de una placa Petri de vidrio del mismo diámetro. Sobre el Tween con aceite esencial, se liberaron 20 insectos adultos y se taparon las cajas inmediatamente. Los insectos fueron mantenidos en condiciones de oscuridad continua, a una temperatura de 26 ± 2 °C y una humedad relativa de 60 - 65 %. Como blanco de comparación se utilizó una suspensión de Tween 80 al 0.2 %, con agua destilada. Las lecturas de mortalidad fueron llevadas a cabo a las 1, 2, 12 y 24 horas posteriores al inicio del experimento, los insectos fueron declarados muertos cuando no reaccionaron al momento de ser tocadas con un puntero romo. Para cada concentración de aceite esencial se llevó a cabo 4 réplicas.

La mortalidad para cada concentración de aceite esencial, fue calculada a través de la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Mortalidad} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de insectos muertos}}{\text{N}^\circ \text{ de insectos expuestos}} \times 100$$

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. OBTENCIÓN DEL ACEITE ESENCIAL DE *Senecio Rudbeckiifolius*.

Los resultados de los porcentajes de extracción del aceite esencial de *S. rudbeckiifolius*, se muestran en la tabla 2:

Tabla 2
Rendimiento del Porcentaje de Extracción de Aceite Esencial

Muestra	Peso de la muestra (gr.)	Vol. (mL) de aceite esencial	% de extracción
Muestra 1	300	1.2	0.40
Muestra 2	300	1.1	0.37
Muestra 3	300	1.1	0.37
Muestra 4	300	1.2	0.40
Porcentaje de extracción promedio		4.6	0.385

Nota. En la tabla 2 se observó el resultado del porcentaje de extracción del aceite esencial de la especie *Senecio rudbeckiifolius*, fue del 0.385 % por el método de hidroddestilación con trampa de Clevenger.

4.2. PRUEBAS DE SOLUBILIDAD DEL ACEITE ESENCIAL *Senecio Rudbeckiifolius*.

Los resultados de las pruebas de solubilidad de los aceites esenciales de la especie *Senecio rudbeckiifolius* están ordenados según la polaridad de los disolventes y se muestran en la tabla 3.

Tabla 3
Resultados de la Solubilidad de los Aceites Esenciales

DISOLVENTE	<i>Senecio Rudbeckiifolius</i>
Agua	-
Etanol 40%	+
Etanol 50%	+
Etanol 70%	+
Etanol 95%	++
Acetona	+++
Hexano	+++
Cloroformo	+++

Leyenda: Muy soluble = +++ Soluble = ++ Poco soluble = + Insoluble = -

Los resultados de la tabla 3, indican que los aceites esenciales de *Senecio rudbeckiifolius*, son insolubles en agua, poco solubles frente a disolventes polares como *etanol 95%*, *etanol 70%*, Etanol 50% y Etanol 40%, *muy solubles en disolventes apolares como acetona, hexano y cloroformo*. Resultados que nos permiten entender que la mayoría de las moléculas componentes de estos aceites esenciales, son de naturaleza apolar.

4.3. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL ACEITE ESENCIAL S. Rudbeckiifolius

Los resultados de las características fisicoquímicas determinados para el aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, se muestran en la tabla 4.

Tabla 4
Características Fisicoquímicas del Aceite Esencial de Senecio Rudbeckiifolius.

Característica	Propiedades
Apariencia	Líquido aceitoso
Color	Transparente
Olor	Característico
Densidad a 20 °C (g/mL)	0.9194
Índice de refracción a 20 °C	1.475
Rotación óptica	(-) 0.132
Índice acidez (mg NaOH/g aceite)	0.975
Índice de saponificación (mg KOH/g aceite)	61.57

El aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* se caracterizó por sus propiedades organolépticas y fisicoquímicas, las que se determinaron a través de las pruebas de color, olor, densidad relativa, índice de refracción, índice de acidez e índice de saponificación. Para el aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* la densidad relativa es de 0.9194 g/mL con lo que comprobamos que es menos denso que el agua y esta diferencia de densidad y la diferencia de polaridades es la que permitió la separación del aceite esencial del agua. Respecto a los valores

estos se encuentran por encima de los valores reportado por la revista científica de Pucallpa (2029) que indica valores promedio entre (0.892 a 0.910 g/cm³ a 20°C) y por otro lado Domínguez, (1979), indica que la densidad e índice de refracción son datos de gran utilidad debido a que permiten hacer una deducción de sus componentes. Aceites esenciales con una densidad mayor de 0.9 y un índice de refracción mayor de 1.47, presentan compuestos oxigenados acíclicos u oxigenados aromáticos. El aceite esencial de *S. rudbeckiifolius* presenta una densidad relativa de 0.9194 y un índice de refracción de 1.475 nD, por tanto, presenta compuestos oxigenados acíclicos u oxigenados aromáticos. el índice de refracción menor que 1,475, indica posible presencia de compuestos oxigenados alifáticos en su composición. Resultado que se confirma con la determinación de la composición química de este aceite esencial.

También García E. (2017) indico que la rotación óptica viene determinada por la estructura molecular y la concentración de moléculas quirales de una sustancia ópticamente activa. El aceite esencial de *S. rudbeckiifolius* presento una rotación observada de -0.132° (Levógiro), los componentes mayoritarios son probablemente los responsables de la rotación obtenida, concordando con Pumaylle K. (2012), quien indico que los diferentes valores de rotación óptica entre muestras aromáticas probablemente estén relacionados a la presencia de componentes mayoritarios.

las propiedades químicas del aceite esencial de *S. rudbeckiifolius* presenta un índice de acidez de (0.975 mg KOH/g) y un índice de saponificación de (61.57 mg KOH/g), Según la bibliografía, Bandoni A. (2000) menciona que, el índice de acidez nos da la cantidad de hidróxido de sodio (NaOH) necesarios para neutralizar los ácidos libres. El resultado obtenido (0.975 mg KOH/g) indica que en la mezcla de estos metabolitos secundarios presentes en el aceite esencial de *s. rudbeckiifolius* presenta grupos funcionales de carácter ácido que neutralizan una sustancia básica como el NaOH.

De igual manera, el índice de saponificación es la cantidad de hidróxido de potasio (KOH) necesarios para la neutralización de los ácidos grasos contenidos en un gramo de grasa. Por este

parámetro se evalúa la pureza del aceite, ya que un índice de saponificación alto indica una alta pureza del aceite esencial. Por lo cual, el resultado obtenido (61.57 mg KOH/g), indica que en su composición hay mayor porcentaje de componentes con grupos carboxilo libre y menor porcentaje de componentes con grupo esterificado.

4.4. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL ACEITE ESENCIAL *Senecio Rudbeckiifolius*.

