



CÓMO CITAR

Calapucha-Alvarado JL, Quilla Espinosa-de-los-Monteros-Silva N, Ochoa-Ocampo MA, Mogollón NGS, Dieguez-Santana K. Perfil fitoquímico y actividades antimicrobianas y antioxidantes de extractos hidroetanólicos de hojas de *Urera laciniata*. Rev Méd Electrón [Internet]. 2026 [citado: fecha de acceso];48:e6884. Disponible en:

<http://www.revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/6884/6520>

***Autor para correspondencia:**

karel.dieguez@ikiam.edu.ec

Revisores:

Silvio Faustino Soler-Cárdenas y Raisa González-Giraldez.

Palabras clave:

antioxidantes; antibacterianos; *Staphylococcus aureus*; flavonoides; fenoles; Ecuador; plantas medicinales

Key words:

antioxidants; antibacterials; *Staphylococcus aureus*; flavonoids; phenols; Ecuador; medicinal plants

Recibido: 29/08/2025.

Aceptado: 23/02/2026.

Publicado: 25/03/2026.

Artículo de Investigación

Perfil fitoquímico y actividades antimicrobianas y antioxidantes de extractos hidroetanólicos de hojas de *Urera laciniata*

Phytochemical profile, and antimicrobial and antioxidant activities of hydroethanolic extracts of *Urera laciniata* leaves

Jairo Livardo Calapucha-Alvarado¹  <http://orcid.org/0009-0008-1384-2182>

Nina Quilla Espinosa-de-los-Monteros-Silva¹  <https://orcid.org/0000-0002-7503-1165>

Melanie Ashley Ochoa-Ocampo¹  <https://orcid.org/0009-0002-8575-5738>

Noroska G. S. Mogollón¹  <https://orcid.org/0000-0002-0756-6184>

Karel Dieguez-Santana^{1*}  <http://orcid.org/0000-0003-4064-0566>

Afiliación:

¹ Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena. Napo, Ecuador.

RESUMEN

Introducción: Ecuador posee una gran diversidad vegetal, entre la que destaca la *Urera laciniata*, una especie con potencial etnofarmacológico.

Objetivo: Evaluar la actividad antimicrobiana y antioxidante de extractos hidroetanólicos de las hojas de *Urera laciniata* secadas a diferentes temperaturas.



Métodos: Se cuantificaron los contenidos de fenoles y flavonoides totales. La actividad antioxidante se determinó mediante los ensayos DPPH y ABTS. Las concentraciones mínimas inhibitoria y bactericida (CMI y CMB) se evaluaron mediante el método de microdilución en caldo. Los metabolitos se identificaron mediante cromatografía líquida de ultra-alto rendimiento acoplada a espectrometría de masas (UHPLC-MS).

Resultados: El extracto hidroetanólico obtenido a 25 °C fue el más activo en la prueba de microdilución, inhibiendo a *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 (CMI: 32,25 mg/mL; CMB: 62,5 mg/mL). Asimismo, presentó los valores más bajos de IC₅₀ en los ensayos antioxidantes (DPPH: 403,82 mg/L; ABTS: 894,87 mg/L). Mediante UHPLC-MS se identificaron doce metabolitos; los principales flavonoides fueron luteolina-7-glucurónido (índice de coincidencia = 0,93) y apigenina-6,8-digalactósido (índice de coincidencia = 0,92).

Conclusiones: Los resultados respaldan la investigación y aplicación potencial de la *Urera laciniata*, especialmente en los campos cosmético y medicinal, debido a su capacidad antioxidante y su efecto frente a una cepa de *Staphylococcus aureus* asociada a infecciones cutáneas.

ABSTRACT

Introduction: Ecuador has a rich plant diversity, among which the *Urera laciniata*, a species with ethnopharmacological potential, stands out.

Objective: To evaluate the antimicrobial and antioxidant activity of hydroethanolic extracts of *Urera laciniata* leaves dried at different temperatures.

Methods: Total phenols and flavonoids contents were quantified. Antioxidant activity was determined using the DPPH and ABTS assays. Minimum inhibitory and bactericidal concentrations (MIC, MBC) were evaluated by the broth microdilution method. Metabolites were profiled by ultra-high-performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry (UHPLC-MS).

Results: The hydroethanolic extract obtained at 25 °C was the most active in the microdilution test, inhibiting *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 (MIC 32.25 mg/mL; MBC 62.5 mg/mL). It also presented the lowest IC₅₀ values in antioxidant assays (DPPH 403.82 mg/L; ABTS 894.87 mg/L). Twelve metabolites were identified by UHPLC-MS. The main flavonoids were luteolin-7-glucuronide (match index=0.93) and apigenin-6,8-digalactoside (match index=0.92).

Conclusions: The results support the research and potential applications of *U. laciniata*, especially in the cosmetic and medicinal fields, due to its antioxidant capacity and its effect against a strain of *Staphylococcus aureus* associated with skin infections.



