

Actividad antibacteriana de extractos alcohólicos de hojas de *Solanum dolichosepalum* (Bitter)

Antibacterial activity of alcohol extracts of leaves of *Solanum dolichosepalum* leaves (Bitter)

C.Y. Heredia-Ortíz¹
M.L. Orozco-Guerrero²
Claudia Pérez Rubiano³
D.A. Martin G.⁴

¹ Fundación Universitaria Juan de Castellanos; (Colombia); correo: clau.mv29@yahoo.es

² Fundación Universitaria Juan de Castellanos; (Colombia); correo: orozcomaritza46@gmail.com

³ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC); correo: claudia.perez01@uptc.edu.co

⁴ Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC); correo: dario.martin@uptc.edu.co

Recibido: 27-02-2019 Aceptado: 10-07-2019

Cómo citar: Heredia-Ortiz, C. Y.; Orozco-Guerrero, M. L.; Pérez-Rubiano, Claudia; Martin G., D.A. (2019). Actividad antibacteriana de extractos alcohólicos de hojas de *Solanum dolichosepalum* (Bitter). *Informador Técnico*, 83(2), 121-130. <https://doi.org/10.23850/22565035.2061>

Resumen

Las plantas pertenecientes al género *Solanum* son conocidas por su amplio espectro de actividad biológica. Por esto, el objetivo de este trabajo fue evaluar la acción antibacteriana de extractos etanólicos y metanólicos de *Solanum dolichosepalum* sobre las cepas bacterianas *Staphylococcus aureus*, *Salmonella* spp., *Pseudomonas aeruginosa* y *Aeromonas hydrophila*. Los extractos fueron obtenidos por extracción sólido-líquido en equipos Soxhlet, con posterior concentración por evaporación rotatoria. Para determinar la actividad antibacteriana se usó el método de difusión en disco, empleando agar Mueller Hinton, Cloranfenicol (sensidiscos de 30 mg) como control positivo, y los solventes de extracción como controles negativos. Los extractos metanólicos y etanólicos de *S. dolichosepalum* mostraron un leve efecto inhibitorio contra *S. aureus*, *Salmonella* spp., *A. hydrophila* y *P. aeruginosa*, pero no fue suficiente para considerarse significativo mostrando resistencia a los mismos. Para los dos tipos de extractos usados, el etanólico fue el más activo sobre *S. aureus*, *Salmonella* spp., *A. hydrophila*, y el metanólico frente a *P. aeruginosa*.

Palabras clave: actividad antibacteriana; *Aeromonas hydrophila*; *Pseudomonas aeruginosa*; *Salmonella* spp; *Staphylococcus aureus*; *Solanum dolichosepalum*.

Abstract

The plants belonging to the genus *Solanum* are known for their broad spectrum of biological activity. Therefore, the objective of this work was to evaluate the antibacterial activity of ethanolic and methanolic extracts of *S. dolichosepalum* against bacterial strains *S. aureus*, *Salmonella* spp, *P. aeruginosa*, and *A. hydrophila*. The methanolic and ethanolic extracts were obtained by solid-liquid extraction in soxhlet equipment, with subsequent concentration by rotary evaporation. To determine the antibacterial activity, the disc diffusion method was used, using Mueller Hinton agar, Chloramphenicol (30 mg sensitives) as a positive control, and extraction solvents as negative controls. The methanolic and ethanolic extracts of *S. dolichosepalum* showed a slight inhibitory effect against *S. aureus*, *Salmonella* spp, *A. hydrophila*, and *P. aeruginosa*, but it was not enough to be considered significant showing resistance to them. The two types of extracts used, ethanolic was the most active against *S. aureus*, *Salmonella* spp, *A. hydrophila*, and methanolic against *P. aeruginosa*.

Keywords: antibacterial activity; *Aeromonas hydrophila*; *Pseudomonas aeruginosa*; *Salmonella* spp.; *Staphylococcus aureus*; *Solanum dolichosepalum*.

Introducción

El uso indiscriminado de antibióticos en animales para tratar enfermedades, ha resultado en un incremento de la resistencia de los mismos entre las bacterias patógenas (Belém-Costa; Possebon-Cyrino, 2006). La resistencia es el mecanismo mediante el cual, los microorganismos pueden disminuir la acción de los agentes antimicrobianos (Rivera-Calderón; Motta-Delgado; Cerón-Urbano; Chimonja-Coy, 2012), generada del uso de antibióticos en animales y la posterior transferencia de genes de resistencia en las bacterias entre animales, los productos animales y el medio ambiente (McEwen; Fedorka-Cray, 2002; Phillips *et al.*, 2004).