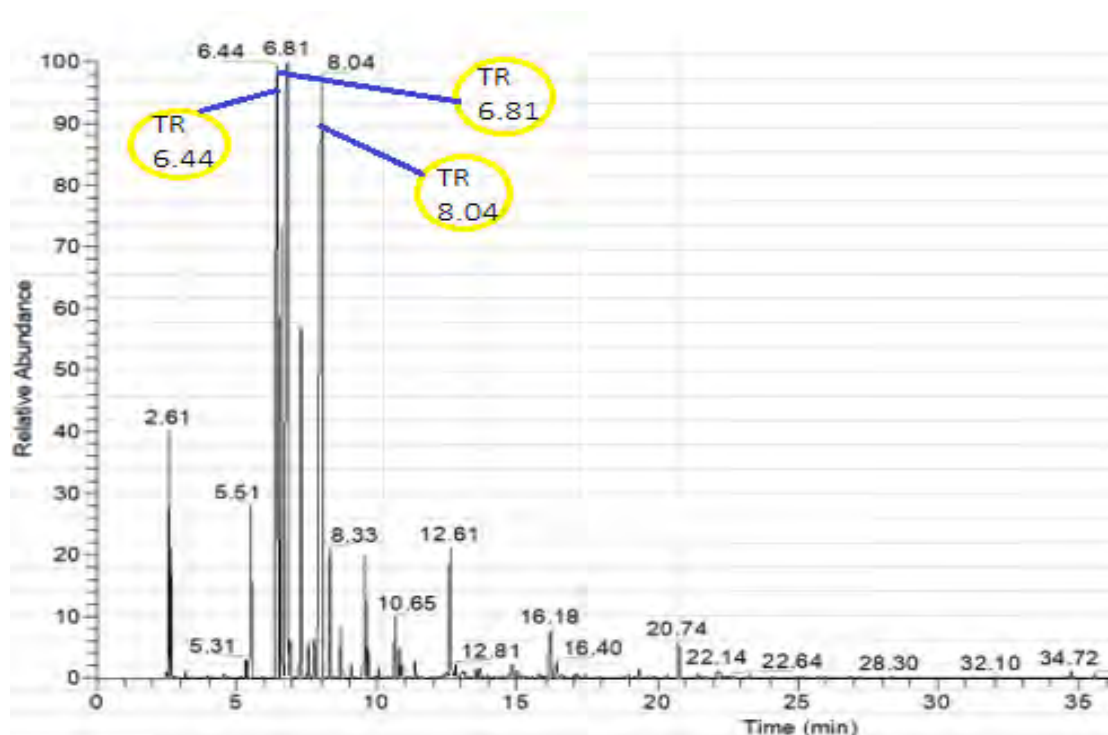
Los resultados de la determinación de la composición química del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* por Cromatografía de Gases acoplado a Espectrometría de Masas, se muestra en la tabla 5.

4.5. PERFIL CROMATOGRÁFICO DEL ACEITE ESENCIAL *Senecio Rudbeckiifolius*.

Los resultados de la composición química del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* determinado por Cromatografía de Gases muestran sus componentes por el número de picos, a diferente tiempo de retención, tal como se muestra en la Fig. 15 respectivamente.

Figura 15

Perfil Cromatográfico del Aceite Esencial de *Senecio Rudbeckiifolius* Meyen & Walp.



El perfil cromatográfico de la figura 16, muestra un número de 32 componentes con concentraciones mayores al 0.1%, los componentes con concentraciones menores no se reportan, por estar considerados como trazas.

Tabla 5

Composición Química del Aceite Esencial de Senecio Rudbeckiifolius Meyen & Walp.

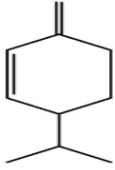
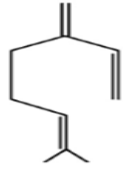
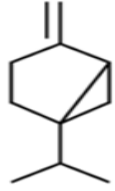
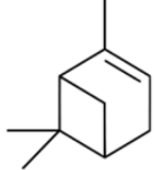
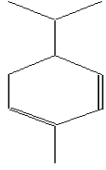
Nº. Pico	Compuesto	TR (Min)	%
1	alfa-tolueno (alfa-tolueno)	5.31	0.25
2	alfa-pinene (alfa-pineno)	5.51	2.47
3	Sabinene (Sabineno)	6.44	14.83
4	beta-pinene (beta-pineno)	6.59	8.42
5	Myrcene (Mirceno)	6.81	22.48
6	2,3-ehidro-1,8-cineole (2,3-ehidro-1,8-cineol)	6.9	0.55
7	alfa-phellandrene (alfa-felandreno)	7.28	6.60
8	(+)-2-carene ((+)-2-careno)	7.56	0.54
9	o-cymene (o-cimeno)	7.77	0.74
10	Beta-phellandrene (Beta-felandreno)	8.04	28.04
11	alfa-cis -ocimene (alfa-cis -ocimeno)	8.33	2.06
12	c-terpinene (c-terpineno)	8.73	0.87
13	Cis-sajbinene hydrate (Cis-hidrato de sabineno)	9.11	0.23
14	p-mentha-2, (8)-diene (p-menta-2, (8)-dieno)	9.57	2.18
15	Z-6-tricecene (Z-6-triceceno)	9.68	0.45
16	Trans-sabinene hydrate (Hitrato de trans-sabineno)	10.06	0.18
17	caprylic acid methyl ester (éster metílico del ácido caprílico)	10.65	1.07
18	2-ciclohexen-1-ol, methyl-4-(1-methylethyl)-cis- (2-ciclohexen-1-ol, metil-4-(1-metiletil)-cis-)	10.79	0.52
19	2,6-dimethyl-1,3,5,7-octatetraene, E, E- (2,6-dimethyl-1,3,5,7-octatetraeno, E, E-)	10.9	0.21
20	2-ciclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylethyl-, trans-(2-ciclohexen-1-ol, 1-metil-4-(1-metiletil-, trans-)	11.35	0.33
21	Phellandral (felandral)	12.47	0.09
22	terpinen-4-ol (terpinen-4-ol)	12.61	2.54
23	2-ciclohexen-1-one, 4-(1-mthylethyl) (2-ciclohexen-1-one, 4-(1-mtiletil))	12.81	0.25
24	á-terpineol (á-terpineol)	13.06	0.13
25	n.i.	13.51	0.15
26	n.i.	13.66	0.16
27	cis-geraniol (cis-geraniol)	14.81	0.24
28	1-acetoxy-p-menth-3-one (1-acetoxi-p-menta-3-uno)	14.99	0.15
29	1-tridecene (1-trideceno)	16.18	0.83
30	bicyclo (10.1.0) tridec-1-ene (biciclo (10.1.0) tridec-1-eno)	16.4	0.41
31	n.i.	20.74	0.66
32	n.i.	22.14	0.2
% Total en compuestos detectados			98.89

Notas: RT, tiempo retención; n.i. compuesto no identificado.

La tabla 5, muestra como componentes mayoritarios del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, a: Beta-felandreno (28,04 %), mirceno (22.48 %), Sabineno (14.83 %), Beta-pineno (8.42 %) y Alfa-felandreno (6.60 %). En la revisión bibliográfica realizada, para esta especie no se ha encontrado reportes de estudios sobre la composición química de sus aceites esenciales; sin embargo, para otras especies del género, se han reportado estudios de la composición de sus aceites esenciales, como: Para senecio vulgaris Los compuestos principales fueron α -humuleno (1; 57,3%), (E) - α -cariofileno (2; 5,6%), terpinoleno (3; 5,3%), α -curcumeno (4; 4,3%) y geranil linalol (5; 3,4%) (Andreani *et al.*, 2015). Para senecio tonuifolius Los principales componentes, E-farneseno (16,9%), -curcumeno (16,3%), -cariofileno (14,5%) y E-ocimeno (11,2%), terpinoleno (3,9%), epi-bisabolol (3,9%), -pineno (3,5%), E, E-farneseno (2,9%), acetato de bornilo (2,7%) y 2,5-dimetoxi-p-cimeno (2,2%). (Joshi, 2016). Para Senecio pogonias, Senecio oreophyton, Espatulanol (38,2%), acetato de mirtenilo (8,4%), α -terpineol (4,5%), limoneno (9,8%) y α -tujeno (5,4%), otro componente principal como α -felandreno (22,0%), p-cimeno (7,1%) y b-pineno (5,9%), (Iopez et al., 2018).