INTRODUCCIÓN

Ecuador es reconocido como uno de los países más biodiversos del mundo; alberga aproximadamente el 10 % de las especies vegetales globales en solo el 0,06 % de la superficie terrestre, con un alto porcentaje de endemismo en regiones como los Andes y la Amazonía.⁽¹⁾

Esta riqueza botánica sustenta el uso tradicional de plantas medicinales, las cuales representan una fuente invaluable de metabolitos secundarios como alcaloides, terpenoides y fenilpropanoides, con aplicaciones farmacéuticas, cosméticas y agroindustriales.^(2,3) La Organización Mundial de la Salud ha impulsado estudios exhaustivos sobre medicamentos basados en plantas, al ser estas menos tóxicas, con menores efectos secundarios y más accesibles, especialmente en países en desarrollo donde el 80 % de la población depende de la medicina tradicional.^(3,4)

Dentro de la familia *Urticaceae*, los géneros *Urtica* y *Urera* destacan por su uso etnomedicinal. Mientras *Urtica* spp. se ha estudiado ampliamente, especies de *Urera*, como *Urera laciniata*, permanecen subexploradas, a pesar de su empleo ancestral por comunidades amazónicas para tratar afecciones reumáticas, infecciones, malaria, úlceras y dolores musculares.^(5,6)

Esta especie, distribuida en América Central y Sudamérica, carece de validación científica que respalde sus propiedades biológicas reportadas, lo cual limita su aprovechamiento industrial.⁽⁷⁾ Estudios en especies cercanas, como *Urera baccifera*, han demostrado actividad antimicrobiana frente a *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, así como capacidad antioxidante vinculada a fenoles y flavonoides.⁽⁸⁾

A pesar de la importancia etnomédica de la *U. laciniata*, no existen investigaciones sobre su composición fitoquímica relacionada con la actividad antimicrobiana y capacidad antioxidante, por lo que este es el primer estudio en reportar su actividad antimicrobiana y antioxidante, así como en cuantificar los fenoles y flavonoides totales. Por otra parte, diversos autores destacan que factores, como la temperatura de secado, influye, en la estabilidad de metabolitos termolábiles.^(9,10)

La industria cosmética y farmacéutica demanda alternativas naturales para combatir el estrés oxidativo y patógenos resistentes. Los antioxidantes sintéticos, aunque eficaces, presentan riesgos —irritación cutánea y toxicidad crónica—, mientras que los antimicrobianos convencionales enfrentan creciente resistencia.^(11,12) Extractos vegetales ricos en polifenoles y terpenoides emergen como candidatos prometedores, pero su eficacia depende de métodos de extracción optimizados y caracterización fitoquímica rigurosa.^(13,14)

Este estudio busca cerrar la brecha entre el conocimiento tradicional y la evidencia científica en *U. laciniata*. El objetivo es evaluar el perfil fitoquímico, la



actividad antimicrobiana de extractos hidroetanólicos de *U. laciniata* frente a *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* y *Candida albicans*. A la vez, determinar la capacidad antioxidante mediante ensayos DPPH y ABTS, y analizar el impacto de la temperatura de secado en las actividades biológicas.

MÉTODOS

La investigación se realizó en el laboratorio de biología molecular y bioquímica de la Universidad Regional Amazónica Ikiam, Ecuador, bajo el permiso MAATE-BDI-CM-2023-0310. El estudio se centró en la especie vegetal *Urera laciniata*. El trabajo de campo y los análisis de laboratorio se desarrollaron entre mayo y octubre de 2023. Este período abarcó desde la recolección del material vegetal hasta la finalización de los ensayos antimicrobianos y antioxidantes.

El universo de estudio lo constituyeron poblaciones de *Urera laciniata* ubicadas en las cercanías de Puerto Misahuallí, Napo (coordenadas 1°05'35,4"S 77°39'10,7"W). De este universo, se recolectó una muestra de 0,9 kg de hojas adultas y sin daños físicos. Esta cantidad de material vegetal fue seleccionada con base en protocolos estandarizados para la extracción de metabolitos secundarios y en estudios fitoquímicos previos con especies del mismo género, los cuales han demostrado que este peso es suficiente para obtener un rendimiento adecuado de extracto para la realización de réplicas de los ensayos bioquímicos planeados.

Las muestras fueron transportadas en bolsas herméticas en cadena de frío al laboratorio, donde se lavaron con agua destilada, se redujeron de tamaño con tijeras estériles y se secaron a 25, 40 y 60 °C durante cinco días. Posteriormente, se trituraron hasta obtener un polvo fino.

La extracción de metabolitos secundarios se realizó mediante maceración al 10 % (m/v) durante cinco días en oscuridad, con sonicación diaria de 30 minutos, utilizando una disolución hidroetanólica (70:30 v:v, etanol 96 %: agua). Los extractos se filtraron al vacío, se concentraron en un rotavapor y se liofilizaron a -80 °C y 120 mTorr en un equipo BTP-9E LOVE (Genevac).

Los extractos hidroetanólicos se sometieron a la elaboración de perfiles fitoquímicos mediante métodos estandarizados⁽¹⁵⁾ con algunas modificaciones. La evaluación cualitativa de terpenoides (ensayo de Salkowski), alcaloides (ensayo de Dragendorff), taninos (prueba de gelatina-NaCl) y fenoles (ensayo de cloruro férrico) se clasificó como fuertemente positiva (+++), positiva (++) , débilmente positiva (+) o no detectada (-).

Cuantificación de metabolitos secundarios



Fenoles totales

Se siguió el método de Molole et al.,⁽¹⁶⁾ con modificaciones. Se prepararon disoluciones madre de los extractos HE25, HE40 y HE60 a 5 mg/mL en agua tipo 1 y etanol al 80 % (50:50 v:v). Se transfirió 200 µL de cada extracto a tubos de ensayo, se añadió 80 µL de reactivo Folin-Ciocalteu y 1 720 µL de agua tipo 1, y se incubó por 5 minutos en oscuridad. Luego, se añadió 200 µL de carbonato de sodio (7 % m/v) y 1 800 µL de agua tipo 1, y se incubó por 60 minutos en oscuridad. La absorbancia se midió a 750 nm en un espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu-3600 Plus). La curva de calibración se elaboró con ácido gálico (0,5 mg/mL) en concentraciones de 20 a 140 µg/mL.

