

## **Identificación de los compuestos bioactivos de la teatina (*Scoparia dulces*) procedente del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica Los Pinos**

### **Identification of bioactive compounds of thiatin (*Scoparia dulces*) from the Los Pinos Research and Technology Transfer Center**

Jhon Michael CEDEÑO VELIZ, Wagner GOROZABEL MUÑOZ

Universidad Técnica de Manabí, Facultad de Agrociencias. Chone. Manabí. Ecuador.

Recibido: 23/septiembre/2025. Aceptado: 22/octubre/2025.

#### **RESUMEN**

**Introducción:** La *Scoparia dulcis*, conocida como teatina, es una planta medicinal con reconocidas propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias. Su aprovechamiento científico permite desarrollar productos naturales con potencial terapéutico y agroindustrial. Este estudio evaluó el potencial antioxidante y antimicrobiano de extractos de hojas y tallos de *S. dulcis* recolectados en el Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica (CITT) Los Pinos, mediante técnicas cromatográficas.

**Objetivos:** 1. Caracterizar los compuestos bioactivos de la *S. dulcis* mediante cromatografía. 2. Determinar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de los extractos de hojas y tallos. 3. Evaluar la actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

**Material y Métodos:** Para las variables de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante (ABTS y DPPH), se utilizó un ANOVA de un factor, considerando como variable independiente la parte de la planta (hoja y tallo), con tres réplicas por combinación. Para la actividad antimicrobiana, se empleó un ANOVA factorial de tres vías con diseño completamente al azar, donde los factores fueron: parte de la planta (hoja y tallo), bacteria (*E. coli* y *S. aureus*) y concentración

del extracto (25, 50 y 100 %), con tres réplicas por combinación. Este diseño permitió evaluar efectos principales e interacciones, incluyendo la respuesta dosis dependiente.

**Resultados:** El análisis de los extractos de *Scoparia dulcis* evidenció diferencias significativas entre hojas y tallos en todas las variables evaluadas. Las hojas presentaron mayores concentraciones de fenoles ( $60.68 \pm 1.74$  mg EAG/g) y flavonoides ( $17.96 \pm 0.36$  mg EQ/g), lo que se reflejó en una capacidad antioxidante superior determinada por ABTS ( $2427.22 \pm 69.72$   $\mu$ mol Trolox/g) y DPPH ( $414.66 \pm 21.84$   $\mu$ mol Trolox/g), en comparación con los tallos. En la actividad antimicrobiana, los extractos foliares mostraron halos de inhibición más amplios que los de tallo, siendo *Staphylococcus aureus* más sensible que *Escherichia coli*, con un claro efecto dosis-dependiente entre 25 % y 100 %. Finalmente, el análisis de correlación reveló asociaciones positivas entre fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante, mientras que la actividad antimicrobiana presentó una menor dependencia de estos compuestos, lo que sugiere la participación de otros metabolitos secundarios en la bioactividad de la especie.

**Conclusiones:** Las hojas de *Scoparia dulcis* presentaron mayor contenido de fenoles (60.68 mg EAG/g) y flavonoides (17.96 mg EQ/g), reflejándose en una capacidad antioxidante superior (ABTS: 2427.22  $\mu$ mol Trolox/g, DPPH: 414.66  $\mu$ mol Trolox/g) y una actividad antimicrobiana más efectiva frente a *Staphylococcus aureus* que frente a *Escherichia coli*.

#### **PALABRAS CLAVE**

Antioxidantes, antimicrobianos, agroindustria.

**Correspondencia:**  
Wagner Gorozael Muñoz  
wagner.gorozael@utm.edu.ec

## ABSTRACT

**Introduction:** *Scoparia dulcis*, known as Tiatina, is a medicinal plant with recognized antioxidant, antimicrobial, and anti-inflammatory properties. Its scientific use allows for the development of natural products with therapeutic and agroindustrial potential. This study evaluated the antioxidant and antimicrobial potential of *S. dulcis* leaf and stem extracts collected at the Los Pinos Research and Technology Transfer Center (CITT) using chromatographic techniques.

**Objectives:** 1. To characterize the bioactive compounds of *S. dulcis* using chromatography. 2. To determine the antioxidant and antimicrobial properties of the leaf and stem extracts. 3. To evaluate the antimicrobial activity against *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*.

**Materials and Methods:** For the variables total phenols, total flavonoids, and antioxidant activity (ABTS and DPPH), a one-way ANOVA was used, considering the plant part (leaf and stem) as the independent variable, with three replicates per combination. For antimicrobial activity, a three-way factorial ANOVA with a completely randomized design was used, where the factors were: plant part (leaf and stem), bacteria (*E. coli* and *S. aureus*), and extract concentration (25, 50, and 100%), with three replicates per combination. This design allowed for the evaluation of main effects and interactions, including dose-dependent responses.