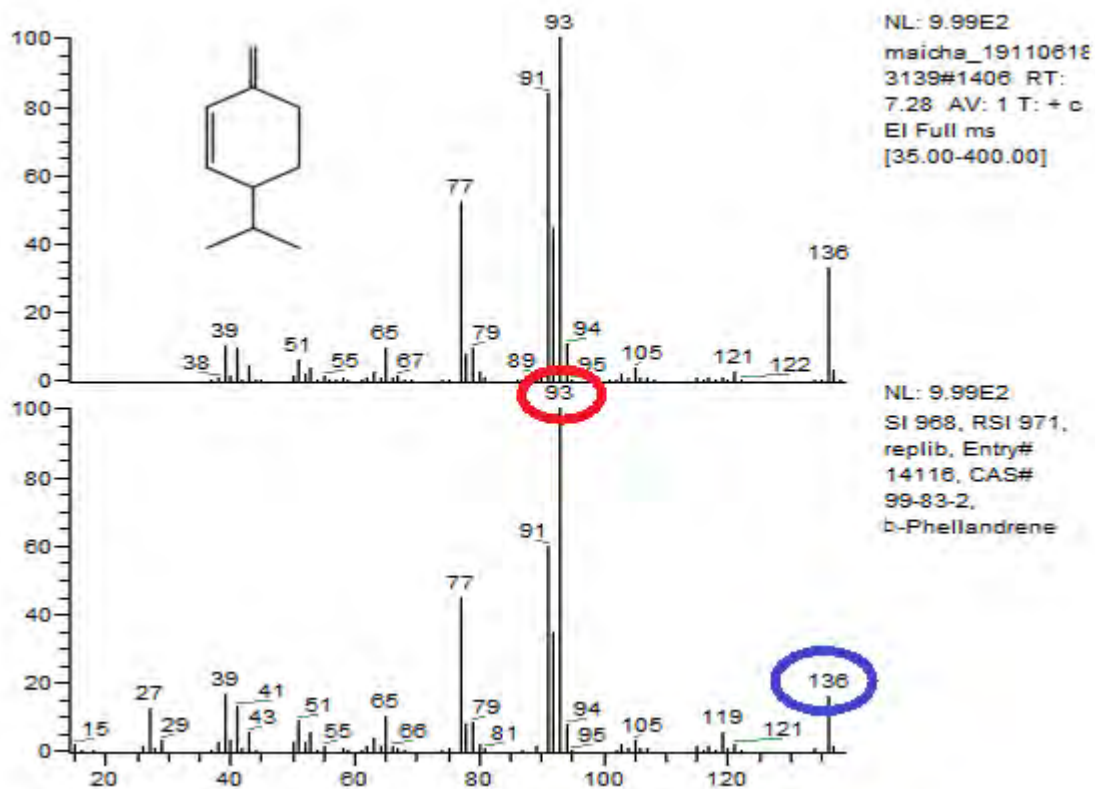
Como se observa en los diferentes reportes sobre composición del género Senecio, la presencia de los componentes mayoritarios como pineno, mirceno, sabineno y felandreno son frecuentes en las especies de este género, pero no siempre en la misma proporción; estos componentes también están presentes en la especie *S. rudbeckiifolius*, en un alto porcentaje, como el beta-felandreno (28.04%) y mirceno (22.48 %). En los resultados de composición química de esta especie, también se observa la presencia de otros componentes, como el sabineno, alfa pineno, ocimeno, terpineno, cineol, sabineno, alfa-felandreno entre otros, que son comunes a este género y que son componentes mayoritarios para otras especies de este género. Los resultados de las investigaciones muestran, que la especie en estudio presenta componentes característicos, en diferente porcentaje; esta variación posiblemente también se debe a las condiciones ecológicas donde se desarrolla esta especie.

Tabla 6*Estructuras Químicas de los Componentes Mayoritarios del Aceite Esencial de S. Rudbeckiifolius.*

Compuesto	Estructura
Beta-felandreno	
Mirceno	
Sabineno	
Beta-pineno	
Alfa-felandreno	

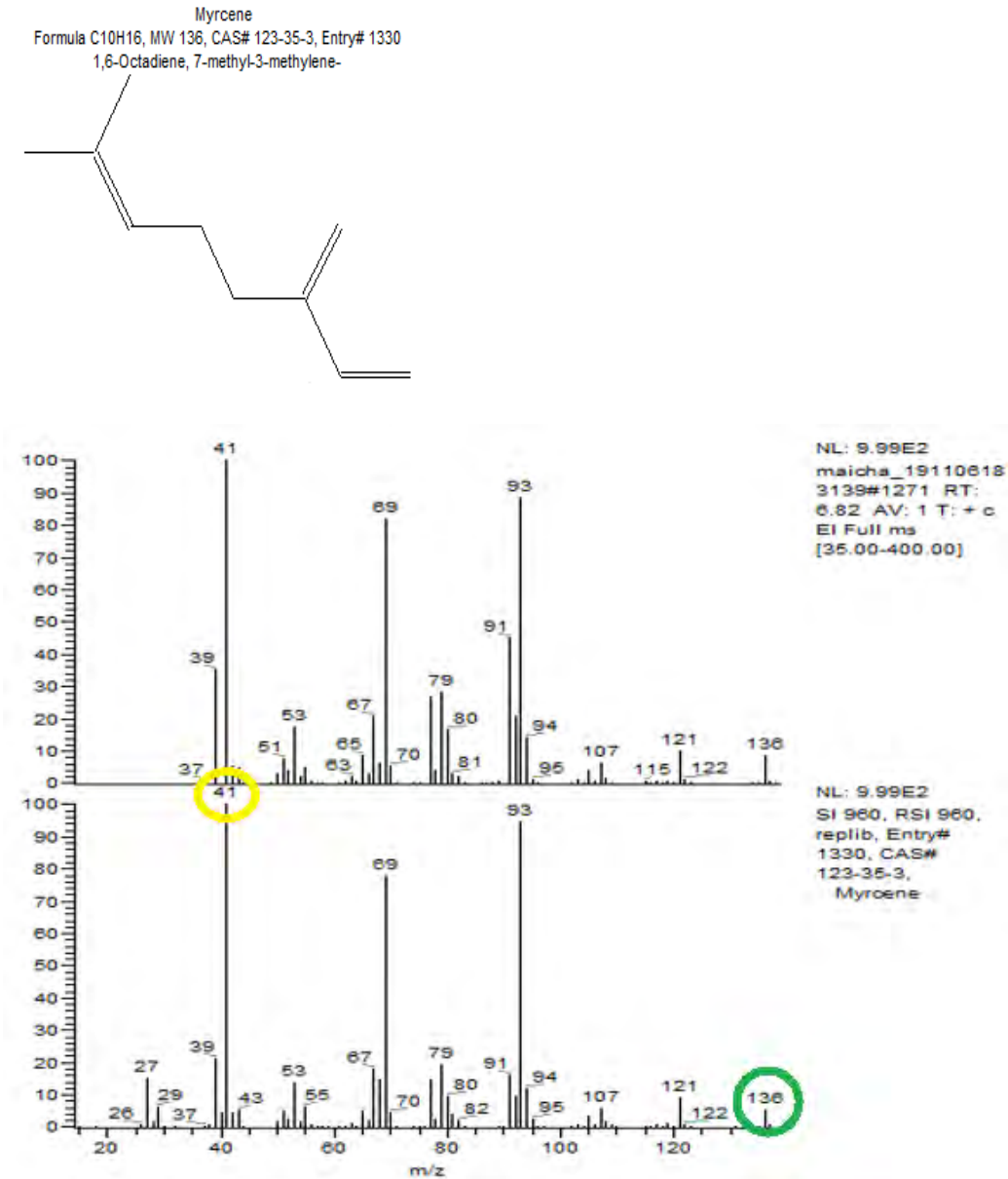
4.6. ESPECTROMETRIA DE MASAS DEL ACEITE ESENCIAL DE *Senecio Rudbeckiifolius*.