Flavonoides totales

Con la metodología de Chandra et al.,⁽¹⁷⁾ se prepararon disoluciones madre de los extractos HE25, HE40 y HE60 a 5 mg/mL en agua tipo 1 y etanol al 80 % (50:50 v:v), diluyendo a 0,625 mg/mL con metanol. Se mezcló 2 mL de muestra con 2 mL de cloruro de aluminio, incubando 15 minutos en oscuridad. La absorbancia se midió a 438 nm. La curva de calibración se elaboró con quercetina (0,5 mg/mL) en concentraciones de 0,5 a 15 µg/mL.

Actividad antioxidante

Ensayo DPPH

Se siguió el protocolo de Brand-Williams et al.,⁽¹⁸⁾ con modificaciones. Se prepararon disoluciones madre de los extractos HE25, HE40 y HE60 en etanol al 96 % (v:v), con concentraciones de 3 000, 8 000 y 6 000 mg/L, respectivamente. Se realizaron diluciones específicas para cada extracto y se midió la absorbancia a 515 nm en un lector de placas (Glomax Discover, Promega). La actividad antioxidante se calculó mediante el porcentaje de inhibición del radical DPPH:

$$\text{Porcentaje de inhibición} = \left(1 - \frac{A - A'}{A}\right) \times 100$$

Donde A es la absorbancia de la muestra con DPPH, A' es la absorbancia de la muestra sin DPPH, y A es la absorbancia del DPPH solo. El valor de IC₅₀ se determinó utilizando un modelo sigmoideo logístico en RStudio.

Ensayo ABTS

Se siguió la metodología de Re et al.,⁽¹⁹⁾ con modificaciones. Se preparó una disolución de radical ABTS y persulfato de amonio, incubando 12 horas a temperatura ambiente en oscuridad. Se midió la absorbancia a 752 nm en un

espectrofotómetro UV-VIS (Shimadzu-3600 Plus). Se utilizó Trolox como estándar en concentraciones de 2,5 a 87,6 mg/L. Las muestras se prepararon en concentraciones de 50 a 2 000 mg/L y se midió la absorbancia. La actividad antioxidante se calculó utilizando la misma ecuación del ensayo DPPH.

Actividad antimicrobiana

Preparación de microorganismos

Se emplearon cepas de *Escherichia coli* ATCC 25922, *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Candida albicans* ATCC 10231, *Pseudomona aeruginosa* ATCC 27833 y un aislado clínico de *Klebsiella pneumoniae* resistente a ampicilina. Las cepas se activaron según Proaño-Bolaños et al.,⁽²⁰⁾ sembrando 500 μ L de cada cepa en 20 mL de caldo Mueller Hinton (MHB) e incubando a 37 °C hasta alcanzar 10^8 UFC/mL. Las bacterias se diluyeron a 10^6 UFC/mL, mientras que el hongo se trabajó a 10^5 UFC/mL.

Ensayo de difusión en agar

Se utilizó el método de perforación en agar. Se inoculó 100 μ L de cada microorganismo en agar Mueller Hinton (MHA) y se colocó 2 μ L de cada extracto vegetal disuelto en DMSO al 1 % (250 mg/mL). Las placas se incubaron a 37 °C por 18 horas. Los controles positivos fueron ampicilina (1 mg/mL) para bacterias y fluconazol (1 mg/mL) para hongos, y el control negativo fue DMSO al 1 %. La actividad antimicrobiana se evaluó mediante la presencia o ausencia de halos de inhibición.

Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI)

Se utilizaron microplacas de 96 pocillos, colocando 100 μ L de cada concentración del extracto (250; 125; 62,5; 31,5; 15,63; 7,82; 3,91; 1,96; 0,98 y 0,49 mg/mL) más 100 μ L de suspensión bacteriana. Los controles incluyeron 200 μ L de MHB (control positivo) y 100 μ L de DMSO al 1 % más 100 μ L de suspensión bacteriana (control negativo). Las placas se incubaron a 37 °C por 18 horas y se leyó la absorbancia a 560 nm en un espectrofotómetro de microplacas (Glomax, Promega).

Determinación de la concentración mínima bactericida (CMB)

Se sembró 10 μ L del contenido de cada pocillo de la microplaca en cajas Petri con MHA y se incubó a 37 °C por 18 horas. La menor concentración sin crecimiento bacteriano se estableció como la CMB.

Diseño experimental y análisis estadístico

El estudio empleó un diseño completamente aleatorizado con tres tratamientos definidos por la temperatura de secado (25, 40 y 60 °C). Todos los ensayos se

realizaron por triplicado, y los resultados se expresan como media $\pm$ desviación estándar. El análisis de los datos se realizó en RStudio (versión 2024.12.1) mediante un análisis de varianza (ANOVA) de una vía, seguido de una prueba post-hoc de Tukey para la comparación de medias, a fin de determinar la influencia de la temperatura de secado sobre los metabolitos secundarios y las actividades biológicas. Se consideró un valor de $p < 0,05$ como estadísticamente significativo.

Cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas

El análisis de los extractos para la identificación de metabolitos se realizó mediante cromatografía líquida de ultra alta resolución (UHPLC) acoplada a espectrometría de masas de tiempo de vuelo cuadrupolo con ionización por electrospray (ESI-QTOF-MS) Waters Xevo G2-XS (Waters, Milford, EE. UU). Se disolvieron 50 mg de cada extracto en un solvente hidroetanólico (70:30 etanol:agua); las muestras fueron sonicadas, centrifugadas y filtradas antes del análisis.