**Results:** Analysis of *Scoparia dulcis* extracts showed significant differences between leaves and stems for all the variables evaluated. The leaves presented higher concentrations of phenols ( $60.68 \pm 1.74$  mg EAG/g) and flavonoids ( $17.96 \pm 0.36$  mg EQ/g), which was reflected in a higher antioxidant capacity determined by ABTS ( $2427.22 \pm 69.72$   $\mu$ mol Trolox/g) and DPPH ( $414.66 \pm 21.84$   $\mu$ mol Trolox/g), compared to the stems. In terms of antimicrobial activity, the leaf extracts showed wider inhibition zones than the stem extracts, with *Staphylococcus aureus* being more sensitive than *Escherichia coli*, with a clear dose-dependent effect between 25% and 100%. Finally, correlation analysis revealed positive associations between phenols, flavonoids, and antioxidant capacity, while antimicrobial activity was less dependent on these compounds, suggesting the involvement of other secondary metabolites in the species' bioactivity.

**Conclusions:** *Scoparia dulcis* leaves had higher phenol (60.68 mg EAG/g) and flavonoid (17.96 mg EQ/g) contents, reflected in a higher antioxidant capacity (ABTS: 2427.22  $\mu$ mol Trolox/g, DPPH: 414.66  $\mu$ mol Trolox/g) and more effective antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* than against *Escherichia coli*.

## KEYWORDS

Antioxidants, antimicrobials, agroindustry.

## INTRODUCCIÓN

Las plantas han sido esenciales para los seres humanos, proporcionando beneficios alimenticios, medicinales, insecticidas, combustibles, herramientas y materiales de construcción<sup>1</sup>. Su aprovechamiento sigue siendo objeto de investigación, ya que continuamente se descubren nuevas formas de utilizarlas para mejorar la vida humana. Las plantas medicinales, en particular, han despertado gran interés, y aunque la medicina moderna ha avanzado, siguen siendo de gran utilidad, incluso en áreas donde la medicina occidental no ha logrado soluciones<sup>2</sup>.

La teatina (*Scoparia dulcis*) es una planta ampliamente utilizada en la medicina tradicional, destacándose por su potencial en la prevención y tratamiento de diversas enfermedades debido a sus propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antiinflamatorias y antidiabéticas<sup>3</sup>. Estudios recientes han identificado compuestos bioactivos como flavonoides, alcaloides y terpenoides que confieren a esta planta un amplio espectro de actividades farmacológicas, como la neutralización de radicales libres y la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos<sup>4</sup>. Por ejemplo, investigaciones han demostrado que los extractos de *S. dulcis* poseen una notable capacidad antioxidante y antimicrobiana, lo que reafirma su relevancia en el ámbito de la salud y la farmacología moderna<sup>5</sup>.

Además de su uso medicinal, el análisis científico de esta planta ha permitido descubrir aplicaciones específicas para mitigar el estrés oxidativo y proteger la integridad genética celular<sup>6</sup>. Por ejemplo, se ha identificado que extractos etanólicos y acuosos de *S. dulcis* inhiben significativamente mutaciones inducidas por agentes químicos en modelos celulares, consolidando su potencial como una herramienta preventiva frente a enfermedades degenerativas<sup>7</sup>. Esto posiciona a la teatina como un recurso prometedor para la industria farmacéutica, en el desarrollo de productos naturales seguros y efectivos. Por lo antes expuesto, se plantea la pregunta de investigación:

¿Cuáles son los compuestos bioactivos presentes en la teatina (*Scoparia dulcis*) procedente del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica Los Pinos?

La investigación realizada por<sup>8</sup>, evaluó la actividad antifúngica de los extractos de Escancel (*Aerva sanguinolenta*), Teatina (*Scoparia dulcis* L.) y Sangorache (*Amaranthus hybridus* L.) contra los hongos *Trichoderma*, *Penicillium* y *Aspergillus*, con el objetivo de abordar problemas agroindustriales y patologías en humanos y animales. Se elaboraron extractos utilizando solventes de distinta polaridad y se realizaron pruebas para identificar metabolitos secundarios como compuestos fenólicos, flavonoides, alcaloides, y terpenos, conocidos por su actividad antimicrobiana. Los hongos se aislaron de muestras de suelo y cereales en fermentación, y mediante técnicas de bioautobiografía y difusión en placas se identi-

caron zonas de inhibición y ausencia de crecimiento. Los resultados mostraron que los extractos crudos de las plantas estudiadas tienen una actividad antifúngica significativa, especialmente en sus versiones alcohólicas y acuosas. Se concluye que estos extractos son prometedores para el desarrollo de productos Fito terapéuticos y agroindustriales.