Entre los mecanismos descritos de resistencia antimicrobiana se encuentran: expulsión del antibiótico mediante bombas de eflujo, alteración de la permeabilidad, modificación del blanco terapéutico y/o inactivación del antibiótico (Arenas; Moreno-Melo, 2018). Respecto a una alternativa eficaz para tratar enfermedades bacterianas, se ha recurrido al uso de plantas que presentan un rango de actividad biológica y son fuente rica de metabolitos secundarios (Koduru; Grierson; Afolayan, 2006).

Con relación a la *A. hydrophila*, esta es un bacilo Gram negativo que produce una variedad de enfermedades en algunas especies animales, desde acuáticos hasta terrestres, e incluso a los humanos (Ji *et al.*, 2015); también, es causante de gastroenteritis e infecciones cutáneas y respiratorias (Zepeda-Velázquez, 2015), infecciones oculares, peritonitis, bacteriemia, meningitis, síndrome urémico hemolítico y fascitis necrotizante en humanos (Citterio; Biavasco, 2015); además, se considera un patógeno oportunista que provoca gran mortalidad en peces causando septicemia (Harikrishnan; Balasundaram, 2005).

Por su parte, *S. aureus*, es un coco Gram positivo, que produce una gran variedad de infecciones supurativas en heridas (abscesos) de animales, mastitis, endometritis, cistitis, osteomielitis. En cuanto a *Salmonella* spp., es un bacilo Gram negativo, aerobio y anaerobio facultativo, móvil y no formador de esporas (Pérez-Rubiano; Cardozo-Torres, 2014; Quinn; Markey; Leonard; FitzPatrick; Fanning, 2015), provoca gastroenteritis, abortos en bovinos y equinos; diarreas, septicemias en diferentes especies animales (Rivera-Calderón *et al.*, 2012).

Con referencia a *P. aeruginosa*, es un bacilo Gram negativo que produce otitis, e infecciones supurativas en animales domésticos, generalmente con asociación y quemaduras, daño corneal y heridas (García-Urquijo; Rodríguez-Rodríguez; Rodríguez-Pérez; Lorenzo-Manzanas; Hernández-González, 2014; Quinn *et al.*, 2015).

Por otro lado, el género *Solanum* perteneciente a la familia *Solanaceae*, posee más de 2300 especies en todo el mundo (Sheeba, 2010), las cuales son conocidas por presentar diversos tipos de actividad biológica, gracias a los compuestos que tienen este potencial. *Solanum dolichosepalum* (frutillo) es una planta de bosque húmedo montano bajo y montano alto ubicado en la Cordillera Central de Colombia (Cárdenas; Isaza; Pérez, 2013; Marin-Ocampo; López-Zuluaga; Pérez-Cardenas; Isaza-Mejía, 2006). Además, es un arbusto nativo y escaso; presente en sitios abiertos y en suelos muy erosionados (Cárdenas-Burgos; Pacheco-Maldonado; Vanzela, 2016; González-M; López-Camacho, 2012).

En cuanto a su uso, las hojas y frutos son utilizados para ayudar a cicatrizar, eliminar piojos y tratar enfermedades renales; asimismo, es usado como inmunoestimulante, antiinflamatorio, antibacteriano y antifúngico (Cárdenas *et al.*, 2013; Marin-Ocampo *et al.*, 2006; Ramírez-Cárdenas; Isaza-Mejía; Pérez-Cárdenas; Martínez-Garzón, 2017; Martin-G.; Cárdenas; Pacheco; Cárdenas, Gómez, 2016). Sin embargo, *S. dolichosepalum* es una especie poco estudiada como agente antimicrobiano.

Arango *et al.*, (2004), reportaron efectos antimicrobianos de *S. dolichosepalum*, en donde extractos etanólicos inhibieron, a una concentración de 250 µg/mL, el crecimiento de *S. aureus*, *Shigella* spp., *Vibrio cholerae* y los hongos *Aspergillus flavus* y

Candida albicans. A su vez, Martín-G. *et al.*, (2016) evaluaron la efectividad de extractos de acetona y cloroformo sobre dos cepas de *Fusarium oxysporum*, encontrando que los dos tipos de extractos fueron activos contra las cepas estudiadas. Por su parte, Ramírez-Cárdenas *et al.*, (2017) realizaron un estudio fitoquímico y una caracterización preliminar y actividad antibacteriana de 4 fracciones del extracto etanólico de frutos, encontrando metabolitos como flavonoides, alcaloides, esteroides y/o terpenoides libres, saponinas, taninos y glicósidos cardiotónicos; y actividad frente a *S. aureus* y *Escherichia coli*, y ausencia de actividad contra *P. aeruginosa*.