La separación se llevó a cabo en una columna ACQUITY UPLC CSH C18 (1,7 μ m, 2,1 $\times$ 50 mm) a 40 °C, utilizando un gradiente de fases móviles compuestas por agua y acetonitrilo, ambas con 0,1 % de ácido fórmico. Los parámetros de ionización negativa incluyeron un voltaje capilar de 2 kV, temperatura de desolvatación de 500 °C y un rango de masas de 100-1200 m/z para escaneo completo (MS1), y adquisición dependiente de datos (DDA) con energías de colisión de 20 y 40 eV.

Los datos brutos se procesaron eliminando la interferencia de la leucina, convirtiéndolos a formato mzML con ProteoWizard, y luego se deconvolucionaron en MZmine 4.5.20 para generar archivos de espectros (.mgf) y abundancias (.csv). Estos archivos se analizaron en la plataforma GNPS mediante el algoritmo Feature-Based Molecular Networking (FBMN), aplicando filtros de error de masa (≤ 10 ppm) y similitud espectral (coseno $\geq 0,7$) para validar las identificaciones. Los metabolitos que cumplieron estos criterios fueron clasificados como nivel 2 según los estándares de la *Metabolomics Standards Initiative* (MSI), basándose en la comparación con bibliotecas de espectros MS/MS.

RESULTADOS

El rendimiento de extracción de los extractos hidroetanólicos de *U. laciniata* varió según la temperatura de secado. El extracto HE25, obtenido a 25 °C, presentó el mayor rendimiento con un 4,69 % (10,36 g de extracto liofilizado a partir de 220,57 g de muestra inicial). El extracto HE40, secado a 40 °C, mostró un rendimiento de 3,89 % (8,07 g de extracto a partir de 207,20 g de muestra). Por último, el extracto HE60, secado a 60 °C, registró el menor rendimiento de 2,69 % (5,53 g de extracto a partir de 186,70 g de muestra). Estos resultados



indican que el rendimiento de extracción disminuyó a medida que aumentó la temperatura de secado.

La tabla 1 muestra la valoración del estudio fitoquímico cualitativo de los extractos hidroetanólicos.

Tabla 1. Análisis fitoquímico cualitativo de los extractos hidroetanólicos de *U. laciniata*

Metabolitos	HE25*†	HE40*†	HE60*†
Alcaloides	-	-	-
Terpenoides	-	-	-
Taninos	-	-	-
Compuestos fenólicos	++	++	++

*HE25: extracto hidroetanólico T = 25 °C; HE40: extracto hidroetanólico T = 40 °C y HE60: extracto hidroetanólico T = 60 °C. † Valoración cualitativa – no detectado, ++ positivo

Determinación de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante

El contenido total de fenoles y flavonoides en los extractos se presenta en la tabla 2. El extracto HE40 mostró la mayor concentración de fenoles totales ($0,0237 \pm 0,0002$ mg GAE/g), seguido de HE60 ($0,0191 \pm 0,0007$ mg GAE/g) y HE25 ($0,0190 \pm 0,0005$ mg GAE/g). En cuanto a los flavonoides, HE60 presentó la mayor concentración ($0,00208 \pm 1,14e^{-04}$ mg QE/g), seguido de HE40 ($0,00192 \pm 6,40e^{-05}$ mg QE/g) y HE25 ($0,00158 \pm 1,34e^{-05}$ mg QE/g). El análisis estadístico mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos. La prueba post-hoc de Tukey confirmó que la capacidad antioxidante, evaluada mediante DPPH y ABTS, varió significativamente en función de la temperatura de secado, lo que evidencia la influencia de este parámetro en la eficacia de los extractos.

La actividad antioxidante se evaluó mediante los ensayos DPPH y ABTS, cuyos resultados se detallan también en la tabla 2. El extracto HE25 mostró la menor concentración efectiva media (IC_{50}) para inhibir el 50 % de los radicales DPPH (403,82 mg/L), seguido de HE40 (1026,13 mg/L) y HE60 (3650,13 mg/L). En el ensayo ABTS, los valores de IC_{50} fueron $894,87 \pm 17,2$ mg/L para HE25, $1183,71 \pm 11,91$ mg/L para HE40, y $966,67 \pm 8,68$ mg/L para HE60. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los grupos en ambos ensayos.

Tabla 2. Resultados de fenoles, flavonoides y actividad antioxidante de los extractos hidroetanólicos de *U. laciniata*

Extractos*	Fenoles totales	Flavonoides totales	DPPH	ABTS+
	(mg GAE/g) $\pm$ DE†‡	(mg QE/g)/ DE†‡	IC ₅₀ (mg/L) $\pm$ DE†‡	IC ₅₀ (mg/L) $\pm$ DE†‡
HE25	0,0190 $\pm$ 0,0005 ^a	0,00158 $\pm$ 1,34e ⁻⁰⁵ ^a	403,82 $\pm$ 7,64 ^a	894,87 $\pm$ 17,2 ^a
HE40	0,0237 $\pm$ 0,0002 ^b	0,00192 $\pm$ 6,40e ⁻⁰⁵ ^b	1026,13 $\pm$ 70,54 ^b	1183,71 $\pm$ 11,91 ^b
HE60	0,0191 $\pm$ 0,0007 ^a	0,00208 $\pm$ 1,14e ⁻⁰⁴ ^b	3650,13 $\pm$ 161,19 ^c	966,67 $\pm$ 8,68 ^c

*HE25: extracto hidroetanólico T = 25 °C; HE40: extracto hidroetanólico T = 40 °C y HE60: extracto hidroetanólico T = 60 °C. †DE: desviación estándar. ‡ letras diferentes indican diferencias significativas entre grupos según la prueba de Tukey (p < 0,05)

La evaluación de la actividad antimicrobiana mediante difusión en agar se presenta en la tabla 3. Los extractos HE25, HE40 y HE60 mostraron halos de inhibición frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. Sin embargo, no se observó actividad inhibitoria frente a *Escherichia coli* ATCC 25922, ni *Candida albicans* ATCC 10231.

