



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA**

**ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO  
HIDROALCOHÓLICO EN BROTES DE *SCOPARIA DULCIS* MEDIANTE LAS  
TÉCNICAS DE DPPH Y ABTS**

*Trabajo de titulación previo a la obtención del*

*Título de Ingeniera en Biotecnología*

**AUTORES: ALISON DAYANA ÁLVAREZ DÍAZ**

**MEBELIZ KAROLINA SOSA TRIVIÑO**

**TUTOR: ING. DIANA KATHIUSCA ÁGUILA CHÁVEZ, MGTR**

**GUAYAQUIL- ECUADOR**

**2024**

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Nosotros, Alison Dayana Álvarez Díaz documento de identificación N° 0923852891 y Mebeliz Karolina Sosa Triviño con documento de identificación N°1207997964; manifestamos que somos los autores y responsables del presente trabajo; y, autorizamos a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 14 de septiembre del año 2024

Atentamente,



Alison Dayana Álvarez Díaz

CI 0923852891



Mebeliz Karolina Sosa Triviño

CI: 1207997964

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Nosotros, Alison Dayana Álvarez Díaz con documento de identificación No.0923852891 y Mebeliz Karolina Sosa Triviño con documento de identificación No.1207997964, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del trabajo experimental: **ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO EN BROTES DE *SCOPARIA DULCIS* MEDIANTE LAS TÉCNICAS DE DPPH Y ABTS**; el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera en Biotecnología en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribimos este documento en el momento que hacemos la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 14 de septiembre del año 2024

Atentamente,



Alison Dayana Alvarez Díaz

Triviño CI: 0923852891



Mebeliz Karolina Sosa

CI: 1207997964

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Diana Kathiusca Águila Chávez, con documento de identificación N° 0950174763, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO HIDROALCOHÓLICO EN BROTES DE *SCOPARIA DULCIS* MEDIANTE LAS TÉCNICAS DE DPPH Y ABTS**, realizado por Alison Dayana Alvarez Díaz con documento de identificación N° 0923852891 y por Mebeliz Karolina Sosa Triviño con documento de identificación N°1207997964 obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 14 de septiembre del año 2024

Atentamente,



Ing. Diana Kathiusca Águila Chávez, Mgtr

CI: 0950174763

## **Dedicatoria Alison Alvarez**

A Dios, por ser mi guía y darme la fortaleza para superar cada obstáculo en mi camino.

A mi familia, especialmente a mis padres, William Alvarez y Paola Díaz, y a mi hermana, Xiomara, por su amor incondicional y por ser mi apoyo constante en cada etapa de mi vida. Gracias por estar siempre a mi lado y por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles.

A mis amigos más cercanos, por los momentos compartidos, las risas y por creer en mí cuando más lo necesitaba. Gracias por hacer de este camino algo inolvidable y significativo con su amistad.

A mis perritas, a Candy, por su amor y compañía inigualable en tantas noches de desvelo durante casi toda mi etapa universitaria. Aunque ya no esté, me hizo inmensamente feliz durante 11 años de mi vida. Y a Saskia, por llegar a mi vida justo cuando más necesitaba consuelo, llenándome de amor y alegría tras la partida de Candy.

A mí misma, por nunca rendirme y por mantener siempre la perseverancia y la pasión en mi búsqueda de conocimiento, con el deseo de contribuir al mundo a través de la biotecnología.

## **Dedicatoria Mebeliz Sosa**

A Dios, por ser mi guía, darme la fortaleza para superar cada obstáculo en mi camino y ser quien me ilumina para saber cómo enfrentar las situaciones con mi sabiduría.

A mi familia, especialmente a mis padres, Edinson Sosa y Monica Triviño, y a mi hermano, Esteban, que gracias a su esfuerzo día a día hicieron esto posible, quienes han estado para mí, también quiero hacer énfasis y dedicarle este esfuerzo a mi tía Conchita, quién desde el primer día de Universidad hasta ahora los últimos días ha estado presente en este proceso, quién me ha apoyado y brindado su amor incondicional, gracias por creer en mí, incluso en los momentos más difíciles y hacer esta etapa de mi vida mucho más fácil.

A mis amigos y conocidos quienes han sido parte de mi vida universitaria, personas quienes me han enseñado a ser mejor y esforzarme por mis objetivos, por los momentos compartidos, las risas y las experiencias que nos deja la universidad, que bonito haber vivido esta experiencia con ustedes, sin importar que en la actualidad seamos o no amigos muy cercanos, pero gracias a eso hoy en día soy una mejor versión de mí, que gusto me da saber que fueron parte de esto.

En memoria a mi tía Fernanda, que es más que seguro que estaría muy feliz de mí, sé que en el cielo me cuida y me guía en cada paso de mi vida.

A mí misma, por amarme y no rendirme, por ser valiente, por siempre mantener mis principios y valores presente, esto es por ti y por el sueño de esa niña ser profesional en el futuro, que ahora lo está cumpliendo con su esfuerzo y sacrificio.

## **Agradecimientos**

A nuestros familiares y amigos, por su amor incondicional, brindándonos ánimo y apoyo durante nuestra etapa universitaria, estando a nuestro lado tanto en los buenos como en los malos momentos. Su presencia ha sido fundamental en este camino.

A mi compañera de tesis y amiga, Mebeliz Sosa, por su colaboración y esfuerzo compartido. Juntas hemos enfrentado y superado numerosos desafíos, aprendiendo y creciendo en cada paso del proceso. Gracias por ser una amiga incondicional en esta travesía académica, eres parte de mi familia.

A mi compañera de tesis y amiga, Alison Álvarez, por ser una amiga incondicional y siempre estar presente le doy gracias por ser esa compañera que te brinda de su ayuda y estar pendiente a cada detalle, gracias por hacer que todo sea más sencillo, que con tu amor y paciencia hiciste que este esfuerzo de las dos sea divertido y de mucho aprendizaje.

A mis profesores de la carrera, por inspirarme a seguir adelante en el camino de la investigación, motivándome a explorar el potencial y los nuevos recursos que existen en nuestro país.

A nuestra tutora de tesis, Mgtr. Diana Águila, por su guía, sabiduría y paciencia, que han sido claves para culminar con éxito este trabajo. Su dedicación y consejos han dejado una huella profunda en nuestra formación como profesional.

A nuestros profesores de la carrera, por inspirarnos a continuar en el camino de la investigación, motivándonos a explorar el potencial y los nuevos recursos que existen en el país. Un agradecimiento especial al Msc. Jaime Naranjo y al Msc. Kevin Cedeño, por su apoyo constante y sus valiosas orientaciones durante el proceso de nuestra investigación.

A todo el equipo encargado del laboratorio, por su colaboración, apoyo y profesionalismo. Gracias por ser parte esencial en la realización de este proyecto.

Finalmente, gracias a la Universidad Politécnica Salesiana y al proyecto “Caracterización fitoquímica mediante cromatografía líquida (HPLC) de especies representativas al remanente boscoso seco tropical del campus María Auxiliadora de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil (FITOQUÍMICA)” por brindarnos la oportunidad y confianza de contribuir al avance del conocimiento en el campo de la fitoquímica.

## Resumen

Este estudio evaluó la capacidad antioxidante y el perfil fitoquímico de extractos en brotes de *Scoparia dulcis*, planta medicinal conocida por sus propiedades terapéuticas en la medicina tradicional. Se prepararon ocho extractos utilizando diferentes disolventes (hidroalcohólico, etanol, metanol y combinaciones de etanol/metanol) y se evaluó su capacidad antioxidante utilizando los métodos DPPH y ABTS. Los resultados mostraron que el extracto hidroalcohólico tuvo la mayor capacidad antioxidante, seguido del extracto metanólico y el extracto etanólico. El análisis fitoquímico reveló la presencia de varios metabolitos secundarios como alcaloides, lactonas, taninos, fenoles, flavonoides, cumarinas y carbohidratos, conocidos por sus posibles beneficios para la salud.

La correlación entre los métodos DPPH y ABTS fue de moderada a fuerte, lo que demuestra que ambos son efectivos para evaluar la capacidad antioxidante de los extractos. Entre los disolventes utilizados, los extractos hidroalcohólicos demostraron ser los más eficaces para extraer compuestos con alta actividad antioxidante, alcanzando un 93% en las hojas y un 98% en los tallos de *Scoparia dulcis*, lo que es comparable a los extractos de plantas por sus propiedades antioxidantes. conocido por su actividad oxidativa. como las aceitunas y el tomillo.

El estudio contribuye a la comprensión de la composición química de la planta y su potencial terapéutico y muestra que la biotecnología puede utilizarse para aumentar el rendimiento y la eficacia de sus extractos. En general, este estudio refuerza la idea de que los extractos hidroalcohólicos son una oportunidad prometedora para el desarrollo de nuevos productos naturales con propiedades antioxidantes y otras aplicaciones terapéuticas.

**Palabras claves:** *Scoparia dulcis*, Capacidad antioxidante, Tamizaje fitoquímico, Extractos hidroalcohólicos, Metabolitos secundarios, DPPH, ABTS.

## Abstract

This study evaluated the antioxidant capacity and phytochemical profile of extracts in growth of *Scoparia dulcis*, a medicinal plant known for its therapeutic properties in traditional medicine. Eight extracts were prepared using different solvents (hydroalcoholic, ethanol, methanol and ethanol/methanol combinations) and their antioxidant capacity was evaluated using the DPPH and ABTS methods. The results showed that the hydroalcoholic extract had the highest antioxidant capacity, followed by the methanolic extract and the ethanolic extract. Phytochemical analysis revealed the presence of several secondary metabolites such as alkaloids, lactones, tannins, phenols, flavonoids, coumarins and carbohydrates, known for their potential health benefits.

The correlation between the DPPH and ABTS methods was moderate to strong, demonstrating that both are effective in assessing the antioxidant capacity of the extracts. Among the solvents used, hydroalcoholic extracts proved to be the most effective in extracting compounds with high antioxidant activity, reaching 93% in leaves and 98% in stems of *Scoparia dulcis*, which is comparable to plant extracts for their antioxidant properties. known for their oxidative activity. such as olives and thyme.

These findings highlight the potential of the species as a promising source of antioxidants and bioactive compounds, which may have significant implications for use in traditional medicine and pharmaceuticals. The study also contributes to the understanding of the chemical composition of the plant and its therapeutic potential and shows that biotechnology can be used to increase the yield and efficacy of its extracts. Overall, this study reinforces the idea that hydroalcoholic extracts are a promising opportunity for the development of new natural products with antioxidant properties and other therapeutic applications.

**Key words:** *Scoparia dulcis*, Antioxidant capacity, Phytochemical screening, Hydroalcoholic extracts, Secondary metabolites, DPPH, ABTS.

# INDICE DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I.....	3
1.1. Antecedentes.....	3
1.2. Problema.....	4
1.4. Pregunta de investigación.....	5
1.5. Justificación.....	5
1.6. Objetivos.....	5
1.6.1. Objetivo general.....	5
1.6.2. Objetivos específicos.....	6
1.7. Hipótesis.....	6
Hipótesis nula.....	6
Hipótesis alternativa.....	6
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1. Scoparia dulcis.....	8
2.2. Origen y distribución.....	8
2.3. Taxonomía y morfología.....	9
2.4. Extractos vegetales.....	10
2.5. Extracción Soxhlet.....	10
2.7. Metabolitos secundarios.....	12
2.7.1 Alcaloides.....	12
2.7.2. Saponinas.....	13
2.7.3. Flavonoides.....	13
2.7.4. Terpenoides.....	14
2.7.5. Antocianinas.....	14
2.7.6. Compuestos fenólicos.....	14
2.7.7. Azúcares reductores.....	15
2.8. Tamizaje fitoquímico.....	15
2.9. Actividad antioxidante.....	16
2.9.1. Método DPPH para la determinación de la actividad antioxidante.....	17
2.9.2 Método ABTS para la determinación de la actividad antioxidante.....	17
CAPITULO III: METODOLOGÍA.....	18
3.1. Ubicación geográfica.....	18
3.2. Variables.....	19
Variable dependiente.....	19
Variable independiente.....	19
Variable de control.....	19
3.3. Recolección de datos.....	19
3.4. Desinfección del material vegetal.....	19

3.5. Secado y preparación del material vegetal.....	20
3.6. Obtención de los extractos de <i>Scoparia dulcis</i> .....	20
3.6.1. Extractos etanólicos por método de soxhlet.....	20
3.6.2. Extractos metanólicos por método de soxhlet.....	20
3.6.3. Extractos de Etanol-Metanol por método de soxhlet.....	20
3.6.4. Extractos hidroalcohólicos por método de soxhlet.....	20
3.6.5. Rotavapor.....	21
3.7. Tamizaje fitoquímico.....	22
3.7.1. Prueba de alcaloides.....	22
3.7.2. Determinación de carbohidratos.....	22
3.7.3. Determinación de saponinas.....	22
3.7.4. Determinación de flavonoides.....	22
3.7.5. Determinación de los compuestos fenólicos y taninos.....	24
3.7.6. Determinación de Cumarinas.....	24
3.7.8. Determinación de azúcares reductores.....	25
3.8. Protocolo de actividad antioxidante.....	25
3.8.1. Preparación de los reactivos DPPH, ABTS y estándar Trolox.....	25
3.8.2. MÉTODO DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo).....	25
3.8.4. Preparación del reactivo ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico)).....	26
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION.....	29
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
ANEXOS.....	63

## INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. <i>Scoparia dulcis</i> .....	10
Imagen 2. Soxhlet.....	11
Imagen 3. Rotavapor.....	12
Imagen 4. Universidad Politécnica Salesiana.....	18
Imagen 5. San Cristóbal.....	18
Imagen 6. San Cristóbal.....	19

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía de <i>Scoparia dulcis</i> .....	9
Tabla 2. Solución hidroalcohólica y solución combinada de etanol con metanol.....	21
Tabla 3. Cantidad de material vegetal (hojas y tallo) en dedales para 250 mL de solvente.....	21
Tabla 4. Coloración de los flavonoides.....	23
Tabla 5. Coloración de los flavonoides.....	23
Tabla 6. Coloración de los flavonoides.....	24
Tabla 7. Coloración de los compuestos fenólicos y taninos.....	24
Tabla 8. Tamizaje fitoquímico de los diferentes extractos de <i>Scoparia dulcis</i> .....	29
Tabla 9. Resultados de los ensayos para alcaloides.....	30
Tabla 10. Resultados del ensayo para saponinas.....	31
Tabla 11. Resultados del ensayo para lactonas.....	32
Tabla 12. Resultados de los ensayos para taninos y fenoles.....	32
Tabla 13. Resultados de los ensayos para flavonoides.....	33
Tabla 14. Resultados de los ensayos para carbohidratos.....	34
Tabla 15. Resultados de los ensayos para cumarinas.....	35
Tabla 16. Resultados de los ensayos para azúcares reductores.....	36
Tabla 17. Porcentaje de Inhibición de los extractos de <i>Scoparia dulcis</i> .....	36
Tabla 18. Curva de calibración Trolox.....	37
Tabla 19. Concentración y % de Inhibición de los extractos de <i>Scoparia dulcis</i> .....	38
Tabla 20. Concentración corregida de los extractos 1,4 y 7.....	39
Tabla 21. Determinación del IC50 de las muestras.....	42
Tabla 22. Porcentaje de Inhibición de las muestras.....	43
Tabla 23. Porcentaje de Inhibición de las muestras por el método ABTS.....	43
Tabla 24. Porcentaje de Inhibición de las muestras por el método DPPH.....	44
Tabla 25. Porcentaje de Inhibición de las muestras.....	45
Tabla 26. Correlación de las muestras de los 2 métodos.....	46
Tabla 27. Comparación del % de inhibición por ABTS.....	46
Tabla 28. Comparación del % de inhibición por DPPH.....	47

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se enfoca en descubrir las propiedades antioxidantes de *Scoparia dulcis*, también conocida como teatina, una planta herbácea de la familia Plantaginácea. es una planta medicinal que se ha utilizado ampliamente en regiones tropicales del continente americano durante generaciones. Esta especie se caracteriza por sus racimos axilares de flores blancas diminutas, hojas elípticas y dentadas y tallos erectos pequeños. Debido a sus propiedades antiinflamatorias, antidiabéticas y antimicrobianas, *Scoparia dulcis* ha sido utilizada históricamente en la medicina tradicional de diversas culturas. La planta contiene una amplia gama de compuestos bioactivos, incluidos flavonoides, terpenoides y alcaloides, que han demostrado tener múltiples beneficios para la salud humana (Plantaginaceae - *Scoparia Dulcis*).