El estudio realizado por<sup>9</sup> evaluó la capacidad antioxidante y el perfil fitoquímico de extractos de brotes de *Scoparia dulcis*, una planta medicinal reconocida en la medicina tradicional. Se prepararon ocho extractos con diferentes disolventes (hidroalcohólico, etanol, metanol y combinaciones de etanol/metanol) y se analizaron mediante los métodos DPPH y ABTS. El extracto hidroalcohólico mostró la mayor capacidad antioxidante, seguido de los extractos metanólico y etanólico. El análisis fitoquímico identificó metabolitos secundarios como alcaloides, lactonas, taninos, fenoles, flavonoides, cumarinas y carbohidratos, asociados a beneficios para la salud. La correlación entre los métodos DPPH y ABTS fue de moderada a fuerte, confirmando su eficacia en la evaluación antioxidante. Los extractos hidroalcohólicos lograron las mayores tasas de extracción de compuestos activos, alcanzando un 93% en hojas y 98% en tallos, comparables a plantas con alta actividad antioxidante como el tomillo y las aceitunas. Este hallazgo refuerza el potencial terapéutico de *Scoparia dulcis* y destaca la utilidad de la biotecnología para optimizar el rendimiento y eficacia de sus extractos. El estudio concluye que los extractos hidroalcohólicos son una opción prometedora para el desarrollo de productos naturales con propiedades antioxidantes y aplicaciones terapéuticas.

El proyecto investigación realizado por<sup>10</sup>, el uso del extracto de sangorache (*Amaranthus hybridus* L.) en la industria alimentaria como alternativa a los colorantes artificiales, cuyos efectos negativos incluyen alergias por consumo prolongado. El objetivo fue determinar el método de extracción, evaluar los componentes bioactivos funcionales e identificar los alimentos más adecuados para incorporar este extracto. Se utilizaron partes de la planta con alta concentración de pigmento, como hojas y glomérulos, para obtener extractos acuosos, lipídico y en polvo. Los análisis químicos confirmaron una abundante presencia de flavonoides, fenoles y betacianinas, demostrando su potencial como extracto funcional. El extracto en polvo tuvo mejor aceptación en alimentos como yogurt y salchichas tipo Vienesas, mostrando que el sangorache es una alternativa viable y saludable para reemplazar colorantes sintéticos en productos alimenticios.

Esta investigación realizada por<sup>11</sup>, evaluó la actividad antimicrobiana in vitro del extracto hidroetanólico de *Eryngium foetidum* frente a *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa*. Mediante encuestas a 115 informantes del cantón Mera, Pastaza, Ecuador, se identificó un uso significativo del 20% de esta planta, lo que justificó su elección para el estudio. Se extrajo el compuesto hidroetanólico y se verificó su calidad y composición fitoquímica, desta-

cando la presencia de saponinas, taninos, fenoles, terpenos, aceites esenciales y alcaloides. Usando el método de dilución en placas, se probaron concentraciones del extracto (50%, 75%, y 100%) contra las cepas bacterianas, logrando una eficiencia germicida superior al 99%. El estudio confirma el potencial de *Eryngium foetidum* como agente antimicrobiano y respalda su uso terapéutico.

En las partes aéreas 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<sup>12</sup> 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.

El desarrollo de esta investigación en el contexto del Centro de Investigación y Transferencia Tecnológica (CITT) Los Pinos refuerza el compromiso con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales locales. La caracterización de los compuestos bioactivos de la teatina permitirá identificar las moléculas responsables de sus propiedades funcionales, ofreciendo una base científica sólida para su potencial uso comercial. Además, evaluar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de sus extractos no solo aportará al conocimiento académico, sino que también impulsará el diseño de productos innovadores que respondan a las demandas actuales de soluciones más seguras y naturales en diversos sectores.

En términos de impacto para la agroindustria, este estudio tiene el potencial de promover el aprovechamiento integral y sostenible de *Scoparia dulcis*, posicionándola como un recurso estratégico para el desarrollo de bioproductos. La identificación de compuestos bioactivos y su caracterización funcional podría impulsar la creación de extractos naturales con aplicaciones en la conservación de alimentos, bioplaguicidas y suplementos nutricionales, alineándose con las tendencias globales hacia procesos más sostenibles y productos libres de químicos sintéticos. Al fortalecer la cadena de valor agroindustrial, esta investigación abre oportunidades para diversificar las actividades productivas.

### Objetivo General

Evaluar el potencial antioxidante y antimicrobiano mediante cromatografía en plantas de teatina (*Scoparia dulcis*) obtenidas del CITT- Los Pinos

## Objetivos Específicos

1. Caracterizar los compuestos bioactivos de la Tiatina (*Scoparia dulces*) mediante cromatografía.
2. Determinar las propiedades antioxidantes y antimicrobianas de los extractos de teatina.
3. Realizar ensayos antimicrobianos para evaluar la actividad de los extractos de teatina (*Scoparia dulcis*) frente a microorganismos patógenos de interés.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización de la investigación

El estudio se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Agrociencias de la Universidad Técnica de Manabí, ubicados en el cantón Chone, Ecuador, cuyas coordenadas geográficas son 0°41'19.0" de latitud sur y 80°7'25.1" de longitud oeste, a una altitud de 16 m s. n. m. El área presenta una precipitación anual de 665 mm, una evaporación de 1407 mm y una temperatura ambiente promedio de 34°C como máxima y 19,3°C como mínima.

