Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

Composición química, actividad antioxidante y efecto fotoprotector del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en una crema base

TESIS

Para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutica

AUTOR

Yesenia Xiomara GERÓNIMO PÁEZ

ASESOR

Américo Jorge CASTRO LUNA

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Castro A. Composición química, actividad antioxidante y efecto fotoprotector del aceite esencial de Senecio calvus Cuatrec en una crema base [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Farmacia y Bioquímica, Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica; 2022.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	YESENIA XIOMARA GERÓNIMO PÁEZ
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	48219382
URL de ORCID	No aplica
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	AMÉRICO JORGE CASTRO LUNA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	25455526
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8012-967X
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BERTRAN SANTIAGO TRUJILLO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	07186287
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	WALTER RIVAS ALTEZ
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	09238422
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	EVA RAMOS LLICA.
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29735069
Miembro del jurado 3	
Nombres y apellidos	FRITZ FEDOR CHOQUESILLO PEÑA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06203655

Datos de investigación	
Línea de investigación	Recursos Naturales
Grupo de investigación	No aplica
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	Edificio; (Instituto de investigación en Ciencias farmacéuticas y Recursos Naturales ”Juan de Dios Guevara” de la Facultad de Farmacia y Bioquímica UNMSM) País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: La Victoria Latitud: -12.056173 Longitud: -77.023304
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2019 - 2021
URL de disciplinas OCDE	Química orgánica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.04.01

Universidad Nacional Mayor de San Marcos
Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Farmacia y Bioquímica
Decanato

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Examinador y Calificador de la Tesis titulada:

Composición química, actividad antioxidante y efecto fotoprotector del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en una crema base

Que presenta la Bachiller en Farmacia y Bioquímica:

YESENIA XIOMARA GERÓNIMO PÁEZ

Que reunidos en la fecha se llevó a cabo la **SUSTENTACIÓN** de la **TESIS**, y después de las respuestas satisfactorias a las preguntas y objeciones formuladas por el Jurado, ha obtenido la siguiente calificación final:

17 (DIECISIETE) - APROBADO CON MENCIÓN HONROSA

de conformidad con el Art. 14.° del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos para la obtención del Título Profesional de Químico Farmacéutico (a) de la Facultad de Farmacia y Bioquímica.

JURADO EXAMINADOR Y CALIFICADOR (R.D. N.° 000297-2022-D-FFB/UNMSM)

- Mg. Bertran Santiago Trujillo
- Mg. Walter Rivas Altez
- Q.F. Eva Ramos Llica
- Q.F. Frtitz Fedor Choquesillo Peña

Lima, 26 de setiembre de 2022.

Mg. Bertran Santiago Trujillo
Presidente

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
Universidad del Perú. DECANA DE AMÉRICA.
FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

INFORME DE EVALUACIÓN DE CRITERIOS DE ORIGINALIDAD

1	Facultad	**FARMACIA Y BIOQUÍMICA**
2	Escuela	**FARMACIA Y BIOQUÍMICA**
3	Autoridad que emite el informe de originalidad	**Director de la Escuela Profesional**
4	Apellidos y nombres de la autoridad académica	**Luis Miguel V. Felix Veliz**
5	Operador del programa informático de similitudes	**Luis Miguel V. Felix Veliz**
6	Documento evaluado	**Tesis para optar al título profesional de Químico Farmacéutico: Composición química, actividad antioxidante y efecto fotoprotector del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en una crema base**
7	Autor(es) del documento	Br. Yesenia Xiomara GERÓNIMO PÁEZ
8	Fecha de recepción del documento	**02/10/2022**
9	Fecha de aplicación del programa informático de similitudes	**02/10/2022**
10	Software utilizado	**Turnitin**
11	Configuración del programa detector de similitudes	**Excluye:** - **Textos entrecomillados** - **Bibliografía** - **Cadenas menores de 40 palabras**
12	Porcentaje de similitud según programa detector de similitudes	**3 % (El % de similitud debe ser ≤ 10%)**
13	Fuentes originales de las similitudes encontradas	• **Fuentes de internet varias 4 %** • **Publicaciones 3 %** • **Trabajo de estudiantes entregados a otras universidades 1 %**
14	Observaciones	**Realizar la edición final de la tesis.** **Procede la sustentación.**
15	Calificación de originalidad	**Documento cumple con los criterios de originalidad.**
16	Fecha del informe	**02/10/2022**

Nota: se adjunta archivo de reporte del sistema Turnitin en el que se resaltan las similitudes detectadas.

UNMSM
Firmado digitalmente por FELIX VELIZ Luis Miguel Visitacion FAU 20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 02.09.2022 20:57:12 -05:00

Dr. Luis Miguel V. Felix Veliz

Dedicatoria

A mi madre María, por ser mi motor y motivo para seguir adelante en todo lo que me proponga.

A mi padre Arturo, por su gran esfuerzo y confianza depositados en mí en todo momento.

A mi pareja Freddy, porque desde hace casi 5 años de conocerlo**,** me ha brindado su apoyo incondicional para lograr todos mis objetivos.

A mi hermano Gustavo, por darme el impulso que necesitaba para iniciar la carrera de Farmacia y bioquímica.

Siempre les estaré eternamente agradecida, los amo.

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y permitirme llegar hasta donde yo quisiera.

A mi alma mater, la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, por brindarme una experiencia inigualable, entre nostalgias y alegrías de tantos años que siempre llevaré en mi corazón.

A mi mentor, el Dr. Américo Castro Luna, por ser mi guía en la elaboración de este trabajo.

Y por último a mis profesores de la UNMSM, por todas sus enseñanzas brindadas y haber contribuido en mi formación profesional.

Gracias totales.

ÍNDICE

Página

Dedicatoria ii
Agradecimientos iii
Lista de tablas vii
Lista de figuras ix
Lista de abreviaturas xi
RESUMEN xii
SUMMARY xiii
I. INTRODUCCIÓN 1
I.1. Planteamiento del problema 3
I.2. Objetivos 4
I.2.1. Objetivo general 4
I.2.2. Objetivos específicos 4
I.3. Importancia y alcance de la investigación 4
I.4. Limitaciones de la investigación 5
II. REVISIÓN DE LA LITERATURA 6
II.1. Marco teórico 6
II.1.1. Aspecto botánico 6
II.2. Antecedentes del estudio 8
II.2.1. Antecedentes internacionales 8
II.2.2. Antecedentes nacionales 10
II.3. Bases teóricas 11
II.3.1. Aceites esenciales 11
II.3.2. Actividad antioxidante 13
II.3.3. Actividad fotoprotectora 19

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES 22
III.1. Hipótesis 22
III.2. Variables 22
IV. MATERIALES Y MÉTODOS 23
IV.1. Área de estudio 23
IV.2. Diseño de investigación 23
IV.3. Población y muestra 23
IV.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información 23
IV.4.1. Materiales, reactivos, equipos e instrumentos 23
IV.4.2. Flujograma del trabajo experimental 25
IV.4.3. Recolección e identificación del material botánico 26
IV.4.4. Obtención del aceite esencial 26
IV.4.5. Prueba de solubilidad 26
IV.4.6. Rendimiento del aceite esencial 26
IV.4.7. Determinación de la composición química del aceite esencial 27
IV.4.8. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil ($DPPH^{\bullet}$) 30
IV.4.9. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de 2,2'-azinobis- 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico ($ABTS^{\bullet+}$) 32
IV.4.10. Determinación del Factor de Protección Solar (FPS) *in vitro* por el método de Mansur 34
IV.4.11. Análisis estadístico de la actividad antioxidante 35
V. RESULTADOS 36
V.1. Presentación y análisis de los resultados 36
V.1.1. Análisis organoléptico 36
V.1.2. Rendimiento del aceite esencial 36

V.1.3. Prueba de solubilidad 36
V.1.4. Determinación de la composición química del aceite esencial 37
V.1.5. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de DPPH• 46
V.1.6. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de $ABTS^{\bullet+}$ 49
V.1.7. Determinación del Factor de Protección Solar (FPS) *in vitro* por el método de Mansur 51
V.1.8. Análisis estadístico 53
VI. DISCUSIÓN 55
VII. CONCLUSIONES 60
VIII. RECOMENDACIONES 61
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 62
X. ANEXOS 69

Lista de tablas

Página

Tabla 1. Reacciones bioquímicas de los radicales 14
Tabla 2. Principales ERO y ERN 15
Tabla 3. ERO y sus principales características.....16
Tabla 4. Principales factores externos que favorecen el incremento de ERO 17
Tabla 5. Condiciones cromatográficas del análisis por Inyección Headspace..27
Tabla 6. Condiciones cromatográficas del análisis por Inyección Líquida. 29
Tabla 7. Preparación de los tubos de trabajo para DPPH$^{\bullet}$. 32
Tabla 8. Preparación de los tubos de trabajo para ABTS$^{\bullet+}$. 33
Tabla 9. Relación entre el efecto eritemogénico (EE) y la intensidad de radiación (I) de cada longitud de onda (λ) 35
Tabla 10. Características organolépticas del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec. 36
Tabla 11. Rendimiento del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec. 36
Tabla 12. Prueba de solubilidad del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec ..36
Tabla 13. Componente principal del aceite esencial *Senecio calvus*.....37
Tabla 14. Composición química del aceite esencial de *S. calvus* por análisis de Inyección Headspace.....37
Tabla 15. Composición química del aceite esencial de *S. calvus* por análisis de Inyección Líquida 41
Tabla 16. Actividad antioxidante del trolox® por el método DPPH$^{\bullet}$.....46
Tabla 17. Actividad antioxidante del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec por el método DPPH$^{\bullet}$ 47
Tabla 18. Actividad antioxidante para captar radicales DPPH$^{\bullet}$ del estándar y la muestra, expresada en mg/mL.....47
Tabla 19. Actividad antioxidante del trolox® por el método ABTS$^{\bullet+}$.....49
Tabla 20. Actividad antioxidante de *Senecio calvus* Cuatrec por el método ABTS$^{\bullet+}$.....49
Tabla 21. Actividad antioxidante para captar radicales ABTS$^{\bullet+}$ del estándar y la muestra, expresada en mg/mL.....50

Tabla 22. Actividad fotoprotectora del aceite esencial de *Senecio calvus* al 0,5% 51
Tabla 23. Actividad fotoprotectora del aceite esencial de *Senecio calvus* al 1% 52
Tabla 24. Actividad fotoprotectora del aceite esencial de *Senecio calvus* al 3% 52
Tabla 25. Análisis estadístico de la actividad antioxidante por el método DPPH$^{\bullet}$ del aceite esencial de *S. calvus* 53
Tabla 26. Análisis estadístico de la actividad antioxidante por el método ABTS$^{\bullet+}$ del aceite esencial *S. calvus* 54
Tabla 27. Operacionalización de variables 71

Lista de figuras

Página

Figura 1. Herbario de *Senecio calvus* Cuatrec en museo 6
Figura 2. Especie vegetal recolectada de *Senecio calvus* Cuatrec. 7
Figura 3. Desbalance entre ERO y antioxidantes.....13
Figura 4. Generación de ERO a partir de O_2.....15
Figura 5. Producción y neutralización de ERO.....18
Figura 6. Jerarquía de los antioxidantes 19
Figura 7. Espectro de la radiación solar 20
Figura 8. Flujograma de las metodologías utilizadas para el estudio de *Senecio calvus* Cuatrec. 25
Figura 9. Cromatograma de gases de 3 a 28 minutos del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Headspace ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 10. Cromatograma de gases de 28 a 51 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Headspace**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 11. Cromatograma de gases de 51 a 72 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Headspace**¡Error! Marcador no definido.**
Figura 12. Cromatograma de gases de 3 a 30 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 13. Cromatograma de gases de 30 a 50 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 14. Cromatograma de gases de 50 a 66 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 15. Cromatograma de gases de 66 a 109 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 16. Curva del % de inhibición del radical DPPH• en relación a la concentración del trolox®..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 17. Curva del % de inhibición del radical DPPH• en relación a la concentración del aceite esencial de *S. calvus*.....48

Figura 18. Curva del % de inhibición del radical $ABTS^{\bullet+}$ en relación a la concentración del trolox®..... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 19. Curva del % de inhibición del radical $ABTS^{\bullet+}$ en relación a la concentración del aceite esencial de *S. calvus*... **¡Error! Marcador no definido.**
Figura 20. Hojas y tallos de *Senecio calvus* Cuatrec en el laboratorio. 72
Figura 21. Introducción de hojas y tallos de *Senecio calvus* Cuatrec para la destilación con vapor de agua.....72
Figura 22. Fases inmiscibles obtenidas de la destilación con vapor de agua...73
Figura 23. Aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en crema base a distintas concentraciones 73

Lista de abreviaturas

$ABTS^{\bullet+}$: Ácido 2,2'-azinobis (3- etilbenzotiazolín)-6-Sulfónico

ANOVA: Análisis de varianza

AOH: Sustancia antioxidante

BHA: Hidroxianisol butilado

BHT: Butilhidroxitolueno

CG/MS: Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (por sus siglas en inglés)

CG-FID-MS: Cromatografía de gases acoplado a los detectores de ionización de llama y espectrometría de masas

$DPPH^{\bullet}$: Radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazil

ERO: Especies reactivas de oxígeno

ERN: Especies reactivas de nitrógeno

FPS: Factor de protección solar

FRAP: Poder antioxidante reductor férrico

HPLC: Cromatrografía Líquida de Alta Eficacia

HS: Inyección Headspace

IC_{50}: Concentración mínima en la que son inhibidos los radicales libres en un 50%

IR: Infrarrojo

LS: Inyección Líquida

MAP: Proceso asistido por microondas

OMS: Organización Mundial de la Salud

PABA: Ácido paraaminobenzoico

RMN: Resonancia Magnética Nuclear

TEAC: Capacidad antioxidante equivalente al trolox

TROLOX: 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromo-2-ácido carboxílico

UV: Ultravioleta

UVA: Radiación ultravioleta A

UVB: Radiación ultravioleta B

UVC: Radiación ultravioleta C

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la composición química, actividad antioxidante y efecto fotoprotector del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en una crema base. Las muestras vegetales fueron recolectadas en las pendientes rocosas aledañas a la quebrada y laguna Ishinca, provincia de Carhuaz (Ancash). La extracción del aceite esencial se realizó mediante destilación por arrastre con vapor de agua, obteniéndose un rendimiento de 0,16% (p/v) y realizándose el ensayo de solubilidad. Los compuestos químicos se identificaron mediante Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (CG-MS), la actividad antioxidante por el método de captación de radicales (DPPH$^{\bullet}$ y ABTS$^{\bullet+}$) y el efecto fotoprotector utilizando el método de Mansur en una crema base con diferentes concentraciones del aceite esencial. El β-felandreno y α-pineno fueron los monoterpenos identificados mayoritariamente en el aceite esencial. Por otra parte, mediante el método DPPH$^{\bullet}$, el IC_{50} del aceite esencial fue 8,899 mg/mL y del trolox, 0,003 mg/mL; mientras que por el método ABTS$^{\bullet+}$, los IC_{50} del aceite esencial y trolox fueron 1,298 mg/mL y 0,005 mg/mL, respectivamente. A las concentraciones de 0,5%; 1% y 3% del aceite esencial en crema base, se obtuvieron factores de protección solar (FPS) 0,068; 0,093 y 0,106; respectivamente. Se concluye que la composición química del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec presentó menor actividad antioxidante que el trolox y un escaso efecto fotoprotector.

Palabras clave: aceite esencial, *Senecio calvus* Cuatrec, Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas, composición química, antioxidante, fotoprotector

SUMMARY

The objective of this research was to evaluate the chemical composition, antioxidant activity and photoprotective effect of the essential oil of *Senecio calvus* Cuatrec in a base cream. The aerial parts of the plant were collected on the rocky slopes near the Ishinca ravine and lagoon, Carhuaz province (Ancash). The extraction of the essential oil was carried out by steam distillation, obtaining a yield of 0,16% (p/v) and performing the solubility test. The chemical compounds were identified by Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC-MS), the antioxidant activity by the radical scavenging method ($DPPH^{\bullet}$ and $ABTS^{\bullet+}$) and the photoprotective effect using the Mansur method in a base cream with different concentrations of essential oil. β-phellandrene and α-pinene were the monoterpenes identified mainly in the essential oil. On the other hand, using the $DPPH^{\bullet}$ method, the IC_{50} of the essential oil was 8,899 mg/mL and that of trolox, 0,003 mg/mL; while by the $ABTS^{\bullet+}$ method, the IC_{50} of essential oil and trolox were 1,298 mg/mL and 0,005 mg/mL, respectively. At concentrations of 0,5%; 1% and 3% of the essential oil in base cream, sun protection factors (SPF) 0,068 were obtained; 0,093 and 0,106; respectively. It is concluded that the components of the essential oil of *Senecio calvus* Cuatrec presented less antioxidant activity than trolox and a scarce photoprotective effect.

Keywords: essential oil, *Senecio* calvus Cuatrec, Gas Chromatography/Mass Spectrometry, chemical composition, antioxidant, photoprotector

I. INTRODUCCIÓN

La naturaleza desde tiempos ancestrales nos ha proporcionado incontables recursos de flora y fauna. El Perú por estar localizado dentro de las áreas geográficas céntricas de biodiversidad mundial es considerado un país megadiverso y destaca principalmente por la presencia de plantas alimenticias y medicinales. Estas últimas son una fuente esencial de moléculas y medicamentos en el mercado farmacéutico a nivel mundial[1,2].

Senecio es uno de los géneros con mayor diversidad y número de especies en la familia Asteraceae, cuenta con más de 1000 especies distribuidas por todo el mundo, excepto en la Antártida, concentrándose principalmente al sur de África y en los Andes sudamericanos[3].

Los aceites esenciales son compuestos volátiles de plantas, extraídos comúnmente mediante destilación por arrastre con vapor de agua. Éstos pueden obtenerse de hojas, semillas, resinas, pétalos, entre otros; teniendo diferentes aromas y propiedades, dependiendo que parte de la planta sea utilizada. Los principales componentes de los aceites esenciales se clasifican en dos familias estructurales, según el esqueleto de los hidrocarburos: terpenoides y fenilpropanoides. Muchos de los aceites esenciales tienen propiedades benéficas para la salud como el efecto antioxidante, antibacteriano, fungicida, entre otros[4,5].

Los antioxidantes retrasan o previenen la oxidación de sustratos oxidables como proteínas, lípidos, hidratos de carbono y moléculas de ADN. Éstos interactúan más rápido con los radicales libres, evitando que se unan con el resto de las moléculas presentes[4,6]. Algunos radicales pueden ser endógenos, generados por el metabolismo de nuestro organismo, como por ejemplo, especies reactivas de nitrógeno (ERN) y especies reactivas de oxígeno (ERO); otros pueden ser exógenos, generados por la contaminación ambiental, la exposición a radiaciones ionizantes, los aditivos químicos en alimentos procesados, los medicamentos, el tabaco y algunos xenobióticos como pesticidas, herbicidas y fungicidas. Cuando la

capacidad de producción de sustancias altamente reactivas es mayor que los mecanismos de neutralización por parte de los antioxidantes, se denomina estrés oxidativo[7].

En la actualidad, las industrias alimentarias han mostrado un gran interés en la adición de antioxidantes naturales para mejorar la calidad y darles un valor agregado a sus productos finales. Además, retrasar la oxidación de proteínas y lípidos en reemplazo de antioxidantes sintéticos como el hidroxianisol butilado (BHA) o el butilhidroxitolueno (BHT), los cuales son muy eficaces para combatir los radicales libres; pero con el tiempo se han ido considerando de riesgo para la salud humana[4,8].

El sol brinda múltiples beneficios para el organismo, pero una exposición incontrolada, prolongada y sin protección puede ocasionar graves consecuencias para la salud. La radiación solar es una de las principales fuentes de producción de radicales libres en el organismo e induce de manera acelerada la síntesis de las metaloproteinasas, las cuales son degradadoras de colágeno. Algunos efectos adversos producidos por la radiación solar son las quemaduras solares, inmunodepresión, fotocarcinogénesis y fotoenvejecimiento. A fin neutralizar los radicales y prevenir el fotoenvejecimiento resulta esencial la adición de antioxidantes en protectores solares y cosméticos[9-12].

A la superficie terrestre llega sólo una pequeña porción del amplio espectro de radiaciones electromagnéticas procedentes del sol[10]. Aproximadamente, de la radiación ultravioleta, el 95% que llega es UVA y sólo el 5% es UVB. El efecto fotoprotector de los bloqueadores sintéticos convencionales es muy limitado, tanto por no abarcar todo el espectro de la radiación solar como por su corto tiempo de protección. Por ello, últimamente se ha incrementado el interés en la búsqueda de la protección total, no sólo contra UVB, sino también contra la UVA y la luz visible. El tratamiento fitoterapéutico con compuestos antioxidantes y con capacidad de absorber la radiación ultravioleta, puede ofrecer una fotoprotección más efectiva y con componentes de origen natural[13,14].