Los estudios fitoquímicos realizados en *S. dulcis* han permitido aislar una variedad de alcaloides, diterpenoides, flavonoides, esteroides y triterpenoides, así como los ácidos escopáricos A y D. Se describe la fitoquímica sistemática de las partes aéreas de *S. dulcis* como parte de la búsqueda continua de diterpenoides naturales biológicamente activos (Liu et al., 2014).

La capacidad antioxidante de *Scoparia dulcis* posee gran importancia debido a su potencial para mitigar el daño oxidativo en el organismo humano. Los radicales libres, generados como subproductos del metabolismo celular, causando daños en proteínas, lípidos y ADN, contribuyendo al envejecimiento y al desarrollo de enfermedades crónicas como el cáncer y las enfermedades cardiovasculares. Los extractos de *S. dulcis* contienen altos niveles de compuestos fenólicos y flavonoides, los cuales exhiben una actividad antioxidante notable, lo que destaca la importancia de investigar la capacidad antioxidante de la planta (Bibiana, 2009; Granados et al., 2014).

Tal como indica Kuskoski y otros (2005) los ensayos más utilizados son ABTS (ácido 2, 2'-azino-bis -3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico y DPPH (2, 2- Difenil-1-picrilhidrazilo) para la

determinación de actividad antioxidante, ya que, estas pruebas permiten evaluar la capacidad de una sustancia para neutralizar radicales libres y especies reactivas de oxígeno, lo que es crucial para entender su potencial como agente antioxidante.

La técnica de DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), se basa en la reducción del radical libre, utilizada por su simplicidad, rapidez y reproducibilidad (Granados et al., 2014). Esta técnica mide la disminución de la absorbancia a 517 nm, que indica la capacidad antioxidante. La elección de esta técnica se debió a su popularidad y eficacia en la determinación de la actividad antioxidante de diversas plantas, incluyendo *S. dulcis*.

La otra técnica es ABTS (ácido 2,2'- azinobis-(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)) que involucra la generación de un radical catiónico de ABTS mediante la reacción con persulfato de potasio. El radical ABTS<sup>+</sup>, tiene un color azul-verde que se reduce en presencia de antioxidantes, lo que resulta en una disminución de la absorbancia a 734 nm. Este método es apreciado por su aplicabilidad tanto en sistemas hidrofílicos como lipofílicos y por ser sensible a una amplia gama de antioxidantes (Re et al., 1999).

## CAPITULO I

### 1.1. Antecedentes

En las partes aéreas de *Scoparia dulcis* se han detectado flavonoides, ácidos scopadulcicos A y B, ácidos scopáricos A, B y D, y escopariol. La especie es rica en flavonoides y terpenos, según pruebas fitoquímicas, y se cree que la presencia de estos compuestos es responsable de las acciones farmacológicas de *S. dulcis*, según Hayashi et al. (1990). En vista del resultado de los mecanismos de acción antioxidante como los presentes en *Scoparia dulcis*, combaten la oxidación neutralizando los radicales libres, previniendo el daño celular y protegiendo al organismo de sus efectos nocivos. Además de su actividad antioxidante, *Scoparia dulcis* presenta propiedades curativas para diversas afecciones, incluyendo hipertensión arterial, ictericia, diabetes mellitus, enfermedades de la piel, problemas estomacales, cálculos renales, almorranas, problemas reproductivos y enfermedades relacionadas con la inflamación y el estrés oxidativo (Pawar, Vikas & Sarawade, Rachana, 2020).

Algunos antioxidantes se producen de forma natural en el cuerpo, como el superóxidodismutasa, la catalasa y el glutatión peroxidasa. Otros se obtienen a través de la dieta, como la vitamina C, la vitamina E y los polifenoles (Murti et al., 2012). Los radicales libres son moléculas altamente reactivas que contienen uno o más electrones no aparecidos en su orbital externo. Esta inestabilidad los impulsa a reaccionar rápidamente con otras moléculas, donando, sustrayendo o compartiendo electrones en un proceso conocido como estrés oxidativo (Mishra et al., 2011). El estrés oxidativo excesivo está asociado con diversas enfermedades como el cáncer, la isquemia, la aterosclerosis y la enfermedad de Alzheimer. Los radicales libres pueden dañar el ADN, las proteínas y los lípidos, lo que lleva a mutaciones celulares, disfunción enzimática y peroxidación lipídica (Patra et al., 2014).

La presente investigación se centra en el análisis de la capacidad antioxidante del

extracto hidroalcohólico de brotes de *Scoparia dulcis* mediante las técnicas de DPPH y ABTS, profundizando el conocimiento de las propiedades antioxidantes de esta planta y su potencial aplicación en el desarrollo de estrategias terapéuticas para diversas enfermedades asociadas al estrés oxidativo.

## 1.2.Problema

En Ecuador la falta de investigaciones sobre plantas con potencial biotecnológico es un problema que limita el aprovechamiento de la biodiversidad del país, impide el desarrollo de la industria farmacéutica nacional, genera dependencia de productos extranjeros, retrasa el desarrollo sostenible, limita la capacitación de científicos y pone en riesgo el patrimonio cultural relacionado con el uso de plantas medicinales. Es fundamental abordar esta problemática para aprovechar el potencial biotecnológico de las plantas en el territorio nacional (INABIO, 2022).

La biotecnología en el país es un campo relativamente nuevo. En general, el desarrollo del área ha ido creciendo, pero con cierta dificultad. Esto pese a que el país sudamericano cuenta con una gran riqueza de recursos biológicos y conocimientos ancestrales que pueden ser aprovechados. No obstante, en nuestro país los retos para el desarrollo de ciencia y tecnología en biociencias y otras ramas son varios, como: barreras de índole político, legislativo, regulatorio, financiero y por supuesto humano (Carrión, N. 2023).

Por una parte, tenemos que el estrés oxidativo es un desequilibrio entre radicales libres y antioxidantes, es el enemigo silencioso detrás de diversas enfermedades, como la aterosclerosis, la hipertensión arterial, el cáncer y las enfermedades neurodegenerativas (Mishra et al., 2011; Patra et al., 2014). Por esta razón, la especie *Scoparia dulcis* es una excelente alternativa para este problema, es rica en compuestos antioxidantes, como flavonoides, taninos, terpenoides y polifenoles (Jiang et al., 2021). Estos compuestos podrían actuar como un escudo protector contra el estrés oxidativo, previniendo o

retrasando el daño celular y mitigando el riesgo de enfermedades asociadas (Murti et al., 2012).

### **1.3. Delimitación**

En el presente estudio, la especie vegetal (*Scoparia dulcis*) fue recolectada en tres diferentes localidades que se distribuyen de la siguiente manera; empezando en la Universidad Politécnica Salesiana en el Campus María Auxiliadora, ubicado en el Km 19 Vía la Costa con la siguiente coordenada 1°01'58.6"S 79°26'38.8"W, los dos siguientes puntos de recolección de muestra se ubica en la provincia de Los Ríos, en la ciudad de Quevedo, Parroquia San Cristóbal, con las respectivas coordenadas: 1°01'58.6"S 79°26'38.8"W y 0°59'58.6"S 79°26'32.5"W.

### **1.4. Pregunta de investigación**

¿Cuál es la capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico de brotes de *Scoparia dulcis* mediante las metodologías DPPH y ABTS?

### **1.5. Justificación**

Investigar la capacidad antioxidante de *Scoparia dulcis* es relevante debido a su potencial para neutralizar radicales libres, reduciendo así el daño oxidativo que contribuye al envejecimiento y enfermedades crónicas como el cáncer y las cardiovasculares (*Plantaginaceae - Scoparia Dulcis L.*).

Además, su uso en la medicina tradicional sugiere la presencia de compuestos bioactivos valiosos, la identificación y caracterización de estos antioxidantes naturales que puede conducir al desarrollo de nuevos tratamientos y suplementos nutricionales (Mishra et al, 2013; Abu Hasanat et al, 2010; Ratnasooriya et al, 2005).

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

- Analizar la capacidad antioxidante en extractos hidroalcohólicos en

brotos de *Scoparia dulcis* mediante las metodologías DPPH y ABTS.

### 1.6.2. Objetivos específicos

- Preparar ocho extractos (hidroalcohólicos, etanólicos, metanólicos, y combinados de etanol/metanol) en brotes de *Scoparia dulcis* para la identificación de metabolitos secundarios mediante el tamizaje fitoquímico.
- Determinar y comparar la actividad antioxidante entre los diferentes extractos (hidroalcohólicos, etanólicos, metanólicos, y combinados de etanol/metanol) de *Scoparia dulcis* mediante las metodologías DPPH y ABTS para la evaluación de su correlación.
- Evaluar la eficiencia del extracto hidroalcohólico en comparación con otros solventes para la extracción de compuestos antioxidantes de *S. dulcis*, con el fin de identificar el solvente más efectivo para la obtención de extractos con alta actividad antioxidante.

### 1.7. Hipótesis

#### Hipótesis nula

H0: El extracto hidroalcohólico de *Scoparia dulcis* muestra una capacidad antioxidante y una concentración de metabolitos secundarios significativamente mayores en comparación con los otros extractos, indicando que *Scoparia dulcis* posee propiedades antioxidantes destacadas y varios principios activos relevantes para futuras investigaciones.

#### Hipótesis alternativa

H1: El extracto hidroalcohólico de *Scoparia dulcis* no presenta una capacidad antioxidante ni una concentración de metabolitos secundarios significativamente diferente en comparación con los otros extractos, indicando que *Scoparia dulcis* no posee

propiedades antioxidantes destacadas y varios principios activos relevantes para futuras investigaciones.

## CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1. *Scoparia dulcis*

Es una hierba perenne ampliamente distribuida en regiones tropicales y subtropicales del país, utilizada como cicatrizante, antiespasmódico, hipertensión, bronquitis, hemorroides, hepatitis, analgésico, antipirético y antiinflamatorio durante siglos en la medicina tradicional indígena (Mishra et al., 2013). En Asia, las comunidades locales y tribales de Nepal, India y Pakistán incluso la han empleado para tratar la diabetes (Latha et al., 2004).

La planta contiene 115 compuestos con potencial terapéutico para el tratamiento del síndrome metabólico, cuyas estructuras químicas se pueden clasificar en siete categorías principales: compuestos nitrogenados, flavonoides, diterpenoides, triterpenoides, esteroides, fenólicos y alifáticos (Jiang et al., 2021). La mayoría de estos compuestos se extraen de las hojas de la planta, lo que sugiere una rica fuente de moléculas bioactivas para el desarrollo de terapias naturales. Además, se han identificado compuestos como amelina, ácido escopárico y diasulina, que presentan actividad inhibidora de la  $\alpha$ -glucosidasa, así como actividad secretora de insulina y función citoprotectora (Latha et al., 2004).

### 2.2. Origen y distribución

*Scoparia dulcis*, también conocida como teatina o escobilla, es una planta herbácea perteneciente de la familia *Plantaginaceae*, es una planta herbácea, se distribuye en varias regiones tropicales y subtropicales de Asia, África y América del sur, su nombre botánico deriva del latín “scoparius”, que significa escoba, haciendo así referencia a sus ramas delgadas y flexibles que se asimilan a una escoba utensilio de limpieza (*Scoparia dulcis*).

En el Ecuador se distribuye de 0 a 2 500 msnm en las provincias de Loja, Bolívar, Chimborazo, Cotopaxi, Imbabura, Pichincha, El Oro, Esmeraldas, Galápagos, Guayas, Los Ríos, Manabí, Morona Santiago, Napo, Pastaza, Orellana y Sucumbíos (Jorgensen y León-Yáñez, 1999).

### 2.3. Taxonomía y morfología

Es una planta erecta sublignificada. Las hojas son opuestas o verticiladas en 3, de forma oblanceolada. El margen es entero en la base y dentado en el ápice. Las caras son glandulosas. Las flores son axilares, solitarias o por pares y pedunculadas. El cáliz tiene 5 sépalos y la corola 4 pétalos. Los 4 estambres tienen anteras de 2 lóculos. El fruto es una cápsula dehiscente con numerosas semillas minúsculas, la planta mide 30 a 80 cm de altura (*Plantaginaceae - Scoparia dulcis* ).

**Tabla 1. Taxonomía de *Scoparia dulcis***

<b>TAXONOMIA</b>	
<b>Dominio</b>	<i>Eukaryota</i>
<b>Reino</b>	<i>Plantae</i>
<b>Filo</b>	<i>Magnoliophyta</i>
<b>Clase</b>	<i>Magnoliopsida</i>
<b>Orden</b>	<i>Scrophulariales</i>
<b>Familia</b>	<i>Plantaginaceae</i>
<b>Género</b>	<i>Scoparia</i>
<b>Especie</b>	<i>Scoparia dulcis</i>

(*Scoparia dulcis* . (Escobilla,2017)).

**Imagen 1.** *Scoparia dulcis*



(Autoras,2024).

#### **2.4. Extractos vegetales**

Los extractos vegetales son concentrados de compuestos bioactivos obtenidos directamente de las plantas, incluyendo frutos, semillas, hojas, tallos y raíces. Estos extractos contienen las propiedades medicinales y nutricionales de las plantas de manera concentrada, lo que los hace hasta mil veces más potentes que la planta o el fruto original. Además, estos pueden tener un efecto bioestimulante y de defensa en la propia planta, protegiéndola frente a factores bióticos (plagas y enfermedades) y abióticos (heladas, estrés hídrico, etc.) (Angel, 2023).

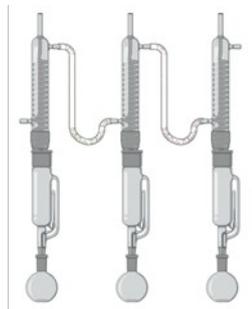
#### **2.5. Extracción Soxhlet**

Como menciona Sueldo (2018) la extracción con soxhlet, se define como el uso de un líquido para separar una parte específica de la muestra, mientras que las partes restantes se separan lo más completamente posible. Este método combina las ventajas de la extracción por reflujo y la percolación, utilizando los principios de reflujo y sifón para extraer la planta de forma continua. La extracción Soxhlet es un método de extracción continua automatizado con alta eficiencia de extracción que requiere menos tiempo y

consumo de solvente que la maceración o la percolación.