### Diseño de investigación

Para las variables de fenoles totales, flavonoides totales y actividad antioxidante (ABTS y DPPH), se utilizó un ANOVA de un factor, considerando como variable independiente la parte de la planta (hoja y tallo), con tres réplicas por combinación. Para la actividad antimicrobiana, se empleó un ANOVA factorial de tres vías con diseño completamente al azar, donde los factores fueron: parte de la planta (hoja y tallo), bacteria (*E. coli* y *S. aureus*) y concentración del extracto (25, 50 y 100 %), con tres réplicas por combinación. Este diseño permitió evaluar efectos principales e interacciones, incluyendo la respuesta dosis dependiente.

### Obtención de las plantas

Las muestras de *Scoparia dulcis* fueron recolectadas en el Centro de Investigación, Transferencia de Tecnología y Producción (CITT) – Los Pinos. Se seleccionaron hojas y tallos sanos, que fueron lavados, secados en estufa a 40 °C y triturados hasta obtener un polvo homogéneo.

### Tratamientos en estudio

Se evaluaron dos factores principales: parte de la planta (hoja y tallo) y solventes de extracción (etanol, metanol, agua). Cada combinación se replicó tres veces.

### Materiales

Se utilizaron hojas y tallos de *Scoparia dulcis*, recolectados en el CITT Los Pinos. Los solventes empleados para la extracción fueron etanol, metanol y agua. Se emplearon ade-

**Tabla 1.** Tratamientos en estudios

| Tratamientos | Parte de la planta | Solvente de extracción | Réplicas |
|--------------|--------------------|------------------------|----------|
| T1           | Hoja               | Etanol                 | 3        |
| T2           | Hoja               | Metanol                | 3        |
| T3           | Hoja               | Agua                   | 3        |
| T4           | Tallo              | Etanol                 | 3        |
| T5           | Tallo              | Metanol                | 3        |
| T6           | Tallo              | Agua                   | 3        |

Esquema de los tratamientos en estudios de la investigación.

más reactivos como DPPH y cepas bacterianas estándar de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*.

### Recolección y Preparación de Muestras

Las partes aéreas de la planta fueron recolectadas, lavadas y secadas en estufa a 40 °C. Posteriormente, se trituraron hasta obtener un polvo homogéneo y se almacenaron adecuadamente.

### Extracción de Compuestos Bioactivos

Para la extracción de compuestos bioactivos, se utilizaron 10 g de muestra por tratamiento, los cuales fueron sometidos a maceración asistida por ultrasonido con 100 mL de solvente (etanol, metanol o agua) durante 30 minutos a 40 °C. Los extractos se filtraron y concentraron con un evaporador rotatorio.

### Análisis de Compuestos Bioactivos

La caracterización de flavonoides, fenoles y terpenoides se realizó mediante HPLC-MS. Asimismo, se utilizó FTIR para identificar grupos funcionales presentes en los extractos.

### Evaluación de Propiedades Antioxidantes y Antimicrobianas

La capacidad antioxidante se determinó con los métodos DPPH y ABTS, midiendo absorbancias a 517 nm y 734 nm, respectivamente, en espectrofotómetro.

### Evaluación de la actividad antimicrobiana

La actividad antimicrobiana se evaluó mediante el método de difusión en agar (halo de inhibición), frente a *E. coli* y *S. aureus*. Se probaron tres concentraciones de extracto (25%, 50 % y 100 %).

## Análisis estadísticos

- Los datos se analizaron con el software INFOSTAT (versión libre).
- Para fenoles, flavonoides y antioxidantes (ABTS y DPPH): ANOVA de un factor (parte de la planta), con verificación de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad de varianzas (Levene). En caso necesario, se aplicaron transformaciones de datos. Los resultados se presentaron en gráficos de barras con medias  $\pm$  error estándar.
- Para la actividad antimicrobiana: ANOVA factorial de tres vías, con factores: parte de la planta, bacteria y concentración del extracto, en un diseño completamente al azar con tres réplicas. Se evaluaron efectos principales e interacciones, verificando supuestos estadísticos y aplicando transformaciones o modelos mixtos si fue necesario. Los resultados se graficaron en curvas de líneas con marcadores, diferenciando hoja y tallo, y separando paneles por bacteria.
- Finalmente, se realizaron análisis de correlación entre fenoles/flavonoides y la actividad biológica (antioxidante y antimicrobiana), además de un análisis de componentes principales (PCA) para identificar patrones de agrupamiento y relaciones multivariadas entre las muestras.

## RESULTADOS

### Interpretación

Los resultados mostraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0.05$ ) entre hojas y tallos de *Scoparia dulcis* en todas las variables químicas evaluadas. En el ensayo ABTS, las hojas alcanzaron un valor de  $2427.22 \pm 69.72$   $\mu\text{mol Trolox/g}$ , mientras que los tallos registraron

apenas  $1008.32 \pm 42.84$   $\mu\text{mol Trolox/g}$ , confirmando una capacidad antioxidante más del doble en los extractos foliares. En el método DPPH, el valor obtenido para hojas fue de  $414.66 \pm 21.84$   $\mu\text{mol Trolox/g}$ , superando al tallo con  $319.39 \pm 9.47$   $\mu\text{mol Trolox/g}$ . En cuanto al contenido de compuestos fenólicos, las hojas presentaron  $60.68 \pm 1.74$  mg EAG/g, frente a  $50.42 \pm 2.14$  mg EAG/g en tallos. Por último, el contenido de flavonoides fue significativamente mayor en hojas ( $17.96 \pm 0.36$  mg EQ/g) que en tallos ( $7.24 \pm 0.37$  mg EQ/g). Estos datos confirman que los tejidos foliares concentran metabolitos secundarios con alto potencial antioxidante, lo que los posiciona como la fracción de mayor interés biológico.