Por todo lo expuesto, se considera de importancia realizar estudios de investigación que aporten nuevos conocimientos científicos sobre *Senecio calvus* a fin de continuar impulsando el uso de recursos naturales.

I.1. Planteamiento del problema

Los radicales libres son moléculas que tienen electrones no emparejados en su última órbita, generando inestabilidad y alta reactividad[15]. Los radicales libres endógenos son generados durante el metabolismo humano; mientras que los exógenos se producen por contaminantes ambientales, radiaciones, consumo o uso de tóxicos (alcohol, tabaco y drogas), alimentación no adecuada, exposición a fertilizantes o pesticidas[16].

El aumento de las concentraciones de dichos radicales provoca un desbalance entre su velocidad de formación y su neutralización por antioxidantes endógenos, dando lugar al estrés oxidativo, capaz de causar daño. Esto se refleja en las enfermedades crónico-degenerativas como el Alzheimer, Parkinson, lesión cerebral hipertensiva, esclerosis múltiple, cáncer, anomalías cardiovasculares, enfisema pulmonar, dermatitis, entre otras[17].

Una exposición prolongada a la radiación UV solar puede producir tanto efectos agudos como crónicos en la salud de la piel, los ojos y el sistema inmunitario. Los efectos agudos más conocidos son las quemaduras solares y el bronceado; a largo plazo, se produce un envejecimiento prematuro de la piel. La radiación UV también puede producir reacciones oculares de tipo inflamatorio, como la queratitis actínica. En los efectos crónicos se encuentran los cánceres de piel y las cataratas[18].

Por lo expuesto antes, es necesario buscar formas de combatir los radicales libres y la radiación UV, siendo una gran opción la variedad de plantas que tenemos en el Perú.

Formulación del problema

¿La composición química del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec presenta actividad antioxidante y efecto fotoprotector frente a la radiación solar?

I.2. Objetivos

I.2.1. Objetivo general

- ✓ Evaluar la composición química, actividad antioxidante y efecto fotoprotector del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en una crema base.

I.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Identificar los componentes químicos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec mediante Cromatografía de Gases/Espectrometría de Masas (CG/MS)
- ✓ Determinar la actividad antioxidante *in vitro* del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec.
- ✓ Determinar el efecto fotoprotector *in vitro* del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en una crema base.

I.3. Importancia y alcance de la investigación

La búsqueda de nuevas fuentes antioxidantes de origen natural se ha ido incrementando ante la demanda de sustancias que sean eficientes secuestradores de radicales libres, pero sin presentar los riesgos carcinogénicos de antioxidantes sintéticos como el BHA o BHT, los cuales están siendo restringidos[19].

Los antioxidantes desempeñan un papel importante frente a diversas patologías asociadas al estrés oxidativo. Algunas de estas enfermedades crónico-degenerativas son: Alzheimer, Parkinson, anomalías cardiovasculares, diabetes mellitus, numerosos tipos de cáncer, entre otras. También es fundamental resaltar la presencia de protectores solares con antioxidantes para mantener la salud de la piel frente los rayos UV, especialmente los rayos UVA[17,20].

El uso o consumo de antioxidantes disminuye los efectos negativos del estrés oxidativo en nuestro cuerpo, previniendo la formación de radicales libres o neutralizándolos. Esto impactaría positivamente en la calidad y esperanza de vida de la población[17].

En este contexto, se estudia la composición química, actividad antioxidante y efecto fotoprotector del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec para contribuir en el conocimiento científico y aportar beneficios a la salud humana.

I.4. Limitaciones de la investigación

- ✓ El poco volumen de muestra con el que se contaba para la investigación debido al bajo rendimiento obtenido en la extracción de aceites esenciales[21].
- ✓ Definir una concentración o porcentaje del aceite esencial para la investigación, ya que pequeñas variaciones en uno u otro podrían causar una sobredosificación. Esto debido a la potencial toxicidad de los aceites esenciales, incluso de plantas que en sí mismas son muy poco tóxicas[22].
- ✓ El limitado rango de estudio del método de Mansur debido a que solo evalúa el FPS en el rango UVB; pero no en el rango UVA, el cual genera daños oxidativos a largo plazo[23].

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

II.1. Marco teórico

II.1.1. Aspecto botánico

II.1.1.1. Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica fue realizada por el consultor botánico José Ricardo Campos De La Cruz. Categoría taxonómica según el Sistema de Clasificación de Cronquist (1981).

REINO: PLANTAE

DIVISIÓN: MAGNOLIOPHYTA

CLASE: MAGNOLIOPSIDA

SUBCLASE: ASTERIDAE

ORDEN: ASTERALES

FAMILIA: ASTERACEAE

GÉNERO: *Senecio*

ESPECIE: *Senecio calvus* Cuatrec.

Nombre común: “huamanripa”



Figura 1. Herbario de *Senecio calvus* Cuatrec en museo[24].

II.1.1.2. Descripción morfológica

Las especies del género *Senecio* varían morfológicamente, van desde arbustos a sufrutescentes y de hierbas anuales a vivaces rizomatosas. Las hojas son caulinares, basales, o ambas. Las capitulescencias varían desde capítulos solitarios a cimas de pocas a muchas cabezuelas o cimas corimbosas. La cantidad de flores del disco varían de 12 a 150 y del radio generalmente cercano a las series Fibonacci. *Senecio calvus* Cuatrec "huamanripa" presenta tallo florífero con hojas basales lanceoladas de 20 cm de largo y flores de color amarillo.[25-27].



Figura 2. Especie vegetal recolectada de *Senecio calvus* Cuatrec.

Fuente: Propia del autor

II.1.1.3. Descripción geográfica y hábitat

El género *Senecio* se encuentra distribuido en casi todo el mundo, principalmente al sur de África y en los Andes sudamericanos. Las más de 180 especies registradas en el Perú ocupan desde la costa desértica, bosques montanos, lomas, valles interandinos, matorrales xerofíticos hasta el límite de la vegetación en la puna. *Senecio calvus* Cuatrec se ubica en los departamentos de Junín y Ancash a más de 4000 m.s.n.m[3,24,25].

II.1.1.4. Usos y aplicaciones

Los pobladores utilizan la infusión de las hojas de *Senecio calvus* Cuatrec para combatir la tos y enfermedades respiratorias; también se usa en el baño contra el frio. Esta planta se puede utilizar sola o en combinación con otras especies para potenciar sus efectos[28,29].

II.2. Antecedentes del estudio

II.2.1. Antecedentes internacionales

- Arancibia L. et al. (2010) determinaron la componentes químicos de dos plantas de la Patagonia Argentina: *Senecio mustersii* y *Senecio subpanduratus* (Asteraceae) mediante el análisis CG-FID-MS. Se identificó 24 compuestos para *S.mustersii* y 21 para *S.subpanduratus*, representando el 95,20% y 92,90% de su composición relativa, respectivamente. En el análisis del aceite esencial de *S. mustersii* se identificó al α-pineno (53,30%) como componente mayoritario, seguido de β-pineno (21,20%) y myrceno (2,30%); mientras que de *S. subpanduratus* los componentes principales fueron sabineno (23,80%), α-pineno (22,10%) y β-pineno (11,90%)[30].

- En el año 2011, Benites J. et al realizaron un estudio sobre la composición química del aceite esencial de *Senecio atacamensis* Phil. de Chile, en la cual se determinó los componentes de sus hojas y tallos mediante el análisis GC y GC/MS. El cromatograma identificó 24 compuestos, conformado por quince monoterpenos, ocho sesquiterpenos y un diterpeno. El análisis del aceite esencial de las hojas mostró al α-terpineno (36,05%) como el monoterpeno más abundante, seguido de α-felandreno (27,79%) y el p-cimeno (11,85%), los cuales constituyen el 75,69% del aceite total. Por otro lado, el aceite esencial de los tallos presentó al α-felandreno como el componente más abundante, (25,37%), junto con p-cimeno (22,55%) y α-terpineno (20,57%), los cuales constituyen el 68,49% del aceite total. Ambas muestras de aceite esencial mostraron patrones similares en sus componentes[31].

- En una estudio realizado por Singh R. et al. (2015) sobre los extractos de *Senecio amplexicaulis* (metanólico y de acetato de etilo) evaluaron la capacidad antioxidante por dos métodos *in vitro*. El potencial para eliminar radicales $DPPH^{\bullet}$ se expresó mediante el IC_{50} (concentración necesaria para inhibir los radicales libres $DPPH^{\bullet}$ en un 50%). El más potente en la eliminación del radical $DPPH^{\bullet}$ fue el extracto de acetato de etilo en comparación con el extracto metanólico, siendo el valor de IC_{50} de 0,264 mg/ml y 0,376 mg/ml, respectivamente. Sin embargo, los valores de los extractos fueron significativamente bajo frente a los antioxidantes sintéticos como el ácido ascórbico (IC_{50} 0,021 mg/ml) y de rutina (IC_{50} 0,045 mg/ml). Por otro lado, para el método $ABTS^{\bullet+}$ se utilizó como estándar el trolox para poder determinar la capacidad antioxidante equivalente trolox (TEAC). El TEAC para extracto metanólico fue de 7453,2 µmol trolox/g extracto; mientras que para el acetato de etilo fue de 11547,6 µmol trolox/g extracto[32].

- La estrategia para prevenir el fotoenvejecimiento utilizada en cosméticos y protectores solares se centró principalmente en la inclusión de sustancias antioxidantes como por ejemplo ácido lipoico, vitamina E y BHT[12]. Según Serra J. et al. (2020), antioxidantes sintéticos como BHT y BHA pueden provocar efectos mutagénicos, teratogénicos y carcinogénicos. Presentan propiedades tóxicas siempre a altas concentraciones. También pueden inducir daño en el ADN o tener la capacidad de ser iniciadores de un cáncer[33].

- Actualmente, la exacerbación de nuevas y viejas enfermedades, y los efectos secundarios debido al calentamiento global, han hecho que constantemente se creen nuevas estrategias de fotoprotección[13]. Los fotoprotectores con componentes de origen natural pueden minimizar los efectos solares y complementar los protectores solares ya usados, ofreciendo una fotoprotección más completa y efectiva[14].

II.2.2. Antecedentes nacionales

- En el Perú han sido registradas más de 180 especies del género *Senecio*[25]. Durante los últimos años dicha cifra ha ido aumentando debido a nuevas especies descritas y la aparición de registros[34-39]. Las especies de *Senecio* ocupan una amplia variedad de ambientes ecológicos: desde la costa desértica hasta la zona altoandina, siendo endémicas más de la mitad[40].

- Ochoa K. et al (2012) estudiaron el aceite esencial de las hojas y tallos desecados de *Senecio graveolens* Wedd "wiskataya". La cromatografía de gases con detector de masas fue la técnica que permitió separar e identificar 19 de los 20 compuestos detectados en el aceite esencial, representando el 99,75% de la composición relativa, conformado mayoritariamente por monoterpenos (85.92%). Los principales monoterpenos identificados fueron Sabineno, (+)-4-careno, τ-terpineno y β-myrceno con 52,39%; 8,20%; 7,11% y 6,74%; respectivamente[41].

- En una investigación realizada por Alderete H. (2014) sobre tres especies de *Senecio*, se determinó la capacidad antioxidante de sus aceites esenciales mediante el método *in vitro* de captación de radicales $DPPH^{\bullet}$. Los resultados de los IC_{50} obtenidos por este método de *S. chiquianensis*, *S. calvus* y *S. nutans* fueron de 4,205 mg/mL, 8,850 mg/mL y 11,060 mg/mL, respectivamente; siendo *Senecio chiquianensis* la que mayor capacidad antioxidante presentó de las tres especies en estudio[42].

- Aguilar E. et al. (2020) realizó un estudio acerca de la capacidad antioxidante del extracto metanólico de las hojas de *Senecio rufescens* DC y de sus fracciones de n – hexano, diclorometano, acetato de etilo y metanólica que se realizó mediante los métodos $DPPH^{\bullet}$, $ABTS^{\bullet+}$ y FRAP. Las muestras se prepararon a la concentración de 1mg/mL. La capacidad antioxidante del extracto metanólico mediante $DPPH^{\bullet}$, $ABTS^{\bullet+}$ y FRAP fue de 76,97 ± 7,17; 172,38 ± 10,78 y 188,68 ± 2,76 µmoles trolox/g de muestra; respectivamente. La fracción metanólica fue la que resultó con mayor capacidad antioxidante en comparación con las demás fracciones, siendo el valor obtenido de 529,80 ±

14,30 μmoles trolox/g de extracto para $DPPH^{\bullet}$, 444,38 ± 11,31 μmoles trolox/g de extracto para $ABTS^{\bullet+}$ y 406,86 ± 24,58 μmoles trolox/g de extracto para FRAP[43].

II.3. Bases teóricas

II.3.1. Aceites esenciales

II.3.1.1. Definición

Los aceites esenciales son mezclas líquidas volátiles obtenidas de plantas aromáticas que constituyen la "esencia" de una planta, lo cual suele tener una agradable fragancia. Algunas de las propiedades de los aceites esenciales, descritas desde la antigüedad son: antisépticas, antioxidantes y antiinflamatorias, teniendo recientemente sustento científico[4].

II.3.1.2. Extracción de aceites esenciales

Los aceites esenciales pueden encontrarse en hojas, semillas, flores, bayas, resinas, entre otros. Diferentes partes de una misma planta pueden tener aceites esenciales con aromas y propiedades completamente diferentes. La cantidad de aceite esencial extraído de la planta está determinada por muchos factores interrelacionados como las condiciones climáticas, estacionales y geográficas, el período de cosecha y las técnicas de extracción[5].

La elección de la técnica de extracción va a depender de la parte de la planta de donde se extraerá el aceite, de la estabilidad del aceite al calor y de la susceptibilidad a las reacciones químicas de los componentes del aceite. Éstos pueden variar también dependiendo el método de extracción que se utilice. Estas variaciones no son muy importantes, pero sí detectables por métodos como cromatografía de gases debido a su alta sensibilidad[5,44].

Las principales técnicas para extraer aceites esenciales son: destilación, extracción con disolventes, extracción por fluidos supercríticos, entre otros[21].

- **Destilación:** la muestra vegetal puede colocarse directamente en agua en ebullición o sobre vapor. El calor o vapor se impregna en la planta, liberando y extrayendo los componentes volátiles, los cuales pasan por un refrigerante y se obtiene una mezcla líquida formada por una fase oleosa (aceite esencial) y otra acuosa[45,46].
- **Extracción con disolventes:** una alternativa para aceites esenciales más sensibles al calor. Ciertos disolventes orgánicos solubilizan los componentes volátiles de la planta seca y molida, los cuales serán separados posteriormente. La desventaja reside en que también solubilizan grasas y ceras, teniendo como resultado un extracto impuro[21,47,48].
- **Extracción por fluidos supercríticos:** no altera la composición del aceite esencial, ni deja restos de disolventes. El inconveniente con este método radica en el alto coste debido a las altas presiones y equipos con cierres herméticos utilizados para el trabajo con gases[47].

II.3.1.3. Principales componentes de aceites esenciales

Un aceite esencial, dependiendo de la especie, puede contener entre 50 a 300 compuestos químicos, pertenecientes a grupos como hidrocarburos terpénicos, alcoholes, aldehídos, cetonas, éteres, ésteres, compuestos fenólicos, fenilpropanoides, entre otros[44]. Los terpenos representan alrededor del 80% de los compuestos en los aceites esenciales y se definen como compuestos formados por dos o más unidades de isopreno (2-metil-butiadieno), el cual es un hidrocarburo insaturado de 5 átomos de carbonos, que suele formar un esqueleto de secuencia cabeza-cola o cabeza-cabeza. Estos compuestos se clasifican por el número de carbonos que tienen en su estructura en monoterpenos (10 carbonos), sesquiterpenos (15 carbonos), diterpenos (20 carbonos), triterpenos (30 carbonos), tetraterpenos (40 carbonos) y politerpenos (más de 40 carbonos). Cuando los hidrógenos de los hidrocarburos múltiplos de 5 son reemplazos por átomos de oxígenos se les denomina terpenoides[49-51].

Los tipos de constituyentes presentes en los aceites esenciales son los determinan las propiedades funcionales de la planta[21]. Éstos pueden variar, tanto cualitativa como cuantitativamente, ya sea entre diferentes plantas o de la misma especie,

Esta variación se debe no solo al tratamiento poscosecha, métodos de extracción o condiciones de conservación, sino también a factores abióticos y bióticos. Los factores abióticos son aquellos elementos no vivos del ecosistema que afectan la producción de metabolitos secundarios en los aceites esenciales; entre ellos tenemos el microclima, la hidrología del suelo, el pH y la salinidad. Mientras que en los factores bióticos tenemos a los organismos del suelo y microorganismos. Los metabolitos del aceite esencial de una planta se producen para defenderla de sus invasores, realizar simbiosis, ayudar a la polinización, entre otros[49].

II.3.2. Actividad antioxidante

II.3.2.1. Estrés oxidativo

El oxígeno (O_2) es necesario para los seres vivos, pero también es una fuente de radicales libres capaz de producir daños oxidativos, formando parte de las denominadas especies reactivas. Cuando se pierde el balance entre las especies reactivas de oxígeno (ERO) y los antioxidantes, ya sea por exceso de producción de ERO o por déficit de sistemas antioxidantes, se le denomina "ESTRÉS OXIDATIVO"[52,53].

La gravedad del estrés oxidativo se ha relacionado con diversas patologías como cáncer, diabetes, alteraciones cardiovasculares, envejecimiento y otras 100 patologías más, sean como causante primario o factor asociado[54].

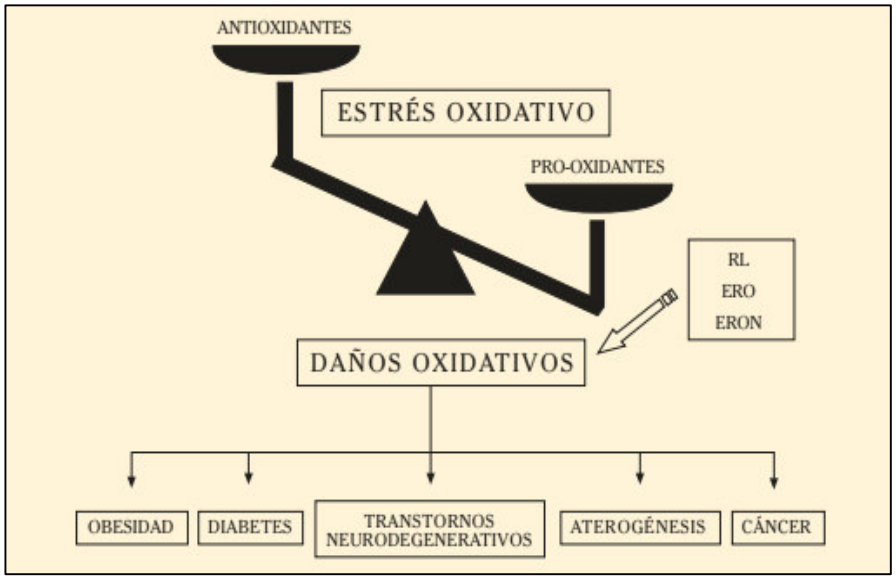


Figura 3. Desbalance entre ERO y antioxidantes[55].

II.3.2.2. Radicales libres

Los radicales libres son moléculas que tienen en su último orbital uno o más electrones desapareados. Su configuración espacial los hace muy inestables, altamente reactivos y con un tiempo de vida media muy reducido. Cuando el radical libre consigue ganar un electrón (reducción) a fin de lograr su estabilidad electrónica, otra molécula estable con enlace covalente lo pierde (oxidación); generando así una reacción en cadena[7,52,55].

Tabla 1. Reacciones bioquímicas de los radicales[55].

TIPO DE REACCIÓN	DESCRIPCIÓN	ECUACIÓN
De iniciación	Consiste en la formación del radical libre a partir de no radicales.	AB + C→ A• + D + E
De propagación	Formación de un radical libre cuando reacciona una molécula estable con un radical libre.	A• + CD → AC + D•
De terminación	Cuando la reacción química se da entre dos radicales libres, en donde sus electrones desapareados son cancelados, generando un producto estable.	A• + D• → AD

Producto de nuestro metabolismo se generan distintos tipos de radicales libres como: especies reactivas de oxígeno (ERO) y nitrógeno (ERN). Las especies reactivas se dividen en dos grupos: los radicales libres y los no radicales. También se encuentran reactivos que provienen de substancias como hierro, cobre y azufre[7,56,57].