Es una metodología muy sencilla que necesita poca formación especializada, tiene la posibilidad de extraer más masa de muestra que la mayoría de los métodos más recientes (extracción por microondas, fluidos supercríticos, etc.) y no depende de una matriz. Existe una amplia variedad de métodos oficiales que implican un paso de preparación de muestras basado en la extracción Soxhlet (De Castro & García-Ayuso, 1998).

**Imagen 2.** Soxhlet



(Elaborado en Biorender por las autoras, 2024).

## 2.6. Rotavapor

El rotavapor es un aparato que, mediante una destilación a vacío, permite la rápida evaporación de disolvente de una disolución, según Jesús & De Cantabria (2017) el funcionamiento del rotavapor es el siguiente: se coloca la disolución en el matraz de destilación y se comprueba que el matraz colector este vacío, se acopla el matraz disolvente al tubo evaporador y se enciende el motor que permite la rotación del matraz a la vez que se encuentra sumergido en el agua calentada por el calefactor. Es importante conocer los puntos de ebullición del disolvente que se quiere evaporar y de lo que se quiere conservar. Con este

método se puede obtener un volumen de muestra de hasta varios litros (teniendo en cuenta tamaños normales de los matraces de recolección de uno o pocos litros).

### **Imagen 3. Rotavapor**



(Elaborado en Biorender por las autoras, 2024).

## **2.7. Metabolitos secundarios**

El metabolismo secundario se puede definir como la biosíntesis, la transformación y degradación de los compuestos endógenos mediante proteínas de especialización, formadas por procesos de diferenciación y clasificadas según su significación biológica y función en la célula productora (García, 2004).

Según Sepúlveda Jiménez (2004) las plantas poseen metabolitos secundarios que desempeñan un papel importante en su mecanismo de defensa contra contaminantes ambientales, insectos y otras amenazas externas para la planta. Además, los metabolitos secundarios poseen propiedades farmacológicas, son antioxidantes, antibacterianos y antifúngicos, entre otras. Entre los metabolitos secundarios con potencial bioactivo se encuentran los compuestos fenólicos con propiedad medicinal significativa para el ser humano en la prevención del daño causado por los radicales libres.

### **2.7.1 Alcaloides**

Los alcaloides son compuestos nitrogenados de varias plantas, estructuralmente

contienen uno o varios átomos de nitrógeno en su molécula, a menudo parte de un anillo heterocíclico. El término alcaloide fue introducido por un farmacéutico alemán, Carl Meissner a principios del siglo XIX, para designar sustancias naturales que reaccionan como los álcalis (del árabe al qaly, la sosa y del griego eidos, el aspecto) (Henning et al., 2013).

### **2.7.2. Saponinas**

Las saponinas son glicósidos que se encuentran distribuidos ampliamente en las plantas y están formadas por una aglicona de origen terpenico, esteroidal o esteroidal alcaloide, al cual se une por el hidroxilo del carbono-3 una cadena ramificada de azúcares, la cual puede ser de hasta cinco moléculas, usualmente glucosa, arabinosa, ácido glucurónico, xilosa y ramnosa (Díaz Puentes, 2009).

### **2.7.3. Flavonoides**

Los flavonoides son una clase de compuestos polifenólicos secundarios que se encuentran comúnmente en alimentos de origen vegetal (Okoduwa et al., 2024).

La estructura molecular general de los flavonoides está formada por dos anillos de fenilo (A y B) incrustados en una estructura de 15 átomos de carbono. Aunque los flavonoides tienen muchas propiedades bioquímicas, la propiedad más comúnmente descrita de casi todos los grupos de flavonoides es su capacidad para actuar como antioxidantes. La composición, sustitución y número total de grupos hidroxilo influyen significativamente en varios mecanismos de actividad antioxidante, entre ellos: B. Capacidad para quelar captadores de radicales e iones metálicos (Kumar & Pandey, 2013).

Los flavonoides son metabolitos presentes secundarios en todas las plantas verdes y juegan un papel clave en la protección de las plantas contra los patógenos. Los flavonoides presentan actividad bactericida e impiden la formación de biopelículas, un conjunto de células microbianas que se mantienen unidas entre sí, gracias a una sustancia

elaborada por estos mismos microorganismos (Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty et al., 2023).

#### **2.7.4. Terpenoides**

A este grupo de metabolitos secundarios o sustancias naturales, se incluyen una gran cantidad de sustancias vegetales. Se han descrito miles de estructuras y se consideran el grupo más grande. Todos tienen el mismo precursor biosintético (isopentenil-PP), cuya unidad estructural básica es una molécula de isopreno insaturada, ramificada y de cadena abierta: isopreno =  $\text{H}_2\text{C}=\text{C}(\text{CH}_3)\text{-CH}=\text{CH}_2$ . Sus esqueletos carbonados se forman mediante el enlace de dos o más de estas cinco unidades C y también se denominan isoprenoides (Ringuelet et al., 2013).

#### **2.7.5. Antocianinas**

Según Aguilera Ortiz las antocianinas son un grupo de pigmentos de color rojo, hidrosolubles, ampliamente distribuidos en el reino vegetal. Están constituidas por una molécula de antocianidinas, que es la aglicona, a la que se le une una azúcar por medio de un enlace  $\beta$ -glucosídico. La estructura química básica de esta aglicona es el ión flavilio, también llamado 2-fenil-benzopirilio, que consta de dos grupos aromáticos: un benzopirilio y un anillo fenólico; el flavilio normalmente funciona como catión.

#### **2.7.6. Compuestos fenólicos**

Los compuestos fenólicos son una serie de metabolitos secundarios de las plantas cuyo nombre procede de las sustancias que poseen una función fenol, nombre común del hidroxibenceno. Existen alrededor de 8000 compuestos distintos y tanto humanos como animales los adquirimos a través de la dieta. Esta serie de metabolitos se comportan en las plantas interviniendo en procesos de reproducción, crecimiento y protección. A su vez, estos compuestos presentes en los frutos de determinadas especies vegetales les otorgan características tales como: color, sabor, calidad, entre otros (Elías & De Cantabria,

2017).

Además, actúan como fitoalexinas (las plantas dañadas secretan fenoles para protegerse de posibles ataques de hongos y bacterias) y contribuyen a la pigmentación de muchas partes de la planta (las antocianinas son las responsables del color rojo, naranja, azul o violeta que encontramos en las pieles de las frutas y hortalizas). Por otro lado, la oxidación del fenol produce quinonas, que a menudo producen un color pardo indeseable (Eva, 2004).

### **2.7.7. Azúcares reductores**

La glucosa (azúcar) se sintetiza por la fotosíntesis de agua y dióxido de carbono, a través de la intervención de la luz solar y otros elementos minerales en la planta. Esta sintetizada solución acuosa que se encuentran en las hojas, también se conoce como savia, se transporta a través del floema, el sistema vascular de la planta a otras partes de la planta. Los azúcares sintetizados se transforman en sustancias de reserva, como el almidón, o forman parte de la estructura vegetal, como la celulosa, como resultado de reacciones bioquímicas.

La conversión de la energía solar en energía química ocurre en las plantas a través de la fotosíntesis, la fuente de vida más importante en la Tierra. Este proceso se debe a que combina CO<sub>2</sub>, que es la principal fuente de energía de la planta, y, en última instancia, azúcar, el tejido fotosintético de la planta. A lo largo de la evolución, el azúcar no sólo ha servido como fuente de energía para las plantas, sino que también ha asumido la función de molécula de señalización, es decir, son moléculas mensajeras que detectan y comunican las variaciones del estado energético de las plantas (Hernández-Bernal et al., 2022).

## **2.8. Tamizaje fitoquímico**

El estudio fitoquímico de los vegetales permite conocer los principios activos y evaluar la complejidad de sus caminos de biosíntesis y degradación, así como los

mecanismos de regulación (Sampietro et al., 1997).

Asimismo, como nos indica García et al. (2020) el tamizaje fitoquímico se basa fundamentalmente en la identificación de los metabolitos secundarios presentes en los extractos de productos naturales, a través de reacciones y análisis químicos. Se realiza consecutivamente a los extractos hidroalcohólicos, etanol, metanol y metanol con etanol del producto natural con el fin de identificar y comparar los metabolitos secundarios extraídos con cada disolvente de diferentes polaridades.

## **2.9. Actividad antioxidante**

En las plantas, la producción de radicales libres aumenta durante el estrés biótico y abiótico, mientras que, en los humanos la producción de radicales libres aumenta durante procesos fisiopatológicos como la inflamación, el metabolismo xenobiótico o la radiación (Kasote et al., 2015).

Tal como menciona Peñarrieta (2009) los antioxidantes son compuestos que se encuentran de forma natural en muchas especies de plantas y alimentos, pero que también pueden sintetizarse. Su objetivo es retardar la oxidación de sustratos oxidables mediante mecanismos como la quelación de radicales libres y la eliminación de oxígeno libre, los antioxidantes sintéticos se han utilizado como aditivos alimentarios durante décadas para mantener la calidad del producto y prevenir la descomposición de los lípidos.

No obstante, la actividad antioxidante de una muestra no puede ser determinada basándose solo en un ensayo de prueba. En la práctica se realizan muchos modelos de test *in vitro* para determinar la actividad antioxidante de la muestra de interés, aunque es importante considerar si los modelos que presentan diferentes variaciones pueden dificultar significativamente la comparación de los resultados entre un método y otro (Huang et al., 2005).

### **2.9.1. Método DPPH para la determinación de la actividad antioxidante**

En 2001 Babincová y Sourivong utilizaron el ensayo DPPH para demostrar la fuerte actividad antioxidante del extracto. Mientras que en 2011 Coulibaly estudió la propiedad antioxidante de los extractos de hexano, cloroformo y metanol de la planta mediante el ensayo DPPH. Además, midió la inhibición de la peroxidación lipídica mediante el ensayo TBARS y determinó la inhibición de la lipoxigenasa y la xantina oxidasa por los extractos.

### **2.9.2 Método ABTS para la determinación de la actividad antioxidante**

Este enfoque se basa en la medición de la decoloración del radical ABTS<sup>+</sup>, que se reduce a ABTS debido a la acción de los antioxidantes. El radical catiónico ABTS<sup>+</sup> se produce al oxidar el ABTS (2,2'-azino-bis-(3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) con persulfato de potasio. Su longitud de onda es de 734 nm. Por lo tanto, se determina el grado de decoloración como porcentaje de inhibición del radical ABTS<sup>+</sup> en función de la concentración (Antezana et al., 2018).

## CAPITULO III: METODOLOGÍA

### 3.1. Ubicación geográfica

-Universidad Politécnica Salesiana, campus María Auxiliadora, con la siguiente coordenada  $1^{\circ}01'58.6''S$   $79^{\circ}26'38.8''W$

**Imagen 1.** Universidad Politécnica Salesiana



(Google Maps, 2023)

-Quevedo, Parroquia San Cristóbal km 3 ½ vía valencia sector La Florida, con la siguiente coordenada  $0^{\circ}59'58.6''S$   $79^{\circ}26'32.5''W$

**Imagen 2.** San Cristóbal



(Google Maps, 2023)

-Quevedo, Parroquia San Cristóbal km 4 vía San Carlos, sector Gerardo Jacome (atrás de la prefectura) con la siguiente coordenada  $1^{\circ}01'58.6''S$   $79^{\circ}26'38.8''W$

**Imagen 3. San Cristóbal**

(Google Maps,2023)

### 3.2. Variables

#### Variable dependiente

- Capacidad antioxidante (medida por las técnicas de DPPH y ABTS).

#### Variable independiente

- Tipos de solventes utilizados para el extracto vegetal

#### Variable de control

- Temperatura, pH y concentración del extracto.

### 3.3. Recolección de datos

La recolección de datos se basó en varias etapas de la investigación, en la que los datos obtenidos se realizaron de forma manual y digital, además, se dividió en la identificación y recolección de la especie, donde se visualizaron varios metabolitos encontrados.

### 3.4. Desinfección del material vegetal

Se limpiaron aproximadamente 50 g de hojas frescas y 50 g de tallo de *S. dulcis*, se desinfectó con 10 ml de Hipoclorito de sodio en 100 ml de agua destilada aproximadamente por 5 minutos, una vez finalizado el tiempo requerido enjuagamos con abundante agua. Se

siguió el procedimiento descrito por Pujol et al. (2020).

### **3.5. Secado y preparación del material vegetal**

Se secaron las muestras en una estufa a 40°C durante 24 horas, luego se redujeron a polvo grueso con ayuda de un mortero y licuadora, finalmente se tamizó la muestra.

### **3.6. Obtención de los extractos de *Scoparia dulcis***

#### **3.6.1. Extractos etanólicos por método de soxhlet**

Adaptando la metodología de Patra en 2013, el material en polvo de hojas y tallos se sometieron a extracción soxhlet con 250 mL de etanol como solvente durante 8 horas. Los extractos de etanol se concentraron en Rotavapor a presión reducida y temperatura menor a 40°C. Tras el secado, el producto se almacenó en frigorífico ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

#### **3.6.2. Extractos metanólicos por método de soxhlet**

Adaptando la metodología de Patra en 2013, el material en polvo de hojas y tallos, se sometió a extracción soxhlet con 250 mL de metanol como solvente durante 8 horas. Los extractos de etanol se concentraron en Rotavapor a presión reducida y temperatura menor a 40°C. Tras el secado, el producto se almacenó en frigorífico ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

#### **3.6.3. Extractos de Etanol-Metanol por método de soxhlet**

Adaptando la metodología de Patra en 2013, el material en polvo de hojas y tallos se sometieron a extracción soxhlet con 80% de Etanol (200 mL) y 20% de Metanol 50 (mL) como solvente durante 8 horas. Los extractos se concentraron en Rotavapor a presión reducida y temperatura menor a 40°C. Tras el secado, el producto se almacenó en frigorífico ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

#### **3.6.4. Extractos hidroalcohólicos por método de soxhlet**

Adaptando la metodología de Patra en 2013, el material en polvo se sometió a extracción soxhlet con 80% de Etanol (200 mL) y 20% de agua destilada 50 (mL) como solvente durante 8 horas, como se observa en la tabla 2. Los extractos de etanol se concentraron en Rotavapor a

presión reducida y temperatura menor a 40°C. Tras el secado, el producto se almacenó en frigorífico ( $8 \pm 2^\circ\text{C}$ ).

**Tabla 2.** Solución hidroalcohólica y solución combinada de Etanol con Metanol

Material vegetal	Solución Hidroalcohólica		Solución Etanol-Metanol	
	%Etanol	%Agua destilada	%Etanol	%Metanol
Hoja	80	20	80	20
Tallo	80	20	80	20

Elaborado por: Las autoras, 2024

Adaptando la metodología de López y Luque de Castro (2020) se armaron 8 soxhlet insertando la cantidad de material vegetal en los dedales como indica la tabla 3, en la cual se agrega 250mL de la solución Etanol- Metanol (80:20) e hidroalcohólica (80:20) en los balones correspondientes para cada extracto, asimismo también se utilizaron 250 mL de solventes puros como etanol y metanol, cada uno en un soxhlet. Se reguló el flujo de agua y la temperatura hasta que la solución comience a ebulir, la extracción se completó en un período de 8 horas.