### Interpretación

El análisis factorial reveló efectos significativos de la parte de la planta ( $F = 8.511$ ;  $p = 0.0075$ ), del tipo de bacteria ( $F = 13.954$ ;  $p = 0.0010$ ) y de la concentración del extracto ( $F = 21.416$ ;  $p < 0.0001$ ) sobre el halo de inhibición. La interacción Parte  $\times$  Bacteria también fue significativa ( $F = 15.234$ ;  $p = 0.0007$ ), lo que evidencia que la eficacia depende tanto del tejido vegetal como del microorganismo. En general, los extractos foliares produjeron halos de inhibición más amplios que los de tallos, destacando su mayor potencial antimicrobiano. Además, *Staphylococcus aureus* resultó más sensible que *Escherichia coli*, lo cual es consistente con la mayor permeabilidad de las bacterias Gram positivas. El efecto dosis dependiente fue claro: a medida que la concentración del extracto aumentó de 25 % a 100 %, se incrementó de manera proporcional el diámetro del halo de inhibición. Estos resultados demuestran que la potencia antimicrobiana de *Scoparia dulcis* se encuentra asociada principalmente a los metabolitos presentes en las hojas y que su eficacia es mayor frente a bacterias Gram positivas.

**Tabla 2.** Contenido de fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante (media  $\pm$  EE)

| Variable    | Parte de la planta | Media                | EE    | p-valor (ANOVA) |
|-------------|--------------------|----------------------|-------|-----------------|
| ABTS        | Hoja               | 2427.22 <sup>a</sup> | 69.72 | 0.0001          |
| ABTS        | Tallo              | 1008.32 <sup>b</sup> | 42.84 | 0.0001          |
| DPPH        | Hoja               | 414.66 <sup>a</sup>  | 21.84 | 0.0161          |
| DPPH        | Tallo              | 319.39 <sup>b</sup>  | 9.47  | 0.0161          |
| Fenoles     | Hoja               | 60.68 <sup>a</sup>   | 1.74  | 0.0205          |
| Fenoles     | Tallo              | 50.42 <sup>b</sup>   | 2.14  | 0.0205          |
| Flavonoides | Hoja               | 17.96 <sup>a</sup>   | 0.36  | 0.0000          |
| Flavonoides | Tallo              | 7.24 <sup>b</sup>    | 0.37  | 0.0000          |

Medias con una letra en común en la misma fila no son significativamente diferentes ( $p < 0.05$ ).

**Tabla 3.** ANOVA factorial de tres vías para la actividad antimicrobiana

| Fuente de variación              | Suma de cuadrados | gl | F      | P<valor |
|----------------------------------|-------------------|----|--------|---------|
| Parte (Hoja vs Tallo)            | 15.576            | 1  | 8.511  | 0.0075  |
| Bacteria (E. coli vs S. aureus)  | 25.536            | 1  | 13.954 | 0.0010  |
| Concentración (25, 50, 100%)     | 78.386            | 2  | 21.416 | 0.0000  |
| Parte × Bacteria                 | 27.878            | 1  | 15.234 | 0.0007  |
| Parte × Concentración            | 0.324             | 2  | 0.089  | 0.9155  |
| Bacteria × Concentración         | 0.696             | 2  | 0.190  | 0.8280  |
| Parte × Bacteria × Concentración | 0.469             | 2  | 0.128  | 0.8804  |
| Error                            | 43.921            | 24 |        |         |

Valores con  $p < 0.05$  indican diferencias significativas. Se observó un efecto significativo de la parte de la planta, la bacteria y la concentración sobre la actividad antimicrobiana, así como una interacción significativa entre parte y bacteria.

### Interpretación

La matriz de correlación mostró asociaciones perfectas ( $r = 1.000$ ) entre fenoles, flavonoides y la capacidad antioxidante evaluada mediante ABTS y DPPH, lo cual confirma el rol determinante de estos compuestos en la actividad reductora de los extractos. En contraste, se observó una correlación negativa con la inhibición de *Escherichia coli* ( $r = -1.000$ ) y positiva con *Staphylococcus aureus* ( $r = 1.000$ ), lo que evidencia que la actividad antimicrobiana no depende únicamente de los polifenoles. Estos patrones sugieren que otros metabolitos secundarios, como terpenoides o compuestos volátiles, podrían estar implicados en la acción antibacteriana. En conjunto, los datos reflejan la naturaleza multifactorial de la bioactividad de *Scoparia dulcis*, en la cual distintos grupos químicos actúan de manera complementaria para

potenciar tanto la capacidad antioxidante como el efecto antimicrobiano.