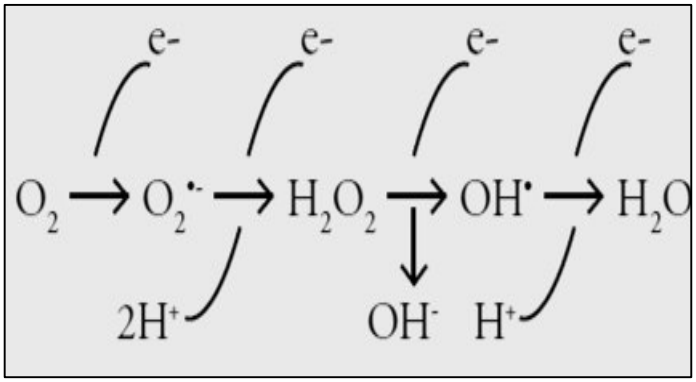


Figura 4. Generación de ERO a partir de O_2[55].

Tabla 2. Principales ERO y ERN[53].

RADICALES LIBRES	NO RADICALES	
ERO	ERO	
Superóxido $O_2^{\bullet-}$	Peróxido de hidrógeno H_2O_2	
Hidroxil $OH^{\bullet}$	Ácido hipobromoso HOBr	
Hidroperoxil $HO_2^{\bullet}$	Ácido hipocloroso HOCl	
Peroxil $RO_2^{\bullet}$	Ozono O_3	
Alcoxil $RO^{\bullet}$	Peróxidos orgánicos ROOH	
Singulete $O_2\ ^1\Sigma g+$		
ERN	ERN	
Óxido nítrico $NO^{\bullet}$	Ácido nitroso, HNO_2	Anión nitrosil NO^-
Dióxido de nitrógeno NO_2	Catión nitrosil NO^+	Peroxinitrito ONOO
Radical nitrato NO_3	Alquil peroxinitrito ROONO	Peroxinitrato O_2NOO
	Tri óxido di-nitrógeno NO_2O_3	
	Ácido peroxinitroso ONOOH	
	Alquil peroxinitrato RO_2ONO	
	Tetra óxido di-nitrógeno NO_2O_4	

Tabla 3. ERO y sus principales características[58].

FACTORES EXTERNOS	EJEMPLOS
Contaminantes	Fibras de asbestos, polvo de minerales, ozono, monóxido de carbono, óxido nítrico y dióxido de carbono, sílice, solventes, toxinas, hipocloritos, dióxido de sulfuro, bifenilos policlorados, paraquat y diquat.
Drogas	Acetaminofeno, ciprofloxacino, antidepresivos tricíclicos, nitrofurantoínas, antidiabéticos, bleomicina, doxorubicina.
Iones metálicos	Hierro, cobre, cadmio, níquel, cromo, mercurio.
Radiaciones	Ultravioleta, rayos x, gamma.
Dieta	Ácidos grasos poliinsaturados, glucosa.
Otros	Tabaco, ejercicio intenso.

Las especies reactivas no poseen receptores específicos, por lo que actúan de manera indiscriminada sobre células, tejidos vivientes y biomoléculas (ácidos nucleicos, las proteínas, polisacáridos y lípidos) ocasionando daño como la lipoperoxidación, oxidación de bases púricas, de bases pirimidínicas y de grupos sulfidril de las proteínas, causando a su vez alteraciones celulares capaces de desencadenar múltiples enfermedades (cirrosis, artritis reumatoide, Parkinson, VIH, entre otras)[7,55]

Las fuentes de radicales libres pueden ser endógenas y exógenas. En las fuentes endógenas tenemos a las mitocondrias (principal fuente de radicales libres), lisosomas, peroxisomas, retículo endoplasmático, membrana citoplasmática y nuclear. Mientras que en las fuentes exógenas se encuentran: la contaminación ambiental, exposición a radiaciones ionizantes, tabaco, medicamentos, aditivos químicos en alimentos procesados y algunos xenobióticos como pesticidas, herbicidas y fungicidas[7,55].

Tabla 4. Principales factores externos que favorecen el incremento de ERO[55].

RADICAL	CARACTERÍSTICAS
Superóxido $O_2^{\cdot-}$	Es muy reactivo en medio hidrofóbico, pero no puede atravesar libremente las membranas biológicas, en condiciones fisiológicas puede transformarse en peróxido de hidrógeno.
Hidroxilo $OH^{\cdot}$	Es el más reactivo y se le ha relacionado con el daño sufrido directamente en ADN, proteínas y lípidos.
Peróxido de Hidrógeno H_2H_2	No es un radical, pero puede generarlos rápidamente al estar en contacto con iones metálicos, como el Fierro y el Cobre.
Peroxinitrito $ONOO^-$	Se forma a partir de la reacción del radical superóxido con el ácido nítrico. Se le ha relacionado directamente con la patología con desórdenes degenerativos, como la enfermedad del Alzheimer.
Oxígeno simple $^1O_2$	Se forma como producto de la reacción del glutatión reducido y el radical superóxido, y durante la lipoperoxidación. Juega un papel importante en procesos de mutagénesis, carcinogénesis, envejecimiento y desordenes degenerativos.

II.3.2.3. Sistema Antioxidante

Los mecanismos necesarios para proteger a las células de los efectos nocivos de radicales libres producidos por oxidación son los denominados sistemas antioxidantes. Éstos transforman a los radicales libres en productos poco activos o menos tóxicos. La defensa antioxidante en la primera línea está conformada por enzimas antioxidantes y en la segunda línea por moléculas no enzimáticas[55,59].

Entre las enzimas antioxidantes tenemos:

- **Superóxido Dismutasa (SOD):** cataliza la dismutación del $O_2^{\bullet-}$ a H_2O_2, haciéndola menos reactiva y fácilmente degradada por otras enzimas como la catalasa o glutatión peroxidasa[55].
- **Glutatión peroxidasa (GPx):** enzima que utiliza al selenio como cofactor para la oxidación de GSH a GSSH; y así reducir al H_2O_2 en H_2O y alcohol[55].
- **Catalasa (CAT):** hemoproteína que cataliza la descomposición del H_2O_2 en $H_2O + O_2$[55].

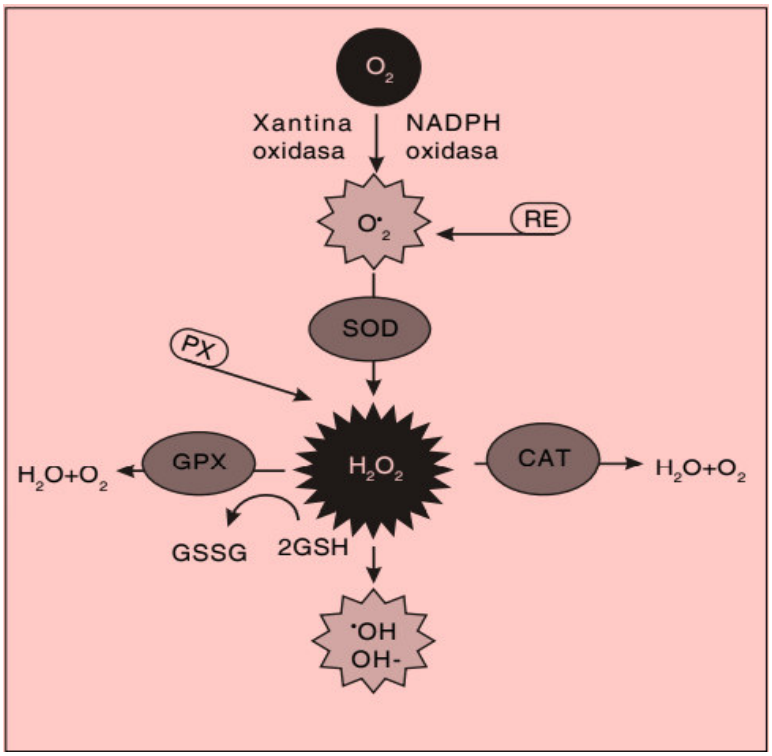


Figura 5. Producción y neutralización de ERO[53].

Entre las moléculas no enzimáticas tenemos:

- **Vitamina C (ascorbato):** antioxidante hidrosoluble, por lo que se encuentra en compartimientos hidrofílicos de la célula, matriz extracelular y sistema circulatorio. Elimina la mayoría de ERO oxidando el ascorbato a monodihidroascorbato y, posteriormente, a dihidroascorbato. También es la encargada de la regeneración de la vitamina E en su forma antioxidante y de actuar como cofactor para la síntesis de colágeno[58,59].
- **Vitamina E:** antioxidante liposoluble, cuya forma más potente y abundante es α-tocoferol. El α-tocoferol convierte los radicales peroxilo, resultantes de la peroxidación lipídica, en radicales poco activos al donar el hidrógeno de su grupo -OH y deteniendo así la reacción en cadena de la lipoperoxidación[58,59].
- **Carotenos:** los más comunes son el beta-caroteno, el alfa-caroteno y la beta-criptoxantina. Estos antioxidantes neutralizan el $^1O_2$ y los radicales lipídicos[59].
- **Glutatión:** tiene la capacidad de reducir la vitamina C, y junto con esta, reducen la vitamina E. Su acción reside en donar un átomo de H+ a los radicales libres. Actúa neutralizando radicales hidroxilo y oxígeno simple[58,59].

También pertenecen a este grupo: los polifenoles, los flavonoides, la coenzima Q y la poliamina espermina[58].

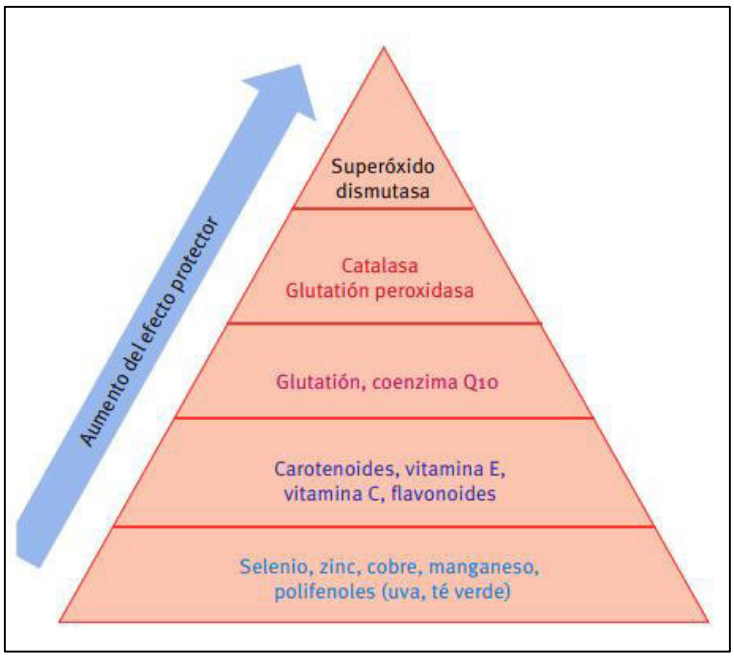


Figura 6. Jerarquía de los antioxidantes[59].

II.3.3. Actividad fotoprotectora

II.3.3.1. La radiación ultravioleta (UV)

La radiación solar que llega a la superficie de la tierra está conformada por radiación visible (estimula la retina), infrarroja (sensación de calor) y ultravioleta (puede causar efectos nocivos para el ser humano). La piel frente a la radiación solar se protege produciendo melanina, la cual se acumula en las capas superficiales de la piel generando engrosamiento de la capa córnea; y así evitar quemaduras solares[59,60].

La radiación UV, según su longitud de onda se clasifica en:

- UVA (315-400 nm): alto poder penetrante, capaz de atravesar cristales. Penetran hasta el 50% de la dermis, causando daños no visibles de forma inmediata debido a la destrucción de estructuras de colágeno y elastina de la piel (envejecimiento) y daño al DNA (cáncer de piel). Aumentan la pigmentación de la piel[10,60,61].

- UVB (280-315nm): menor poder penetrante y no atraviesa cristales. Llegan a la epidermis y solo al 10% de la dermis. Responsable de las quemaduras solares y cáncer de piel[10,60,61].
- UVC (100-280 nm): potencialmente dañina y no atraviesa cristales. La capa de ozono impide su ingreso a la superficie terrestre[60].

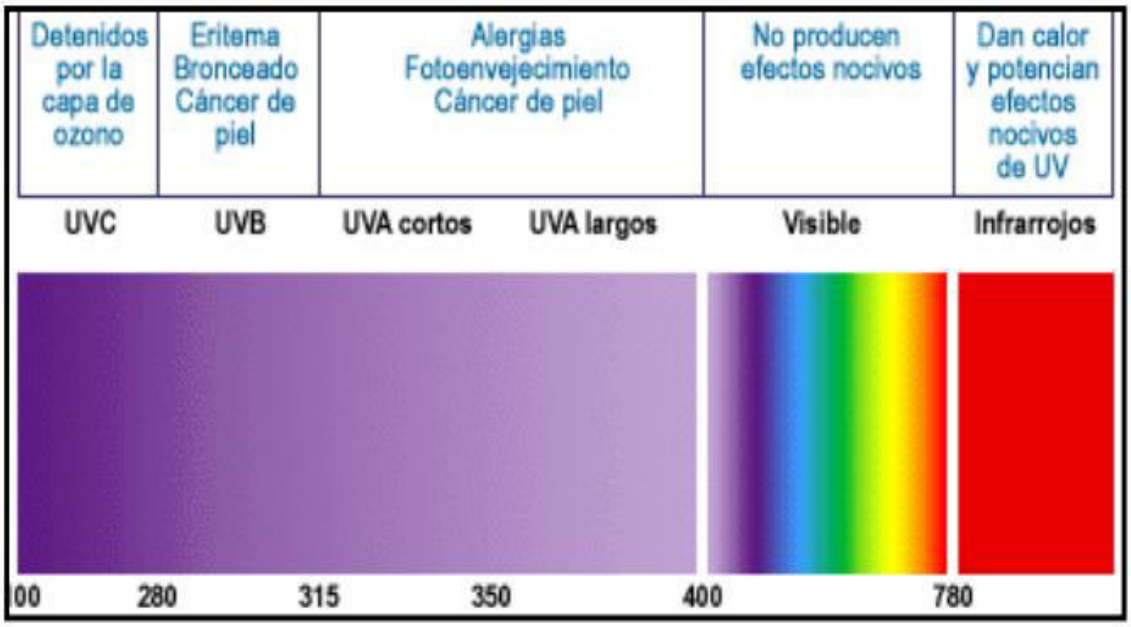


Figura 7. Espectro de la radiación solar[59].

II.3.3.2. Fotoprotectores

Los protectores solares tienen como finalidad proteger la piel de los efectos nocivos del sol. Los fotoprotectores contienen principios activos capaces de absorber, reflejar o dispersar los rayos UVA y UVB[62].

Los filtros solares pueden ser:

- **Físicos:** compuestos inorgánicos que tienen efecto de apantallamiento, mecanismo por el cual reflejan y/o dispersan físicamente los rayos solares. Los más utilizados son el óxido de zinc y dióxido de titanio. Los filtros físicos más innovadores contienen partículas cada vez más pequeñas para evitar el tono blanquecino (efecto no deseado) que dejaban sobre la piel las antiguas formulaciones[60,62].
- **Químicos:** compuestos orgánicos aromáticos que absorben selectivamente la radiación ultravioleta, impidiendo su transición hacia los tejidos subyacentes.

Estos filtros deben tener buena estabilidad química y tolerabilidad cutánea pese al cambio en su estructura por la captura de fotones UV. Entre los más comunes tenemos al PABA (ácido p-amino benzoico) y derivados, cinamatos, oxibenzonas, entre otros[60,62].

- **Biológicos:** moléculas antioxidantes de origen natural que actúan secuestrando los radicales libres, los cuales provocan el envejecimiento cutáneo y cáncer fotoinducido. El ácido ascórbico y el tocoferol son los más utilizados en las formulaciones solares[60,62].

II.3.3.3. Factor de Protección Solar (FPS)

Es el cociente del tiempo de exposición al sol requerido para producir un eritema (dosis eritematógena mínima) en la piel protegida por un protector solar y sin él[63].

Se expresa con la siguiente fórmula[60]:

$$\mathbf{FPS} = \frac{\text{DEM con protección}}{\text{DEM sin protección}}$$

Donde:

FPS: Factor de Protección Solar

DEM: Dosis Eritematógena Mínima

El FPS se refiere principalmente a la protección frente a la radiación ultravioleta B, causante del eritema. Sin embargo, una protección solar efectiva no solo tiene que abarcar el rango UVB, sino también el rango UVA. El FPS del protector solar a usar va a depender del tipo de tez, tipo de cabello, tendencia a quemarse y tendencia a broncearse de cada persona. Si bien un FPS mayor refiere mayor protección, cabe recalcar que entre el FPS 15 y 100 sólo hay una diferencia del 10%[60,62].

III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

III.1. Hipótesis

La composición química del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec tiene actividad antioxidante y efecto fotoprotector en una crema base.

III.2. Variables

- ✓ **Variable independiente:** Aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec
- ✓ **Variable dependiente:** Actividad antioxidante y efecto fotoprotector

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

IV.1. Área de estudio

Las pendientes rocosas aledañas a la quebrada y Laguna Ishinca de la provincia de Carhuaz, departamento de Ancash - Perú.
Coordenadas: 09º23'S 077º25'W (-9.3833300,-77.4166600)

IV.2. Diseño de investigación

Experimental: debido a que se analizó el efecto de una o más variables.
Prospectivo: ya que la información se recogió según los criterios del investigador y después de la planeación de ésta.
Transversal: porque se realizó una medición en un determinado momento.

IV.3. Población y muestra

La población fueron las plantas fértiles con flores y frutos de *Senecio calvus* Cuatrec "huamaripa", procedentes de la provincia de Carhuaz (Ancash) en el mes de noviembre del 2019. Las muestras recolectadas fueron las hojas y tallos de *Senecio calvus* Cuatrec.

IV.4. Procedimientos, técnicas e instrumentos de recolección de información

IV.4.1. Materiales, reactivos, equipos e instrumentos

Material vegetal

- ✓ *Senecio calvus* Cuatrec.

Materiales

- ✓ Materiales de vidrio: Pera de decantación de 100mL, matraz Erlemeyer de 50 mL, 100mL y 250 mL, tubos de ensayo, frasco ámbar, fiolas de 5mL, 10mL y 25mL, beaker de 50mL, 100mL y 250mL, pipetas de 5mL y 10mL, probeta de 50mL, baguetas y embudo.
- ✓ Materiales de plástico: tips de 100 µL y 1000 µL, cubetas, gradillas y potes de capacidad de 10g
- ✓ Materiales de metal: espátulas
- ✓ Materiales de fierro: soporte universal.

- ✓ Cubetas de cuarzo.
- ✓ Otros: filtros de jeringa de Nylon de 25mm de diámetro x 0.45um, papel aluminio y papel filtro.

Reactivos

- ✓ Etanol absoluto, metanol, agua destilada, n-hexano, sulfato de sodio anhidro P.A., ≥ 99.0%, helio UHP (5.0), ≥ 99.999%, acetona P.A., 99.8%, trolox ® (Aldrich), DPPH (Aldrich), ABTS (Sigma) y alcohol etílico 96%.

Equipos e instrumentos

- ✓ Estufa (Memmert), balanza analítica (Pesacon), equipo de destilación por arrastre de vapor de acero inoxidable, refrigeradora (Daewoo), picnómetro de 1mL, cromatógrafo de gases GC-2010 Plus (SHIMADZU) con automuestreador AOC-6000 (SHIMADZU) y detector de espectrometría de masas GCMS-QP210 Ultra (SHIMADZU), columna GC: RESTEK. RTX-5MS, 30m x 0.25mm ID x 0.25um df. Serial. 1346249, espectrofotómetro UV-visible: GENESYS 10S UV-VIS Thermo Scientific, micropipeta de 10-100 µL y micropipeta 100-1000 µL.