**Tabla 3.** Cantidad de material vegetal (hojas y tallo) en dedales para 250 mL de solvente

Solvente	Hojas (g)	Tallo (g)
Solución Hidroalcohólica	6	8
Solución Etanol-Metanol	6	8
Etanol	6	8
Metanol	6	8

Elaborado por: Las autoras, 2024

### 3.6.5. Rotavapor

Las soluciones pasaron por destilación por rotavapor a 175mbar y a una temperatura de 40°C durante 30 minutos a 100rpm, y así lograr evaporar los solventes y obtener el extracto líquido de cada parte vegetal (Benítez-Benítez et al., 2020).

### 3.7. Tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico se realizó siguiendo la técnica descrita por Kancherla et al. (2019) con las siguientes modificaciones:

#### 3.7.1. Prueba de alcaloides:

**a) Ensayo de Mayer:** Se agregaron 3 gotas de extracto a un tubo de ensayo y se añadieron 3 gotas de reactivo de Mayer. La formación de un precipitado amarillento o blanco en unos minutos indica una prueba positiva (Kancherla et al., 2019).

**b) Prueba de Wagner:** Se trató una fracción del extracto con reactivo de Wagner (1,27 g de yodo y 2 g de yoduro de potasio en 100 ml de agua). La observación de un precipitado marrón rojizo indica un resultado positivo (Lalitha et al., 2012).

**c) Prueba de Dragendorff:** Se añadieron unas gotas del reactivo de Dragendorff a un tubo de ensayo con 1 ml de extracto. Un cambio de color y la formación de un precipitado color naranja-marrón indican un resultado positivo (Firdouse et al., 2011).

**d) Prueba de Hager:** En un tubo de 10 mL, colocar 3 gotas del extracto filtrado y 3 gotas del reactivo. Se reportará como positivo cuando se forme un precipitado amorfo por mezclarse con la solución de alcaloides en ácido diluido.

#### 3.7.2. Determinación de carbohidratos:

**e) Ensayo de Benedict:** Se agregaron 8 gotas de extracto a un tubo de ensayo y 0.5 mL del reactivo de Benedict. Se calentó la mezcla en una plancha durante 2 minutos. La formación de un precipitado rojo oscuro indica un resultado positivo.

#### 3.7.3. Determinación de saponinas:

**f) Ensayo de peróxido:** Se agregaron 3 gotas de extracto y 2 gotas de  $H_2O_2$  a un tubo de ensayo. Se calentó el tubo durante 2 minutos. La presencia de espuma en el tubo indica un resultado positivo (Kancherla et al., 2019).

#### 3.7.4. Determinación de flavonoides:

**g) Ensayo de Shinoda:** Se colocaron 3 gotas de extracto, 0,5 cm de

cinta de magnesio y 4 gotas de HCl concentrado en un tubo de ensayo. Las distintas tonalidades observadas se asocian a diferentes flavonoides (Kancherla et al., 2019). Se identifica el tipo de metabolito secundario según la coloración de la reacción de acuerdo con la tabla 4.

**Tabla 4.** Coloración de los flavonoides

<b>Flavonoides</b>	<b>Rx coloración</b>
Flavonas	Naranja
Flavonoides	Rojo
Flavonoles	Rojo azulado
Flavononas	Verde
Flavononoles	Verde azulado
Xantanos	Violeta

Elaborado por: Las autoras, 2024

**h) Ensayo de ácido sulfúrico:** Se agregaron 3 gotas de extracto y 3 gotas de ácido sulfúrico (concentración > 98%) a un tubo de ensayo. Se dejó reposar la mezcla durante unos minutos. Se identifica el tipo de metabolito secundario según la coloración de la reacción de acuerdo con la tabla 5.

**Tabla 5.** Coloración de los flavonoides

<b>Flavonoides</b>	<b>Rx coloración</b>
Chalconas	Rojo azulado
Auronas	Rojo guinda
Flavonas	Amarillo intenso
Flavononas	Naranja o guinda
Flavonoles	Amarillo intenso

Elaborado por: Las autoras, 2024

**i) Ensayo de Zinc:** En un tubo de ensayo de 5 mL, adicionar 3 gotas del extracto, 0,5 gramos de zinc en granalla o polvo y 4 gotas de HCl concentrado. Se identifica el tipo de metabolito secundario según la coloración de la reacción de acuerdo con la tabla 6.

**Tabla 6.** Coloración de los flavonoides

Flavonoides	Rx coloración
Leucoantocianidinas	Rojo
Catequinas	Café amarillento

Elaborado por: Las autoras, 2024

### 3.7.5. Determinación de los compuestos fenólicos y taninos:

**j) Ensayo Cloruro de Hierro (III):** Se añade cloruro férrico alcohólico al 10% a 2-3 ml del extracto (1: 1). El color azul oscuro o gris verdoso revela la presencia de taninos (Parekh et al., 2007). Tal como se observa en la tabla 7.

**Tabla 7.** Coloración de los compuestos fenólicos y taninos

Metabolitos	Rx coloración
compuestos fenólicos	Rojo vino
Taninos (tipo pirocatecólicos)	Verde intenso
Taninos (tipo pirogalol) derivados del ácido gálico	Azul

Elaborado por: Las autoras, 2024

### 3.7.6. Determinación de Cumarinas:

**k) Ensayo Hidróxido de potasio:** En un tubo de ensayo de 5mL agregar 3 gotas del extracto y 3 gotas del KOH al 5%. La presencia de cumarinas se identifica mediante el cambio de color de fuerte a tenue de rojo a amarillo.

### 3.7.7. Determinación de Lactonas:

**l) Ensayo de Baljet:** En un tubo de ensayo de 5 mL, adicionar 3 gotas del extracto y 3 gotas de la solución C que se obtiene con la solución A y B en relación

1:1.

-La solución A se compone de 1 g de ácido pícrico en 100 mL de agua destilada.

-La solución B se forma al preparar una solución de hidróxido de potasio al 10%. Se califica la presencia del metabolito aglicona esteroidal cuando se genera un color azul o violeta.

### **3.7.8. Determinación de azúcares reductores:**

**m) Ensayo de Fehling:** Se disolvió el extracto en 1-2 ml de agua destilada. Se adicionaron 2 ml del reactivo de Fehling y se calentó la mezcla en baño maría durante 5-10 minutos. El ensayo se considera positivo si la solución posee color rojo o apareció un precipitado rojo.

**-Solución A:** Se pesan 35 g de sulfato cúprico hidratado cristalizado y se disuelven con agua hasta un volumen total de 1000 mL.

**-Solución B:** Se pesan 150 g de tartrato de sodio y potasio y 40 g de hidróxido de sodio y se disuelven con agua hasta un volumen total de 1000 mL.

Las soluciones se preparan de forma independiente y se mezcla igual cantidad en volumen de cada una al realizar el ensayo. Dicha mezcla es la que se adiciona a la alícuota a evaluar.

## **3.8. Protocolo de actividad antioxidante**

### **3.8.1. Preparación de los reactivos DPPH, ABTS y estándar Trolox**

Siguiendo la metodología de Thaipong (2006) en la comparación de los ensayos ABTS y DPPH para la evaluación de la actividad antioxidante de nuevos compuestos. La evaluación de la capacidad antioxidante se realizó monitoreando el consumo del radical libre DPPH por las muestras, calculando el porcentaje de Inhibición.

### **3.8.2. MÉTODO DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo)**

Para el método del DPPH se siguió la metodología citada por Deng et al. (2021). Este

mide la capacidad antioxidante de una muestra mediante la reducción del radical 1,1-difenil-2-picrilhidracilo (DPPH) en presencia de antioxidantes, lo que se manifiesta como un cambio de color y una disminución en la absorbancia medida a 517 nm en el espectrofotómetro (UV – Vis).

#### a) Preparación de Soluciones

- Pesar 2,96 mg de DPPH en 50 mL de etanol al 80% para obtener una concentración de 0,15 mM.

#### b) Procedimiento del Ensayo

-Colocar 10 µL de cada muestra en tubos de ensayo, se adicionaron 2000 µL del radical DPPH de 0,15 mM, se agitaron y se mantuvieron en oscuridad por 30 minutos.

- Medir la absorbancia de las soluciones estándar de Trolox y de las muestras medida a 517 nm usando un espectrofotómetro (UV – Vis).

#### c) Calcular el % de Inhibición

- Usar la siguiente fórmula para calcular el % de inhibición de cada muestra:

$$\% \text{ de inhibición} = \left( \frac{A_{DPPH} - A_{MP}}{A_{DPPH}} \right) \times 100$$

En donde  $A_{DPPH}$  y  $A_{MP}$  corresponden a las absorbancias del DPPH y muestra problema tratada con DPPH, respectivamente.

#### 3.8.4. Preparación del reactivo ABTS (2,2'-azino-bis(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico))

Se siguió la metodología descrita por Kuskoski et al. (2005), con modificaciones de Thaipong et al. (2006). Este método evalúa la actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC), se basa en la reducción de la coloración verde/azul producida por la reacción del radical ácido 2,2'-azino-bis-3- etilbenzotiazolina-6-sulfónico (ABTS+) con el antioxidante presente en la muestra.

#### d) Preparación de la Solución de ABTS+

-Se preparo la solución de 1 ml de extracto en 250 uL de etanol al 80%.

- Se obtuvo el radical ABTS+ mediante la reacción de ABTS+ (7 mM) en buffer acetato de sodio 20 mM (pH 4.5) y persulfato de potasio (2,45 mM, concentración final) incubados a temperatura ambiente ( $24 \pm 2$  °C) y bajo oscuridad por 16 h.

$$7 \times 10^3 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0.025 \text{ L} \times \frac{548.68}{1 \text{ mol}} \times 0.98 = 0.0941 \text{ g ABTS}$$

$$2.45 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0.0025 \text{ l} \times \frac{270.32 \text{ g}}{1 \text{ mol}} \times 0.994 = 0.01646 \text{ g Persulfato de sodio}$$

-Una vez pesada la concentración de ABTS<sup>+</sup> y el K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub> a trabajar aforamos de 25ml en agua tipo 1.- Se diluyó 5:5 de ABTS y etanol al 80 % que será la solución stock a trabajar en el espectrofotómetro, hasta obtener una absorbancia de 0.70 ( $\pm 0.02$ ) a 734 nm.

#### e) Procedimiento del Ensayo

- De la solución stock 5:5 se llegó a una D:120.

-La disolución de D:120 consiste en 0,048 de ABTS y 5,952 de Etanol al 80 % para llegar a la absorbancia 0.70.

- Se dispuso de una curva de calibración utilizando 5 mg de Trolox en 10 mL de etanol al 80% como antioxidante sintético de referencia con 1.950 de extracto, ensayo a concentraciones de 40,60,80, 100, 200 y 300 ppm en las mismas condiciones.

#### f) Calcular el % de inhibición

-Se calcula el porcentaje de inhibición utilizando la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de inhibición} = \left( \frac{A_{ABTS} - A_{MP}}{A_{ABTS}} \right) \times 100$$

En donde A<sub>ABTS</sub> y A<sub>MP</sub> corresponden a las absorbancias del ABTS<sup>+</sup> y la muestra

problema tratada con ABTS<sup>+</sup>, respectivamente.

- Los resultados se expresaron como actividad antioxidante equivalentes de Trolox (TEAC) en mM de equivalentes de Trolox g<sup>-1</sup> de peso fresco.

**g) Curva de Calibración:**

- Graficar las absorbancias de las soluciones estándar de Trolox (eje y) vs sus concentraciones (eje x).

- Ajustar una línea recta a los puntos obtenidos y determinar la ecuación de la línea de calibración.

**h) Determinación de la Capacidad Antioxidante:**

- Usar la ecuación de la línea de calibración para determinar la concentración de antioxidantes en todas las muestras a partir de sus absorbancias.

## CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Determinación de los metabolitos secundarios de los extractos hidroalcohólicos mediante tamizaje fitoquímico

Se determinaron metabolitos secundarios como Alcaloides, Flavonoides, Cumarinas, Carbohidratos, azúcares reductores, Taninos y fenoles.

**Tabla 8** Tamizaje fitoquímico de los diferentes extractos de *Scoparia dulcis*.

METABOLITOS	ENSAYOS	E. Etanólico		E. Hidroalcohólico		E. Metanólico		E. Etanol-Metanol	
		HOJA	TALLO	HOJA	TALLO	HOJA	TALLO	HOJA	TALLO
Alcaloides	Dragendorff	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++	+++
	Mayer								
	Wagner								
	Hager								
Lactonas	Baljet	-	-	+	+	-	-	+	+
Taninos/Fenoles	FeCl <sub>3</sub> 10%	Positivo, taninos pirocatecólicos.					-	Positivo, taninos p.	-
Saponinas	Peróxido	-	-	-	-	-	-	-	-
Flavonoides	Shinoda	Flavonas	+	+	+	Flavonas	+	+	+
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	+	+	Flavononas		+	+	Flavononas	
	Zinc	Catequinas					-	Catequinas	-
Carbohidratos	Benedict	++	-	++	-	++	-	++	-
Cumarinas	KOH	-	+			-	+	+	+
Azúcares reductores	Fehling	+	-	+	+	+	+	+	-

- (-): Ausencia de la sustancia
- (+): Presencia débil
- (++): Presencia moderada
- (+++): Presencia fuerte

Los resultados obtenidos en el análisis fitoquímico que se realizó de los extractos hidroalcohólicos, etanólicos, metanólicos y etanolicos-metanolicos de hojas y tallos de *Scoparia dulcis*, podemos concluir por presencia de precipitado y cambio de color, siguiendo la metodología de Kancherla et al. (2019), Lalitha et al. (2012) y Parekh et al. (2007), tenemos alta presencia de alcaloides en todos los ensayos de hojas y tallos debido a las reacciones positivas de los ensayos Mayer, Hager, Dragendorff y Wagner. Estos compuestos nitrogenados son producidos por la planta como mecanismo de defensa contra herbívoros y patógenos, y tienen propiedades farmacológicas que los hacen atractivos para la medicina tradicional y moderna.

**Tabla 9.** Resultados de los ensayos para alcaloides

<b>Wagner</b>	<b>Mayer</b>	<b>Dragendorff</b>
 <p data-bbox="204 1541 571 1648">Extracto de hojas y tallos en Etanol- metanol</p>	 <p data-bbox="600 1563 967 1671">Extracto de hojas y tallos en Etanol- metanol</p>	 <p data-bbox="999 1552 1358 1659">E. hidroalcohólico en hojas y e. metanólico en tallos</p>

 <p>E. etanólico en hojas y e. hidroalcohólico en tallos</p>	 <p>E. hidroalcohólico en hojas y e. metanólico en tallos</p>	 <p>E. etanólico en hojas y e. hidroalcohólico en tallos</p>
---	--	---

Elaborado por: Las autoras, 2024

### Saponinas:

La ausencia de formación de espuma al tratar las muestras con peróxido indica la falta de saponinas en la especie estudiada, *Scoparia dulcis*. Las saponinas son compuestos naturales conocidos por sus propiedades emulsificantes y detergentes, lo que les permite disminuir la tensión superficial del agua y facilitar la mezcla de sustancias inmiscibles. Sin embargo, su ausencia podría sugerir limitaciones en estas funciones específicas de la planta, como la capacidad de repeler patógenos o atraer polinizadores. Es importante tener en cuenta que según Sporre et al. (2023) la falta de detección de saponinas con este método no descarta su presencia, ya que podrían estar en concentraciones muy bajas o requerir métodos de detección más sensibles.