Figura 16
Masa ionica del compuesto Beta-phellandrene (Beta-felandreno).



Espectro de masa correspondiente al beta- felandreno (3-metileno-6-(1-metiletil) ciclohexeno), la gráfica nos muestra el pico del ion molecular (circulo azul) con un valor de $m/z=136$, asi como los diferentes picos con sus masas, muestra el pico base (círculo rojo) con un valor de 93 siendo el fragmento más abundante y el ion más estable que corresponde a los fragmentos $(M - C_7H_9)^+$.

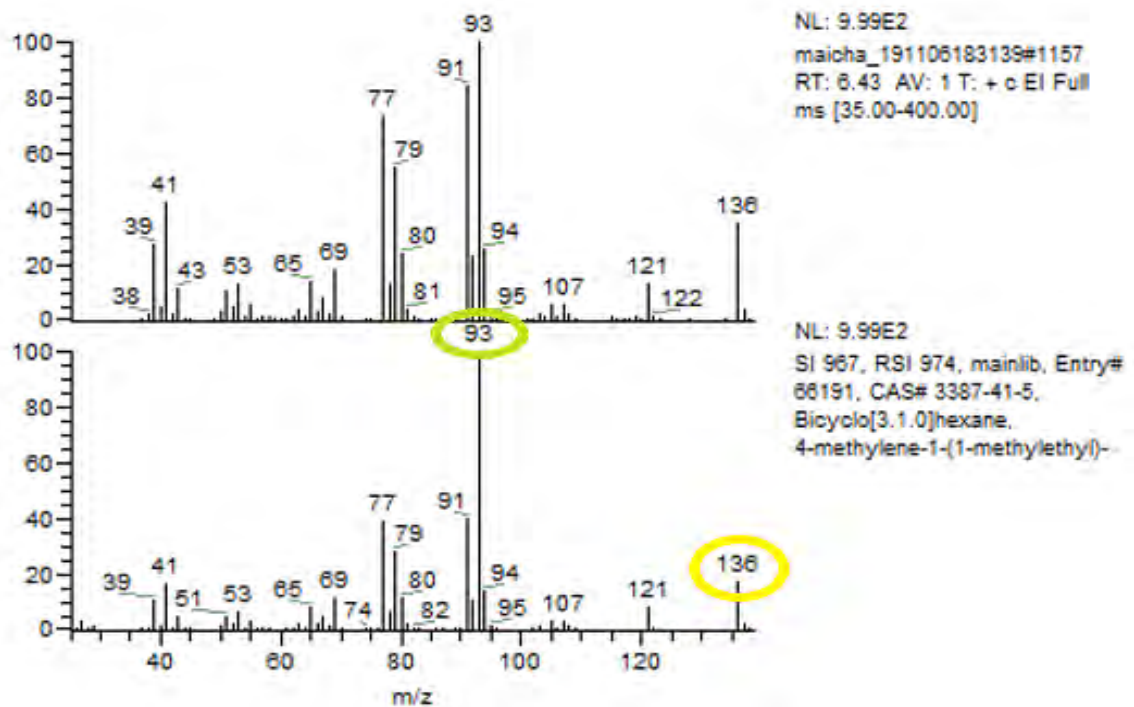
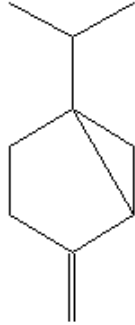
Figura 17
Masa ionica del compuesto Myrcene (Mirceno)



Espectro de masa correspondiente al mirceno (1,6 octadieno,7- metil-3-metileno), la gráfica nos muestra el pico del ion molecular (circulo verde) con un valor de $m/z=136$, así como los diferentes picos con sus masas, muestra el pico base (circulo amarillo) con un valor de 41, siendo el fragmento más abundante y el ion más estable que corresponde a los fragmentos ($M - C_3H_5$)⁺.

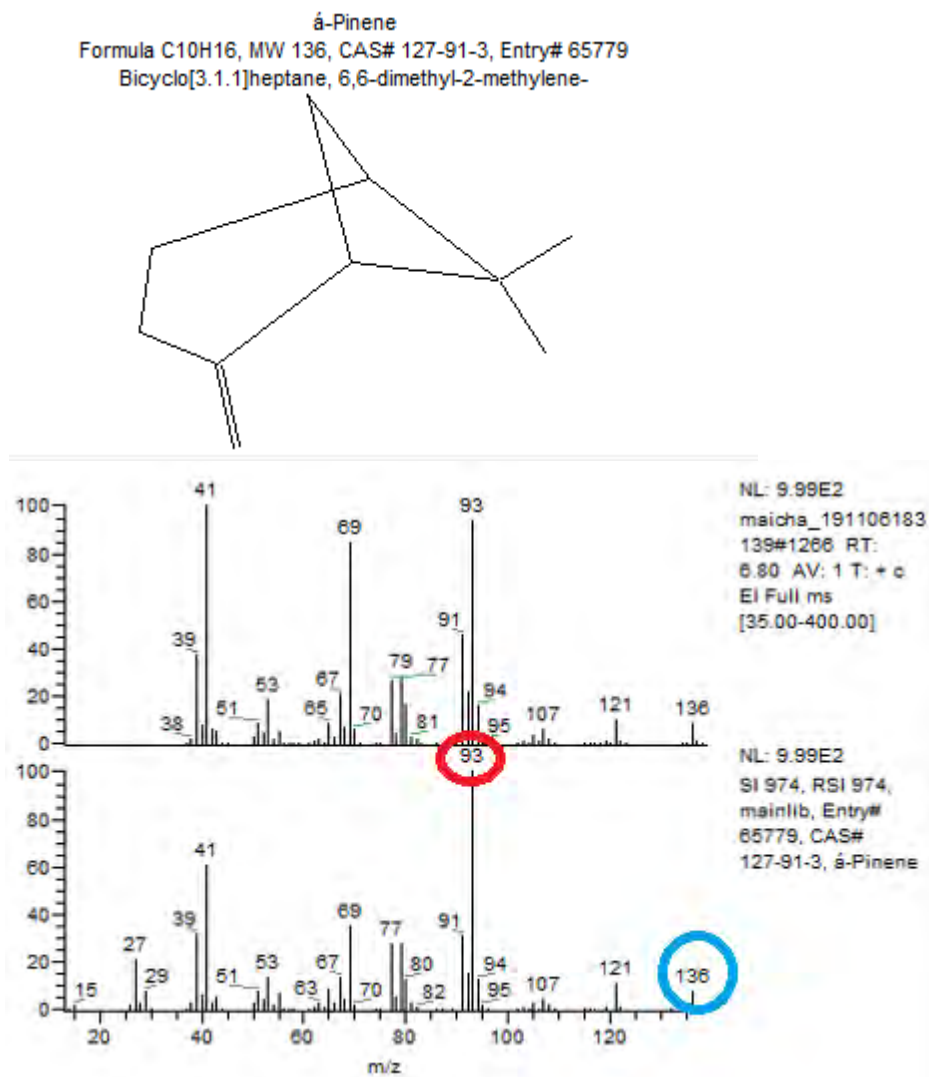
Figura 18
Masa iónica del compuesto sabinene (sabineno)