Tabla 3. Actividad antimicrobiana exploratoria de extractos hidroetanólicos de *U. laciniata*

Extractos vegetales* (250 mg/mL)	Presencia o ausencia de halos de inhibición				
	SA ATCC	EC ATCC	CA ATCC	PA ATCC	KP AmpR
HE25	+	-	-	-	-
HE40	+	-	-	-	-
HE60	+	-	-	-	-

(+): presencia de halos de inhibición. (-): ausencia de halos de inhibición.

*Extractos. HE25: extracto hidroetanólico de hojas secas a 25 °C. HE40: extracto hidroetanólico de hojas secas a 40 °C. HE60: extracto hidroetanólico de hojas secas a 60 °C. SA ATCC: *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. EC ATCC: *Escherichia coli* ATCC 25922. CA ATCC: *Candida albicans* ATCC 10231. PA ATCC: *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27833. KP AmpR: Aislado clínico de *Klebsiella pneumoniae* resistente a ampicilina

Determinación de la concentración mínima inhibitoria (CMI) y concentración mínima bactericida (CMB)

Los valores de CMI y CMB de los extractos hidroetanólicos de *U. laciniata* se detallan en la tabla 4. Los extractos HE25 y HE40 presentaron una CMI de 31,25 y 62,5 mg/mL, respectivamente, frente a *S. aureus* ATCC 29213. La CMB para HE25 y HE40 fue de 62,5 mg/mL, mientras que para HE60 no se alcanzó la CMB en el rango de concentraciones evaluadas (>250 mg/mL).

Tabla 4. Valores de CMI y CMB de diferentes extractos de *U. laciniata* frente a *S. aureus* ATCC

Extractos vegetales*	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 29213	
	CMI†	CMB‡
HE25	31,25	62,5
HE40	62,5	62,5
HE60	62,5	>250

*HE25: extracto hidroetanólico de hojas secas a 25 °C. HE40: extracto hidroetanólico de hojas secas a 40 °C. HE60: extracto hidroetanólico de hojas secas a 60 °C. † CMI: concentración mínima inhibitoria (mg/mL) ‡ CMB: concentración mínima bactericida (mg/mL)

La tabla 5 presenta los metabolitos secundarios identificados en extractos hidroetanólicos de hojas secas, preparados a diferentes temperaturas (25 °C, 40 °C, 60 °C).

Tabla 5. Metabolitos nivel 2 de identificación de extractos hidroetanólicos de *U. laciniata*

ID	Extractos*	Nombre del compuesto	RT (min.)	[M-H]	Fórmula molecular	Error (ppm)	Match Score	Clase
1	HE25	Luteolina 7-glucurónido	3,81	461,0720	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	-0,002	0,93	Flavonoide (flavona, glucurónido)
2	HE25	Sucrosa	0,58	341,1084	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	1,80	0,91	Disacárido (carbohidrato)
3	HE25	Luteolina	3,81	285,0399	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	0,31	0,81	Flavonoide (flavona)
4	HE25	Apigenina 6,8-digalactósido	2,52	593,1506	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	0,60	0,92	Flavonoide (flavona, diglicósido)
5	HE25	Luteolina 3'-o-glucurónido	3,81	461,0720	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	-0,002	0,88	Flavonoide (flavona, glucurónido)
6	HE40	Sucrosa	0,58	341,1084	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-1,13	0,89	Disacárido (carbohidrato)
7	HE40	Vicenin 2	2,52	593,1506	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	0,60	0,73	Flavonoide (C-glucósido de apigenina)
8	HE40	Luteolina	3,81	285,0399	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	0,31	0,71	Flavonoide (flavona)
9	HE40	Apigenina 6,8-digalactósido	2,52	593,1506	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	0,60	0,92	Flavonoide (flavona, diglicósido)
10	HE40	Trehalosa	0,58	341,1084	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-1,13	0,85	Disacárido (carbohidrato)
11	HE60	Sucrosa	0,58	341,1084	C ₁₂ H ₂₂ O ₁₁	-1,13	0,95	Disacárido (carbohidrato)
12	HE60	Apigenina 6,8-digalactósido	2,52	593,1506	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₅	0,60	0,92	Flavonoide (flavona, diglicósido)

*HE25: extracto hidroetanólico de hojas secas a 25 °C. HE40: extracto hidroetanólico de hojas secas a 40 °C. HE60: extracto hidroetanólico de hojas secas a 60 °C

El análisis por LC-MS/MS permitió identificar varios metabolitos secundarios en los extractos. Los compuestos se clasificaron en flavonoides (luteolina y sus derivados, apigenina diglicósidos) y disacáridos (sucrosa, trehalosa), cuya distribución varió significativamente con la temperatura de extracción. El extracto HE25 (25 °C) estuvo dominado por flavonoides termolábiles como luteolina 7-glucurónido (ID1) y luteolina 3'-O-glucurónido (ID5), con *match scores* altos (0,88-0,93). El HE40 (40 °C) contuvo vicenin 2 (ID7) y trehalosa (ID10), mientras que en el HE60 (60 °C) se redujo la diversidad de flavonoides, preservándose principalmente apigenina 6,8-digalactósido (ID12) y sucrosa (ID11).

DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio demuestran que los extractos hidroetanólicos de *Urera laciniata* poseen actividad antimicrobiana selectiva frente a *Staphylococcus aureus* (CMI = 31,25 mg/mL; CMB = 62,5 mg/mL) y capacidad antioxidante moderada (IC₅₀ DPPH: 0,403 mg/mL; ABTS: 0,894 mg/mL), con el extracto HE25 (secado a 25 °C) como el más eficaz.