**Tabla 10.** Resultados del ensayo para saponinas

Peróxido
 <p>E. etanólico en hojas y e. hidroalcohólico en tallos</p>

Elaborado por: Las autoras, 2024

### Lactonas:

La presencia de lactonas puede relacionarse con las propiedades medicinales de la planta, como su capacidad para tratar la inflamación y diversas infecciones, en nuestro ensayo corroboramos que da positivo en extractos vegetal de hojas, mientras que en los extractos de tallos nos indica negativo, como menciona Chadwick et al. (2013) se debe a que su mayor porcentaje de actividad antiinflamatoria y antioxidante está en las hojas.

**Tabla 11.** Resultados del ensayo para lactonas

Baljet	
 <p>E. etanol-metanol de tallos y e. etanol - metanol hojas</p>	 <p>E. hidroalcohólico en tallos y e. etanólico de hojas</p>

Elaborado por: Las autoras, 2024

### Taninos y fenoles:

El estudio de taninos y fenoles realizado en *Scoparia dulcis* reveló su presencia, empleando la prueba de cloruro férrico al 10%, en la cual el extracto vegetal mostró una coloración azul oscuro o verde, al contacto con el reactivo, confirmando la presencia de estos compuestos. Como nos explica Colina Ramos, A. C. (2016) los taninos y fenoles cumplen funciones en la defensa de las plantas contra herbívoros o patógenos y en la reducción del crecimiento de las plantas competidoras cercanas, son conocidos por sus propiedades astringentes, antimicrobianas y antioxidantes, lo que sugiere que esta planta podría tener un valor medicinal significativo, como agente protector contra el estrés oxidativo (Bairwa et al., 2010).

**Tabla 12.** Resultados de los ensayos para taninos y fenoles

<b>FeCl<sub>3</sub></b>	
	
<p>E. etanol-metanol de hojas y e .etanol - metanol tallos</p>	<p>E. hidroalcohólico en hojas y e. metanólico de tallos</p>

Elaborado por: Las autoras, 2024

### Flavonoides:

**Tabla 13.** Resultados de los ensayos para flavonoides

Shinoda	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
	
<p>E. etanólico de tallos y e. hidroalcohólico en tallos</p>	<p>E. etanol-metanol de tallos y e. etanol -metanol hojas</p>
	
<p>E. hidroalcohólico en hojas y e. metanólico de tallos</p>	<p>E. metanólico de tallos y e. hidroalcohólico en hojas</p>

Elaborado por: Las autoras, 2024

Mediante el análisis fitoquímico de los extractos de las muestras vegetales en sus

diferentes solventes, se detectó la presencia de flavonoides utilizando pruebas como la de ácido sulfúrico, Shinoda y Zinc, las cuales, al agregar magnesio y ácido clorhídrico, generaron una coloración rojiza característica que confirmó la presencia de flavonoides y catequina. Estos compuestos incluyen propiedades antiinflamatorias, antimicrobianas y antioxidantes, como señala Martínez-Flórez et al. (2002), poseen en su estructura grupos hidroxilo fenólicos y notables capacidades de quelación de hierro y otros metales de transición, lo que les confiere una alta capacidad antioxidante.

### **Carbohidratos:**

El análisis fitoquímico de la especie vegetal reveló la presencia de azúcares reductores en los extractos hidroalcohólicos de hojas y tallos, con una mayor concentración en las hojas (Bekers et al., 2015). Además, la prueba confirmó la presencia de carbohidratos en la planta, lo que es significativo debido a su papel crucial en la energía y la estructura de la planta, así como su importancia en la síntesis de otros compuestos (Trease & Evans, 2002; Kumar & Sharma, 2019). Estos hallazgos sugieren que es una fuente potencial de carbohidratos y azúcares reductores, lo que podría tener implicaciones para la industria alimentaria y farmacéutica, como nos explica Martínez-Trinidad et al. (2013) este proceso sucede por la concentración de carbohidratos en las hojas, producto de la fotosíntesis, varía de acuerdo con las condiciones ambientales y las etapas fenológicas, por lo tanto, en nuestro ensayo nos dió positivo a los extractos de hojas en los diferentes solventes.

**Tabla 14.** Resultados de los ensayos para carbohidratos

Benedict	
	
E. etanol-metanol de tallos y	E. hidroalcohólico en hojas

e. etanol -metanol hojas	y e. metanólico de tallos
--------------------------	---------------------------

Elaborado por: Las autoras, 2024

### Cumarinas:

Para la identificación de cumarinas en los extractos hidroalcohólicos, se utilizó la prueba de hidróxido de potasio (KOH) al 10%. El análisis de las muestras vegetales se llevó a cabo mediante la adición de cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3$ ) a una solución de la planta, lo que produjo un cambio de color amarillo intenso o verde oscuro, indicando la presencia de cumarinas (Trease & Evans, 2002).

En el ensayo realizado se observó un resultado negativo en los extractos de hojas con etanol puro y con metanol puro, esto sucedió ya que el etanol es un solvente que puede extraer compuestos más polares, mientras que el metanol es un solvente que puede extraer compuestos más apolares, tal como indica Deici (2022).

**Tabla 15.** Resultados de los ensayos para cumarinas

Hidróxido de potasio	
 <p>E. etanol-metanol de tallos y e. etanol -metanol hojas</p>	 <p>E. hidroalcohólico en hojas y e. metanólico de tallos</p>

Elaborado por: Las autoras, 2024

### Azúcares reductores:

La reacción de Fehling es una prueba química fiable para detectar la presencia de azúcares reductores en una muestra, como señalan Bekers y sus colaboradores (2015), esta reacción produce un cambio de color rojo intenso cuando se añade la solución de Fehling a una muestra que contiene azúcares reductores. Esto se debe a que el azúcar reductor reduce el ion

cobre (II) a cobre (I), lo que provoca la formación de un precipitado rojo característico (Kumar y Sharma, 2019). En nuestro ensayo de Fehling destacamos que se presentó un mayor precipitado en los extractos de hojas, y en los extractos etanol-metanol de hojas y tallos se presentó un precipitado de menor proporción, lo que nos da a entender que contiene menor cantidad de carbohidratos a comparación de las otras muestras.

**Tabla 16.** Resultados de los ensayos para azúcares reductores

Reacción de Fehling	
	
<p>Precipitado rojo lo que indica presencia de azúcares reductores en varios de los extractos</p>	<p>E. hidroalcohólico en hojas</p>

Elaborado por: Las autoras, 2024

## 4.2. Cuantificación de la capacidad antioxidante de *Scoparia dulcis*

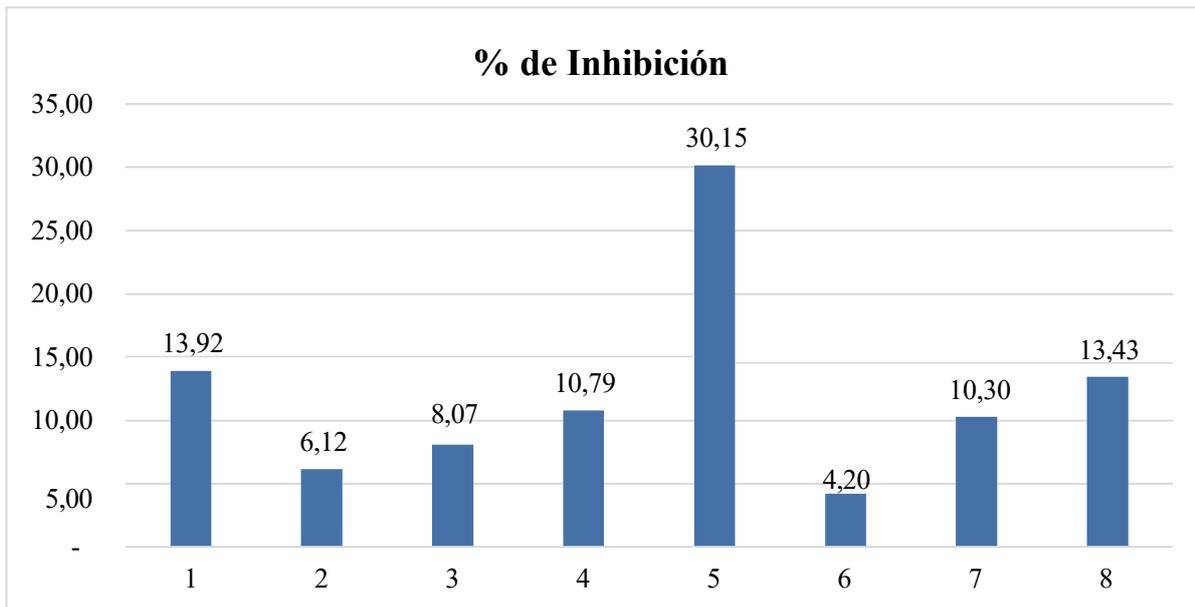
### 4.2.1. Uso del método DPPH mediante espectrofotometría UV-

**VIS Tabla 17.** Porcentaje de Inhibición de los extractos de *Scoparia dulcis*

Muestras	Extractos	Abs	% de Inhibición
Blanco	-	1,214	-
1	Etanol+ metanol hojas	1,045	13,92
2	Etanol+ metanol tallos	1,441	6,12

3	Metanol hojas	1,116	8,07
4	Etanol tallos	1,083	10,79
5	Etanol + H <sub>2</sub> O hojas	0,848	30,15
6	Metanol tallos	1,163	4,20
7	Etanol hojas	1,089	10,30
8	Etanol + H <sub>2</sub> O hojas	1,051	13,43

Elaborado por: Las autoras, 2024

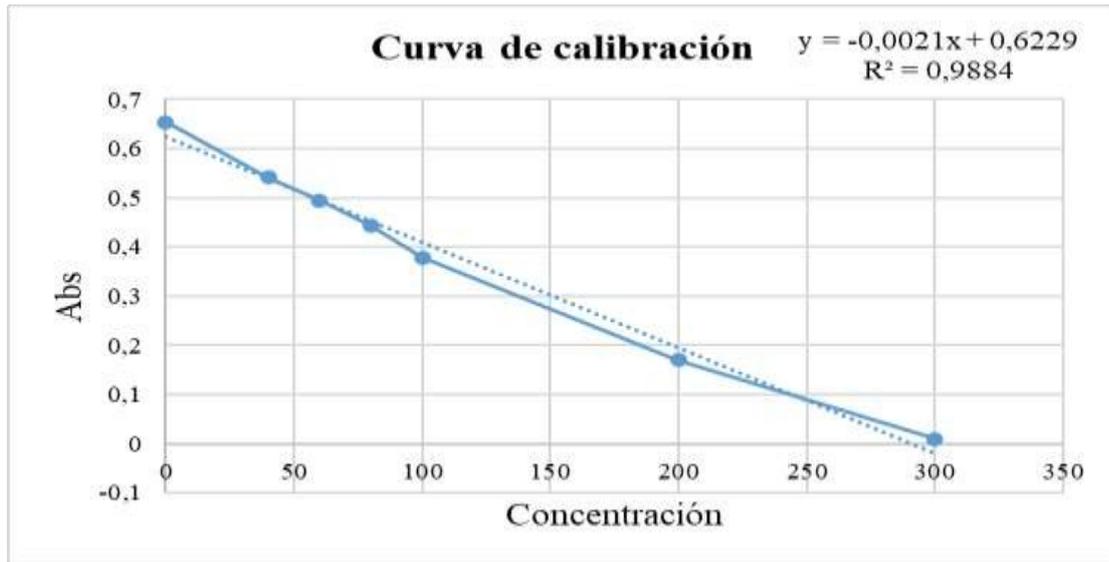


#### 4.2.2. Aplicación del método ABTS mediante espectrofotometría UV-VIS

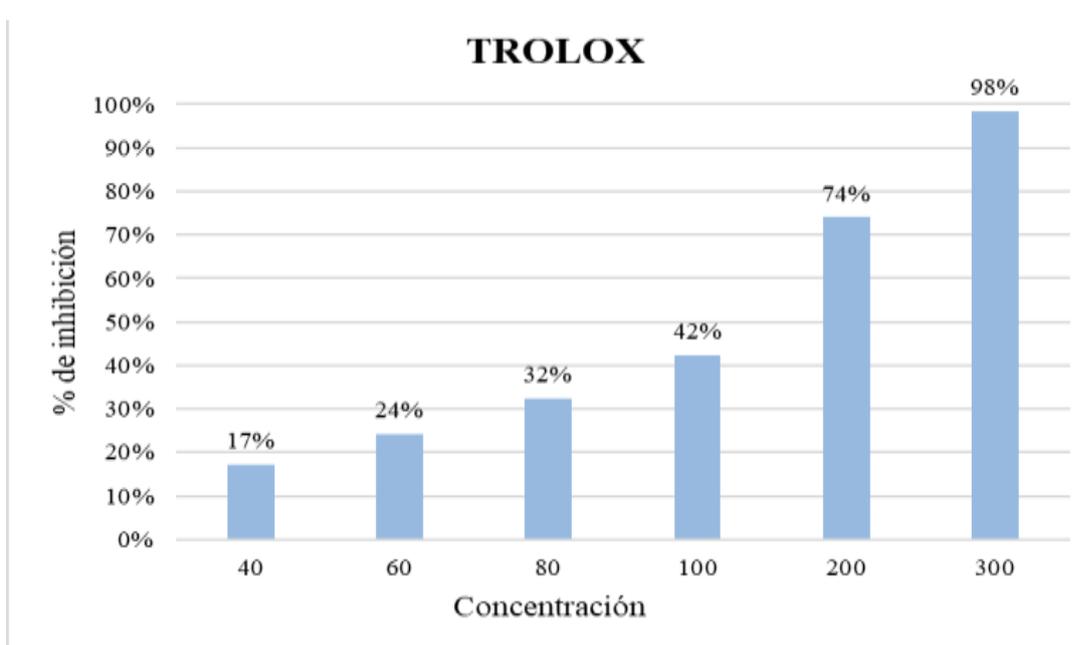
**Tabla 18.** Curva de calibración Trolox

Conc.	Abs	% inhibición
Blanco (EtOH 80%)	0,654	-
40	0,542	17%
60	0,495	24%
80	0,443	32%
100	0,378	42%
200	0,17	74%
300	0,01	98%

Elaborado por: Las autoras, 2024



<b>Intercepto</b>	0,622887809
<b>Pendiente</b>	-0,00213874



**Tabla 19.** Concentración y % de Inhibición de los extractos de *Scoparia dulcis*

Actividad antioxidante				
Muestras	Extractos	Abs	% de inhibición	Concentración (mg Eq Trolox/L)
<b>Blanco</b>	Etanol 80%	0,654	-	-
1	Etanol+	0,047	93%	895,81

	metanol hojas			
2	Etanol+ metanol tallos	0,143	78%	188,55
3	Metanol hojas	0,014	98%	236,12
4	Etanol tallos	0,231	65%	624,37
5	Etanol + H <sub>2</sub> O hojas	0,02	97%	233,91
6	Metanol tallos	0,012	98%	236,86
7	Etanol hojas	0,075	89%	854,50
8	Etanol + H <sub>2</sub> O hojas	0,011	98%	237,23

Elaborado por: Las autoras, 2024

**Tabla 20.** Concentración corregida de los extractos 1,4 y 7

Muestras	Extractos	Concentración (d:4)	Concentración corregida
1	Etanol+ metanol hojas	895,81	223,9525
4	Etanol tallos	624,37	156,0925
7	Etanol hojas	854,5	213,625

Elaborado por: Las autoras, 2024

#### 4.2.3. Determinación del IC50 por el método ABTS.

Se utilizó la ecuación de la curva de calibración del estándar trolox frente a los radicales libres de ABTS para determinar el IC50, y fueron expresados en mg Eq Trolox/L.

$$50\% \text{ blanco} = x + b$$

$$50\% (0,654) = -0,0021x + 0,6229$$

$$0,327 = -0,0021x + 0,6229$$

$$-0,0021x = 0,327 - 0,6229$$

$$x = 140,905$$

-Se necesita 140,905 mg Eq trolox/L para inhibir el 50% de la actividad antioxidante. Se calculó el IC 50 de cada muestra con la siguiente ecuación:

$$IC_{50} = \frac{(\text{concentración de cada muestra} \times 50\%)}{140,905}$$

**Tabla 21.** Determinación del IC50 de las muestras

ABTS	
Muestras de extracto	IC50 (mg/L)
1. Etanol-Metanol hojas	79,47
2. Etanol-Metanol tallos	67,03
3. Metanol hojas	83,93
4. Etanol tallos	55,39
5. Hidroalcohólico hojas	83,21
6. Metanol tallos	84,03
7. Etanol hojas	75,80
8. Hidroalcohólico tallos	84,15

Elaborado por: Las autoras, 2024

Los valores de IC50 varían entre 55,39 y 84,15 mg/L, lo que indica una variabilidad en la capacidad antioxidante entre las muestras, influyendo el solvente utilizado y la parte de la planta.