Bicyclo[3.1.0]hexane, 4-methylene-1-(1-methylethyl)-
Formula C₁₀H₁₆, MW 136, CAS# 3387-41-5, Entry# 66191
1-Isopropyl-4-methylenebicyclo[3.1.0]hexane



Espectro de masa obtenido por el equipo GC-MS, se aprecia el pico ion molecular (circulo amarillo) con un valor de $m/z = 136$, lo cual corresponde al peso molecular del compuesto, la gráfica también muestra el pico base (circulo verde) con un valor de 93, siendo este el fragmento más abundante (M-43). El fragmento molecular más abundante perdió el radical isopropil en comparación a la molécula.

Figura 19
Masa iónica del compuesto alfa pineno

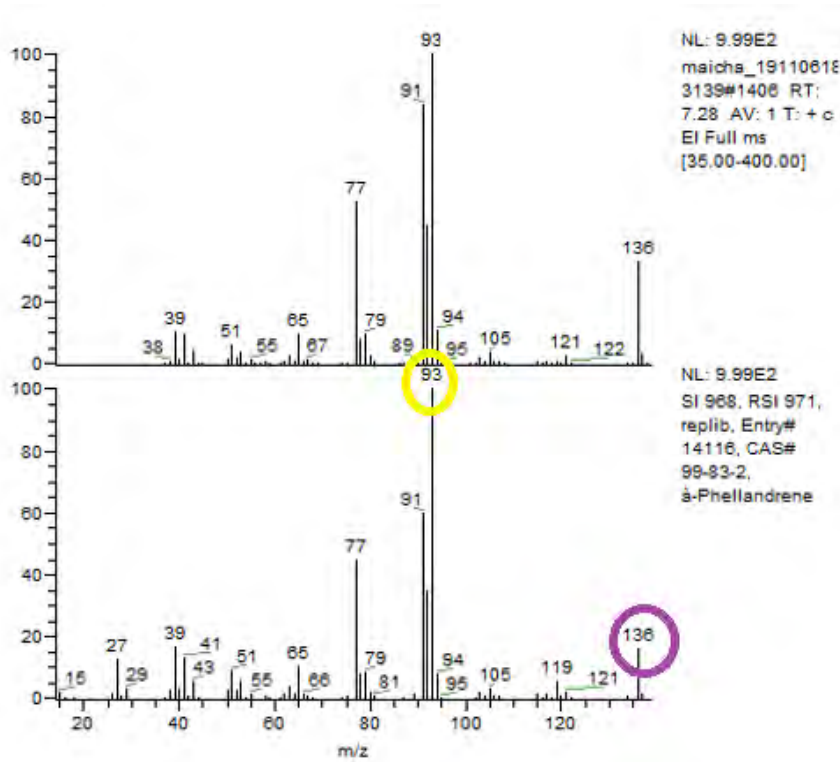
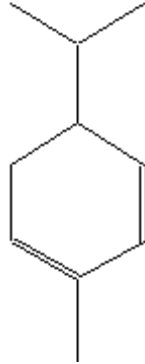


Espectro de masa del alfa pineno bicyclo(3.1.1)heptano,6.6-dimetil-2-metileno caracterizados por la presencia de las señales en $m/z = 136, 121, 105, 93$ y 77 , entre otros picos correspondientes a los iones moleculares M^+ y a los fragmentos $(M - CH_3)^+$, $(M - C_2H_5)^+$, $(M - C_3H_7)^+$ y $C_6H_5^+$, respectivamente. la gráfica también muestra el pico base (círculo rojo) con un valor de 93 , siendo este el fragmento más abundante y el pico del ion molecular (círculo celeste) con un valor de $m/z=136$.

Figura 20

Masa iónica del compuesto alfa felandreno

à-Phellandrene
Formula C₁₀H₁₆, MW 136, CAS# 99-83-2, Entry# 14116
1,3-Cyclohexadiene, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-



Espectro de masa correspondiente al alfa - felandreno (3-metileno-6-(1-metiletil) ciclohexeno), la gráfica nos muestra el pico del ion molecular (circulo morado) con un valor de $m/z=136$, asi como los diferentes picos con sus masas, muestra el pico base (circulo amarillo) con un valor de 93 siendo el fragmento más abundante y el ion más estable que corresponde a los fragmentos $(M - C_7H_9)^+$.

En un espectro de masas, se observa, en abscisas, la relación masa/carga (m/z) de los iones formados al fragmentarse la molécula y en las ordenadas, la intensidad (abundancia) de cada uno de los iones formados. Dado que la carga suele ser unitaria, m/z corresponde generalmente a la masa de los fragmentos iónicos (Laurella, 2020), Aunque las huellas digitales los espectros de masas de los monoterpenos, son prácticamente idénticos, sus tiempos e índices de retención son diferentes, lo que permite reconocerlos (Stashenko, J. R.,2009)

4.7. EFECTO INSECTICIDA DEL ACEITE ESENCIAL

Los resultados del efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* para *Linepithema sp*, expresados en mortalidad de insectos, se muestran en la tabla 6.

Tabla 7
Efecto Insecticida del Aceite Esencial de *S. Rudbeckiifolius* para *Linepithema Sp*

Concentración (% V/V)	Mortalidad de insectos			
	1 hora	2 horas	12 horas	24 horas
0.0 (Blanco)	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0	0	0	0
	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	6	9	14	20
	5	10	13	20
	5	10	14	20
	6	10	13	20
	5.50	9.75	13.50	20.00
0.50	11	15	18	20
	10	14	17	20
	10	14	17	20
	10	13	18	20
	10.25	14.00	17.50	20.00

Fuente: Procesamiento de datos estadísticos 2019

1.00	15	16	20	20
	14	17	19	20
	15	16	20	20
	14	17	20	20
	14.50	16.50	19.75	20.20
1.50	17	19	20	20
	17	20	20	20
	18	20	20	20
	18	20	20	20
	17.50	19.75	20.00	20.00
2.00	20	20	20	20
	20	20	20	20
	20	20	20	20
	20	20	20	20
	20.00	20.00	20.00	20.00

Los resultados de la determinación de DL50 del efecto insecticida del aceite esencial de *S. rudbeckiifolius* para *Linepithema sp.*, se muestran en la tabla 7.

Tabla 8

DL50 del Efecto Insecticida del Aceite Esencial de S. Rudbeckiifolius para Linepithema Sp.