IV.4.2. Flujograma del trabajo experimental

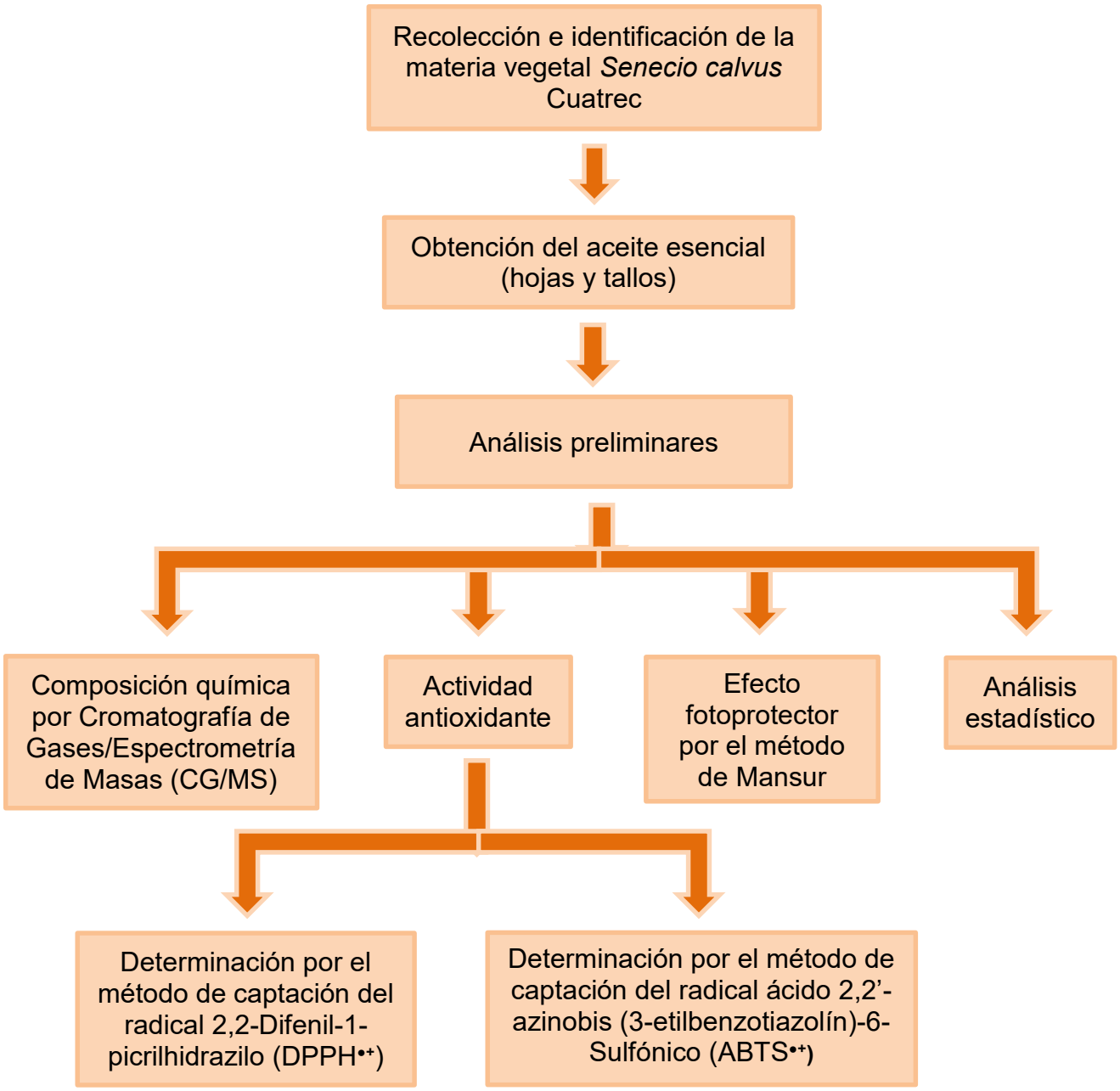


Figura 8. Flujograma de las metodologías utilizadas para el estudio de *Senecio calvus* Cuatrec.

Fuente: Elaboración propia

IV.4.3. Recolección e identificación del material botánico

Las muestras del material biológico se recolectaron en la provincia de Carhuaz (Ancash), ubicada entre 4500-4700 m.s.n.m. La clasificación taxonómica fue realizada por el consultor botánico José Ricardo Campos De La Cruz.

IV.4.4. Obtención del aceite esencial

La obtención del aceite esencial se realizó mediante destilación por arrastre de vapor de agua, utilizando 8 kg de muestra (hojas y tallos) de *Senecio calvus* Cuatrec. El destilado se recibió en una pera de decantación de 100mL, en la cual se separó en dos fases debido a la diferencia de densidades entre el agua y el aceite esencial. Luego, se utilizó cristales de sulfato de sodio anhidro para deshidratar las impurezas del agua y se guardó dentro de un frasco herméticamente cerrado protegido de la luz a una temperatura de 4ºC.

IV.4.5. Prueba de solubilidad

Se utilizaron los siguientes solventes: etanol de 96º, agua destilada, n-hexano y metanol a fin de determinar el solvente más adecuado para el aceite esencial del material vegetal en estudio.

IV.4.6. Rendimiento del aceite esencial

Se determinó el rendimiento de aceite esencial por el método gravimétrico-volumétrico[62], el cual tiene la siguiente fórmula:

$$\%RAE = \frac{\text{Vol AE (mL)}}{\text{P muestra (g)}} x\ 100\%$$

Donde:

RAE: rendimiento de aceite esencial

$Vol._{AE}$: volumen del aceite esencial obtenido

$P_{muestra}$: peso de la muestra a destilar

IV.4.7. Determinación de la composición química del aceite esencial

Los componentes químicos del aceite esencial se determinaron por CG/MS a partir de dos técnicas: Análisis por inyección Headspace para los componentes volátiles y análisis por inyección Líquida para componentes no volátiles.

Tratamiento de la muestra

Se utilizó sulfato de sodio anhidro para desecar 01 muestra de aceite esencial y filtro de jeringa de 0.45µm para su posterior filtración.

Análisis de Componentes Volátiles - Inyección Headspace (HS)

En un vial de inyección headspace de 10mL se colocó 200 µL de la muestra filtrada y se llevó de forma inmediata a leer en el automuestreador del GC/MS.

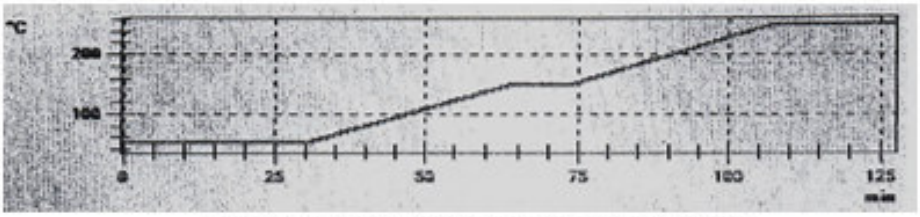
Tabla 5. Condiciones cromatográficas del análisis por Inyección Headspace.

Inyector Headspace (AOC-6000)	
Jeringa	2.5 mL-HS1
Temperatura incubación	60 ºC
Tiempo de incubación	20 min
Temperatura Jeringa	60 ºC
Velocidad de Agitación	250 rpm
Pre Purge time	5 s
Puerto de Inyección	SPL1
Flujo de inyección	10 mL/min
Post Purge time	10 s

Puerto de Inyección	
Tipo	Split
Razón de Split	49.0
Temperatura	220 ºC
Tipo	Helio
Modo de Control de flujo	Velocidad Lineal (32.4 cm/sec)
Flujo de columna	0.80 mL/min
Flujo de purga	3mL/min

Programa de Temperatura de Columna

Razón	Temperatura	Hold time
-	50ºC	30 min
3ºC/min	150ºC	10 min
3ºC/min	250ºC	20 min



Tiempo total programado: 126.67 min

Detector	
Tipo	Masas
Temperatura de Fuente de iones	250ºC
Temperatura de Interface	290ºC
Tiempo de corte	2 min
Tiempo de inicio MS	3 min
Energía de ionización	70eV
Modo de adquisición	Scan
Rango SCAN	20-500 m/z

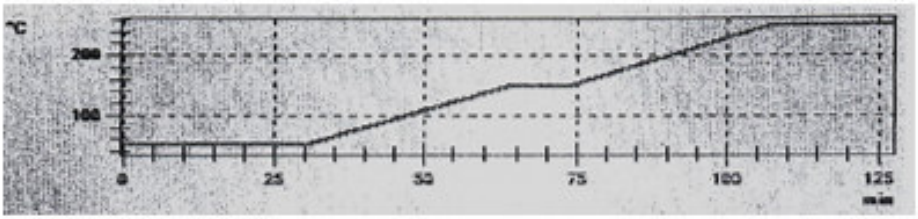
Análisis de Componentes No Volátiles – Inyección Líquida (LS)

La muestra filtrada se diluyó en acetona (filtrada) en la proporción de 1:100 (v:v) y se colocó de inmediato en un vial para su lectura en el automuestreador del GC/MS.

Tabla 6. Condiciones cromatográficas del análisis por Inyección Líquida.

Inyector Líquida (AOC-6000)	
Jeringa	LS1-10uL
Ciclo de Pre-Enjuague	3
Ciclos de Enjuague con Muestra	1
Razón de Flujo de Aspiración	1 uL/s
Inyector	SPL1
Razón de Flujo de Inyección	100 uL/min
Ciclos Post-Enjuague	3
Volumen de Inyección	1 uL
Puerto de Inyección	
Tipo	Split
Razón de Split	20.0
Temperatura	220 °C
Tipo	Helio
Modo de Control de flujo	Velocidad Lineal (32.4 cm/sec)
Flujo de columna	0.80 mL/min
Flujo de purga	3mL/min

Programa de Temperatura de Columna		
Razón	**Temperatura**	**Hold time**
-	50°C	30 min
3°C/min	150°C	10 min
3°C/min	250°C	20 min



Tiempo total programado: 126.67 min

Detector	
Tipo	Masas
Temperatura de Fuente de iones	250ºC
Temperatura de Interface	290ºC
Tiempo de corte	2 min
Tiempo de inicio MS	3 min
Energía de ionización	70eV
Modo de adquisición	Scan
Rango SCAN	20-500 m/z

El resultado probabilístico que muestra la lista de componentes de *Senecio calvus* Cuatrec se obtuvo utilizando la librería NIST mediante el software del equipo GCMSsolution de SHIMADZU. La probabilidad fue medida por el SI (Similarity index), ubicado en cada espectro de masa (texto superior a la gráfica).

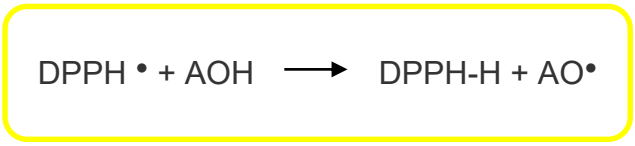
IV.4.8. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•)

La capacidad del aceite esencial para captar radicales DPPH• se determinó mediante la metodología desarrollada por Brand-Williams[64].

a) Fundamento

El radical DPPH•, estable en una solución de metanol, se reduce cuando entra en contacto con una sustancia antioxidante (AOH) que dona hidrógenos para neutralizar a dicho radical. La reacción va seguida con la disminución de la

absorbancia a una longitud de onda de 517nm, la cual lee los cambios de color de violeta a amarillo claro[64,65].



b) Preparación de la solución de DPPH• y muestra

Para la solución stock se disolvió 20 mg de DPPH• en 50 mL de metanol. Esta solución stock se guardó en refrigeración hasta su uso, dentro de un frasco de vidrio ámbar.

Para la obtener la solución de trabajo de DPPH se tomó 1,7 mL de la solución stock, llevándose a un volumen final de 20 mL con metanol. La absorbancia se midió a una longitud de onda de 517 nm, buscando obtener un valor entre 0,600-0,700.

La muestra se diluyó en etanol de 96º como solvente obteniéndose concentraciones de 1, 2, 4 y 8 mg/mL.

c) Procedimiento

Una vez listo la solución de trabajo de DPPH• se procedió con la preparación del tubo blanco, el cual serviría para calibrar el espectrofotómetro. Los tubos con diferentes concentraciones de muestra se homogenizaron y permanecieron protegidos de la luz a temperatura ambiente por 30 min. Todos los ensayos se realizaron por triplicado. Luego, se midieron las absorbancias a una longitud de onda de 517nm.

Tabla 7. Preparación de los tubos de trabajo para DPPH•.

COMPONENTES DE REACCIÓN	Tubo control DPPH	Tubo blanco	Tubos con la muestra
Muestra	-	-	400 µL
Solución trabajo DPPH•	800 µL	-	800 µL
Metanol	-	800 µL	-
Etanol de 96º	400 µL	400 µL	-

Con las absorbancias obtenidas se calculó el porcentaje de inhibición mediante la siguiente fórmula:

$$\%INHIBICIÓN = \frac{\text{Abs. DPPH} - \text{Abs. M}}{Abs.\,DPPH}\ x\ 100$$

Donde:

Abs. $_{DPPH}$: absorbancia del control de DPPH

Abs. $_{M}$: absorbancia de la muestra

La concentración necesaria para inhibir el 50% del radical libre es denominado IC_{50} y se determina mediante la ecuación de la gráfica concentración del aceite esencial y del trolox vs % inhibición. Los resultados también se expresan en TEAC (µg de trolox/mg de muestra) que se determina dividiendo el IC_{50} del trolox entre el IC_{50} de la muestra.

IV.4.9. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de 2,2'-azinobis- 3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico ($ABTS^{\bullet+}$)

a) Fundamento

La oxidación del $ABTS^{\bullet+}$ realizada por persulfato de potasio da origen al radical $ABTS^{\bullet+}$, el cual posee una coloración verde azulada que se va decolorando al ser reducido por una sustancia antioxidante (AOH) donante de hidrógenos o electrones. La cuantificación de dicha decoloración fue medida a una longitud de onda de 734nm[66,67].

b) Preparación de la solución de $ABTS^{\bullet+}$ y muestra

Se preparó la solución stock $ABTS^{\bullet+}$ a partir de $ABTS^{\bullet+}$ 7mM con persulfato de potasio 2.45 mM y se dejó reaccionar alejado de la luz a una temperatura ambiente por 16 horas.

Para la solución de trabajo ABTS se utilizó agua bidestilada con el fin de diluir la solución stock $ABTS^{\bullet+}$ hasta obtener 0,7 ± 0,02 de absorbancia a una longitud de onda de 734nm.

La muestra se diluyó en etanol de 96º como solvente obteniéndose concentraciones de 0,1; 0,4; 0,8 y 1,6 mg/mL.

c) Procedimiento

Ya obtenido la solución de trabajo de $ABTS^{\bullet+}$ se procedió con la preparación del tubo blanco, el cual serviría para calibrar el espectrofotómetro. El tubo control y los tubos con la muestra a diferentes concentraciones se homogenizaron y dejaron alejados de la luz por 7 minutos a temperatura ambiente. Todos los ensayos se realizaron por triplicado. Luego se midieron las absorbancias a una longitud de onda de 734nm.

Tabla 8. Preparación de los tubos de trabajo para $ABTS^{\bullet+}$.

COMPONENTES DE REACCIÓN	Tubo control ABTS	Tubo blanco	Tubos con la muestra
Muestra	-	-	20 µL
Solución trabajo $ABTS^{\bullet+}$	980 µL	-	980 µL
Agua bidestilada	-	980 µL	-
Etanol de 96º	20 µL	20 µL	-

Con las absorbancias obtenidas se procedió a calcular el porcentaje de inhibición de la siguiente manera:

$$\%INHIBICIÓN = \frac{\text{Abs. ABTS} - \text{Abs. M}}{Abs.\,ABTS}\ x\ 100$$

Donde:
$Abs._{ABTS}$: absorbancia del control de ABTS
$Abs._{M}$: absorbancia de la muestra

Los resultados se expresaron mediante el IC_{50} (mg/mL), el cual indica la concentración necesaria para inhibir los radicales libres en un 50% y TEAC (µg de trolox/mg de muestra) que establece una relación de la actividad antioxidante respecto al trolox.

IV.4.10. Determinación del Factor de Protección Solar (FPS) *in vitro* por el método de Mansur

a) Formulación de la crema base

La crema base fue viscosa, de color blanco, olor característico y con pH 5,8. Se elaboró a partir de: agua desionizada, propilenglicol, lanette O, emulgin B2, Oliest IPM-R, aceite de palta, Rheosol AVC, DC 200/50, Methilan GMS, Saliguard Cos y Trietanolamina.

Una vez homogenizada la crema base se dividió en varios potes chicos y se procedió a incorporar diferentes volúmenes del aceite esencial en investigación para obtener concentraciones de 0,5; 1 y 3%; respectivamente.

b) Evaluación de la actividad fotoprotectora

La actividad fotoprotectora se realizó siguiendo los pasos de la metodología de Mansur, et al[68]. Esta metodología *in vitro* evalúa el FPS en el rango UVB, cuya longitud de onda este comprendida entre 290 a 320 nm.

Para establecer una correlación con el método *in vivo* se diluye la formulación en etanol absoluto como solvente hasta llegar a concentraciones de 0,2 mg/ml. Para ello, se colocó 1g de la formulación en una fiola de 100 mL, se añadió el solvente hasta la mitad de su capacidad y agitó por 5 min, transcurrido ese tiempo se llevó a volumen y se procedió a homogenizar. Para continuar se filtró previamente,

eliminando los 10 mL iniciales. Luego, se realizaron dos diluciones más en fiolas de 50 y 25 mL para obtener la concentración deseada. Los análisis fueron realizados por triplicado.

Posteriormente, se realizaron las mediciones de las absorbancias en un rango de 290 a 320 nm con intervalos de 5 nm, utilizando una cubeta de cuarzo de 1cm. El FPS fue calculado de acuerdo a la siguiente fórmula matemática:

$$FPS = FC \times \sum_{290}^{320} \times EE\ (\lambda) \times I\ (\lambda) \times Abs\ (\lambda)$$

Donde:

FPS= Factor de Protección Solar

FC= 10 (factor de corrección)

EE (λ)= efecto eritemogénico de la radiación de longitud de onda λ

I (λ) = intensidad del sol en la longitud de onda λ

Abs (λ)= absorbancia de la solución en la longitud de onda λ

Tabla 9. Relación entre el efecto eritemogénico (EE) y la intensidad de radiación (I) de cada longitud de onda (λ) [69].

Longitud de onda (nm)	290	295	300	305	310	315	320	TOTAL
EE (λ) x I (λ)	0,0150	0,0817	0,2874	0,3278	0,1864	0,0839	0,0180	1,000

IV.4.11. Análisis estadístico de la actividad antioxidante

Las absorbancias obtenidas por los métodos DPPH$^{\bullet}$ y ABTS$^{\bullet+}$ fueron analizadas estadísticamente mediante el método de análisis de varianza ANOVA, seguido del tuckey con un nivel de confianza de 95%. El programa que proceso dichos resultados fue el software IBM SPSS 28.

V. RESULTADOS

V.1. Presentación y análisis de los resultados

V.1.1. Análisis organoléptico

Tabla 10. Características organolépticas del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec.

Características	Especificación
Aspecto	Líquido oleoso
Color	Ligeramente amarillento
Olor	Aromático

V.1.2. Rendimiento del aceite esencial

Tabla 11. Rendimiento del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec.

Muestra	Cantidad de muestra fresca (g)	Cantidad de aceite esencial obtenido (mL)	Rendimiento (%)
***Senecio calvus* Cuatrec**	8000	13	0,16

V.1.3. Prueba de solubilidad

Tabla 9. Prueba de solubilidad del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec

Solvente	Solubilidad
metanol	+++
Etanol de 96º	++
N-hexano	++
Agua	-

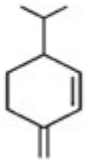
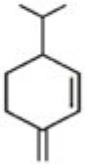
Leyenda: (+++) alta solubilidad; (++) mediana solubilidad;

(+) poca solubilidad; (-) insoluble

V.1.4. Determinación de la composición química del aceite esencial

El componente mayoritario del aceite esencial, identificado tanto por inyección líquida como por headspace fue el beta-felandreno (Tabla 13).

Tabla 10. Componente principal del aceite esencial *Senecio calvus*

ACEITE ESENCIAL	INYECCIÓN POR HEADSPACE (HS)	INYECCIÓN LÍQUIDA (LS)
Senecio calvus **Cuatrec**	**Beta-phellandrene**  (Área relativa: 56,49%)	**Beta-phellandrene**  (Área relativa: 40,62%)

En la tabla 14, se muestran los 68 componentes volátiles detectados por análisis HS, donde beta-felandreno (56,49%) y alfa-pineno (18,87%) representan juntos el 75,36% del área total.