Estos hallazgos sugieren un potencial uso en el desarrollo de productos cosméticos o fitofarmacéuticos dirigidos a infecciones cutáneas causadas por *S. aureus*, un patógeno prioritario por su capacidad de desarrollar resistencia a antibióticos.⁽¹¹⁾ Sin embargo, la ausencia de actividad frente a *Escherichia coli*, *Candida albicans*, *Pseudomona aeruginosa* y *Klebsiella pneumoniae* limita su espectro de aplicación, lo que podría atribuirse a diferencias estructurales en las membranas microbianas.⁽⁸⁾

La metodología empleada, basada en maceración hidroetanólica, fue eficiente para extraer metabolitos termolábiles, pero presentó limitaciones. Los valores de CMI y CMB fueron superiores a los reportados para *U. baccifera*,⁽⁸⁾ posiblemente debido a diferencias en la polaridad del solvente (etanol vs. metanol) y la degradación parcial de compuestos a 40 °C y 60 °C.⁽²¹⁾ Esta degradación se ve respaldada por los bajos rendimientos de extracción a temperaturas más altas y por la menor concentración de fenoles (0,0190-0,0237 mg GAE/g) y flavonoides (0,00158-0,00208 mg QE/g), en comparación con estudios en especies afines, lo que sugiere que el perfil fitoquímico de *U. laciniata* es particularmente sensible al calor.

En cuanto a la actividad antioxidante, los valores obtenidos mediante el ensayo ABTS revelaron que el extracto HE25 presentó la concentración inhibitoria media más baja entre las muestras evaluadas (IC₅₀ = 0,894 mg/mL). No obstante, dicha concentración resultó superior a los valores reportados para *U. urens* (0,038 mg/mL) y *U. dioica* (0,33 mg/L).⁽⁸⁾ En el ensayo de DPPH, se observó una tendencia comparable, donde el extracto HE25 exhibió la menor concentración requerida para alcanzar el IC₅₀ (0,403 mg/mL), similar a *U. urens* (0,245 mg/mL)⁽⁸⁾ e inferior a los valores documentados para otras especies del mismo género, como *U. dioica* (0,33-1,5 mg/mL),⁽²²⁾ *U. leptophylla* (3,0 mg/mL) y *U. baccifera* (2,407 mg/mL).⁽²³⁾

Se destaca que la actividad antioxidante se vio significativamente influenciada por la temperatura de secado. La marcada diferencia en la potencia del extracto HE60 entre los ensayos DPPH y ABTS sugiere que los mecanismos de acción antioxidante (transferencia de electrones vs. secuestro de cationes) se ven afectados de manera diferencial por el calor, posiblemente debido a la degradación preferencial de ciertas clases de compuestos fenólicos. Estos hallazgos refuerzan la hipótesis de que la selección del solvente y las condiciones de procesamiento, como la temperatura de secado, son determinantes para

maximizar la recuperación de metabolitos hidrofílicos y mejorar la actividad antioxidante.⁽²⁴⁾

Por su parte, la actividad antimicrobiana de *U. laciniata* contra *S. aureus* coincide con hallazgos en otras especies de *Urera*, por ejemplo, Modarresi-Chahardehi et al.,⁽²⁵⁾ en *U. dioica* L. (CMI = 66,66 mg/mL),⁽²⁶⁾ en *U. urens* L. (CMI = 5 mg/L) y especies cercanas como *U. baccifera* (CMI = 0,15 mg/mL)⁽⁸⁾ y *Cecropia pachystachya* (CMI = 6,5 mg/mL);⁽²⁷⁾ aunque estas últimas presentaron mayor eficacia. Esta discrepancia en la potencia podría explicarse por el uso de hidroetanol en lugar de otros solventes que pudieran favorecer la extracción de terpenoides lipofílicos.⁽⁹⁾

A pesar de solo haber identificado actividad antimicrobiana frente a una de las cinco cepas utilizadas en el estudio, los resultados resultan importantes, ya que *S. aureus* es un patógeno Gram positivo, al cual se le atribuyen infecciones cutáneas, respiratorios y sistémicas.⁽¹¹⁾ Esto sugiere importantes aplicaciones en el campo de los fitofármacos y de la cosmética, donde el extracto podría ayudar a potenciar la acción de varios productos para la piel.

La distribución diferencial de metabolitos según la temperatura de extracción puede explicar las variaciones en las actividades biológicas observadas. La sensibilidad al calor de glucuronidos, como la luteolina 7-glucuronido y luteolina 3'-O-glucuronido, explica su predominancia en extracciones a baja temperatura,^(28,29) mientras que la presencia de trehalosa en HE40 podría actuar como crioprotector, estabilizando compuestos fenólicos durante la extracción, y la sucrosa en HE60 podría prevenir la degradación oxidativa a altas temperaturas.⁽³⁰⁾

En cuanto a la relación estructura-actividad, los flavonoides identificados ejercen efectos antioxidantes mediante la eliminación de radicales libres, donde los grupos hidroxilo (-OH) en luteolina y apigenina donan electrones para neutralizar especies reactivas de oxígeno (ROS). Adicionalmente, estos compuestos pueden quelar iones prooxidantes (Fe^{2+} , Cu^{2+}), reduciendo la peroxidación lipídica. Específicamente, la luteolina 7-glucuronido ha demostrado capacidad antioxidante en macrófagos al suprimir ROS inducidos por lipopolisacáridos.⁽²⁸⁾