Concentración (% V/V)	Mortalidad de insectos			
	1 horas	2 horas	12 horas	24 horas
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	5.50	9.75	13.50	20.00
0.50	10.25	14.00	17.50	20.00
1.00	14.50	16.50	19.75	20.00
1.50	17.50	19.75	20.00	20.00
2.00	20.00	20.00	20.00	20.00
CL ₅₀	0.4691	0.2918	0.1859	-
CL ₉₀	1.4302	0.9245	0.4522	-

Fuente: Procesamiento de datos estadísticos 2019.

Los resultados del efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* frente a los insectos adultos de *Linepithema* sp, de la tabla 7, muestran una correlación positiva entre la concentración de los aceites esenciales en estudio y el efecto insecticida; por consiguiente, la tasa de mortalidad de los insectos fue dosis-dependiente. El mayor efecto insecticida por contacto fue observado para el aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius*, con una mortalidad del 100 % desde la concentración del 2 % de aceite esencial desde 1 h de exposición y con una concentración letal media (CL₅₀) de 0.1829 %.

La mayoría de los estudios biológicos para los aceites esenciales del género *Senecio* son de efecto antimicrobiano, como la actividad antimicrobiana mostrada de *Senecio nutans* Sch. Bip, *S. calvus* Cuatrec y *S. chiquianensis* Cabrera. Mostraron actividad antibacteriana frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus subtilis* y poca actividad frente a *Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*. (Alderete, 2017). Para los aceites esenciales de *Senecio jacobaea* probado en 5 cepas bacterianas y levadura, mostró una actividad antimicrobiana relativamente moderada contra todas las bacterias ensayadas (Kenoufi *et al.*, 2017).

Por otro lado, tenemos estudios que han reportado que los monoterpenos como β -pineno, α -pineno, dañan y obstruyen las vías respiratorias de los insectos, actuando rápidamente e interfiriendo en las funciones fisiológicas por la adhesión de las partículas de los aceites esenciales en la cutícula del insecto; los monoterpenos actúan como inhibidores de la acetilcolinesterasa, lo que lleva a un exceso del neurotransmisor acetilcolina y produce un colapso del espacio sináptico generalizado, provocando la muerte del insecto por asfixia (Prieto, 2021 y Duran *et al.* 2020). Así pudimos llegar a la conclusión de que los componentes como beta felandreno, mirceno y, sabineno y alfa pineno, componentes mayoritarios del *Senecio rudbeckiifolius* en combinación, son los componentes principales encargados de causar el efecto insecticida sobre la especie *linepithema sp.*, y en el presente trabajo se demuestra el efecto insecticida del aceite esencial de *Senecio*

rudbeckiifolius para insectos adultos de *Linepithema* sp, como una buena alternativa de un insecticida para insectos que invaden y contaminan alimentos a nivel de los domicilios urbanos.

CONCLUSIONES

1. El rendimiento de aceite esencial obtenido por hidrodestilación con trampa de Clevenger, para la especie *Senecio rudbeckiifolius*, en base a muestra fresca, fue de 0.385 % con un aspecto ligeramente viscoso, olor característico y color transparente.
2. se caracterizo el aceite esencial por sus propiedades fisicoquímicas y solubilidad. los datos obtenidos en las determinaciones fisicoquímicas fueron: Densidad (g/cm³) 0,9194, índice de refracción (n_D) 1,475, rotación óptica (-) 0.132, índice de acidez (mg/g) 0.975, índice de saponificación (mg/g) 61.57, con una buena solubilidad en etano al 95%, cloroformo, hexano, acetona.
3. Mediante GC-MS se encontró 32 componentes del aceite esencial extraído, siendo los mayoritarios 4-metileno-1-(1-metiletil)-Biciclo[3,1,0]hexano (4.65%), 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahidro-1,8a-dimetil-7-(1-metiletenil)-[1s(1a,7a,8aa)]-Naftaleno (2.73%), (3S,4aR,5S,8aS)-4a,5-dimetil-3-(prop-1-en-2-il)-2,3,4,4a,5,6-hexahidronaftaleno-1(8aH) (24.97%), 9-cedranona (7.17 %), 3,4,4a,5,6,7-hexahidro-4a,5-dimetil-3-(1-metiletenil)-[3S-(3a,4aa,5a)]-1(2H)-naftalenona (41.4%)., muestran como componentes mayoritarios para *Senecio rudbeckiifolius*, a: Beta-felandreno (28,04%), mirceno (22.48%), Sabineno (14.83%), Beta-pineno (8.42%) y Alfa-felandreno (6.60%).
4. El aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* muestra efecto insecticida para *linepithemas sp.* con una concentración letal media (CL₅₀) de 0.1829 % a 2 horas de exposición y una mortalidad del 100 % desde la concentración del 2 % de aceite esencial a partir de 1 h de exposición.

RECOMENDACIONES

Del trabajo de investigación desarrollado se recomienda las siguientes sugerencias:

1. Que se formule un insecticida orgánico con este aceite esencial de concentración de un 2% para controlar la invasión de hormigas en los hogares urbanos.
2. Promover investigaciones mediante diferentes métodos para el aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* para su uso como insecticida y reemplazar a muchos productos químicos que generalmente son tóxicos y dañinos para el hombre.
3. Realizar otros ensayos biológicos con el aceite esencial, con la finalidad de buscar otras aplicaciones como plaguicida para combatir plagas y también las pruebas farmacológicas para aprovechar sus propiedades terapéuticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albarracín, G., & Gallo, S. (2003). *Comparación de dos Métodos de Extracción de Aceite esencial utilizando Piper aduncum (Cordoncillo) procedente de la Zona Cafetera*. Colombia: Universidad Nacional De Colombia Sede Manizales - Facultad de Química.
- Alderete Espejo, H. (2017). Actividad antimicrobiana, antioxidante in vitro y determinación de la composición química de tres aceites esenciales del género Senecio del Perú.
- Basaid K. (2020). valor biopesticida de senecio glaucus subsp. contra hongos patógenos, nematodos y acaros. *materials: today's proceedings*, 3082 - 3090. Obtenido de materials today: proceedings.
- Bandoni, A. (2000). *Los recursos vegetales aromáticos en Latinoamérica*. Argentina: Editorial Universidad Nacional de la Plata.
- Beltrán, H., Granda, A., León, B., Sagástegui, A., Sánchez, I., & Zapata, M. (2007). Asteraceae endémicas del Perú. *Rev. peru. biol. Número especial 13(2)*.
- Camacho, V. (2011). *Determinación de la actividad insecticida del shampoo con extracto de Sambucus nigra L. Franseria artemisioides W, y Tagetes zipaquirensis H en Ctenocephalides canis*. Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Ciencias Biológicas.
- Campolo, O., Giunti, G., Russo, A., Palmeri, V., & Zappalà, L. (2018). Essential Oils in Stored Product Insect Pest Control. *Journal of Food Quality*.
- Cañigueral, S., Combariza, Y., Puertas, M. A., & Stashenko, E. E. (2003). Análisis y Control de Calidad de Aceites Esenciales. *En Bandoni, A. L. (ed.). Los recursos vegetales aromáticos*

en Latinoamérica. Su aprovechamiento industrial para la producción de aromas y sabores. 2a ed.

Castellanos, M. A. (2014). *Determinación de los compuestos volátiles en la especie Pentacalia Vaccinioides, su estudio antioxidante y antimicrobiano*. Bogota, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana - Facultad de Ciencias Biológicas.