De este modo, el objetivo de este trabajo es evaluar la acción antibacteriana de extractos etanólicos y metanólicos de *S. dolichosepalum* sobre cepas bacterianas *S. aureus*, *Salmonella* spp., *P. aeruginosa* y *A. hydrophila*, con el fin de profundizar el conocimiento y actividad biológica de esta especie, contra microorganismos de interés pecuario.

Materiales y métodos

Material vegetal

Las hojas de la planta fueron colectadas en el municipio de Tinjacá, Boyacá, Colombia. Éstas se lavaron por inmersión en una solución de hipoclorito de sodio al 1 %, se secaron a temperatura ambiente (20 °C), realizando la homogenización de tamaño con un molino analítico IKA A11.

Obtención de extractos

Los extractos fueron preparados según lo reportado por Martín *et al.*, (2016) con algunas modificaciones. La extracción sólido líquido se realizó en equipos Soxhlet, usando etanol (J.T. Baker, 99,5 %), y metanol (J.T. Baker, 99,8 %) como solventes; se usaron equipos con capacidad de 500 mL de solvente, agregando un exceso de 100 mL para evitar efectos de disminución de agente extractivo; el tiempo total de extracción fue de 5 horas, con 5 ciclos extractivos por hora. Los extractos se concentraron mediante evaporación rotatoria a baja presión, en un equipo IKA modelo RV 10. El rendimiento promedio de extracción estuvo entre 11 y 17 %. Los extractos se almacenaron en frascos ámbar a -18 °C para su posterior análisis.

Microorganismos empleados en el estudio

En el estudio se utilizaron cuatro cepas bacterianas, una Gram positiva (*S. aureus*, ATCC 25923) y tres Gram negativas: *Salmonella* spp. (ATCC 700623), *A. hydrophila* (ATCC 35654) y *P. aeruginosa* (ATCC 27853). Estas cepas fueron adquiridas en el cepario de la Pontificia Universidad Javeriana.

Conservación de cepas bacterianas

Las cepas de *Salmonella* spp., *P. aeruginosa*, *A. hydrophila* y *S. aureus* se cultivaron en caldo Infusión Cerebro Corazón (ICC), y se incubaron por 24 horas a 37 °C. El cultivo se mezcló con igual volumen de glicerol al 10 % (v/v), la mezcla homogénea se dispensó en tubos Eppendorf a razón de 1 mL/tubo conservándose a -20 °C hasta su uso.

Actividad antibacteriana de extractos

La actividad antibacteriana se evaluó con el método de difusión en disco mediante la técnica de Kirby-Bauer (Bauer; Kirby;

Sherris; Turck, 1966; Bernal; Guzmán, 1984) empleando agar Mueller Hinton. El inóculo de las bacterias se llevó a una turbidez de 0,5 según la escala de McFarland, que corresponde aproximadamente a $1,5 \times 10^8$ UFC/mL. Como control positivo se usó cloranfenicol (Oxoid, 30 mg) y como negativos los solventes de extracción. Los extractos secos (sin solvente) fueron redisueltos en sus respectivos solventes de extracción (etanol y metanol), hasta obtener una concentración inicial de 0,84 g/mL (determinada por estudios preliminares). Los sensibilizados de papel filtro (Whatman N° 2) de 5 mm de diámetro fueron impregnados por inmersión con los solventes y los extractos. Las muestras se incubaron a 37 °C por 24 horas. Posteriormente,

$$\% IH = \frac{B}{E} \times 100 \quad (1)$$

se midieron los halos de inhibición previa corrección de los controles negativos, calculando el porcentaje de inhibición (ecuación 1), comparado con el valor del cloranfenicol. Todos los ensayos se realizaron por triplicado.

Donde B (mm) es el halo producido por el extracto, E (mm) es el halo producido por el control positivo.

Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) (Martin et al., 2016)

Para determinar la menor concentración que inhibe el crecimiento bacteriano se efectuaron diluciones sucesivas de los extractos en los respectivos solventes de extracción, partiendo desde 0,84 g/mL, la inoculación se realizó en cajas de Petri. Se tomó como CMI a la concentración de extracto más baja que produjo inhibición de los microorganismos después de incubar por 24 horas a 37 °C.

Análisis estadístico

Se usó un diseño completamente aleatorizado, con los halos, porcentajes de inhibición y CMI como variables respuestas. Las variables independientes fueron la cepa, y el tipo de extracto. Se realizaron análisis de varianzas ANOVA y el test de Duncan cuando fue necesario; ambas pruebas se evaluaron al 5 % ($p > 0,05$). Los análisis se realizaron en el software SPSS (SPSS Inc., Chicago, IL, USA- SPSS versión 17).

Resultados y Discusión

Halos de inhibición

Todos los extractos presentaron actividad inhibitoria contra las cuatro cepas analizadas (ver Tabla 1), los halos de inhibición estuvieron en un rango de 1-4 mm. Los datos difirieron estadísticamente según el análisis ANOVA ($p = 0,006$), lo que evidenció que el extracto etanólico fue más efectivo frente al metanólico. Las cepas más sensibles fueron *S. aureus* y *Salmonella* spp., frente al extracto etanólico, y *P. aeruginosa* y *S. aureus* contra el metanólico. En otro caso, Sridhar; Josthna; Naidu (2011) encontraron resultados contrarios, cuando estudiaron el efecto de extractos metanólicos y etanólicos de *S. nigrum* sobre *S. aureus*. Estos autores reportaron halos de inhibición más grandes para el extracto metanólico de hoja, con valores de 8,0 mm, mientras que el etanólico generó zonas de 7,0 mm; además, en el caso de la semilla, se evidenciaron valores de 12 mm para el extracto etanólico y 15 mm para el metanólico.

Es decir, si se comparan los valores encontrados para *S. dolichosepalum* son bajos, y puede deberse a la baja sensibilidad de los microorganismos analizados frente a los extractos estudiados. Esta baja respuesta se puede atribuir a que los

Tabla 1.
Halos o zonas de inhibición (mm) de los extractos analizados, contra las cepas de estudio

	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella spp.</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>P. aeruginosa</i>
EE	3,7 ± 0,6 ^b	3,3 ± 0,6 ^b	1,7 ± 1,1 ^a	1,7 ± 0,6 ^a
EM	1,7 ± 0,6 ^a	1,3 ± 0,6 ^a	1,3 ± 0,6 ^a	2,0 ± 1,0 ^a
Et	2,1 ± 0,6	1,7 ± 0,6	2,1 ± 0,6	3,2 ± 0,0
Me	1,9 ± 0,6	2,3 ± 0,0	2,4 ± 0,6	2,2 ± 0,6

EE: extracto etanólico. EM: extracto metanólico. Et: etanol. Me: metanol

Nota: Los datos se muestran como media ± desviación estándar. Las letras diferentes en la misma columna, o misma fila difieren estadísticamente según el test de Duncan, evaluado al 5 %

Fuente: elaboración propia

metabolitos presentes en esta planta (alcaloides, flavonoides, saponinas y esteroides) reportados por Ramírez-Cárdenas *et al.*, (2017) no tienen un alto potencial antibacteriano contra las bacterias analizadas en esta investigación.

Con relación a otros reportes del uso de plantas del mismo género sobre los microorganismos analizados, en la literatura se encuentran valores más altos a los evidenciados en este estudio. Pereira *et al.*, (2008), analizaron el efecto de extractos metanólicos de hojas de *Solanum palinacanthum* (10 mg/mL) sobre *A. hydrophila*, *P. aeruginosa* y *S. aureus*, en donde se encontraron zonas de inhibición de 12,5, 0,0 y 9,5 mm respectivamente. Asimismo, Latha y Kannabiran (2006), encontraron valores superiores al analizar el efecto de extractos metanólicos de tallo (11 mm) y flores (9 mm) de la especie *Solanum trilobatum* Linn. En el mismo sentido, Sheeba (2010), halló halos de 13 mm, 4 mm y 15 mm para *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *Salmonella typhi* respectivamente, usando extractos etanólicos de hojas de *Solanum surattense* Burm en una concentración de 50 mg/mL. Por su parte, Xavier; Auxilia; I Selvi (2013), analizaron extractos metanólicos de hojas frescas de *S. erianthum* con halos de inhibición de 9,6, 9,5 y 9,0 mm para *S. aureus*, *S. typhi* y *P. aeruginosa* respectivamente.