Las muestras 4 y 2 (Etanol tallos y Etanol-Metanol tallos) tienen los valores de IC50 más bajos (55,39 y 67,03 mg/L, respectivamente), lo que sugiere una mayor capacidad antioxidante en comparación con las otras muestras. Por otro lado, tenemos las muestras 6, 8 y 5 (Metanol tallos, Hidroalcohólico tallos y hojas), que tienen los valores de IC50 más altos (84,03, 84,15 y 83,21 mg/L, respectivamente), lo que indica una menor capacidad antioxidante en comparación con las otras muestras. Sin embargo, al comparar los valores de IC50 con el valor de referencia de Trolox (140,905 mg Eq Trolox/L), se puede observar que todas las muestras tienen una capacidad antioxidante más alta que el estándar.

### 4.3. Porcentaje de inhibición de las diferentes muestras por los 2

métodos **Tabla 22.** Porcentaje de Inhibición de las muestras

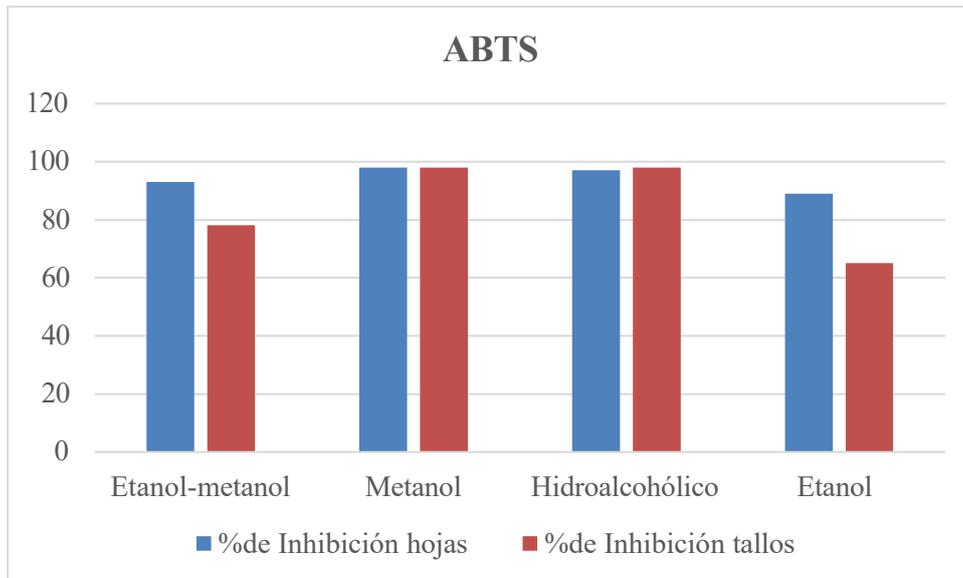
Muestras	% de Inhibición DPPH	% de Inhibición ABTS
Etanol-Metanol hojas	13,92	93
Etanol-Metanol tallos	6,12	78
Metanol hojas	8,07	98
Etanol tallos	10,79	65
Hidroalcohólico hojas	30,15	97
Metanol tallos	4,20	98
Etanol hojas	10,30	87
Hidroalcohólico tallos	13,43	98

Elaborado por: Las autoras, 2024

**Tabla 23.** Porcentaje de Inhibición de las muestras por el método ABTS

Extractos	%de Inhibición hojas	%de Inhibición tallos
Etanol-metanol	93	78
Metanol	98	98
Hidroalcohólico	97	98
Etanol	89	65

Elaborado por: Las autoras, 2024

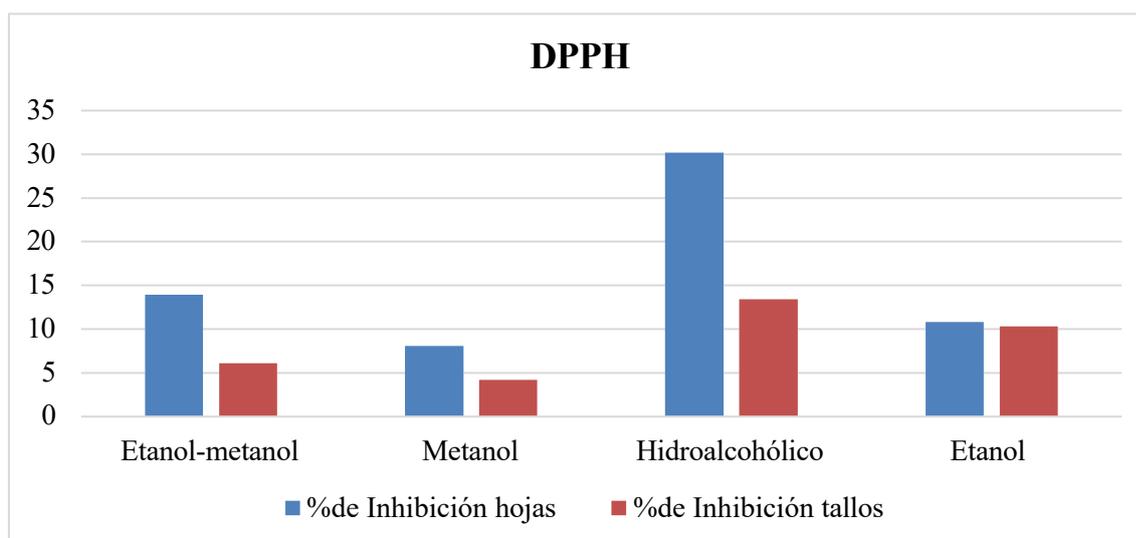


Los resultados de la capacidad antioxidante en *Scoparia dulcis* indican que las hojas tienen una mayor eficacia que los tallos, el extracto metanólico de las hojas tuvo el mayor porcentaje de inhibición (98%), seguido por el extracto hidroalcohólico (97%) y el extracto etanólico-metanólico (93%). El extracto etanólico de las hojas, por otro lado, demostró una capacidad antioxidante moderada (89%). Los porcentajes de inhibición de los tallos fueron altos, pero en general menores que los de las hojas, excepto en el extracto metanólico (97%) y el hidroalcohólico (98%), que mostraron un valor de inhibición similar al de las hojas (98%). Estos hallazgos indican que las hojas de *Scoparia dulcis* son el componente de la planta que puede ser utilizado como fuente de antioxidantes, y en los tallos, teniendo en cuenta que para esta parte debe utilizarse en extracto metanólico e hidroalcohólico.

**Tabla 24.** Porcentaje de Inhibición de las muestras por el método DPPH

Extractos	%de Inhibición hojas	%de Inhibición tallos
Etanol-metanol	13,92	6,12
Metanol	8,07	4,2
Hidroalcohólico	30,15	13,43
Etanol	10,79	10,3

Elaborado por: Las autoras, 2024



Los resultados obtenidos en la determinación de antioxidantes por DPPH en *Scoparia dulcis* indican que las hojas poseen una mayor capacidad antioxidante en comparación con los tallos. El extracto hidroalcohólico de las hojas mostró el mayor porcentaje de inhibición (30,15%), seguido por el extracto etanol-metanol (13,92%), el extracto metanólico (8,07%) y el extracto etanólico (10,79%). En contraste, los tallos mostraron porcentajes de inhibición significativamente menores, excepto en el caso del extracto etanólico, que presentó un valor similar al de las hojas (10,3%). Estos resultados sugieren que las hojas de *Scoparia dulcis* son la parte de la planta con mayor potencial para ser utilizada como fuente de antioxidantes.

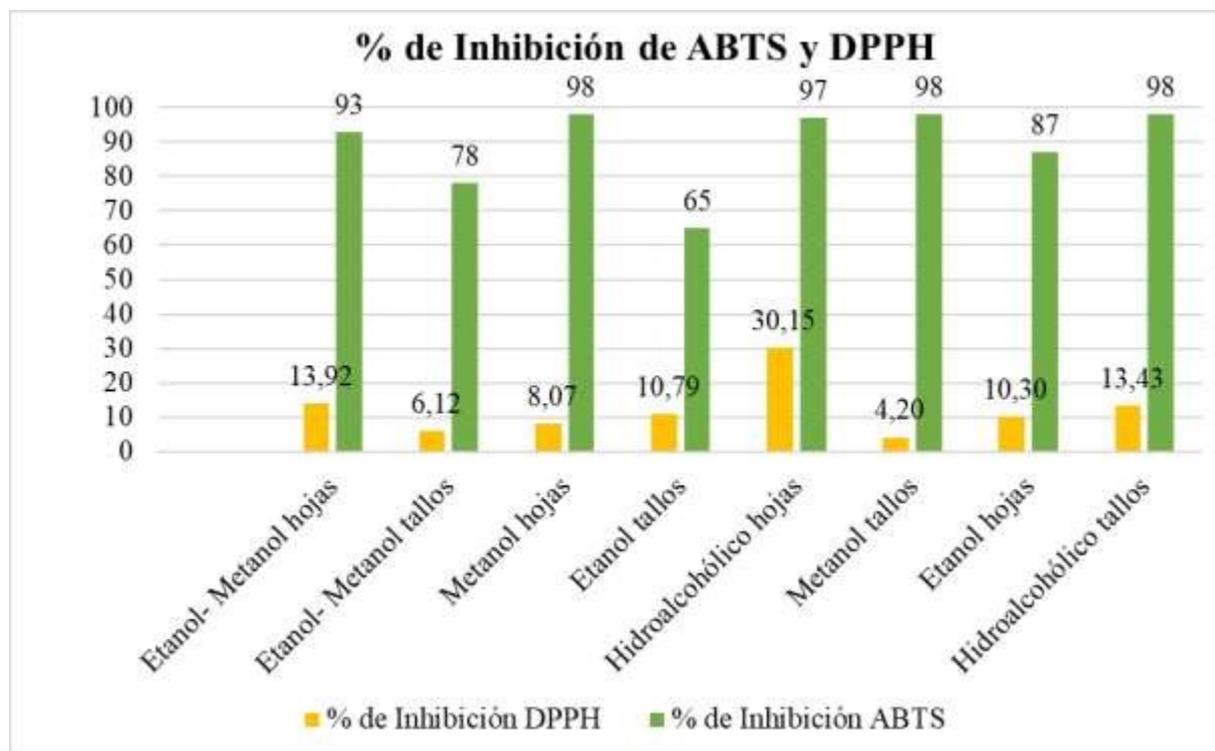
#### 4.4. Correlación entre los métodos DPPH y ABTS

**Tabla 25.** Porcentaje de Inhibición de las muestras

Muestras de extractos	% de Inhibición DPPH	% de Inhibición ABTS
Etanol-Metanol hojas	13,92	93
Etanol-Metanol tallos	6,12	78
Metanol hojas	8,07	98
Etanol tallos	10,79	65
Hidroalcohólico hojas	30,15	97
Metanol tallos	4,20	98
Etanol hojas	10,30	87

Hidroalcohólico tallos	13,43	98
------------------------	-------	----

Elaborado por: Las autoras, 2024



**Tabla 26.** Correlación de las muestras entre los 2 métodos

#### ABTS

	Abs	% de inhibición
Abs	1	
% de inhibición	-1	1

#### DPPH

	Abs	% de Inhibición
Abs	1	
% de Inhibición	-0,7870100	1

Elaborado por: Las autoras, 2024

Se observó una correlación negativa con un coeficiente de correlación de -0,787 con el método de DPPH. Esto sugiere una relación inversa moderada a fuerte, donde a medida que la absorbancia de las muestras con DPPH disminuye, el % de inhibición aumenta.

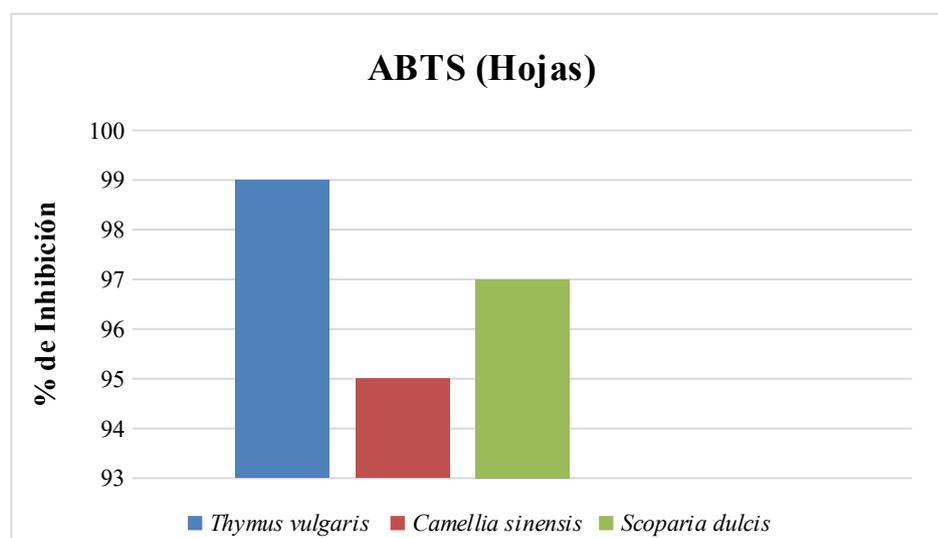
Por otro lado, se encontró una correlación perfectamente inversa entre la absorbancia

de las muestras con ABTS y el % de inhibición, con un coeficiente de correlación de  $-1$ , lo cual indica una relación inversamente proporcional.