Chávez, F. (2002). *Investigación de los parámetros para la obtención del aceite esencial de la Satureja boliviana y sus características físicas, químicas y biológicas*. Arequipa: UNSA.

Costa, R., Zellner, B., Crupi, M. L., Fina, M., Valentino, M. R., Dugo, P., . . . Mondello, L. (2008). GC–MS, GC-O and enantio-GC investigation of the essential oil of *Tarchoanthus camphoratus* L. *Flavour and Fragrance Journal*, 40–48.

Devine, G. J., Eza, D., Oigusuku, E., & Furlong, M. J. (2008). Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas. *Revista peruana de medicina experimental y Salud Pública*, 25(1), 74-100.

Domínguez, X. (1973). *Métodos de investigación fitoquímica*.

Duran. (2020). *Actividad insecticida de aceites esenciales sobre Helicoverpa armígera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)*. Obtenido de Artículos De Investigación: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718.

E. Stashenko, J. R. (2009). *Algunos aspectos de la detección en cromatografía de gases y cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas. Selectividad e identificación*. Colombia: Universidad Industrial de Santander, Escuela de Química.

Guarín *et al*, (2017). Lista de Hymenoptera: Formicidae del MEFLG Museo Entomológico Francisco Luís Gallego MEFLG, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

- Huanca (2021). Composición Química Del Aceite Esencial De *Senecio Saxicola* Wedd Y Su Efecto Inhibitorio Ante *Staphylococcus Epidermidis* Y *Staphylococcus Aureus*, Procedente Del Distrito De Ocongate, Provincia De Quispicanchis, Cusco.
- Isman, M.B. (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. Annual Review of Entomology.
- Joshi. (2016) **Componentes** Volátiles De Senecio Tenuifolius De La India. obtenido de **Chemistry of Natural Compounds, Vol. 52, No. 5.**
- Kahrیمان, N., Tosun, G., Terzioglu, S., Karaoglu, S., & Yayli, N. (2011). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from the flower, leaf, and stem of *Senecio pandurifolius*. *Records of Natural Products*, 5(2):82.
- Laurella S., (2020). Espectrometria de masas. quimica organica I (CIBEX)
- Lizarraga, E. (2019). *el alma de las plantas, las esencias de las aromaticas*. Argentina: Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina).
- Lock de Ugaz, O. (1994). *Invetigacion Fitoquimica, Metodos en el estudio de productos naturales* (Segunda Edicion ed.). Univ Catolica Peru.
- Lopez *et al.*, (2018). Composición química, actividades antibacterianas y repelentes de los aceites esenciales de *Azorella trifurcata* , *Senecio pogonias* y *Senecio oreophyton*. Volume 11, Pages 181-187, <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.022>.
- Madhu. (2020). **Difference Between Acid Value and Saponification Value**. Obtenido de Difference Between Acid Value and Saponification Value: <https://www.differencebetween.com/difference-between-acid-value-and-saponification-value/>

- Martínez, M. (2003). Aceites esenciales. Facultad Química Farmaceutica. Universidad De Antioquia- Medellín
- Martínez, F., Paz, M., & Guerrero, S. (2011). Chemical composition of essential oil of *Senecio coincyi*, an endemic species of the Central Iberian Peninsula. *Natural product communications*, 6(1):123-6.
- Martin T., Serrano A.,(2014) espectrometria de masas. universidad politecnica de madrid (UPM) - España. <https://www2.montes.upm.es/dptos/digfa/cfisica/magnet/espectrometro.htm>
- Martínez A. (1998). *Apuntes De Ecología Química: Interacciones* Química Y Medio Ambiente. Universidad De Las Palmas De Gran Canaria, Departamento De Química - *Química Orgánica*.
- Patiño, W. (2017). *Aceites esenciales como potenciales agentes fitosanitarios para el control de Sitophilus zeamais*. Universidad Nacional de Colombia.
- Pino Alea, J. A. (2015). *Aceites esenciales. Química, bioquímica, producción y usos*. La Habana: Editorial Universitaria.
- Pumaylle, K., Quiroz, L., Luján, D., & Paz, R. (2012). Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya). *Scientia Agropecuaria*, 3(4):291-302.
- Prieto, *et al.* (2011) Chemical Composition, Insecticidal, And Antifungal Activities Of Fruit Essential Oils Of Three Colombian *Zanthoxylum* Species. VOL.
- Rodas, M. A. (2012). *Análisis de Parámetros Microbiológicos y Fisicoquímicos de un Acite Esencial de Romero obtenido por medio de la destilación por Arrastre de vapor*. Guatemala: Universidad Rafael Landívar - Facultad de Ingeniería.
- Romo, A. (2006). Química de la flora Mexicana, Investigaciones en el Instituto de Química de la UNAM.

- Rodríguez, R., Marticorena, C., Alarcón, D., Baeza, C., Cavieres, L., & Finot, V. (2018). *Catálogo de las plantas vasculares de Chile*. Gayana Botánica.
- Silvestre, R., Brandão, C., & Da Silva, R. (2003). Grupos funcionales de hormigas: El caso de los gremios de cerrado. (F. Fernández, Ed.) *Introducción a las hormigas de la región Neotropical*, 113 - 148.
- Silupu *et al.* (2019). Composición Química, Características Fisicoquímicas Y Capacidad Antioxidante De Aceites Esenciales De Cinco Hierbas Aromáticas”. *Cultura Viva Amazónica - Revista de Investigación Científica - Pucallpa, Perú.* , 66.
- Solis, L., Pino, J. & Solis, J., (2018). Plantas y aceites esenciales como insecticidas.
- Tapondjou, A. L., Adler, C., Fontem, D. A., Bouda, H., & Reichmut, C. (2005). Bioactivities of cymol and essential oils of Cupressus sempervirens and Eucalyptus saligna against Sitophilus zeamais Motschulsky and Tribolium confusum du Val. J. Stored Prod.
- Uçüncü, O., Kahriman, N., Terzioğlu, S., Karaoğlu, S., & Yayli, N. (2010). Composition and antimicrobial activity of the essential oils from flowers of Senecio othonnae, S. racemosus, and S. nemorensis. *Natural product communications*, 5(5):831-4.
- Wade L.,. (1993). En *Química Orgánica - Acidos carboxílicos y derivados* (págs. 970 - 1223). Mexico: 2a edicion.
- Wayna T. (2018). Plantas medicinales del sitio arqueológico de Cusco.
- Zúniga M., (2022) Composicion Química De Los Aceites Esenciales De Minthostachys Spicata (Benth) Epling, Clinopodium Bolivianum (Benth) Kuntze, Tanacetum Vulgare Linnaeus Y Mentha X Piperita Var. Citrata (Ehrh.) Briq Y Su Efecto Insecticida Para Pagiocerus Frontalis. Escuela De Posgrado.