Además, estos metabolitos pueden alterar las membranas celulares. Los glucuronidos de luteolina (ID1, ID5) dañan la integridad de membranas en bacterias Gram+ (*S. aureus*) y hongos (*C. albicans*), y reducen su viabilidad en 80 % a 500 $\mu\text{g/mL}$.^(28,29) El vicenin 2 (ID7) y la apigenina 6,8-digalactósido han sido reportados con potencial antimicrobiano. Ellos inhiben metaloproteinasas en bacterias, y suprimen la ADN girasa bacteriana y la síntesis de peptidoglicano, críticos en la replicación microbiana y en la degradación de matriz extracelular durante infecciones.⁽³⁰⁾

En futuras investigaciones, se recomienda explorar la actividad biológica y composición de hojas frescas, junto con la optimización de métodos de

extracción mediante la evaluación de solventes alternativos como metanol o fluidos supercríticos, así como ajustar parámetros clave como el tiempo de maceración y la relación sólido-líquido, con el fin de mejorar el rendimiento de compuestos bioactivos.⁽⁹⁾

Asimismo, se sugiere estudiar las interacciones sinérgicas entre fenoles, flavonoides y otros compuestos para comprender mejor los mecanismos de acción antimicrobiana y antioxidante.⁽¹³⁾ Finalmente, es importante analizar el impacto de factores ambientales —estacionalidad, ubicación geográfica y condiciones de almacenamiento— en el perfil fitoquímico de *U. laciniata*, ya que estos factores pueden influir significativamente en la concentración y estabilidad de los metabolitos bioactivos. Estas directrices permitirán profundizar en el conocimiento de esta especie y maximizar su potencial en aplicaciones farmacéuticas y cosméticas.

CONCLUSIONES

Este estudio confirma que *Urera laciniata* posee actividad antimicrobiana selectiva frente a *Staphylococcus aureus* y capacidad antioxidante moderada, con el extracto HE25 como el más prometedor. Además, en este extracto se maximiza la obtención de flavonoides bioactivos termolábiles como los glucurónidos, particularmente adecuados para aplicaciones que requieren alta biodisponibilidad, lo que sugiere su potencial uso en el desarrollo de cremas tópicas donde los glucurónidos podrían favorecer la penetración cutánea.

Los resultados respaldan su potencial en aplicaciones cosméticas, aunque se requieren optimizaciones metodológicas para mejorar la eficacia. Futuras investigaciones deben centrarse en explorar otros métodos de extracción más efectivos y en evaluar la seguridad y eficacia *in vivo*, de manera que se consolide el valor de *U. laciniata* en la medicina tradicional y la biotecnología.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mestanza-Ramón C, Henkanaththegedara SM, Vásconez Duchicela P, et al. In-Situ and Ex-Situ Biodiversity Conservation in Ecuador: A Review of Policies, Actions and Challenges. Diversity. 2020;12(8). DOI: 10.3390/d12080315.
2. Elbouzidi A, Haddou M, Baraich A, et al. Biochemical insights into specialized plant metabolites: Advancing cosmeceutical applications for skin benefits. J Agric Food Res. 2025;19:101651. DOI: 10.1016/j.jafr.2025.101651.
3. Radice M, Tasambay A, Pérez A, et al. Ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of the genus Hedyosmum (Chlorantaceae): A review. J Ethnopharmacol. 2019;244:111932. DOI: 10.1016/j.jep.2019.111932.



4. World Health Organization. WHO global report on traditional and complementary medicine 2019 [Internet]. Geneva: World Health Organization; 2019 [citado 12/01/2026]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/312342/9789241515436-eng.pdf?ua=1>
5. Giovannini P. Medicinal plants of the Achuar (Jivaro) of Amazonian Ecuador: ethnobotanical survey and comparison with other Amazonian pharmacopoeias. J Ethnopharmacol. 2015;164:78-88. DOI: 10.1016/j.jep.2015.01.038.
6. Robles Arias DM, Cevallos D, Gaoue OG, et al. Non-random medicinal plants selection in the Kichwa community of the Ecuadorian Amazon. J. Ethnopharmacol. 2020;246:112220. DOI: 10.1016/j.jep.2019.112220.
7. Stewart VC. Species Delimitation in Neotropical Urera Guadich [Internet]. Edinburgh: The University of Edinburgh; 2018 [citado 12/01/2026]. Disponible en: https://research-scotland.ac.uk/bitstream/20.500.12594/8813/1/2018_Stewart.pdf
8. Mzid M, Ben Khedir S, Ben Salem M, et al. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol and aqueous extracts from *Urtica urens*. Pharm Biol. 2017;55(1):775-81. DOI: 10.1080/13880209.2016.1275025.
9. Lee U, Eo HJ, Jung CR, et al. Effect of drying temperature on the level of pharmacological compounds in the rhizome of *Cnidium officinale* Makino. Food Sci Preserv. 2025;32(1):158-64. DOI: 10.11002/fsp.2025.32.1.158.
10. Antony A, Farid M. Effect of Temperatures on Polyphenols during Extraction. Appl Sci. 2022;12(4):2107. DOI: 10.3390/app12042107.
11. Bai AD, Lo CKL, Komorowski AS, et al. Staphylococcus aureus bacteraemia mortality: a systematic review and meta-analysis. Clin Microbiol Infect. 2022;28(8):1076-84. DOI: 10.1016/j.cmi.2022.03.015.
12. Dieguez-Santana K, Casañola-Martin GM, Torres R, et al. Machine learning study of metabolic networks vs ChEMBL data of antibacterial compounds. Mol Pharm. 2022;19(7):2151-63. DOI: 10.1021/acs.molpharmaceut.2c00029.
13. Ezebo R, Okonkwo C, Ozoh C, et al. Phytochemical Screening and Antimicrobial Activity of Ethanol and Methanol Extracts of *Lantana camara* Leaf. World News Nat Sci [Internet]. 2021 [citado 12/01/2026];37:151-63. Disponible en: <https://bibliotekanauki.pl/articles/1839418.pdf>
14. Ochoa-Ocampo MA, Niño-Ruiz Z, Torres-Gutiérrez R, et al. Characterization, biological activity and application trends of *Ilex guayusa* Loes: A systematic literature review and bibliometric analysis. Food Chem Adv. 2025;7:100958. DOI: 10.1016/j.focha.2025.100958.