#### 4.5. Comparación en muestras diferentes utilizando el método ABTS

**Tabla 27.** Comparación del % de Inhibición por ABTS

ABTS	
Muestra (hojas)	% de Inhibición
<i>Thymus vulgaris</i> (tomillo)	99
<i>Camellia sinensis</i> (té verde)	95
<i>Scoparia dulcis</i> (teatina)	97



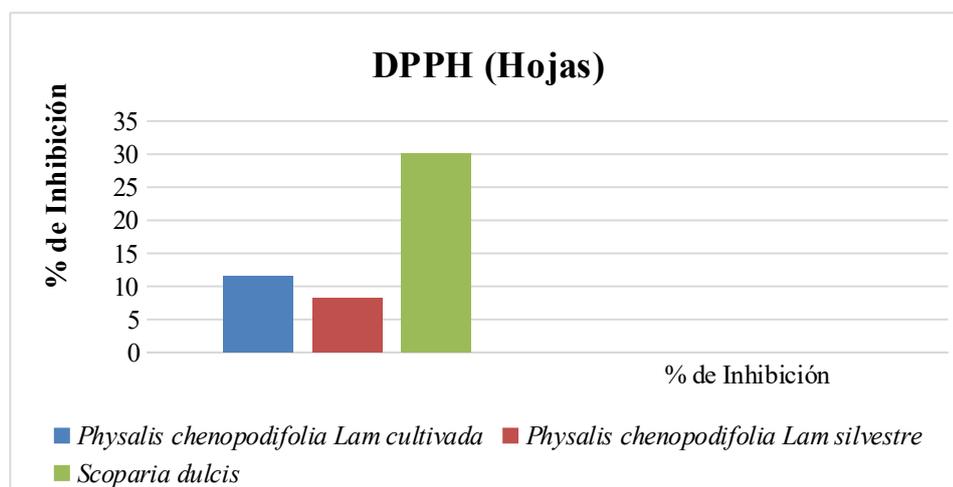
Elaborado por: Las autoras, 2024

La capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico de hojas de teatina (*Scoparia dulcis*) mostró una inhibición del 97%, similar con el extracto de hojas de té verde (*Camellia sinensis*), que tiene una tasa de inhibición del 95 % según Senanayake (2013) en “Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications – A review”, también es comparable a la inhibición del 99% reportada para el extracto de tomillo (*Thymus vulgaris*) como lo indica Kulisic et al (2005).

#### 4.6. Comparación en muestras diferentes utilizando el método DPPH

**Tabla 28.** Comparación del % de Inhibición por DPPH

DPPH	
Muestras (hojas)	% de Inhibición
<i>Physalis chenopodifolia</i> Lam cultivada	11,5
<i>Physalis chenopodifolia</i> Lam silvestre	8,28
<i>Scoparia dulcis</i>	30,15



Elaborado por: Las autoras, 2024

El extracto hidroalcohólico en hojas de *Scoparia dulcis* presentó un 30% de inhibición, superando a *Physalis chenopodifolia* Lam. cultivada que posee un 11% y asimismo a la silvestre con un 8% según un estudio realizado por Barrientos et al. (2019).

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

El análisis fitoquímico de *Scoparia dulcis* revela un perfil de compuestos bioactivos con potencial terapéutico, incluyendo alcaloides, lactonas, taninos, fenoles, flavonoides, cumarinas y carbohidratos. Estos hallazgos sugieren que la planta es una fuente prometedora de compuestos para la biotecnología, particularmente en el desarrollo de nuevos fármacos y productos naturales con propiedades terapéuticas mejoradas. La comprensión de las vías biosintéticas de estos compuestos podría permitir a la ingeniería genética y la manipulación metabólica mejorar su producción y eficacia. Además, la biotecnología podría ser utilizada para desarrollar métodos de extracción y purificación más eficientes de estos compuestos, facilitando su uso en la industria farmacéutica y cosmética.

Los extractos hidroalcohólicos mostraron un medio-alto porcentaje de inhibición mediante DPPH, con un 30,15% en hojas y 13,43% en tallos, indicando que el solvente (etanol 80% y H<sub>2</sub>O 20%) es más efectivo para capturar radicales libres en hojas que en tallos. En contraste, el método ABTS no mostró diferencias significativas en los porcentajes de inhibición, con un 97% en hojas y 98% en tallos, sugiriendo que, con este solvente y método, hojas y tallos tienen una actividad antioxidante similar.

Los extractos de hojas muestran una mayor concentración de compuestos antioxidantes cuando se utilizan solventes combinados como etanol-metanol o etanol puro, ya que, a pesar de diluir las muestras cuatro veces en etanol al 80%, aún mantienen una alta capacidad antioxidante según el método ABTS. Sin embargo, otros extractos con diferentes solventes también presentan altos porcentajes de capacidad antioxidante sin necesidad de dilución. En cuanto al método DPPH, se observan altos porcentajes de actividad antioxidante en tallos y hojas con diferentes solventes, destacando que los extractos metanólicos e hidroalcohólicos presentan el mayor porcentaje de inhibición tanto de hojas como de tallos. Estos resultados demuestran que los solventes hidroalcohólicos tienen un

mayor rendimiento debido a su capacidad para solubilizar compuestos antioxidantes en ambas partes de la planta, en comparación con solventes puros como metanol y etanol.

La correlación entre los métodos DPPH y ABTS fue moderada a fuerte, con un coeficiente de correlación de -0,7870100. Estos resultados sugieren que ambos métodos son efectivos para evaluar la capacidad antioxidante de las muestras de *Scoparia dulcis*, aunque la correlación de ABTS es más fuerte y proporcional.

## 5.2. Recomendaciones

- Realizar estudios más profundos para caracterizar y cuantificar los compuestos fitoquímicos presentes en los extractos de *Scoparia dulcis*, mediante análisis avanzados como HPLC o espectrometría de masas, y evaluar la actividad biológica de los compuestos identificados.
- Preparar las soluciones de DPPH el mismo día de la prueba y almacenarlas en frascos ámbar en la oscuridad, manteniendo la temperatura constante.
- Evaluar y contrastar los resultados obtenidos mediante los métodos antioxidantes para garantizar y confirmar la efectividad de su capacidad antioxidante.
- Explorar el potencial de los extractos de *Scoparia dulcis* como ingredientes naturales en la industria alimentaria y farmacéutica, realizando estudios in vivo para comprobar su eficacia y seguridad como antioxidantes.
- Evaluar su posible aplicación en la prevención y tratamiento de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Aguilera Ortiz, M., Reza Vargas, M. del C., Chew Madinaveitia, R. G., & Meza Velázquez, J. A. (s. f.). Propiedades funcionales de las antocianinas. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*.  
<https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971155002.pdf>

Angel. (2023, April 6). *Descubre qué son los extractos vegetales y por qué son tan necesarios*. José Morera S.L. <https://morera.com/descubre-que-son-los-extractos-vegetales-y-por-que-son-tan-necesarios/>

Almeida, M. M. B., De Sousa, P. H. M., Arriaga, Â. M. C., Prado, G. M. D., De Carvalho Magalhães, C. E., Maia, G. A., & De Lemos, T. L. G. (2011). Bioactive compounds and antioxidant activity of fresh exotic fruits from northeastern Brazil. *Food Research International*, 44(7), 2155-2159. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.03.051>

Antezana, A. P. R., Vizaluque, B. E., Aliaga-Rossel, E., Tejada, L., Book, O., Mollinedo, P., & Peñarrieta, J. M. (2018). *DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE TOTAL, FENOLES TOTALES, y LA ACTIVIDAD ENZIMÁTICA EN UNA BEBIDA NO LÁCTEA EN BASE a GRANOS DE CHENOPODIUM*

*QUINOA*. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426358213006/html/>

ARONES-JARA, Marco Rolando et al. Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú. *Rev. Soc. Quím. Perú* [online]. 2022, vol.88, n.2, pp.165-179. Epub 30- Oct-2022. ISSN 1810-634X.  
<http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>.

Babincová M. and Sourivong P., Free radical scavenging activity of *Scoparia dulcis* extract, *Journal of Medicinal Food*. (2001) 4, no. 3, 179–181,  
<https://doi.org/10.1089/109662001753165765>, 2-s2.0-0034791744.

Barrera, A. J. L., Martínez, M. M., & Alarcón, A. B. (2016, October 6). *Parámetros de calidad de drogas y extractos empleados en la elaboración de una formulación expectorante*. López Barrera | Revista Cubana De Farmacia. <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/29/33>

Benítez-Benítez, R., Sarria-Villa, R. A., Gallo-Corredor, J. A., Pacheco, N. O. P., Sandoval, J. H. Á., & Aristizabal, C. I. G. (2020). Obtención y rendimiento del extracto etanólico de dos plantas medicinales. *Revista Facultad De Ciencias Bá Sicas*, 15(1), 31–40. <https://doi.org/10.18359/rfcb.3597>

Bekers, K. M., Heijnen, J. J., & Van Gulik, W. M. (2015). Determination of their vivo NAD:NADH ratio in *Saccharomyces cerevisiae* under anaerobic conditions, using alcohol dehydrogenase as sensor reaction. *Yeast*, 32(8), 541–557. <https://doi.org/10.1002/yea.3078>

Bekers, M., et al. (2015). Estudio de la dinámica de azúcares en plantas. *Journal of Plant Physiology*, 188, 12-20.

Bergman, M., Varshavsky, L., Gottlieb, H. E., & Grossman, S. (2001). The antioxidant activity of aqueous spinach extract: chemical identification of active fractions. *Phytochemistry*, 58(1), 143-152. [https://doi.org/10.1016/s0031-9422\(01\)00137-6](https://doi.org/10.1016/s0031-9422(01)00137-6)

Bibiana, E. Z., Andrea, F. S., & Alejandro, M. M. (n.d.). *Evaluación de la actividad antioxidante y determinación del contenido de compuestos fenólicos en extractos de macroalgas del Caribe Colombiano*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0121-40042009000100015&lang=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042009000100015&lang=es)

Carrión, N. (2023, April 30). Ecuador y la biotecnología en un contexto regional:

Allbiotech como catalizador del cambio. Catálisis. <https://www.catalisisec.com/post/ecuador-allbiotech>

Casado Villaverde, I. (2018). *Optimización de la extracción e aceites esenciales por destilación en corriente de vapor* [Universidad politécnica de Madrid]. [https://oa.upm.es/49669/1/TFG\\_IRENE\\_CASADO\\_VILLAVERDE.pdf](https://oa.upm.es/49669/1/TFG_IRENE_CASADO_VILLAVERDE.pdf)

Chadwick, M., Trewin, H., Gawthrop, F., & Wagstaff, C. (2013). Sesquiterpenoids Lactones: Benefits to plants and people. *International Journal of Molecular Sciences*, 14(6), 12780–12805. <https://doi.org/10.3390/ijms140612780>

Colina Ramos, A. C. (2016). Análisis fitoquímico, determinación cualitativa y cuantitativa de flavonoides y taninos, actividad antioxidante, antimicrobiana de las hojas de “Muehlenbeckia hastulata (JE Sm) IM Johnst” de la zona de Yucay (Cusco).

Coulibaly A. Y., Kiendrebeogo M., Kehoe P. G., Sombie P. A. E. D., Lamien C. E., Millogo J. F., and Nacoulma O. G., Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Scoparia dulcis* L., *Journal of Medicinal Food*. (2011) 14, no. 12, 1576– 1582, <https://doi.org/10.1089/jmf.2010.0191>, 2-s2.0-83455262909.

De Castro, M. L., & García -Ayuso, L. (1998). Soxhlet extraction of solid materials: an outdated technique with a promising innovative future. *Analytica Chimica Acta*, 369(1–2), 1–10. [https://doi.org/10.1016/s0003-2670\(98\)00233-5](https://doi.org/10.1016/s0003-2670(98)00233-5)

Deici, M. U. Y. (2022, June 28). *Aplicación de diferentes métodos de extracción para la obtención de escualeno a partir de la especie Bellucia pentamera Naudin.*

Repositorio Institucional Séneca.  
<https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/250b3417-1273-4ee3-a2c0-1c2a6759af83>

De La Luz Lérica, A., Caridad, C. G., & Ramos, R). *Control de calidad de drogas vegetales: lavado y desinfección de Artemisia annua L. y Tagetes lucida Cav.*

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1028-](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-)

[47962012000100011](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962012000100011)

Deng, J., Xiang, Z., Lin, C., Zhu, Y., Yang, K., Liu, T., Xia, C., Chen, J., Zhang, W., Zhang, Y., & Zhu, B. (2021). Identification and quantification of free, esterified, and insoluble-bound phenolics in grains of hullless barley varieties and their antioxidant activities. *LWT*, *151*, 112001. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112001>

Díaz Puentes, L. N. (2009, July 1). *Interacciones moleculares entre plantas y microorganismos: saponinas como defensas químicas de las plantas y su tolerancia a los microorganismos* [Video].

<https://www.redalyc.org/pdf/1792/179214945004.pdf>

Edeoga, H. O., D. E. Okwu and B. O. Mbaebie (2005). Phytochemical constituents of some Nigerian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, vol. 4, pp. 685–688.

Elías, R. M., & De Cantabria, U. (2017, June 26). *Los compuestos fenólicos en el aceite de oliva/hoja de olivo: propiedades beneficiosas*. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/11758>

Eva, G. C. (2004, June 1). *Compuestos fenólicos. Un análisis de sus beneficios para la salud*. Offarm. <https://www.elsevier.es/es-revista-offarm-4-articulo-compuestos-fenolicosun-analisis-sus-13063508>

*Evaluación de la actividad antioxidante y antiinflamatoria de extractos de la planta medicinal Baccharis macrantha – INABIO*. (2022, June 21).

<http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2022/06/21/evaluacion-de-la-actividad-antioxidante-y-antiinflamatoria-de-extractos-de-la-planta-medicinal-baccharis-macrantha/>

Firdouse, S. and P. Alam (2011). Phytochemical Investigation of extract of *Amorphophallus campanulatus* tubers. *International Journal of Phytomedicine*, 3: 32-35.

García, D. E. (2004). *Los metabolitos secundarios de las especies vegetales*. [https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5D=795)

[B%5D=795](https://payfo.ihatuey.cu/index.php?journal=pasto&page=article&op=view&path%5D=795)

García, A. P., Tamargo, B., Salas, E., Acevedo, R., & Sierra, G. (2020). Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindus saponaria* L que crece en Cuba. *Bionatura*, 5(3), 1209–1214. <https://doi.org/10.21931/rb/20120.05.03.7>

Granados, C., Yáñez, X., & Acevedo, D. (2014). Evaluación de la Actividad Antioxidante del Aceite Esencial Foliar de *Myrcianthes leucoxyla* de Norte de Santander (Colombia). *Información Tecnológica*, 25(3), 11–16. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642014000300003>

Hayashi T, Kawasaki M, Miwa Y, Taga T, Morita N. Antiviral agents of plant origin. III. Scopadulin, a novel tetracyclic diterpene from *Scoparia dulcis* L. *Chem Pharm Bull* (Tokyo). 1990 Apr;38(4):945-7. doi: 10.1248/cpb.38.945. PMID: 2379289.

Hayashi T, Goton K, Kiyoshi O, Okamura K, Asamizu T. 1994. 6-Methoxy-2-benzoxazolinonein *Scoparia dulcis* and its production by cultured tissues. *Phytochemistry* 37: 1611–1614.