ANEXOS

Figura 21

Certificado de Identificación Taxonómica de la Especie Senecio Rudbeckiifolius

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

- | | | |
|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • APARTADO POSTAL
N° 921 - Cusco - Perú • FAX: 238156 - 238173 - 222512 • RECTORADO
Calle Tigre N° 127
Teléfonos: 222271 - 224891 - 224181 - 254398 | <ul style="list-style-type: none"> • CIUDAD UNIVERSITARIA
Av. De la Cultura N° 733 - Teléfonos: 228661 - 222312 - 232370 - 232375 - 232226 • CENTRAL TELEFÓNICA: 232398 - 252210 - 243835 - 243836 - 243837 - 243838 • LOCAL CENTRAL
Plaza de Armas s/n
Teléfonos: 221571 - 225721 - 224015 | <ul style="list-style-type: none"> • MUSEO INKA
Cuesta del Almirante N° 103 - Teléfono: 237380 • CENTRO AGRONÓMICO K'AYRA
San Jerónimo s/n Cusco - Teléfonos: 277145 - 277246 • COLEGIO "FORTUNATO L. HERRERA"
Av. De la Cultura N° 721
"Estadio Universitario" - Teléfono: 227192 |
|--|---|--|

HERBARIO VARGAS CUZ

CERTIFICADO DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA N° 025-2019-HVC-FC-UNSAAC

La directora del Herbario Vargas (CUZ) -Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco (UNSAAC), deja constancia que: la señorita **Basilia Juscca Gutiérrez**, con código de matrícula N° 090772; Estudiante de la Escuela Profesional de Química, Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco, ha presentado a la dirección del Herbario Vargas CUZ una muestra vegetal herborizadas para su determinación taxonómica (expediente N°003333) para el proyecto de tesis intitulado "Composición química del aceite esencial de *Senecio rudbeckiifolius* Meyen & walp. "maicha" y efecto insecticida sobre insectos de la especie *Linepitema sp.*" La que al ser diagnosticada por el M.Sc. Alfredo Tupayachi Herrera, utilizando claves dicotómicas, consulta con bibliografía especializada, y comparación con muestras del Herbario, concuerdan con la clasificación del grupo del Sistema Filogenético de las Angiospermas (Angiosperm Phylogeny Group-APG IV, 2016).

	FAMILIA	ESPECIES
1	Asteraceae	<i>Senecio rudbeckiifolius</i> Meyen & Walp.

Se le expide la presente certificación a petición formal de la interesada, para los fines que vieran por conveniente.

Cusco, 09 de octubre de 2019

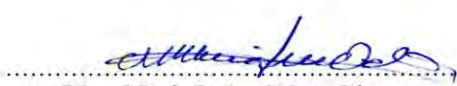

Bлга. María Luisa Ochoa Cámara
 Directora del Herbario Vargas (CUZ)



Figura 22

Certificación Taxonómica de la especie linepithema sp.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
FACULTAD DE CIENCIAS – Esc. Prof. BIOLOGÍA
LABORATORIO DE ENTOMOLOGIA

Cusco 24 de ENERO del 2020

DE: DR. ERICK YABAR LANDA
Laboratorio de Entomología de la facultad de Ciencias, E.P. de Biología

ASUNTO: CONSTANCIA DE IDENTIFICACION DE MUESTRAS BIOLOGICAS

Conste por la presente:

En el mes de Noviembre del 2019, la Srta. Basilia Juscca Gutierrez, Bachiller de la carrera profesional de Química, trajo muestras biológicas (insectos), a nuestro laboratorio para su identificación, de lo cual se informa lo siguiente:

Nombre del Interesado: Srta: Basilia Juscca Gutierrez
Proyecto/Tesis: "Composicion química del aceite esencial *Senecio rudbeckiaefolius* Meyen & Walp. (Maicha) y efecto insecticida sobre hormigas."
Muestras: Hormigas de la ciudad del Cusco
Evaluación Microscópica: Las muestras fueron estudiadas morfológicamente con las claves taxonómicas especializadas para la familia y con ayuda de un estereoscopio marca NOVEL NSZ-608T
Identificación: las muestras corresponden a la siguiente clasificación:
Orden : Hymenoptera
Familia: Formicidae
Sub Familia: Dolichonerinae
Género y especie: Linepithema sp.

Se entrega la presente carta como constancia de la identificación realizada en el laboratorio de Entomología, y para los fines que la interesada vea por conveniente.

Atentamente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO
Erick Yabar Landa
Erick Yabar Landa
Dr. en Ciencias Biológicas
Profesor Principal

Figura 23
Muestreo de la Especie Senecio Rudbeckiifolius



Figura 24
Preparación de la Muestra en el Laboratorio



Figura 25
Extracción de Aceite Esencial de Senecio Rudbeckiifolius



Figura 26

Determinación de las Pruebas de Solubilidad del Aceite Esencial

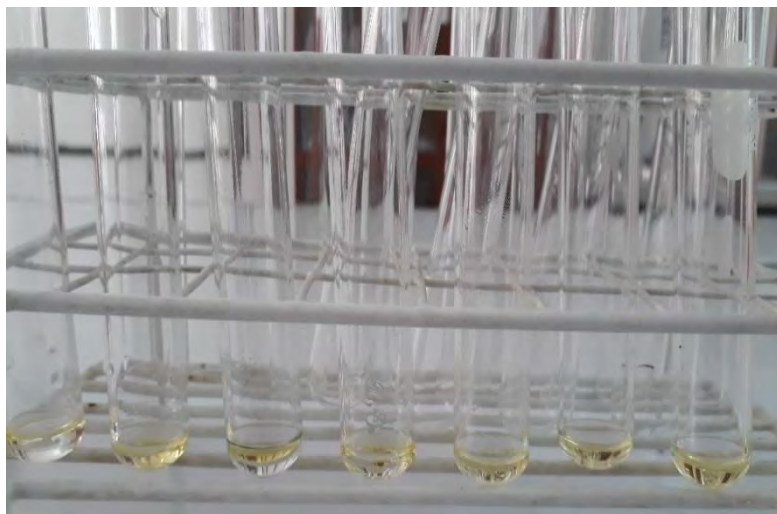


Figura 27

Determinación de prueba de saponificación



Figura 28
Titulación del Índice de Acidez del Aceite Esencial



Figura 29
*Acondicionamiento de Insectos *Linepithema Sp* en Laboratorio*



Figura 30
Insectos Linepithema Sp para Efecto Insecticida



Figura 31
Determinación del Efecto Insecticida del Aceite Esencial



Figura 32
Aplicación de Muestras de Aceite Esencial para Efecto Insecticida



Tabla 9
Norma Técnica Peruana INDECOPI

TÉCNICA	PRUEBA	FUNDAMENTO
INDECOPI Norma 319.084	SOLUBILIDAD	Se establece el método de determinación de la solubilidad de aceites esenciales en diluciones de etanol. El principio del método consiste en que, a una temperatura de 20 °C se adiciona progresivamente al aceite esencial, una solución acuosa de etanol de concentración adecuada y conocida y se observa el grado de solubilidad.
INDECOPI Norma 319.081	DENSIDAD RELATIVA	Define a la densidad como la relación entre el peso de un volumen, determinados a 20 °C, y a la densidad relativa como la relación entre la densidad del aceite a 20 °C y a la densidad del agua destilada a 20 °C.
INDECOPI Norma 319.075	ÍNDICE DE REFRACCIÓN	El índice de refracción de los aceites esenciales oscila generalmente entre 1.43 y 1.62 a temperaturas alrededor de 20 °C siendo éste un parámetro que permite determinar si la muestra es pura.
INDECOPI Norma 319.085	ÍNDICE DE ACIDEZ	Los aceites esenciales trabajados en condiciones adecuadas no deben presentar valores superiores a 0.4-0.5% en ácido oleico. En general se toma como límite la acidez de 1% para calificar comercialmente aceites finos o calidad extra.