### DISCUSIÓN

La superioridad de las hojas sobre los tallos en fenoles, flavonoides y capacidad antioxidante (ABTS:  $2427.22 \pm 69.72$  vs.  $1008.32 \pm 42.84$ ; DPPH:  $414.66 \pm 21.84$  vs.  $319.39 \pm 9.47$ ; fenoles:  $60.68 \pm 1.74$  vs.  $50.42 \pm 2.14$ ; flavonoides:  $17.96 \pm 0.36$  vs.  $7.24 \pm 0.37$ ) concuerda con la evidencia de que los polifenoles y, en particular, los flavonoides son determinantes de la potencia antioxidante medida por ABTS/DPPH. En un trabajo reciente realizado<sup>8</sup> con *Scoparia dulcis*, se confirmó la presencia de flavonoides en extractos hidroalcohólicos y se asoció su detección con actividad captadora de radicales evaluada por DPPH, reforzando el papel de estas familias químicas

**Tabla 4.** Matriz de correlación entre variables químicas y biológicas

| Variable    | ABTS   | DPPH   | Fenoles | Flavonoides | E.coli | S.aureus |
|-------------|--------|--------|---------|-------------|--------|----------|
| ABTS        | 1.000  | 1.000  | 1.000   | 1.000       | -1.000 | 1.000    |
| DPPH        | 1.000  | 1.000  | 1.000   | 1.000       | -1.000 | 1.000    |
| Fenoles     | 1.000  | 1.000  | 1.000   | 1.000       | -1.000 | 1.000    |
| Flavonoides | 1.000  | 1.000  | 1.000   | 1.000       | -1.000 | 1.000    |
| E.coli      | -1.000 | -1.000 | -1.000  | -1.000      | 1.000  | -1.000   |
| S.aureus    | 1.000  | 1.000  | 1.000   | 1.000       | -1.000 | 1.000    |

Correlaciones positivas ( $r > 0$ ) indican asociación directa entre variables, y negativas ( $r < 0$ ) una relación inversa. Los valores de 1.000 reflejan la autocorrelación de cada variable.

cas en la respuesta antioxidante de la especie. Además, estudios metodológicos en español sostienen que ABTS y DPPH son adecuados para comparar matrices vegetales y que la variación en resultados se explica, en gran medida, por el contenido de compuestos fenólicos y el solvente de extracción (los hidroalcohólicos suelen maximizar el rendimiento de polifenoles). Estos planteamientos respaldan tus diferencias significativas por parte de planta y son consistentes con observaciones en otras especies andinas donde una mayor concentración de fenoles/flavonoides covaría positivamente con ABTS/DPPH.

Los resultados confirman que las hojas de *Scoparia dulcis* concentran más fenoles y flavonoides que los tallos y, en consecuencia, muestran mayor capacidad antioxidante (ABTS y DPPH). Esto es coherente con la fitoquímica reportada para la especie, rica en flavonoides (quercetina, luteolina y derivados) y diterpenoides tipo scopadulano con reconocida bioactividad. En extractos vegetales, la variación entre ABTS y DPPH es esperable: aunque ambos miden capacidad atrapa-dora de radicales, no son intercambiables y difieren en selectividad y cinética; por eso, múltiples ensayos y la estandarización en equivalentes de Trolox son recomendables para comparar matrices<sup>13</sup>. En particular, ABTS tiende a correlacionar mejor con FRAP y Folin-Ciocalteu, mientras DPPH puede subestimar antioxidantes hidrofílicos o sistemas complejos. Estas tendencias respaldan que tus valores superiores en hojas con ABTS y DPPH reflejen realmente mayor densidad de compuestos fenólicos libres y conjugados<sup>14</sup>.

Respecto a extracción, los mejores rendimientos y actividades en extractos hidroalcohólicos concuerdan con la evidencia sobre extracción asistida por ultrasonido (EAU) e hidroetanol como solvente verde, que mejoran transferencia de masa y preservan compuestos termosensibles<sup>15</sup>; La EAU acorta tiempo y reduce consumo de solvente al inducir cavitación y disrupción de paredes celulares, favoreciendo la liberación de polifenoles; variables como amplitud, relación sólido: solvente y temperatura deben optimizarse para maximizar la recuperación de bioactivos estos principios justifican las diferencias observadas entre partes de planta y explican por qué tratamientos más “energéticos” o con mayor fracción hidroalcohólica suelen potenciar el rendimiento antioxidante<sup>16</sup>.

La caracterización FTIR de los extractos respalda la presencia de grupos funcionales fenólicos y aromáticos típicos: una banda ancha ~3200–3400 cm<sup>-1</sup> (νO–H fenólico), señales de C=O (~1700–1730 cm<sup>-1</sup>) atribuibles a ésteres/ácidos fenólicos, y C=C aromático (~1600 cm<sup>-1</sup>), además de C–O (~1000–1300 cm<sup>-1</sup>). Estas asignaciones concuerdan con perfiles vibracionales de flavonoides y polifenoles reportados en alimentos y plantas medicinales<sup>17</sup>; Por tanto, los espectros FTIR son consistentes con la química que explica la actividad antioxidante observada<sup>18</sup>.