Tabla 14. Composición química del aceite esencial de *S. calvus* por análisis de Inyección Headspace

Número	Componente	Tiempo de retención	Área relativa (%)
1	1-Heptene	3.167	0.050
2	1,6-Heptadiene	3.618	0.012
3	Propanoic acid, 2-methyl-	4.075	0.035
4	2-Decene, (Z)-	4.200	0.017
5	1,3-Cycloheptadiene	4.441	0.189
6	Hexanedioic acid	4.750	0.004
7	1-Octene	4.948	0.583
8	Octane	5.247	0.013
9	Hexanal	5,355	0.003
10	1-Octene, 3,7-dimethyl-	7.314	0.032
11	2-n-Butyl furan	8.816	0.010

12	Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethenyl)-	9.050	0.026
13	1-Nonene	9.315	1.307
14	Tiglic acid	9.605	0.001
15	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-met	12.009	3.255
16	.alpha.-Pinene	12.730	18.873
17	Benzene, (2-methylpropyl)-	13.678	0.194
18	Benzene, butyl-	14.553	0.023
19	.beta.-Phellandrene	17.534	56.490
20	2-Pentanol, propanoate	17.754	0.005
21	3-Methylene-2-norbornanone	18.061	0.072
22	3-Methylene-2-norbornanone	18.212	0.087
23	2-Acetyl-5-methylfuran	19.256	0.700
24	.beta.-Myrcene	19.729	0.764
25	.alpha.-Phellandrene	21.187	0.895
26	3-Carene	22.107	1.445
27	4-Terpinenyl acetate	22.426	0.231
28	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methyle	23.347	2.023
29	o-Cymene	24.512	0.092
30	o-Cymene	24.854	0.882
31	.beta.-Phellandrene	25.630	7.539
32	2-Pentanol, propanoate	30.871	0.014
33	3-Methylene-2-norbornanone	31.910	0.023
34	3-Methylene-2-norbornanone	32.256	2.026
35	2-Acetyl-5-methylfuran	33.629	0.139
36	.beta.-Myrcene	36.512	0.828
37	.alpha.-Phellandrene	37.780	0.044
38	3-Carene	38.551	0.010
39	4-Terpinenyl acetate	39.065	0.028
40	n-Amyl isovalerate	39.563	0.017
41	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylet	40.109	0.068
42	Bicyclo[3.2.1]oct-2-ene, 3-methyl-4-methyle	41.199	0.009
43	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylet	41.826	0.028
44	Verbenol	42.345	0.002
45	3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde	42.535	0.007
46	Ethanone, 1-(1,4-dimethyl-3-cyclohexen-1-	42.672	0.021

47	3-Cyclohexene-1-acetaldehyde, .alpha.,4-di	44.141	0.015
48	Terpinen-4-ol	44.661	0.743
49	3,6-Dimethyl-2,3,3a,4,5,7a-hexahydrobenzo	45.514	0.010
50	.alpha.-Terpineol	45.797	0.030
51	2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylet	46.073	0.006
52	2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methylet	47.005	0.009
53	1-Octen-3-yl-acetate	47.416	0.004
54	3-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 1,3,4-tri	47.707	0.011
55	Tricyclo[5.4.0.0(2,8)]undec-9-ene, 2,6,6,9-t	48.856	0.004
56	.alpha.-Cubebene	56.036	0.003
57	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-	56.834	0.002
58	Cis-.beta.-Farnesene	58.060	0.002
59	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-	60.630	0.002
60	1H-Cyclopenta[1,3]cyclopropa[1,2]benzene,	60.796	0.006
61	Naphthalene,1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydr o-1,	61.106	0.002
62	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-met	61.261	0.002
63	.gamma.-Elemene	61.487	0.002
64	.alpha.-Muurolene	61.648	0.006
65	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-	62.214	0.004
66	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-di	62.608	0.016
67	(-)-.beta.-Bourbonene	64.804	0.005
68	Ledol	71.193	0.003
	TOTAL		100.000

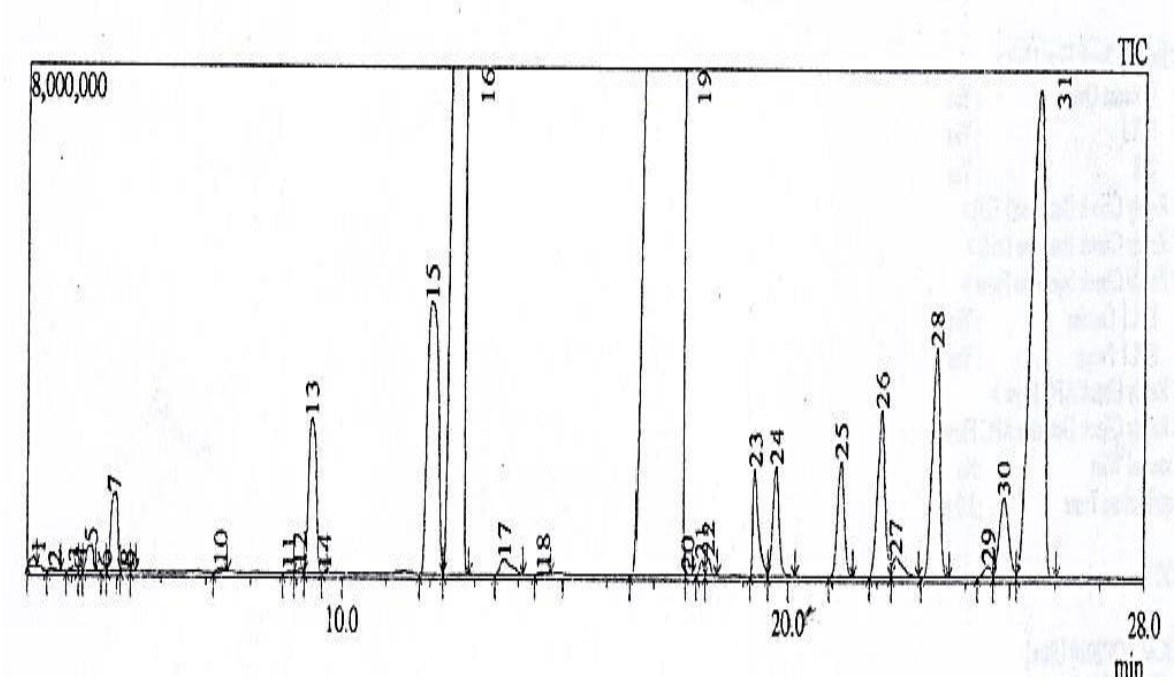


Figura 9. Cromatograma de gases de 3 a 28 minutos del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Headspace.

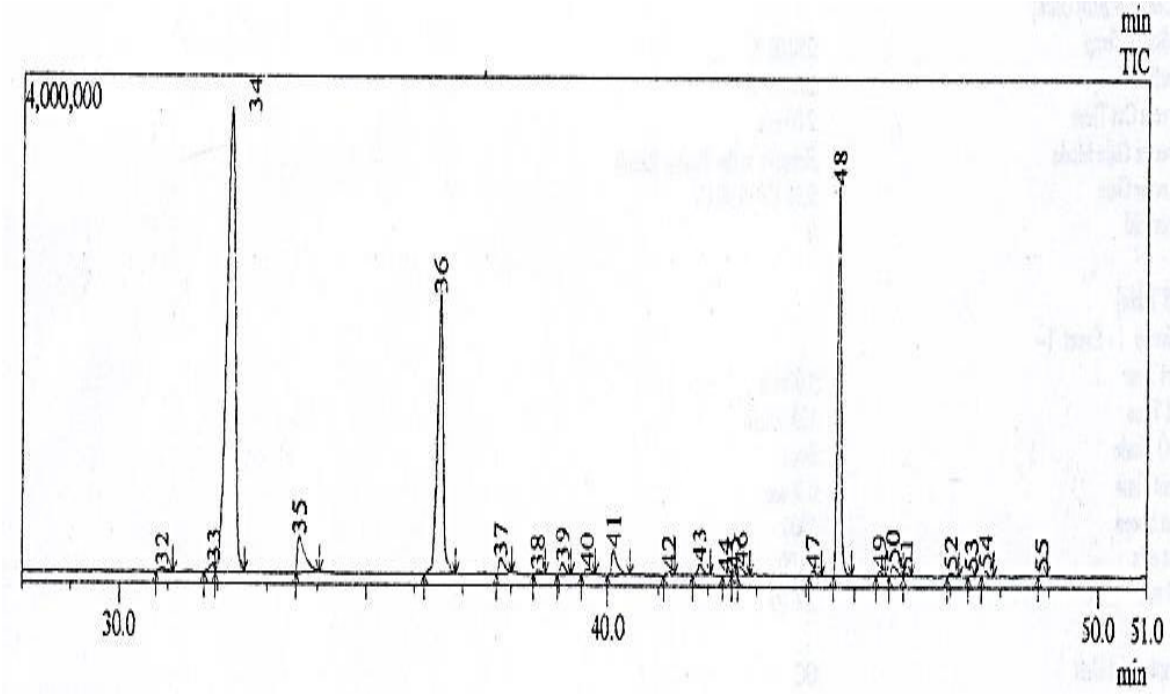


Figura 10. Cromatograma de gases de 28 a 51 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Headspace.

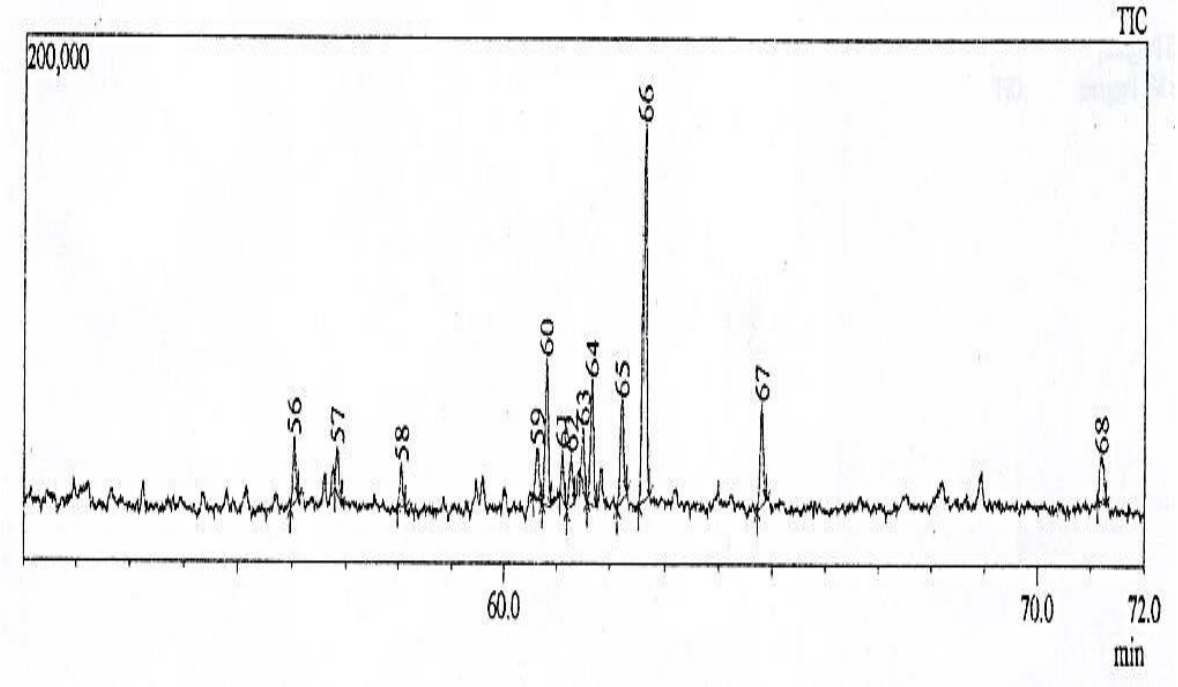


Figura 11. Cromatograma de gases de 51 a 72 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Headspace.

En la tabla 15, se muestran los 92 componentes no volátiles detectados mediante el análisis LS, donde beta-felandreno (40,62%) y alfa-pineno (9,10%) representan 49,72% del área total.

Tabla 15. Composición química del aceite esencial de *S. calvus* por análisis de Inyección Líquida

Número	Componente	Tiempo de retención	Área relativa (%)
1	1-Octene	4.762	0.052
2	3-Penten-2-one, 4-methyl-	5.066	0.269
3	2-Pentanone, 4-hydroxy-4-methyl-	6.622	0.485
4	1-Nonene	9.123	0.330
5	Bicyclo[3.1.0]hex-2-ene, 2-methyl-5-(1-met	11.775	1.103
6	.alpha.-Pinene	12.316	9.098
7	.beta.-Phellandrene	16.791	40.622

8	.beta.-Myrcene	16.887	3.092
9	2-Acetyl-5-methylfuran	19.026	0.426
10	.beta.-Myrcene	19.426	0.511
11	.alpha.-Phellandrene	20.892	0.695
12	3-Carene	21.799	0.964
13	1,3-Cyclohexadiene, 1-methyl-4-(1-methylet	23.038	1.857
14	o-Cymene	24.558	0.654
15	.beta.-Phellandrene	25.196	7.876
16	.gamma.-Terpinene	32.00	2.938
17	Cyclohexanol, 1-methyl-4-1(1-methylethenyl	33.472	0.256
18	Cyclohexene, 1-methyl-4-1(1-methylethylide	36.382	1.411
19	Cyclohexanol, 1-methyl-4-1(1-methylethenyl	37.646	0.122
20	Tetradecane, 1-chloro-	38.969	0.062
21	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylleth	40.004	0.255
22	2-Cyclohexen-1-ol, 1-methyl-4-(1-methylleth	41.716	0.143
23	1,3-Cycloheptadiene	42.445	0.009
24	3-Cyclohexene-1-acetaldehyde, .alpha.,4-di	44.032	0.085
25	Terpinen-4-ol	44.614	4.985
26	Benzenemethanol, .alpha.,.alpha.,4-trimethy	45.414	0.081
27	.alpha.-terpineol	45.696	0.317
28	2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methyleth	45.986	0.054
29	2-Cyclohexen-1-ol, 3-methyl-6-(1-methyleth	46.906	0.104
30	1-Octen-3-yl-acetate	47.346	0.038
31	1-Cyclohexene-1-carboxaldehyde, 2,6,6-tri	47.639	0.084
32	6,7-Dimethyl-3,5,8,8a-tetrahydro-1H-2-benz	47.940	0.040
33	Citral	50.847	0.045
34	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	52.115	0.033
35	2,4,6-Octatriene, 2,6-dimethyl-	52.554	0.028
36	geraniollyl acetate	53.201	0.034
37	.alpha.-Cubebene	54.764	0.013
38	6-Octen-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate	55.110	0.049
39	2,6-Octadien-1-ol, 3,7-dimethyl-, acetate, (Z	55.649	0.028
40	.alpha.-Cubebene	56.010	0.102
41	Geranyl acetate	56.561	0.089
42	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-meth	56.729	0.078

43	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-	56.819	0.257
44	Myrtenyl acetate	57.496	0.026
45	Caryophyllene	58.032	0.152
46	Bicyclo[3.1.1]hept-2-ene, 2,6-dimethyl-6-(4-	58.815	0.031
47	Azulene, 1,2,3,5,6,7,8,8a-octahydro-1,4-di	59.028	0.026
48	.alpha.-Cubebene	59.260	0.019
49	.alpha.-Cubebene	59.440	0.079
50	Humelene	59.566	0.107
51	.alpha.-Guaiene	59.900	0.037
52	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-meth	59.985	0.094
53	Naphthalene,1,2,4a,5,6,8a-hexahydro-4,7-di	60.269	0.019
54	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-di	60.474	0.106
55	.gamma.-Muurolene	60.611	0.328
56	.gamma.-Muurolene	60.783	0.707
57	Naphthalene, decahydro-4^{a}-methyl-1-methyl	60.995	0.128
58	Longifolene	61.082	0.257
59	Bicyclo[4.4.0]dec-1-ene, 2-isopropyl-5-meth	61.247	0.277
60	1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro	61.378	0.245
61	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-meth	61.467	0.396
62	.alpha.-Muurolene	61.634	0.737
63	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2,4-bis(1-	61.819	0.167
64	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,5,6,8a-octahydro-7-	62.197	0.864
65	Caryophyllene oxide	62.408	0.072
66	Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-di	62.603	2.649
67	Naphthalene, 1,2,3,4,4a,7-hexahydro-1,6-di	62.939	0.050
68	.alpha.-Muurolene	63.155	0.160
69	Benzene, 1-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-4-meth	63.494	0.024
70	1,6-Octadiene, 5,7-dimethyl-, (R)-	63.626	0.033
71	Cyclohexane, 1-ethenyl-1-methyl-2-(1-meth	63.964	0.101
72	1,6,10-Dodecatrien-3-ol, 3,7,11-trimethyl-	64.209	0.178
73	1H-Cycloprop[e]azulen-4-ol, decahydro-1,1	64.611	0.027
74	(-)-.beta.-Bourbonene	64.787	1.725
75	1H-Cycloprop[e]azulen-7-ol, decahydro-1,1	64.895	0.139
76	Caryophyllene oxide	65.149	0.062
77	1H-Cycloprop[e]azulen-4-ol, decahydro-1,1	65.383	0.028

78	1,3a-Ethano (1H)inden-4-ol, octahydro-2,2,4	66.614	0.086
79	Guaiol	67.462	0.464
80	1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro	68.169	1.263
81	1-Naphthalenol, 1,2,3,4,4a,7,8,8a-octahydro	68.425	0.203
82	Ledol	68.903	1.488
83	Octanal, 2-(phenylmethylene)-	70.072	0.050
84	2,6,10,14-Hexadecatetraen-1-ol, 3,7,11,15-t	71.207	3.981
85	Azulene, 1,2,3,3a,4,5,6,7-octahydro-1,4-dim	77.221	0.307
86	Pyrene, hexadecahydro-	78.738	1.173
87	Caryophyllene oxide	78.961	0.288
88	Norethynodrel	79.280	0.055
89	2,6-Diisopropylnaphthalene	80.888	0.309
90	1,8-Naphthyridin-2-amine,5,7-dimethyl-	82.409	0.289
91	Simvastain	86.365	0.105
92	Tetracontane	108.476	0.111
	TOTAL		100.00

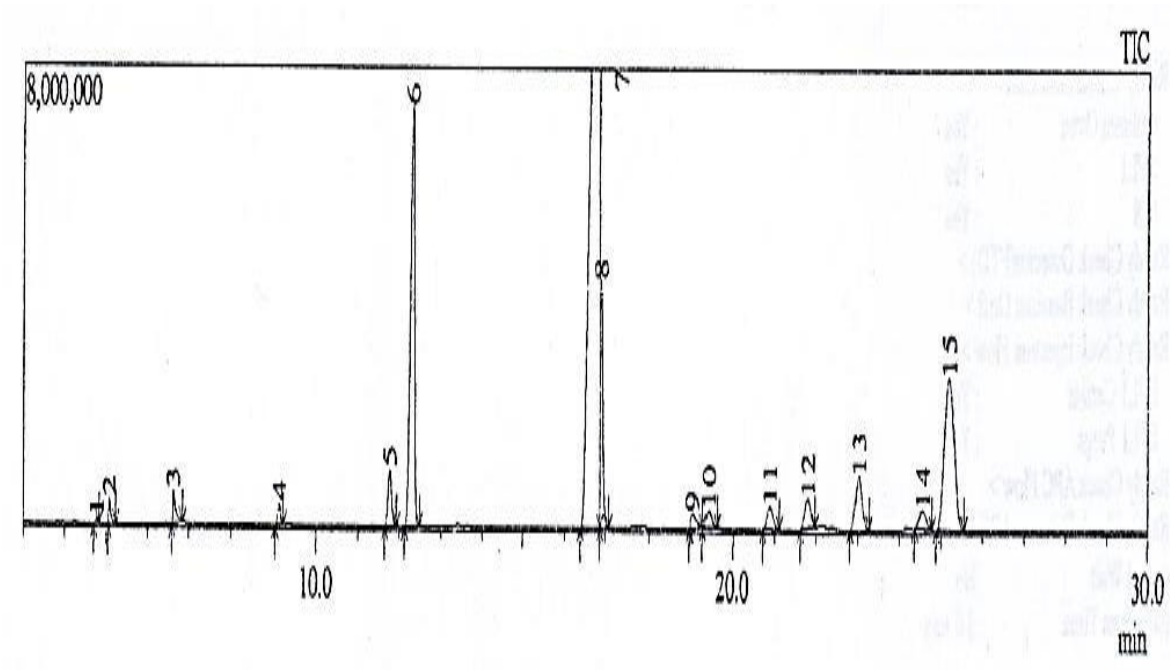


Figura 12. Cromatograma de gases de 3 a 30 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.