Henning, C. P., Ringuet, J. A., & Viña, S. Z. (2013). *Compuestos secundarios nitrogenados: alcaloides*. <https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/155455>

Hernández-Bernal, A. F., Gregorio-Jorge, J., & León, P. (2022). El papel de los azúcares como moléculas de señalización en las plantas. *Deleted Journal*, 25. <https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.519>

Hieu, B. T. N., Anh, N. T. N., Audira, G., Juniardi, S., Liman, R. A. D., Villaflores, O. B., Lai, Y., Chen, J., Liang, S., Huang, J., & Hsiao, C. (2020). Development of a Modified Three-Day T-maze Protocol for Evaluating Learning and Memory Capacity of Adult Zebrafish. *International Journal Of Molecular Sciences*, 21(4), 1464. <https://doi.org/10.3390/ijms21041464>

Jara, M. R. A., Landeo, E. C., Molero, H. R. L., Vilcatoma, S. M. B., & Quispe, M. G. (2022). TAMIZAJE FITOQUÍMICO, CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS y POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE TRECE PLANTAS MEDICINALES DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS DEL BOSQUE DE PIEDRAS DE HUARACA EN PERÚ. *Revista de la Sociedad Química del Perú/Revista de la Sociedad Química del Perú*, 88(2). <https://doi.org/10.37761/rsqp.v88i2.388>

Jesús, R. F., & De Cantabria, U. (2017, September 18). *Síntesis y propiedades magnéticas de un nuevo tipo de ferrofluido utilizando líquidos iónicos magnéticos*. UCrea Repositorio Abierto De La Universidad De Cantabria. <https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/12582>

Jiang, Z., Sung, J., Wang, X., Zhang, Y., Wang, Y., Zhou, H., & Wen, L. (2021). A review on the phytochemistry and pharmacology of the herb *Scoparia dulcis* L. for the potential treatment of metabolic syndrome. *RSC Advances*, 11(50), 31235–31259. <https://doi.org/10.1039/d1ra05090g>

José. (2024). Extracción sólido-líquido (Soxhlet). *De Química*. <https://www.dequimica.info/extraccion-solido-liquido/>

Karlsson, A., Kotol, D., Zeckey, L., Piazza, I., Syrén, P., Edfors, F., & Hudson, E. P. (2023). Metabolite interactions in the bacterial Calvin cycle and implications for flux regulation. *Communications Biology*, 6(1). <https://doi.org/10.1038/s42003-023-05318-8>

Kancherla N, Dhakshinamoothi A, Chitra K, Komaram RB. Preliminary Analysis of Phytoconstituents and Evaluation of Anthelmintic Property of *Cayratia auriculata* (In Vitro). *Maedica (Bucur)*. 2019 Dec;14(4):350-356. doi: 10.26574/maedica.2019.14.4.350.

Kulisic, T. & Radonić, Ani & Milos, Mladen. (2005). Antioxidant properties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) essential oils. *Italian Journal of Food Science*. 17. 315-324.

Kumar, G. S., K. N. Jayaveera, C. K. Kumar, U. P. Sanjay, B. M. Swamy and D. V. Kumar (2007). Antimicrobial effects of Indian medicinal plants against acne inducing bacteria. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, vol. 6,no.2, pp.717–723.

Kumar, S., & Pandey, A. K. (2013). Chemistry and Biological Activities of Flavonoids: An Overview. *the Scientific World Journal/TheScientificWorldjournal*, 2013, 1–16.

A review on the phytochemistry and pharmacology of the herb *Scoparia dulcis* L. for the potential treatment of metabolic syndrome - RSC Advances (RSC Publishing)

Kumar, V., & Sharma, A. (2019). Cumarinas: una revisión de sus propiedades farmacológicas y aplicaciones. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 71(8), 1131-1144.

Kuskoski, E. M.; Asuero, A. G.; Troncoso, A.; MMancini-Filho, J. y Fett, R. 2005. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 25(4):726-732.

Kuzhuppillymyal-Prabhakarankutty, L., Martínez-Meléndez, A., &Cruz-López, F. (2023). Los metabolitos secundarios como agentes antimicrobianos. *Biología Y Sociedad*, 6(12), 33–40. <https://doi.org/10.29105/bys6.12-94>

Lalitha, T. P. and P. Jayanthi (2012). Preliminary studies on phytochemicals and antimicrobial activity of solvent extracts of *Eichhornia crassipes*(Mart.) Solms. *Asian Journal of Plant Science and Research*, 2(2): 115-122.

Latha M, Pari L, Ramkumar KM, et al. 2009. Antidiabetic effects of scoparic acid disolated from *Scoparia dulcis* in rats with streptozotocin-induced diabetes. *Nat Prod Res* 23: 1528–40.

Latha M. and Pari L., Modulatory effect of *Scoparia dulcis* in oxidativestress-induced lipid peroxidation in Streptozotocin diabetic rats, *Journal of MedicinalFood*. (2003) 6, no. 4, 379–386, <https://doi.org/10.1089/109662003772519958>, 2- s2.0-1642535367.

Latha M., Pari L., Sitasawad S., and Bhonde R., *Scoparia dulcis*, a traditional antidiabetic plant, protects against streptozotocin induced oxidative stressand apoptosis *in vitro* and *in*

*vivo*, *Journal of Biochemical and Molecular Toxicology*. (2004) 18, no. 5, 261–272, <https://doi.org/10.1002/jbt.20035>, 2-s2.0-7744223453.

Liu, Q., Yang, Q., Hu, H., Yang, L., Yang, Y., Chou, G., & Wang, Z.(2014). Bioactive Diterpenoids and Flavonoids from the Aerial Parts of *Scoparia dulcis*. *Journal Of Natural Products*, 77(7), 1594-1600.

<https://doi.org/10.1021/np500150f>

Lopez, M., & Luque de Castro, M. (2020). Manuales de ciencia de la separación. *Extraccion soxhlet*, 327-354.

Martínez-Trinidad, T., Plascencia-Escalante, F. O., & Islas-Rodríguez, L. (2013). RELATIONSHIP BETWEEN CARBOHYDRATES AND VITALITY IN URBAN TREES. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente (En Línea)/Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente*, XIX(3), 459–468. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2012.03.016>

McDonald, S., Prenzler, P., Antolovich, M., & Robards, K. (2001). Phenolic content and antioxidant activity of olive extracts. *Food Chemistry*, 73(1), 73-84. [https://doi.org/10.1016/s0308-8146\(00\)00288-0](https://doi.org/10.1016/s0308-8146(00)00288-0)

Mishra MR, Behera RK, Jha S, Panda AK, Mishra A, Pradhan DK, Choudary PR. A Brief Review on Phytoconstituents and Ethnopharmacology of *Scoparia Dulcis* Linn, *Int JPhytomedicine*, 2011, 3, 422-438

Mishra MR, Mishra A, Pradhan DK, Panda AK, Behera RK, Jha S. 2013. Antidiabetic and antioxidant activity of *Scoparia dulcis*. *Indian J Pharm Sci* 75:610–614.

Murti K, Panchal M, Taya P, Singh R. Pharmacological properties of *Scoparia Dulcis*: Review. *Pharmacologia* 2012; 3(8): 344-347.

Okoduwa, S. I., Abdulwaliyu, I., Igiri, B. E., Arekemase, S. O., Okoduwa, U. J., Itiat, J. F., Egbule, M. N., & Mustapha, R. A. (2024). Multi-therapeutic potential of flavonoids

as an essential component in nutraceuticals for the treatment and management of human diseases. *Phytomedicine Plus*, 4(2), 100558. <https://doi.org/10.1016/j.phyplu.2024.100558>

Oliva, S. a. A. *Destilación por Arrastre de Vapor*. [https://www.academia.edu/32449469/Destilaci%C3%B3n\\_por\\_Arrastre\\_de\\_Vapor?sm=b](https://www.academia.edu/32449469/Destilaci%C3%B3n_por_Arrastre_de_Vapor?sm=b)

Orhue NE J, Nwanze EAC. Scoparia dulcis reduces the severity of Trypanosoma brucei induced hyperlipidaemia in the rabbit, *Afr J Biotechnol*, 2006, 5 (10), 883-887

Orozco, C. I. (1999). Catalogue of the Vascular Plants of Ecuador. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/258345280\\_Catalogue\\_of\\_the\\_Vascular\\_Plants\\_of\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/258345280_Catalogue_of_the_Vascular_Plants_of_Ecuador)

Pablo, C. S. (2009, June 1). *Aprovechamiento de la Scoparia dulcis scrophulariaceae, Oenocarpus batagua Arecaceae, y Solanum brugmancia Solanaceae, en la producción de una pomada antiinflamatoria*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/6927>

Parekh, J. and S. V. Chanda (2007). In vitro antimicrobial activity and phytochemical analysis of some Indian medicinal plants. *Turkish Journal of Biology*, vol. 31, pp. 53–58.

Patra P. K., Debata J., Sravanthi Reddy E., and Samal H. B., Antioxidant study of different extracts of Scoparia dulcis, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*. (2014) 6, no. 1, 600–603, 2-s2.0- 84891961551.

Patra, P. K., Debata, J., Reddy, E. S., & Samal, H. B. (2014). Antioxidant study of different extracts of Scoparia dulcis. *ResearchGate*. [https://www.researchgate.net/publication/267035532\\_Antioxidant\\_study\\_of\\_different\\_extracts\\_of\\_Scoparia\\_dulcis](https://www.researchgate.net/publication/267035532_Antioxidant_study_of_different_extracts_of_Scoparia_dulcis)

Patra, P. K., Dey, A., & Deb, L. (2013, enero). *Evaluation of anti-diarrhoeal activity of ethanolic leaf extract of scoparia dulcis linn on wister albino rats*. researchgate.net.

Recuperado 25 de junio de 2024, de [https://www.researchgate.net/publication/281445827\\_Evaluation\\_of\\_anti-](https://www.researchgate.net/publication/281445827_Evaluation_of_anti-)

diarrhoeal activity of ethanolic leaf extract of Scoparia dulcis Linn on wister albino rats

Pawar, Vikas & Sarawade, Rachana. (2020). Neuroprotective effect of Scoparia dulcis plant extract against Parkinson's model of excitotoxicity in rats and zebrafish model. 18(4). 352–368.

*Plantaginaceae* - *Scoparia dulcis* L. [http://publish.plantnet-project.org/project/riceweeds\\_es/collection/collection/information/details/SCFDU](http://publish.plantnet-project.org/project/riceweeds_es/collection/collection/information/details/SCFDU)

*Phytochemicals*(Guevara,2005).ResearchGate.

<https://www.researchgate.net/topic/Phytochemicals>

Pujol, A., Tamargo, B., Salas, E., Calzadilla, C., Acevedo, R., & Sierra, G. (2020). Tamizaje fitoquímico de extractos obtenidos de la planta *Sapindussaponaria* L que crece en Cuba. *Revista Bionatura*, 5(3), 1209-1214.

<https://www.revistabionatura.com/files/2020.05.03.7.pdf>

Quimicompany. (2024, March 13). *Rotaevaporador de 2 Litros Equipos para laboratorio*.

<https://quimicompany.com.co/product/rotaevaporador-de-2-litros/>

Ratnasooriya, W., Jayakody, J., Premakumara, G., & Ediriweera, E. (2005). Antioxidant activity of water extract of *Scoparia dulcis*. *Fitoterapia*, 76(2), 220–222.

<https://doi.org/10.1016/j.fitote.2004.06.012>

Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999).

Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free*

*Radical Biology & Medicine*, 26(9–10), 1231–1237. [https://doi.org/10.1016/s0891-](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)

[5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/s0891-5849(98)00315-3)

Ringuelet, J. A., Ringuelet, J. A., & Viña, S. Z. (2013). *Terpenoides*.

<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/155457>

Roca, L. B., Guzmán, B. H., Gómez, A. B., Sosa, E. H., Pérez, M. G., & Navarro, B. A.

(2009). Caracterización física y tamizaje fitoquímico de la especie *Tagetes erecta* Lin.

*Revista Cubana*

*de química*, 21(2), 10-15.

Sampietro, A. R., Isla, M., I., Quiroga, E. N., & Vattuone, M. A. (1997). *Importancia del estudio fitoquímico en la formación del profesional farmacéutico*.

<https://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/7145>

*Scoparia dulcis* L. | *Plants of the World Online* | *Kew Science*. ). Plants of the World Online.

<https://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:230902-2/general-information>

Senanayake, S. N. (2013). Green tea extract: Chemistry, antioxidant properties and food applications – A review. *Journal Of Functional Foods*, 5(4), 1529-1541.

<https://doi.org/10.1016/j.jff.2013.08.011>

Sepúlveda Jiménez. (2004). La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Mexicana Fitopatología*. <https://www.redalyc.org/pdf/612/61221317.pdf>

Shah, Pooja & Modi, H.. (2015). Comparative Study of DPPH, ABTS and FRAP Assays for Determination of Antioxidant Activity.

*Scoparia dulcis* L. (*Escobilla*). (s. f.). <https://identify.plantnet.org/es/k-malesia/observations/1015818072>

*Scoparia dulcis*. (n.d.). NCBI. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/datasets/taxonomy/107240/>

*Scoparia dulcis* L. <https://www.worldfloraonline.org/taxon/wfo-0000495138>

Sharapin N, Machado L, Souza E, Rocha E, Valverde E, López J. Fundamentos de Tecnología de Productos Fitoterapéuticos. 2000. [Citado 15 de octubre de 2019];

Disponible en: <https://n9.cl/k7v9>

Singh, N., Bhalla, M., De Jager, P., & Gilca, M. (2011). An Overview on Ashwagandha: A Rasayana (Rejuvenator) of Ayurveda. *African Journal Of Traditional Complementary And Alternative Medicines*, 8(5S). <https://doi.org/10.4314/ajtcam.v8i5s.9>

Singh, P., & Kumar, V. (2020). Cumarinas: un enfoque en su potencial terapéutico y comercial. *Journal of Medicinal Plant Research*, 14(2), 1-9.

Škerget, M., Kotnik, P., Hadolin, M., Hraš, A. R., Simonič, M., & Knez, Ž. (2005). Phenols, proanthocyanidins, flavones and flavonols in some plant materials and their antioxidant activities. *Food Chemistry*, 89(2), 191-198. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.02.025>

Sporre, E., Karlsen, J., Schriever, K., Asplund-Samuelsson, J., Janasch, M., Strandberg, L., Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Hawkins Byrne D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J Food Compos Anal*. 2006;19(6- 7):669-675

Thaipong, K.; Boonprakoba, U.; Crosby, K.; Cisneros-Zevallos, L. and Hawkins. B. D. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J. Food Compos. An*. 19:669-675.

Trease, G. E., & Evans, W. C. (2002). *Farmacognosia*. Interamericana.

WHO (2019). *Medicina tradicional y farmacopea*. Organización Mundial de la Salud.

Yulady, G. F., Marisol, P. S., Rosa, S. Á., & Santana, J. L. *Taninos de diferentes especies vegetales en la prevención del fotoenvejecimiento*. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002001000100003&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002001000100003&script=sci_arttext&tlng=en)

Uma G., Najila Banu A., Sathica Taj J., and Josephine Benedit Bai U., Phytochemical screening and antibacterial activity of *Scoparia dulcis* extracts, *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*. (2014) 7, no. 3, 130–133, 2-s2.0-84904258919.

World Health Organization. (1998). *Quality control methods for medicinal plant materials*. <https://iris.who.int/handle/10665/41986>

Zhang, H., Chen, F., Wang, X., & Yao, H. (2006). Evaluation of antioxidant activity of parsley (*Petroselinum crispum*) essential oil and identification of its antioxidant constituents. *Food Research International*, 39(8), 833-839.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2006.03.007>

Zhang, Q., Lin, L., & Ye, W. (2018). Techniques for extraction and isolation of natural products: a comprehensive review. *Chinese Medicine*, 13(1).

<https://doi.org/10.1186/s13020-018-0177-x>

**ANEXOS**

**RECOLECCIÓN DE MUESTRA**



**LAVADO Y SECADO**



**MOLIENDA Y TAMIZAJE**



### SOXHLET Y ROTAVAPOR



### TAMIZAJE FITOQUÍMICO



### DPPH Y ABTS