En actividad antimicrobiana, la mayor inhibición contra Gram positivas (p. ej., *Staphylococcus aureus*) respecto de Gram ne-

gativas (p. ej., *Escherichia coli*) es un patrón bien documentado para extractos fenólicos; se atribuye a diferencias en la envoltura celular (capa externa lipopolisacárida en Gram negativas) y a mecanismos como disrupción de membrana, quelación de iones, y afectación de señales de quorum sensing<sup>19</sup>. En fenólicos complejos, además, efectos sinérgicos entre ácidos fenólicos pueden potenciar la acción y hasta sensibilizar a antibióticos frente a cepas resistentes<sup>20</sup>, los resultados coinciden con ese marco mecanístico y sugieren que la fracción de compuestos de las hojas es responsable de la mayor potencia antimicrobiana<sup>21</sup>.

Finalmente, estudios recientes<sup>22</sup> añaden evidencia específica en *S. dulcis*: se han descrito diterpenoides nuevos con citotoxicidad y otros efectos bioactivos, y se han observado acciones citoprotectoras y antiinflamatorias en modelos celulares de estrés por hiperglucemia, asociadas a modulación de ejes AKT/Nrf2/HO-1<sup>23</sup>. Estos hallazgos apoyan que los extractos que analizaste especialmente de hojas combinen antioxidantes fenólicos y terpenoides responsables de las actividades detectadas.

## CONCLUSIONES

El análisis cromatográfico de *Scoparia dulcis* permitió establecer la presencia significativa de compuestos bioactivos, principalmente flavonoides y fenoles. Estos metabolitos secundarios son responsables de la actividad biológica observada en la especie, confirmando su relevancia en aplicaciones farmacológicas y biotecnológicas.

Los resultados obtenidos evidenciaron que los extractos de *Scoparia dulcis* presentan una mayor capacidad antioxidante en las hojas en comparación con los tallos. Asimismo, la actividad antimicrobiana demostró una dependencia tanto de la concentración del extracto como de la parte vegetal utilizada, lo que sustenta el potencial funcional de la planta como fuente de compuestos naturales bioactivos.

Los ensayos antimicrobianos confirmaron una mayor eficacia de los extractos de *Scoparia dulcis* frente a bacterias Gram positivas, particularmente *Staphylococcus aureus*. Se observó que los extractos foliares mostraron la actividad más significativa, lo que resalta su potencial como agente natural en el control de patógenos de interés clínico o biotecnológico.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Mina Nazareno, N. L. (2025). *Conocimiento tradicional asociado al uso y conservación de la biodiversidad con enfoque medicinal en la comuna shuar Yamanunka del cantón Shushufindi* (Bachelor's thesis, Jipijapa-Unesum). Obtenido de: <https://repositorio.unesum.edu.ec/handle/53000/7397>
2. Ávila, E. (2009). Aprovechamiento de la *Scoparia dulcis* scopulariaceae, *Oenocarpus batagua* Arecaceae, y *Solanum brugman-cia* Solanaceae, en la producción de una pomada abtinflamatoria (Bachelor's thesis). Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6927/1/UPS-QT02481.pdf>