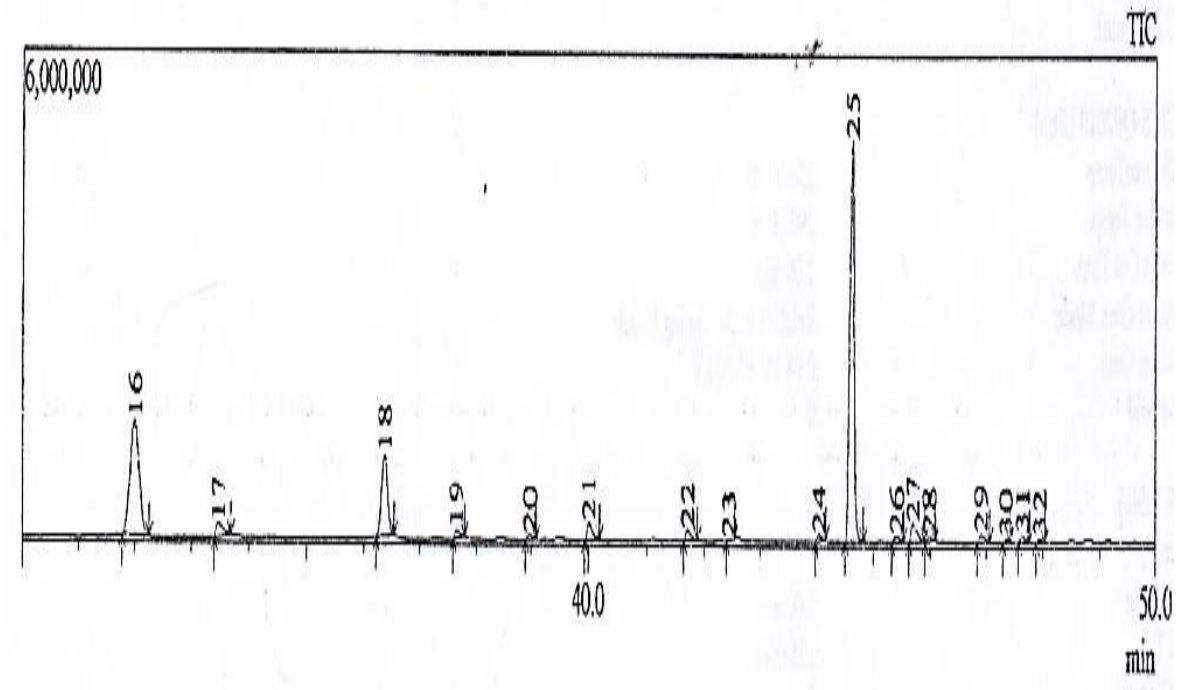


Figura 13. Cromatograma de gases de 30 a 50 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.

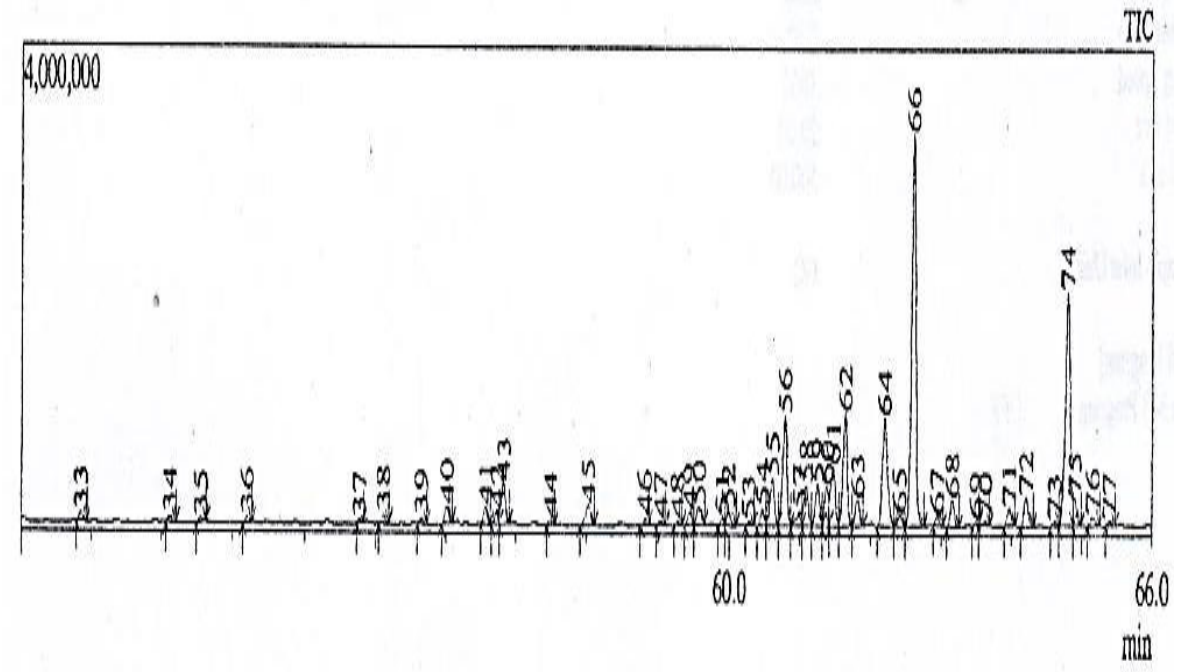


Figura 14. Cromatograma de gases de 50 a 66 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.

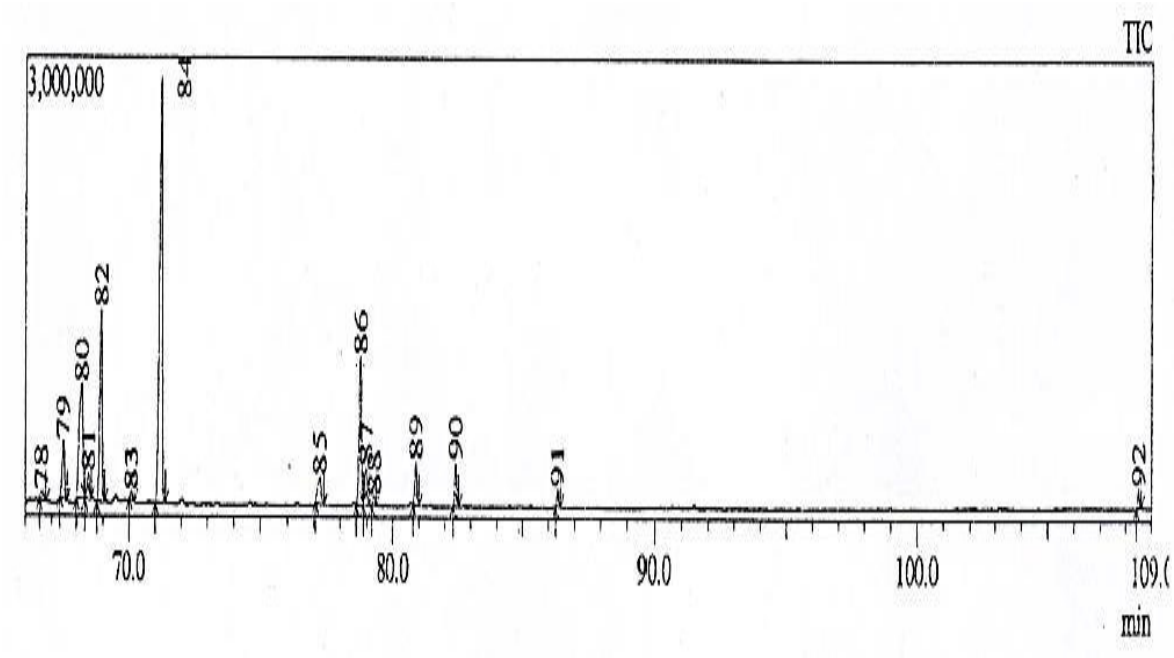


Figura 15. Cromatograma de gases de 66 a 109 minutos del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec por Inyección Líquida.

V.1.5. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de DPPH

Tabla 16. Actividad antioxidante del trolox® por el método DPPH•.

Concentración del trolox (µg/mL)	Absorbancia	DPPH (Inhibición %)	IC_{50} (µg/mL)
0	0,469	0	
0,42	0,434	7,591	
0,83	0,401	14,613	**IC_{50} = 2,549 µg/mL**
1,67	0,323	31,279	
3,33	0,158	66,456	

Tabla 17. Actividad antioxidante del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec por el método DPPH•.

Concentración del aceite (mg/mL)	Absorbancia	DPPH (Inhibición %)	IC_{50} (mg/mL)
0	0,437	0	**IC_{50} = 8,899 mg/mL**
1	0,412	5,706	
2	0,378	13,408	
4	0,327	25,229	
8	0,246	43,813	

El IC_{50} del aceite esencial de *S. calvus* resulto ser mayor que del Trolox®; por lo tanto, su capacidad antioxidante fue menor. El valor TEAC del aceite esencial *S. calvus* fue 0,286 ug trolox/mg muestra.

Tabla 11. Actividad antioxidante para captar radicales DPPH• del estándar y la muestra, expresada en mg/mL

VALORES DE IC_{50} (mg/mL)	
Trolox ®	*Senecio calvus* Cuatrec
0,003	8,899

En la figura 16, se muestra la curva del %inhibición frente a los radicales DPPH• en función a la concentración del trolox (µg/mL); mientras que en la figura 17, se observa el %inhibición en función a la concentración del aceite esencial de *S. calvus* (mg/mL). En ambas curvas, los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos fueron superiores a 0,9.

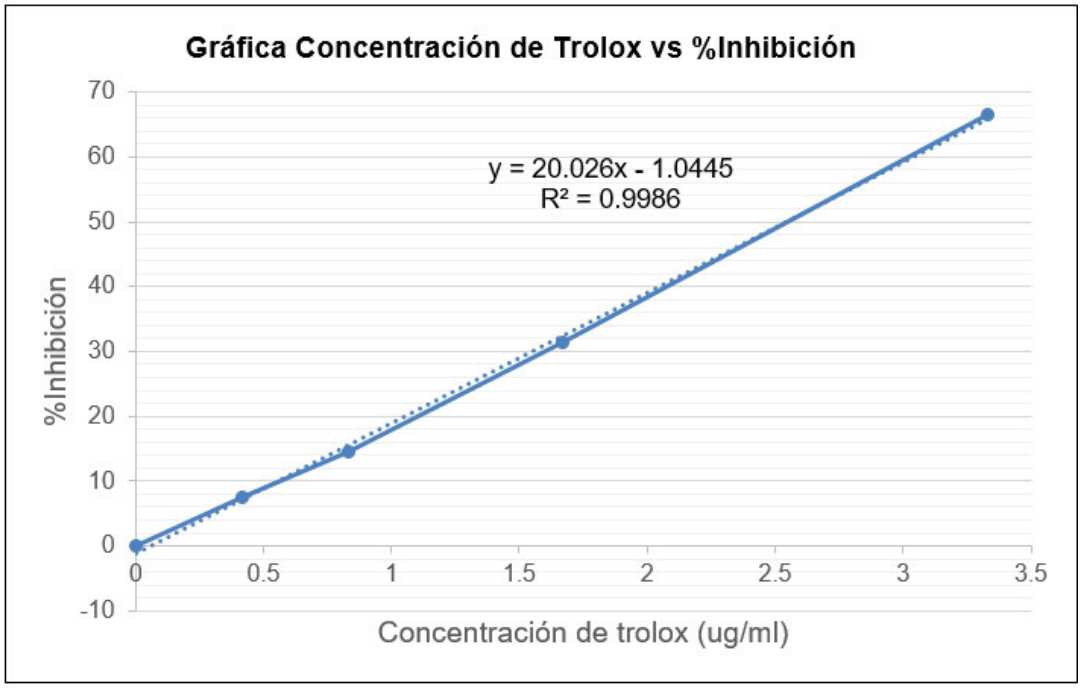
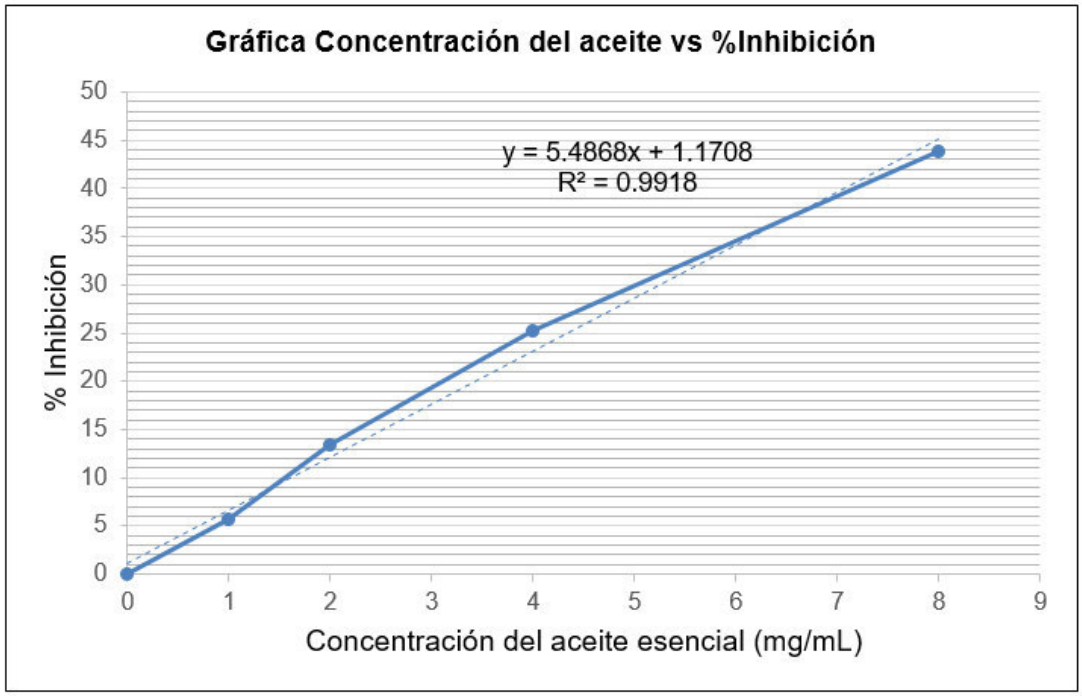


Figura 16. Curva del % de inhibición del radical DPPH· en relación a la concentración del trolox®.



. **Figura 17.** Curva del % de inhibición del radical DPPH· en relación a la concentración del aceite esencial de *S. calvus*.

V.1.6. Determinación de la actividad antioxidante *in vitro* por el método de ABTS•+

Tabla 19. Actividad antioxidante del trolox® por el método ABTS•+.

Concentración del trolox (µg/mL)	Absorbancia	DPPH (Inhibición %)	IC_{50} (µg/mL)
0	0,673	0	IC_{50} = 4,555 µg/mL
1	0,608	9,670	
2	0,531	21,109	
4	0,374	44,417	
8	0,079	88,254	

Tabla 20. Actividad antioxidante de *Senecio calvus* Cuatrec por el método ABTS•+.

Concentración del aceite (mg/mL)	Absorbancia	DPPH (Inhibición %)	IC_{50} (mg/mL)
0	0,630	0	IC_{50} = 1.298 mg/mL
0,1	0,594	5,719	
0,4	0,508	19,388	
0,8	0,426	32,327	
1,6	0,251	60,183	

El IC_{50} del aceite esencial de *S. calvus* resulto ser mayor que del Trolox®; por lo tanto, su capacidad antioxidante fue menor. El TEAC resultante del aceite esencial *Senecio calvus* Cuatrec fue 3,509 µg trolox/mg muestra.

Tabla 21. Actividad antioxidante para captar radicales ABTS$^{\bullet+}$ del estándar y la muestra, expresada en mg/mL

VALORES DE IC_{50} (mg/mL)	
Trolox ®	*Senecio calvus* Cuatrec
0,005	1,298

En la figura 18, se muestra el %inhibición frente a radicales ABTS$^{\bullet+}$ en función a la concentración de trolox (µg/mL); mientras que en la figura 19, se observa el %inhibición en función a la concentración del aceite esencial de *S. calvus* (mg/mL). En ambas curvas, los coeficientes de determinación (R^2) obtenidos fueron superiores a 0,9.

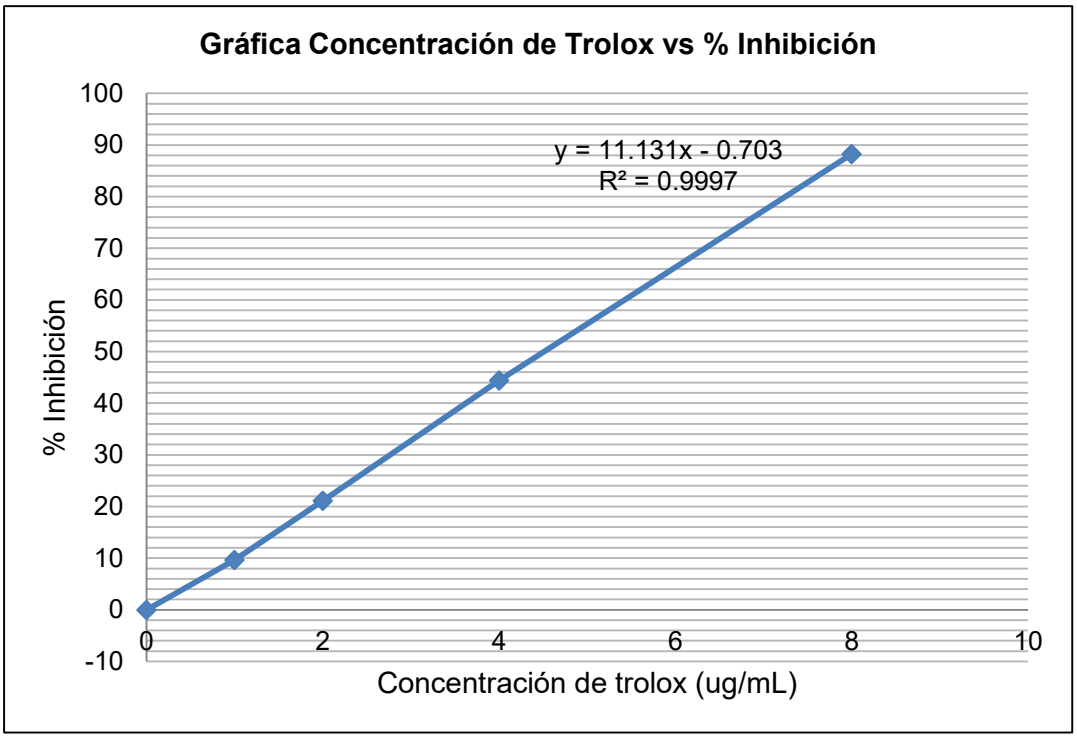


Figura 18. Curva del % de inhibición del radical ABTS$^{\bullet+}$ en relación a la concentración del trolox®.

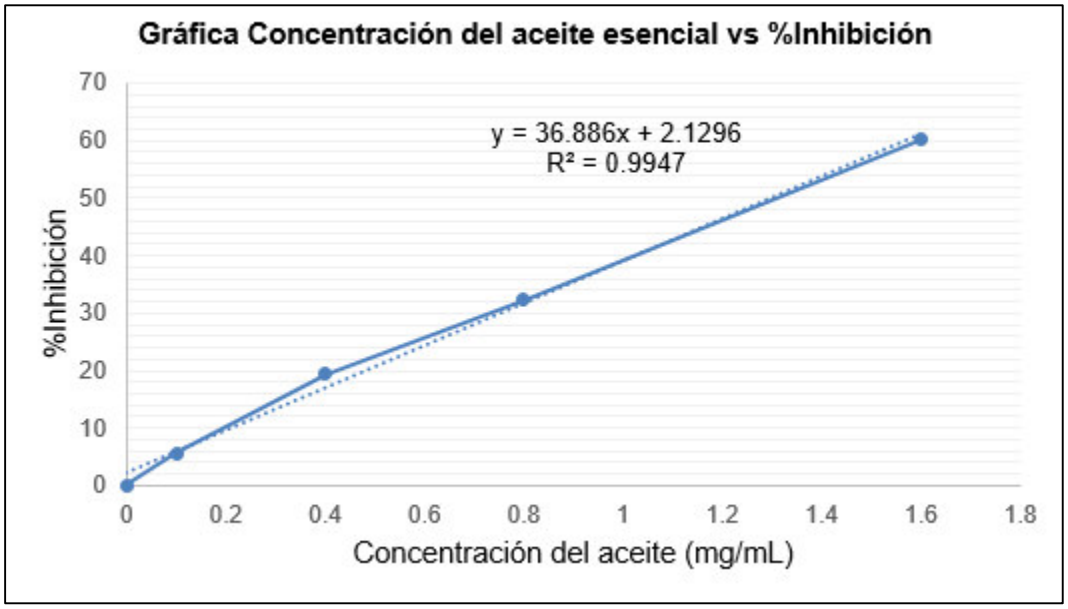


Figura 19. Curva del % de inhibición del radical $ABTS^{\bullet+}$ en relación a la concentración del aceite esencial de *S. calvus*.