15. Ochoa-Ocampo M, Espinosa de los Monteros-Silva N, Pastuña-Fasso JV, et al. Volatile Compositional Profile, Antioxidant Properties, and Molecular Docking of Ethanolic Extracts from *Philodendron heleniae*. *Molecules*. 2025;30(6):1366. DOI: 10.3390/molecules30061366.
16. Molole GJ, Gure A, Abdissa N. Determination of total phenolic content and antioxidant activity of *Commiphora mollis* (Oliv.) Engl. resin. *BMC Chem*. 2022;16(1):48. DOI: 10.1186/s13065-022-00841-x.
17. Chandra S, Khan S, Avula B, et al. Assessment of total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and yield of aeroponically and conventionally grown leafy vegetables and fruit crops: a comparative study. *Evid Based Complement Alternat Med*. 2014;2014:253875. DOI: 10.1155/2014/253875.
18. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT Food Sci Technol*. 1995;28(1):25-30. DOI: 10.1016/S0023-6438(95)80008-5.
19. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic Biol Med*. 1999;26(9-10):1231-7. DOI: 10.1016/S0891-5849(98)00315-3.
20. Proaño-Bolaños C, Zhou M, Chen T, et al. Skin secretion transcriptome remains in chromatographic fractions suitable for molecular cloning. *Anal Biochem*. 2019;564-5:13-5. DOI: 10.1016/j.ab.2018.10.006.
21. Jha AK, Sit N. Extraction of bioactive compounds from plant materials using combination of various novel methods: A review. *Trends Food Sci Technol*. 2022;119:579-91. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.11.019.
22. Shabir S, Yousuf S, Singh SK, et al. Ethnopharmacological Effects of *Urtica dioica*, *Matricaria chamomilla*, and *Murraya koenigii* on Rotenone-Exposed *D. melanogaster*: An Attenuation of Cellular, Biochemical, and Organismal Markers. *Antioxidants*. 2022;11(8):1623. DOI: 10.3390/antiox11081623.
23. Mariño Manzano KD. Determinación del efecto antioxidante y antimicrobiano de extractos de diferentes tipos de ortiga (*Urtica dioica*, *Urtica urens*, *Urtica leptophylla*, *Urera baccifera*) frente a cepas de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus cereus* [tesis en Internet]. Ambato: Universidad Técnica de Ambato; 2023 [citado 12/01/2026]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/37948>
24. Borges A, José H, Homem V, et al. Comparison of Techniques and Solvents on the Antimicrobial and Antioxidant Potential of Extracts from *Acacia dealbata* and *Olea europaea*. *Antibiotics (Basel)*. 2020;9(2):48. DOI: 10.3390/antibiotics9020048.



25. Modarresi-Chahardehi A, Ibrahim D, Fariza-Sulaiman S, et al. Screening antimicrobial activity of various extracts of *Urtica dioica*. *Rev Biol Trop*. 2012;60(4):1567-76. DOI: 10.15517/rbt.v60i4.2074.
26. Velasco Lezama R, Tapia Aguilar R, Ruíz Calvo J, et al. Antibacterial activity of three *Urtica* species. *Int J Pharm Sci Res*. 2021;12(2):1293-9. DOI: 10.13040/IJPSR.0975-8232.12(2).1293-99.
27. Tschá MdC, Amorim MJAAL, Farias ETN, et al. Phytochemical profile and evaluation of the antimicrobial activity of the crude hydroalcoholic extract of *Cecropia pachystachya* leaves. *Obs Econ Latinoam*. 2024;22(9):e6700. DOI: 10.55905/oelv22n9-091.
28. Crascì L, Basile L, Panico A, et al. Correlating In Vitro Target-Oriented Screening and Docking: Inhibition of Matrix Metalloproteinases Activities by Flavonoids. *Planta Med*. 2017;83(11):901-11. DOI: 10.1055/s-0043-104775.
29. Wu Z, Lee S, Kang B, et al. Determination of Luteolin 7-Glucuronide in *Perilla frutescens* (L.) Britt. Leaf Extracts from Different Regions of China and Republic of Korea and Its Cholesterol-Lowering Effect. *Molecules*. 2023;28(20):7007. DOI: 10.3390/molecules28207007.
30. Pérez-Portero Y, Vera-Ayala A, García-Díaz J, et al. Estabilidad físico-química del extracto hidroetanólico al 70% de hojas de *Spondias mombin* L. *Rev Cubana Quím [Internet]*. 2021 [citado 12/01/2026];33(3):305-25. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/4435/443569388004/html/>

Conflicto de intereses

No existen conflictos de intereses entre los autores.

Contribución de autoría

Jairo Livardo Calapucha-Alvarado: conceptualización, metodología, investigación, análisis formal y redacción del borrador original.

Nina Quilla Espinosa de los Monteros-Silva: conceptualización, metodología, investigación, validación, revisión y edición.

Melanie Ashley Ochoa-Ocampo: investigación, análisis formal, curación de datos, visualización y redacción del borrador original.

Noroska G. S. Mogollón: supervisión, adquisición de fondos, metodología, revisión y edición.



Karel Dieguez-Santana: análisis formal, *software*, validación, visualización, revisión y edición.