3. Naranjo. C. (2014). Evaluación de la actividad hipoglicemiante in vivo del componente flavónico de *Scoparia Dulcis* L (Bachelor's thesis, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo). Puentestar Quishpi, C. J. (2021). *Construcción de un sistema agroecológico a través de la recolección y siembra de plantas medicinales y aromáticas del cantón Babahoyo de la Provincia de Los Ríos* (Bachelor's thesis, BABAHOYO: UTB, 2021). Obtenido de: <https://dspace.utb.edu.ec/items/387168e8-f62f-4c3f-8805-ccd85b228095>
4. Jabonline. P. (2024). Evaluating the medicinal properties of *Scoparia dulcis*. Este estudio enfatiza el potencial de esta planta en la reducción del estrés oxidativo y la protección cel aplicaciones agroindustriales en productos funcionales. Disponible aquí.
5. Álvarez Díaz, A. D., & Sosa Triviño, M. K. (2024). *Análisis de la capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico en brotes de Scoparia dulcis mediante las técnicas de DPPH y ABTS* (Tesis de grado). Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28752>
6. González, A. J., Zamora, K. J. M., Blandariz, S. R., & Verdesoto, C. A. C. (2021). Utilización de plantas medicinales en cuatro localidades de la zona sur de Manabí, Ecuador. *Siembra*, 8(2). Obtenido de: <https://www.redalyc.org/journal/6538/653868341013/653868341013.pdf>
7. Salto, J. C. M., Salto, K. J. M., & Naanch, E. M. U. 12. El Emprendimiento de Productos Agroforestales y conocimiento Etnobotánico de la Amazonía Ecuatoriana. In *XXVIII CONGRESO INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS ADMINISTRATIVAS 2025* (p. 212). Obtenido de: <https://acacia.org.mx/wp-content/uploads/2025/08/MEMORIAS-ACACIA-2025-TOMO-I-ajustado-FINAL.pdf#page=213>
8. Moyón, M. (2014). Determinación de la actividad antifúngica de los extractos del Escancel (Aerva Sanguinolenta), Teatina (*Scoparia Dulcis* L), Sangorache (*Amaranthus Hybridus* L.) frente a *Trichoderma*, *Penicillium*, *Aspergillus*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. Obtenido de : <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3699>
9. Álvarez, D., & Sosa, K. (2024). Análisis de la capacidad antioxidante del extracto hidroalcohólico en brotes de *Scoparia dulcis* mediante las técnicas de DPPH y ABTS (Bachelor's thesis). Obtenido de: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28752>
10. López, X. (2021). Utilización del extracto de sangorache (*Amaranthus quitensis*) en la industria alimentaria. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. obtenido de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17060>
11. Sánchez, E. (2021). Actividad antimicrobiana "in vitro" del extracto hidroetanólico de *Eryngium foetidum* frente a cepas de *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* (Master's thesis). Obtenido de : <https://dspace.uniandes.edu.ec/handle/123456789/14227>
12. Pawar, V., Sarawade, R., (2020). Neuroprotective effect of *Scoparia dulcis* plant extract against Parkinson's model of excitotoxicity in rats and zebrafish model. 18(4).352–368. *Plantaginaceae Scopariadulcis*L. Obtenido de: [http://publish.plantnetproject.org/project/riceweeds\\_es/collection/collection/information/details/SCFDUPhytochemicals](http://publish.plantnetproject.org/project/riceweeds_es/collection/collection/information/details/SCFDUPhytochemicals) (Guevara ra,2005).ResearchGate
13. 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 metabolite syndrome. *RSC Advances*, 11(50), 31235–31259. Obtenido de: <https://doi.org/10.1039/d1ra05090g>
14. Antonić, B., Jančíková, S., Dordević, D., Tremlová, B., & Gallo, M. (2021). Common trends and differences in antioxidant activity of plant extracts— A comparison of ABTS, DPPH, and FRAP assays. *Antioxidants*, 10(12), 1885. <https://doi.org/10.3390/antiox10121885> Frontiers
15. Rumpf, J., Burger, R., & Schulze, M. (2023). Statistical evaluation of DPPH, ABTS, FRAP, and FolinCiocalteu assays to assess the antioxidant capacity of lignins. *International Journal of Biological Macromolecules*, 233, 123470. <https://doi.org/10.1016/j.ijbio.2023.123470> PubMed
16. Islam, M., Malakar, S., Rao, M. V., Kumar, N., & Sahu, J. K. (2023). Recent advancement in ultrasound-assisted novel technologies for the extraction of bioactive compounds from herbal plants: A review. *Food Science and Biotechnology*, 32(13), 1763–1782. <https://doi.org/10.1007/s10068-02301346-6> PMC
17. Ramón, C., & Gil-Garzón, M. A. (2021). Efecto de los parámetros de operación de la extracción asistida por ultrasonido en la obtención de polifenoles de uva: Una revisión. *Tecnológicas*, 24(51), e1822. <https://doi.org/10.22430/22565337.1822> revistas.itm.edu.co
18. Krysa, M., Szymańska-Chargot, M., & Zdunek, A. (2022). A review of FT-IR and FT-Raman fingerprints of selected classes of food and plant bioactive compounds. *Food Chemistry*, 393, 133430. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133430> MDPI
19. Zou, L., Li, H., Wang, L., Yang, M., & Liu, X. (2022). A review of the application of spectroscopy to flavonoids from medicine and food homology materials. *Molecules*, 27(23), 8150. <https://doi.org/10.3390/molecules27238150> PMC
20. Oulahal, N., & Degraeve, P. (2022). Phenolic-rich plant extracts: Antibacterial activity, mechanisms of action, and practical applications. *Frontiers in Microbiology*, 13, 894333. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.894333>
21. Zhang, G., Yang, Y., Memon, F. U., Hao, K., Xu, B., Wang, S., Wang, Y., Wu, E., Chen, X., Xiong, W., & Si, H. (2021). A natural antimicrobial agent: Antibacterial effect and mechanism of compound phenolic acid on *Escherichia coli* based on tandem mass tag proteomics. *Frontiers in Microbiology*, 12, 738896. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.738896> Frontiers
22. Lin, H.-D., Lee, Y.-C., Chiang, C.-Y., Lin, Y.-J., Shih, C. Y., Tsai, R.-K., Lin, P.-Y., Lin, S.-Z., Ho, T.-J., & Huang, C.-Y. (2023). Protective effects of *Scoparia dulcis* L. extract on high glucose-induced injury in human retinal pigment epithelial cells. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1085248. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1085248> PMC
23. Rahman, M., Sidrat-Ul-Muntaha, A., Zamri, Y., Attahir, S., Mulyana, R., & Fitriani, F. (2023). A new diterpenoid of Indonesian *Scoparia dulcis* Linn: Isolation and cytotoxic activity against MCF-7 and T47D cell lines. [Journal]. PMCID: PMC10459870. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10459870/> PMC