V.1.7. Determinación del Factor de Protección Solar (FPS) *in vitro* por el método de Mansur

Tabla 22. Actividad fotoprotectora del aceite esencial de *Senecio calvus* al 0,5%.

Longitud de Onda (nm)	EE x I	FORMULACIONES 0,5 % (absorbancias)		
		C1	C2	C3
290	0,0150	0,009	0,009	0,008
295	0,0817	0,007	0,008	0,007
300	0,2847	0,007	0,007	0,007
305	0,3278	0,007	0,007	0,007
310	0,1864	0,007	0,007	0,007
315	0,0839	0,007	0,007	0,007
320	0,0180	0,006	0,007	0,007
	FPS	0,067	0,069	0,068
	PROMEDIO	**0,068**	**DS**	**0,001**

Tabla 23. Actividad fotoprotectora del aceite esencial de *Senecio calvus* al 1%.

Longitud de Onda (nm)	EE x I	FORMULACIONES 1 % (absorbancias)		
		C1	C2	C3
290	0,0150	0,013	0,013	0,013
295	0,0817	0,011	0,011	0,011
300	0,2847	0,010	0,0010	0,010
305	0,3278	0,009	0,009	0,009
310	0,1864	0,009	0,009	0,009
315	0,0839	0,008	0,008	0,008
320	0,0180	0,008	0,008	0,008
	FPS	0,094	0,093	0,092
	PROMEDIO	**0,093**	**DS**	**0,001**

Tabla 24. Actividad fotoprotectora del aceite esencial de *Senecio calvus* al 3%.

Longitud de Onda (nm)	EE x I	FORMULACIONES 3 % (absorbancias)		
		C1	C2	C3
290	0,0150	0,017	0,015	0,015
295	0,0817	0,013	0,012	0,012
300	0,2847	0,012	0,011	0,011
305	0,3278	0,011	0,010	0,010
310	0,1864	0,011	0,009	0,009
315	0,0839	0,010	0,009	0,009
320	0,0180	0,010	0,008	0,009
	FPS	0,115	0,101	0,101
	PROMEDIO	**0,106**	**DS**	**0,008**

V.1.8. Análisis estadístico

Tabla 25. Análisis estadístico de la actividad antioxidante por el método DPPH• del aceite esencial de *S. calvus*.

ANOVA de un solo factor					
ABSORBANCIAS					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	,052	4	,013	160,629	,000
Dentro de grupos	,001	7	,000		
Total	,052	11			

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Absorbancias, HSD Tukey						
(I) CONCENTRACIÓN	**(J) ABSORBANCIA**	**Diferencia de medias (I-J)**	**Error estándar**	**Sig.**	**Intervalo de confianza al 95%**	
					Límite inferior	**Límite superior**
,0	1,0	,0249333	,0081775	,097	-,004326	,054193
	2,0	,0650333*	,0073142	,000	,038863	,091204
	4,0	,1102333*	,0081775	,000	,080974	,139493
	8,0	,1914333*	,0081775	,000	,162174	,220693
1,0	,0	-,0249333	,0081775	,097	-,054193	,004326
	2,0	,0401000*	,0081775	,011	,010841	,069359
	4,0	,0853000*	,0089581	,000	,053248	,117352
	8,0	,1665000*	,0089581	,000	,134448	,198552
2,0	,0	-,0650333*	,0073142	,000	-,091204	-,038863
	1,0	-,0401000*	,0081775	,011	-069359	-,010841
	4,0	,0452000*	,0081775	,005	,015941	,074459
	8,0	,1264000*	,0081775	,000	,097141	,155659
4,0	,0	-,1102333*	,0081775	,000	-,139493	-,080974
	1,0	-,0853000*	,0089581	,000	-,117352	-,053248
	2,0	-,0452000*	,0081775	,005	-,074459	-,015941
	8,0	,0812000*	,0089581	,000	,049148	,113252
8,0	,0	-,1914333*	,0081775	,000	-,220693	-,162174
	1,0	-,1665000*	,0089581	,000	-,198552	-,134448
	2,0	-,1264000*	,0081775	,000	-,155659	-.097141
	4,0	-,0812000*	,0089581	,000	-,113252	-,049148
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

Tabla 26. Análisis estadístico de la actividad antioxidante por el método $ABTS^{\bullet+}$ del aceite esencial *S. calvus*.

ANOVA de un solo factor					
ABSORBANCIA					
	Suma de cuadrados	**gl**	**Media cuadrática**	**F**	**Sig.**
Entre grupos	,241	4	,060	,911.464	,000
Dentro de grupos	,000	7	,000		
Total	,241	11			

Comparaciones múltiples						
Variable dependiente: Absorbancias, HSD Tukey						
(I) CONCENTRACIÓN	**(J) ABSORBANCIA**	**Diferencia de medias (I-J)**	**Error estándar**	**Sig.**	**Intervalo de confianza al 95%**	
					Límite inferior	**Límite superior**
,0	,1	,036000*	,008123	,018	,00694	,06506
	,4	,126033*	,007415	,000	,09950	,15256
	,8	,203500*	,008123	,000	,17444	,23256
	1,6	,385133*	,007415	,000	,35860	,41166
,1	,0	-,036000*	,008123	,018	-,06506	-,00694
	,4	,090033*	,007415	,000	,06350	,11656
	,8	,167500*	,008123	,000	,13844	,19656
	1,6	,349133*	,007415	,000	,32260	,37566
,4	,0	-,126033*	,007415	,000	-,15256	-,09950
	,1	-,090033*	,007415	,000	-,11656	-,06350
	,8	,077467*	,007415	,000	,05094	,10400
	1,6	,259100*	,006632	,000	,23537	,28283
,8	,0	-,203500*	,008123	,000	-,23256	-,17444
	,1	-,167500*	,008123	,000	-,19656	-,13844
	,4	-,077467*	,007415	,000	-,10400	-,05094
	1,6	,181633*	,007415	,000	,15510	,20816
1,6	,0	-,385133*	,007415	,000	-,41166	-,35860
	,1	-349133*	,007415	,000	-,37566	-,32260
	,4	-,259100*	,006632	,000	-,28283	-,23537
	,8	-,181633*	,007415	,000	-,20816	-,15510
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.						

VI. DISCUSIÓN

Senecio calvus Cuatrec es una especie recolectada en la provincia de Carhuaz (Ancash), cuyo aceite esencial se obtuvo a partir de sus hojas y tallos mediante destilación por arrastre de vapor de agua, teniendo como rendimiento 0,16% v/p. En un estudio similar sobre el rendimiento de *Senecio calvus* Cuatrec, proveniente de la provincia de Huancayo (Junín), se utilizó el mismo método para la extracción de su aceite esencial, consiguiendo un resultado de 0,42% v/p[42]. El rendimiento del aceite esencial obtenido de las plantas puede variar debido a muchos factores interrelacionados como el clima, estación del año, ubicación geográfica, periodo de cosecha y técnica de extracción. Las etapas de crecimiento de la planta también pueden impactar en el rendimiento de los aceites esenciales[5].

El aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec fue extraído por destilación, obteniendo un rendimiento de 0.16% v/p de hojas y tallos. El método de destilación con vapor es el más común y antiguo, consiste en la vaporización selectiva de los componentes volátiles que son condensados al pasar por un dispositivo de enfriamiento y se transforman en estado líquido, obteniendo dos fases inmiscibles (orgánica y acuosa) separadas fácilmente por decantación. Un requisito fundamental para utilizar este método es que los componentes volátiles e impurezas sean insolubles en agua[5,21]. Sin embargo, estudios relacionados a la extracción de aceites esenciales de diversas plantas mostró que la destilación al vapor es un método que presenta rendimientos bajos en comparación con otros métodos de extracción. Además, la destilación al vapor necesita de largos periodos de tiempo para la extracción de aceites esenciales[21,70,71].

Los avances en la cromatografía líquida han resaltado el papel de la cromatografía líquida de alta presión (HPLC) para el análisis de aceites esenciales, teniendo variantes como HPLC multidimensional, HPLC-MS y HPLC-CG. Sin embargo, el método más adecuado para el análisis de aceites esenciales debido a la naturaleza volátil de sus componentes es la cromatografía de gases. Este método consiste en vaporizar la mezcla inyectada y dirigirla hacia la columna sólido/líquido controlada térmicamente (fase estacionaria) por un gas inerte (fase móvil). Los componentes

interactúan con la columna sólido/líquido mediante fuerzas intermoleculares, las cuales pueden ser más fuertes debido a la polaridad de algunos componentes; logrando así mayor concentración en la fase estacionaria y tiempo de retención más prologado en la columna sólido/líquido. Las determinantes para la separación de la mezcla son las diferencias en los coeficientes de partición de los componentes. La cromatografía de gases por sí solo no ofrece suficientes datos, siendo necesario herramientas analíticas como resonancia magnética nuclear (RMN), espectrometría de masas (MS) o infrarroja (IR) para completar el perfilado químico[49,72]. En este trabajo, la determinación de los componentes del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec se realizó mediante la cromatografía de gases para conseguir la separación de la mezcla; acoplado a espectrometría de masas para la identificación y cuantificación de los componentes.

Las técnicas utilizadas para el análisis de los componentes de *Senecio calvus* Cuatrec en la cromatografía de gases fueron inyección headspace e inyección líquida. La primera técnica logró identificar 68 componentes en el aceite esencial (tabla 5); mientras que la segunda, 92 componentes (tabla 6). La técnica headspace a diferencia de la inyección líquida se utiliza para la determinación de compuestos volátiles de una muestra líquida o sólida, introduciendo solo la fase de vapor con las partículas libres, fuera de la matriz, en el cromatógrafo de gases. Esta técnica logra una mejor separación debido a que elimina las interferencias causadas por los componentes no volátiles presentes dentro de la matriz[73,74]. Esto explica la diferencia entre la cantidad de componentes identificados con una técnica u otra, siendo menor por headspace.

En este trabajo de investigación, los principales componentes detectados por CG-MS fueron compuestos monoterpénicos. Mediante inyección headspace estos compuestos representaron el 75,36% del área relativa y mediante el análisis de inyección líquida, un porcentaje menor de 49,72%. En ambos casos, el área relativa de los dos principales monoterpenos se encuentra en un gran porcentaje y de los demás componentes presentes en trazas. Según la literatura, los aceites esenciales de las plantas están constituidos en mayor porcentaje por terpenos, pero también pueden encontrarse modificados estructuralmente como terpenoides[75].

El análisis de inyección headspace mostró como componentes predominantes del aceite esencial de la planta en estudio a los monoterpenos, siendo β-belandreno (56,49%) y α-pineno (18,87%) los de mayor proporción. Mientras que por inyección líquida los componentes principales también resultaron ser monoterpenos, dentro de los que se encuentran β-belandreno (40,62%), α-pineno (9,10%) y 4-terpineol (4,99%). En Perú, una investigación relacionada a S*enecio graveolens* Wedd "wiskataya" determinó los componentes del aceite esencial obtenido de hojas y tallos desecados mediante CG/MS, siendo los principales monoterpenos identificados sabineno, (+)-4-careno, τ-terpineno y β-myrceno con 52,39%; 8,20%; 7,11% y 6,74% respectivamente[41]. Por otro lado, un estudio sobre la composición química del aceite esencial de *Senecio atacamensis* Phil. de Chile, obtenido tanto de las hojas como de los tallos por separado, se determinó mediante CG y CG/MS. El análisis del aceite esencial de las hojas mostró al α-terpineno (36,05%) como el monoterpeno más abundante, seguido de α-felandreno (27,79%) y el p-cimeno (11,85%), los cuales constituyen el 75,69% del total; mientras que el aceite esencial de los tallos tenía al α -felandreno como el monoterpeno más abundante, (25,37%), junto con p-cimeno (22,55%) y α-terpineno (20,57%), los cuales constituyen el 68,49% del aceite total[43]. Ambos estudios corroboran la predominancia de los monoterpenos en el aceite esencial de especies del género *Senecio*. Además, la literatura menciona que los aceites esenciales de la mayoría de plantas están conformados principalmente en un 80% por terpenos[49].

En un estudio enfocado en la capacidad de eliminación de radicales $DPPH^{\bullet}$ y $ABTS^{\bullet+}$, evaluado mediante nariz electrónica (E-nose) junto con metodología química, los resultados mostraron al α-terpineol (84,10%) y ç-Cadineno (83,90%) como componentes con alta capacidad de eliminación de radicales DPPH•; mientras que en ABTS•+ fueron ç-cadineno (89,10%) y geraniol (85,80%). En ambos métodos α-pineno, canfeno y sabineno resultaron tener una baja capacidad de eliminación de radicales[76]. Esto explica la baja actividad antioxidante del aceite esencial de *S. calvus*, ya que α-pineno al ser el segundo componente con mayor área relativa presente en dicho aceite esencial impacta en la actividad antioxidante; sin embargo, su capacidad de eliminación de radicales de este componente es baja.

La capacidad antioxidante del aceite esencial de *S. calvus* se determinó mediante $DPPH^{\bullet}$ y $ABTS^{\bullet+}$, los cuales son métodos *in vitro* de captación de radicales libres. El IC_{50} obtenido por el método $DPPH^{\bullet}$ fue de 8,899 mg/mL y por $ABTS^{\bullet+}$, un valor de 1,298 mg/mL. Ambos métodos son los más utilizados por presentar una excelente estabilidad; sin embargo, difieren en varios aspectos. El $ABTS^{\bullet+}$ es un radical de color verde-azul que puede generarse mediante una reacción química, enzimática o electroquímica; soluble en medios polares y apolares, por lo que mide la actividad antioxidante de compuestos hidrofílicos y lipofílicos. Además, presenta máximos de absorbancia a 414, 654, 754 y 815 nm en medio alcohólico. Por otra parte, el $DPPH^{\bullet}$ es un radical libre de color púrpura que puede obtenerse sin preparación previa, utilizando un medio orgánico como disolvente con un pico de absorbancia a 515nm[77,78]. Por lo tanto, los resultados de un método a otro van a ser diferentes, siendo en este caso el aceite esencial en estudio mejor captador de radicales $ABTS^{\bullet+}$ que $DPPH^{\bullet}$.

En esta investigación, los resultados del método $DPPH^{\bullet}$ mostraron un IC_{50} de 8,899 mg/mL para el aceite esencial y 0,003 mg/mL para el trolox. Por otro lado, mediante el método $ABTS^{\bullet+}$ los resultados para el aceite esencial y trolox fueron 1,298 mg/mL y 0,005 mg/mL, respectivamente. Tanto en $DPPH^{\bullet}$ como $ABTS^{\bullet+}$, se observó que el IC_{50} del aceite esencial de *Senecio calvus* fue mayor que del trolox, es decir, se requirió mucha más concentración del aceite esencial que del trolox para neutralizar los radicales libres en un 50%; por lo tanto, se determinó que la capacidad antioxidante del aceite esencial de *Senecio calvus* fue menor respecto al trolox. En otro estudio realizado sobre tres especies de *Senecio,* se determinó la capacidad antioxidante de sus aceites esenciales mediante el análisis $DPPH^{\bullet}$. El resultado obtenido del IC_{50} de *Senecio chiquianensis* Cabrera, *Senecio calvus* y *Senecio nutans* Sch. Bip fue de 4,205 mg/mL, 8,850 mg/mL y 11,060 mg/mL, respectivamente; teniendo *S. calvus* mayor capacidad de captación de radicales $DPPH^{\bullet}$ que *S. nutans*, pero menor que *S. chiquianensis* Sch. Bip[42]. Esto confirma la baja capacidad del aceite esencial de *S. calvus* para captar radicales $DPPH^{\bullet}$; sin embargo, se requiere de otros métodos para una mejor evaluación.

Las concentraciones del aceite esencial de *S. calvus* en crema base utilizadas para la medir el efecto fotoprotector fueron 0,5%; 1% y 3%, resultando valores bajos de FPS a esas concentraciones. Cabe recordar que los aceites esenciales o esencias utilizadas directamente sobre la piel mediante perfumes, cosméticos, aguas de colonia o protectores solares pueden causar reacciones alérgicas o fotosensibilización en las personas que los utilizan; por ello, se debe tener precaución al definir las concentraciones de aceites esenciales a utilizar sobre la piel[79].

El efecto fotoprotector del aceite esencial se evalúo en una crema base a concentraciones de 0,5%; 1% y 3%, obteniendo valores de FPS 0,068; 0,093 y 0,106, respectivamente. Según la literatura, un protector solar debe tener mínimo FPS 30+, ya que con ese factor de protección solar protege contra más del 97,50% de la radiación UVB y al adicionarle filtros UVA podría potenciar su efecto fotoprotector[13]. Sin embargo, los valores de FPS obtenidos del aceite esencial en estudio fueron muy bajos, no alcanzando el FPS mínimo requerido para la protección contra la radiación UV.

El FPS mide la protección frente al eritema fotoinducido, el cual es producido principalmente por la radiación UVB. Sin embargo, los antioxidantes no actúan frente al eritema, sino frenando o reparando procesos oxidativos que están relacionados a la radiación UVA. Un protector solar efectivo contra la radiación UVA debe cumplir con tener un factor de protección UVA no menor a 4 correspondiente a la pigmentación tardía y brindar una protección por lo menos contra una longitud de onda de 370 nm. Actualmente, hay diferentes guías que han sido adoptadas por algunos países para determinar dicha medición, utilizando métodos *in vitro* e *in vivo*, con el fin de determinar la pigmentación inmediata o tardía[13,23]. Por ello, se recomienda continuar la investigación con la utilización de métodos enfocados en la medición del FPS contra la radiación UVA debido a que el bloqueo frente a la radiación UVB no es suficiente.

VII. CONCLUSIONES

1. En el aceite esencial obtenido de las hojas y tallos de *Senecio calvus* Cuatrec se identificaron mediante CG-MS 68 componentes por inyección headspace y 92 componentes por inyección líquida, teniendo como principales componentes a los hidrocarburos monoterpenos: β-belandreno y α-pineno.
2. El aceite esencial mostró baja actividad antioxidante en comparación con el trolox, tanto por el método DPPH• (IC_{50}=8,899 mg/mL) como por $ABTS^{\bullet+}$ (IC_{50}=1,298 mg/mL), teniendo mejor capacidad en la captación de radicales ABTS.
3. La cremas bases con aceite esencial a concentraciones de 0,5%, 1% y 3%.presentaron valores de FPS 0,068; 0,093 y 0,106, respectivamente; siendo los FPS bajos.

VIII. RECOMENDACIONES

- Realizar el aislamiento y análisis de la capacidad de eliminación de radicales DPPH y ABTS a los componentes del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec con la finalidad de evaluar la existencia de sinergismo y/o antagonismo entre los componentes.
- Ampliar el estudio utilizando otros métodos para determinar la actividad antioxidante del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec.
- Realizar la metodología de Mansur añadiendo junto al aceite esencial otros filtros sintéticos a fin de evaluar un posible sinergismo.
- Adoptar nuevos métodos *in vitro* e *in vivo* enfocados en la medición del FPS en el rango UVA de los antioxidantes naturales, ya que el método *Mansur* se limita al rango UVB principalmente.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balarezo G. Plantas medicinales: Una farmacia natural para la salud pública. Paideia XXI. 2018; 6(7): 159-170
2. Organización Panamericana de la Salud. Situación de las plantas medicinales en Perú. Informe de reunión del grupo de expertos en plantas medicinales (Lima, 19 de marzo del 2018). Lima; 2019
3. Beltran H, Roque J. El género Senecio L. (Asteraceae-Senecioneae) en el departamento de Lima, Perú. Arnaldoa. 2015; 22 (2): 9-24
4. Amorati R, Foti M, Valgimigli L. Antioxidant Activity of Essential Oils. Agricultural and Food Chemistry. 2013; 61: 10835-10847
5. Hamid A, Aiyelaagbe O, Usman L. Essential oils: Its medicinal and pharmacological uses. International Journal of Current Research. 2011; 3(2): 086-098
6. Venereo J. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. Revista Cubana de Medicina Militar. 2002; 31(2): 126-33
7. Maldonado O, Jiménez E, Bernabé M, Ceballos G, Méndez. Radicales libres y su papel en las enfermedades crónico-degenerativas. Revista Médica de la Universidad Veracruzana. 2010; 32-39
8. Valenzuela C, Pérez P. Actualización en el uso de antioxidantes naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. Revista Chilena de Nutrición. 2016; 43(2): 188-195
9. González L. Los efectos nocivos de la radiación solar y la forma de combatirlos. Offarm. 2003; 22(5): 68-76
10. Garnacho G, Salido R, Moreno J. Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección. Anales de Pediatría. 2020; 92(6): 377.e1-377.e9
11. Gosch M, Larrondo J, Araya H, Honeyman J. Rol del Estrés Oxidativo en el Envejecimiento de la Piel. Revista Chilena de Dermatología. 2010; 26(4): 351-357
12. Castaño C, Hernández J. Activos antioxidantes en la formulación de productos cosméticos antienvejecimiento. Ars Pharm. 2018; 59(2): 77-84
13. Moreno M, Moreno L. Fotoprotección. Revista de la Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica. 2010; 18: 31-39

14. Rojas J, Londoño C, Ciro Y. The Health Benefits of Natural Skin UVA Photoprotective Compounds Found in Botanical Sources. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 2016; 8(3): 13-23
15. Corrales L, Muñoz M. Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. Nova - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas. 2012; 10(18): 214-225
16. Coronado M, Vega S, Gutiérrez R, Vázquez M, Radilla C. Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. Revista Chilena de Nutrición. 2015; 42(2): 206-212
17. Delgado L, Betanzos G, Sumaya M. Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2010; 50: 10-15
18. Organización Mundial de la Salud. Índice UV Solar Mundial Guía Práctica; 2003
19. Doroteo V, Díaz C, Terry C, Rojas R. Compuestos fenólicos y actividad antioxidante *in vitro* de 6 plantas peruanas. Revista de la Sociedad Química del Perú. 2013; 79(1): 13-20
20. Lim H, Arellano M, Stengel F. Current challenges in photoprotection. Journal of The American Academy of Dermatology 2017; 76 (3): 91-99
21. Peredo H, Palou E, López A. Aceites esenciales: Métodos de extracción. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos. 2009; 3(1): 24-32
22. López T. Los aceites esenciales: aplicaciones farmacológicas, cosméticas y alimentarias. Offarm. 2004; 23(7): 88-91
23. De Gálvez M. Antioxidantes en fotoprotección, ¿realmente funcionan? Actas Dermosifiliográficas. 2010; 101(3): 197–200
24. Missouri Botanical Garden. Tropicos.org. [Internet]. Saint Louis: Missouri Botanical Garden. 2021 – [acceso 31 de octubre de 2021]. Disponible en: www.tropicos.org/Name/2707636
25. Vision T, Dillon M. Sinopsis de Senecio L. (Senecioneae, Asteraceae) para el Perú. Arnaldoa. 1996; 4 (1): 23–46
26. Florian JC Evaluación de los Principios Activos de *Senecio calvus* en la Formación de Biopelículas de *Pseudomonas aeruginosa*. [Tesis de postgrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2014

27. Cueva J. Efecto del ácido naftalenacetico (ana) y el ácido giberélico (ag3) en el enraizamiento *in vitro* y aclimatación en condiciones de invernadero de *Senecio calvus* Cuatr. (Huamanripa). [Tesis de pregrado]. Huaraz: Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo", 2015
28. Laguna Y, Cueva J, Tamariz C, Olivera P. Efecto de los reguladores de crecimiento vegetal en la multiplicación y enraizamiento *in vitro* de *Senecio calvus* (Asteraceae), planta medicinal altoandina, endémica del Perú. Journal of High Andean Research. 2019; 21(2): 111-121
29. Tamariz C, Olivera P, Santillán M. Antimicrobial, antioxidant and phytochemical assessment of wild medicinal plants from Cordillera Blanca (Ancash, Perú). Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 2018; 17(3): 270-285
30. Arancibia L, Naspi C, Pucci G, Arce M. Aromatic plants from Patagonia: chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Senecio mustersii* and *S.subpanduratus.* Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 2010; 9(2): 123-124
31. Benites J, Bravo F, Rojas M, Fuentes R, Moiteiro C, Venancio F. Composition and antimicrobial screening of the essential oil from the leaves and stems of Senecio atacamensis Phil. from Chile. Journal of the Chilean Chemical Society. 2011; 56(2): 712-714
32. Singh R, Singh P, Sati N, Sati OP. Antioxidant activity of *Senecio Amplexicaulis* Kunth. Extracts. World Journal of Pharmaceutical Sciences. 2015; 3(3): 600-604
33. Serra J, Melero J, Martínez G, Fagoaga C. Especies vegetales como antioxidantes de alimentos. Nereis. 2020; 12: 71-90
34. Beltrán H, Galán de Mera A. *Senecio icaensis*, sp. nov. (Asteraceae), un nuevo endemismo de las lomas costaneras del Perú. Anales del Jardín Botánico de Madrid. 1997; 55 (1): 168-170
35. Beltrán H, Galán de Mera A. *Senecio larahuinensis*, sp. nov. (Asteraceae), una nueva especie de los Andes Peruanos. Anales del Jardín Botánico de Madrid. 1998; 56 (1): 168–169
36. Beltrán H. *Senecio albaniae* (Asteraceae: Senecioneae), a new species from Central Peru. Novon. 2002; 12: 35-37

37. Beltrán H. Dos especies nuevas de *Senecio* (Asteraceae: Senecioneae) del Perú. Arnaldoa. 2008; 15 (2): 211-215
38. Montesinos D. Three new caespitose species of *Senecio* (Asteraceae, Senecioneae) from South Peru. PhytoKeys. 2014; 39: 1-17
39. Beltrán H, Granda A. Nuevas especies de *Senecio* (Asteraceae, Senecioneae) del sur del Perú. Revista Peruana de Biología. 2017; 24 (2): 205-210Be
40. Beltrán H, Granda A, León B, et al. Asteraceae endémicas del Perú. In León B, et al (eds.), El libro rojo de las plantas endémicas del Perú. Revista Peruana de Biología Número Especial. 2006; 13 (2): 64-164
41. Ochoa K, Paredes L, Bejarano D, Silva R. Extracción, caracterización y evaluación de la actividad antibacteriana del aceite esencial de *Senecio graveolens* Wedd (Wiskataya). Scientia Agropecuaria. 2012; 3: 291-302
42. Alderete H. Actividad antimicrobiana, antioxidante in vitro y determinación de la composición química de tres aceites esenciales del género *Senecio* del Perú. [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Facultad de Farmacia y Bioquímica; 2014
43. Aguilar E, Bonilla P, Enciso E. Capacidad antioxidante de extractos obtenidos de las hojas de *Senecio rufescens* DC. Revista de la Sociedad Química del Perú. 2020; 86(4): 374-385
44. Ruiz C, Díaz C, Rojas R. Composición química de aceites esenciales de 10 plantas aromáticas peruanas. Reviste de la Sociedad Química del Perú. 2015; 81(2): 81-94
45. Whichello D. Aromaterapia: remedios a través del aroma. Barcelona: Amat Editorial, 2005
46. Romero M. Plantas aromáticas. Editorial Kier, 2004
47. Ortuño M. Manual práctico de aceites esenciales, aromas y perfumes. Orihuela: Aiyana, 2006
48. Olaya J. Guía de plantas y productos medicinales. Bogotá: Convenio Andrés Bello, 2003
49. Hzounda J, Jazet P, Fekam F. Essential Oil's Chemical Composition and Pharmacological Properties. IntechOpen; 2020.
50. Fernández L. Principios activos del aceite esencial de *Luma chequen* (Molina) A. Gray "arrayan" y evaluación de su actividad antibacteriana. [Tesis de

posgrado]. Arequipa: Universidad Nacional de san Agustín de Arequipa. Facultad de Ciencias Naturales y Formales; 2019

51. Ojea N, Cárdenas R. Biología celular y Humana. Primera edición. Bogotá: Ecoe Ediciones; 2013
52. Mayor R. Estrés Oxidativo y Sistema de Defensa Antioxidante. Revista del Instituto de Medicina Tropical. 2010; 5(2): 23-29
53. Sánchez V, Méndez N. Estrés oxidativo, antioxidantes y enfermedad. Revista de Investigación Médica Sur México. 2013; 20(3): 161-168
54. Galina M. Estrés oxidativo y antioxidantes. Avances en Investigación Agropecuaria. 2018; 22(1): 28-41
55. Corrales L, Muñoz M. Estrés oxidativo: origen, evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno. Nova - Publicación Científica en Ciencias Biomédicas - Issn: 1794-2470. 2012; 10: 213-225
56. Barboza K, Bressan J, Zulet M, Martínez J. Influencia de la dieta sobre marcadores plasmáticos de estrés oxidativo en humanos. Anales del Sistema Sanitario de Navarra. 2008; 31(3): 259-280
57. Lozada S. García L. Estrés oxidativo y antioxidantes: cómo mantener el equilibrio. Revista de Asociación Colombiana de Dermatología. 2009; 17: 172-9
58. González M, Betancourt M, Ortiz R. Daño oxidativo y Antioxidantes. Bioquimia. 2000; 25(1): 3-9
59. Mora M, Olivares A, González T, Castro Inés. El sol: ¿enemigo de nuestra piel?. MEDISAN. 2010; 14(6): 825-837
60. Bernabéu A. La necesaria fotoprotección. Offarm. 2007; 26(5): 51-56
61. González M, Vernhes M, Sánchez A. La radiación ultravioleta. Su efecto dañino y consecuencias para la salud humana. Theoria. 2009; 18(2): 69-80
62. Garrote A, Bonet R. Fotoprotección: Factores de protección y filtros solares. Offarm. 2008. 27(5): 63-72
63. Juárez J, Castro A, Jauregui J, Lizano J, Carhuapoma M, Choquesillo F. Composición química, actividad antibacteriana del aceite esencial de Citrus sinensis L. (naranja dulce) y formulación de una forma farmacéutica. Ciencia e Investigación. 2010; 13(1): 9-13

64. Brand-Williams W, Cuvelier M, Berset C. Use of a free-radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensmittel-Wissenschaft Technologie. 1995; 28(1): 25-30
65. Garcia E, Oldoni T, Alencar S, Reis A, D. Loguercio A, Grande R. Antioxidant Activity by DPPH Assay of Potential Solutions to be Applied on Bleached Teeth. Brazilian Dental Journal. 2012; 23(1): 22-27
66. Mesa A, Zapata S, Arana L, Zapata I, Monsalme Z, Rojano B. Actividad antioxidante de extractos de diferente polaridad de Ageratum conyzoides L. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. 2015; 14(1): 1-10
67. Rioja A, Vizaluque B, Aliaga E, Tejeda L, Book O, Mollinedo P, Peñarrieta M. Determinación de la capacidad antioxidante total, fenoles totales, y la actividad enzimática en una bebida no láctea en base a granos de *Chenopodium quinoa*. Revista Boliviana Química. 2018; 35(5): 168-176
68. Mansur J, Brender M, Azulay R. Correlação entre a determinação do fator de proteção solar em seres humanos e por espectrofotometria. Anais Brasileiros de Dermatologia. 1986; 61(2):167-172.
69. Sayre R, Desrochers D, Marlow E. Sunscreen testing methods: in vitro predictions of effectiveness. Journal of the Society of Cosmetic Chemists. 1980; 31(1): 133-143
70. León G, Osorio M, Martínez S. Comparación de dos métodos de extracción del aceite esencial de *Citrus sinensis* L. Revista Cubana de Farmacia. 2015; 49(4): 742-750
71. Guan W, Li S, Yan R, Tang S, Quan C. Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. Food Chemistry. 2007; 101: 1558–1564
72. Shimadzu Corporation. Shimadzu's Fundamental Guide to Gas Chromatography Mass Spectrometry (GCMS). First edition, 2020.
73. Manzano F, Garrido J, Jiménez E. Técnicas de investigación avanzadas en Agronomía y ciencias afines. Primera edición. Almeria: Universidad de Almeria; 2018.
74. Valcárcel M, Gómez A. Técnicas analíticas de separación. Barcelona: Reverté; 1990.

75. Primo E., Química orgánica Básica y aplicada: de la molécula a la industria. Tomo II. Barcelona: Reverté; 1996
76. Ji Y, Rong L, Zi T, Ying W, Jin T, Shu H, Yi Z. Screening and evaluation of radical scavenging active compounds in the essential oil from *Magnolia biondii* Pamp by electronic nose coupled with chemical methodology. Industrial Crops and Products. 2020; 144: 1-7
77. Kuskoski E, Asuero A, Troncoso A, Mancini-Filho J, Fett R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. Ciencia e Tecnología de Alimentos. 2005: 25(4): 726-732
78. Rodríguez O, Andrade W, Díaz F. Actividad antioxidante de extractos de hojas de *Bocconia frutescens* L. (Papaveraceae). Revista de Tecnología. 2015; 14(2): 21-36
79. Pellecuer J. Aronmaterapia y toxicidad de los aceites esenciales. Natura Medicatrix. 1995, Nª 37-38: 36-40

X. ANEXOS

ANEXO 1: Certificado de identificación botánica de *Senecio calvus* Cuatrec

JOSÉ R. CAMPOS DE LA CRUZ
CONSULTOR BOTÁNICO
C.B.P N° 3796
Cel. 963 689 079
Email: jocamde@gmail.com

CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACION BOTÁNICA

JOSÉ RICARDO CAMPOS DE LA CRUZ. BIÓLOGO COLEGIADO - CBP N° 3796 – INSCRITO EN EL REGISTRO DE PROFESIONALES QUE REALIZAN CERTIFICACIÓN DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA DE ESPECÍMENES Y PRODUCTOS DE FLORA - RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 0311-2013- MINAGRI-DGFFS-DGEFFS.

CERTIFICA:

Que, **YESENIA XIOMARA GERÓNIMO PÁEZ**, Bachiller en Farmacia y Bioquímica, con fines de investigación para desarrollar su tesis y obtener el título profesional de Químico Farmacéutico, ha solicitado la identificación y certificación botánica de una planta colectada en pendientes rocosas aledañas a la quebrada y Laguna Ishinca de la provincia de Carhuaz, departamento de Ancash, donde es conocida con el nombre vulgar de "humanripa", la muestra fértil con flores y frutos ha sido identificada como ***Senecio calvus* Cuatrec.** Y según la base de Trópicos que sigue el Sistema moderno de clasificación de las angiospermas (APG), publicado en 1998 por el Grupo para la Filogenia de las Angiospermas, revisado por APG II (2003), APG III (2009) y APG IV (2016), este Sistema de clasificación considera a todas las plantas verdes en la Clase Equisetopsida (Chasse, MW y JL. Reavel. 2009), comparado con el Sistema Integrado de Clasificación de las Angiospermas de Arthur Cronquist. et. al. (1981), (1988), ocupa las siguientes categorías taxonómicas.

Categorías	Sistema APG-(1998-2016)	Sistema Cronquist (1981-1988)
Reino	Plantae	Plantae
División	Angiospermae	Magnoliophyta
Clase	Equisetopsida	Magnoliopsida
Subclase	Magnoliidae	Asteridae
Superorden	Asteranae	.....
Orden	Asterales	Asterales
Familia	Asteraceae	Asteraceae
Género	*Senecio*	*Senecio*
Especie	*Senecio calvus Cuatrec.*	*Senecio calvus Cuatrec.*

Nombre vulgar: "huamanripa"

Se expide la presente certificación con fines de investigación científica.

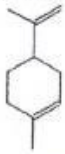
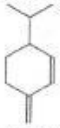
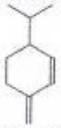
Lima, 05 de noviembre del 2019

José R. Campos De La Cruz
BIOLOGO
C.B.P. 3796

JR. SANCHEZ SILVA N° 156- piso 2. Urb. Santa Luzmila. Lima 07
Emailjocamde@gmai.com; joricampos@yahoo.es

ANEXO 2: Resultados del Análisis de CG/MS del aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec

13. RESULTADOS

MUESTRA	ACEITE ESENCIAL	COMPONENTE PRINCIPAL		ANEXOS
		Análisis de Componentes Volátiles - Inyección por Headspace (HS)	*Análisis de Componentes No Volátiles - Inyección Líquida (LS)*	
1	Limón rugoso	D-Limonene  (Área relativa: 82.79%)	D-Limonene  (Área relativa: 84.65%)	ANEXO 1
2	Huamanripa	Beta-phellandrene  (Área relativa: 56.49%)	Beta-phellandrene  (Área relativa: 40.62%)	ANEXO 2

NOTA: La lista de compuestos mostrados para cada muestra es el resultado probabilístico obtenido por el software del equipo GCMSsolution de SHIMADZU utilizando la librería NIST. La probabilidad se mide por el SI (Similarity index) que se encuentra en cada espectro de masa (en el texto superior a la gráfica).

14. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

El Informe técnico es válido solo para la muestra y las condiciones indicadas en los ítems del uno (1) al cuatro (4) del presente informe técnico.

Bach. Nadia Rodriguez Hamamura
Encargada del Análisis de GC/MS
LABICER – UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Jefa de Laboratorio
Responsable de Análisis
CQP 202

El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

Av. Túpac Amaru 210 Lima 31, Perú. Central: 481 1070 anexo 316. Telefax: 382 0500. E-mail: otilia@uni.edu.pe

ANEXO 3

Tabla 12. Operacionalización de variables

Variable independiente: Aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec.				
Conceptualización	Dimensión	Indicador	Escala	Valor
Mezcla compleja de sustancias volátiles, generalmente destiladas por arrastre con vapor de agua.	Cantidad de muestra biológica a trabajar	Concentración del aceite esencial	De Intervalo	0.1 mg/mL - 1.6 mg/mL

Variable dependiente: Actividad antioxidante				
Conceptualización	Dimensión	Indicador	Escala	Valor
Reducción de un radical debido a la captación de un átomo de hidrógeno proveniente de la sustancia donadora de hidrógeno (oxidante), ocasionando así una disminución de su absorbancia.	DPPH	Porcentaje de inhibición o equivalentes a trolox®	De Razón	IC50 de trolox® es 3.8 µg/mL
	ABTS	Porcentaje de inhibición o equivalentes a trolox®	De Razón	IC50 de trolox® es 3.8 µg/mL

Variable dependiente: Efecto fotoprotector				
Conceptualización	Dimensión	Indicador	Escala	Valor
Propiedad de reflejar, absorber o refractar la radiación ultravioleta de origen solar a de fuentes.	In vitro (Mansur)	Factor de Protección Solar	De intervalo	El mínimo valor de FPS es 2

ANEXO 4: Imágenes de la parte experimental



Figura 9. Hojas y tallos de *Senecio calvus* Cuatrec en el laboratorio.



Figura 10. Introducción de hojas y tallos de *Senecio calvus* Cuatrec para la destilación con vapor de agua.

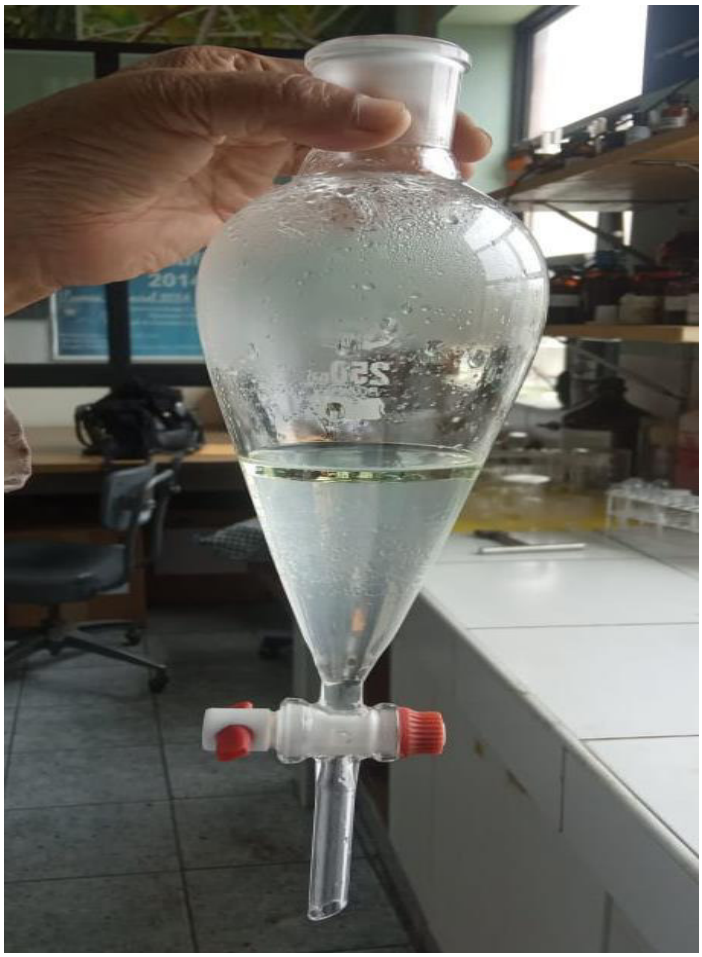


Figura 11. Fases inmiscibles obtenidas de la destilación con vapor de agua.



Figura 12. Aceite esencial de *Senecio calvus* Cuatrec en crema base a distintas concentraciones.