De igual forma, Zubair *et al.*, (2011) reportaron otra especie con actividad sobre *S. aureus*, la *S. nigrum*; sus extractos metanólicos mostraron halos de 24,5 mm contra esta cepa.

Por otro lado, De Britto; Herin; Gracelin; Benjamin; Rathna (2011) usaron extractos metanólicos de hojas (0,1 mg/mL) de diferentes solanáceas para inhibir *A. hydrophila*; determinando valores de 12,00, 14,66, 14,33, 18,00 y 6,33 mm para *S. nigrum*, *S. torvum*, *S. trilobatum*, *S. surattense* y *S. melongena*, respectivamente.

Sivapriya; Dinesha; Harsha; Gowda; Srinivas (2011) utilizaron valores de 15, 16, 14 y 15 mm para *S. aureus*, *Salmonella cibrium*, *Salmonella typhimurium* y *Pseudomonas spp.* usando extractos etanólicos del epicarpio de *S. torvum*. Además, extractos de metanol acuoso (70 % v/v) de hojas *S. americanum* mill fueron reportados como inactivos frente a *S. aureus* y *P. aeruginosa* (Usman; Victor; Waziri, 2018).

Con relación a los estudios mencionados sobre la actividad biológica de especies del mismo género sobre los microorganismos analizados, cuyos datos evidenciaron que la especie *S. dolichosepalum* tiene una actividad antibacteriana baja, se puede entender que los compuestos de estos extractos (alcaloides, flavonoides, saponinas y esteroides) tienen un leve comportamiento inhibitorio contra las cepas evaluadas. Con los resultados encontrados para los halos de inhibición, se determinó que las cepas analizadas son resistentes a los extractos, dado que, según García *et al.*, (2000) una cepa es resistente a un antibacteriano cuando los halos de inhibición son menores a 12 mm (HI ≤ 12 mm).

Porcentajes de inhibición

Los porcentajes de inhibición generados por los extractos etanólicos y metanólicos de *S. dolichosepalum* fueron inferiores al 25 %, estadísticamente significativos (p=0.001) (ver Tabla 2). Por lo cual, se corroboró la resistencia de los microorganismos

Tabla 2.
Porcentajes de inhibición de los extractos analizados, contra las cepas de estudio

	<i>S. aureus</i>	<i>Salmonella spp.</i>	<i>A. hydrophila</i>	<i>P. aeruginosa</i>
EE	23,04 ± 3,63 b	21,47 ± 3,41 b	8,07 ± 5,59 a	5,32 ± 1,84 a
EM	10,47 ± 3,63 a	8,47 ± 3,67 a	6,45 ± 2,79 a	9,66 ± 5,68 a
Clo	15,9 ± 0,6	15,8 ± 0,5	20,7 ± 1,0	31,3 ± 1,2

EE: extracto etanólico. EM: extracto metanólico. Clo: inhibición (mm) del cloranfenicol

Nota: Los datos se muestran como media ± desviación estándar. Las letras diferentes en la misma columna, o misma fila difieren estadísticamente según el test de Duncan, evaluado al 5 %

Fuente: elaboración propia

frente a los extractos evaluados. Cruz-Carrillo *et al.*, (2010) mencionaron que un extracto tiene acción antibacteriana alta cuando su porcentaje de inhibición relativo es mayor al 70 %, intermedia entre 50 y 70 %, baja cuando está entre 25 y 50 % y resistente si es menor al 25 %.

De acuerdo a lo anterior, se encontraron algunos estudios donde se usaron plantas del mismo género y se compararon los porcentajes de inhibición. De esta forma, en un estudio con *S. nigrum* (Linn), se reportaron de 66,67 y 58,33 % de inhibición para extractos metanólicos y etanólicos de hojas contra *S. aureus* (Sridhar *et al.*, 2011). De igual forma, Sivapriya *et al.*, (2011) encontraron que extractos etanólicos obtenidos del epicarpio de *S. torvum* mostraron valores de 83,33, 100,00, 87,5 y 88,23 % para *S. aureus*, *S. cibrum*, *S. typhimurium* y *Pseudomonas spp.*

Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

Con relación a la CMI, se encontraron valores en un rango de 200,6 a 835,8 mg/mL, estos resultados no fueron estadísticamente

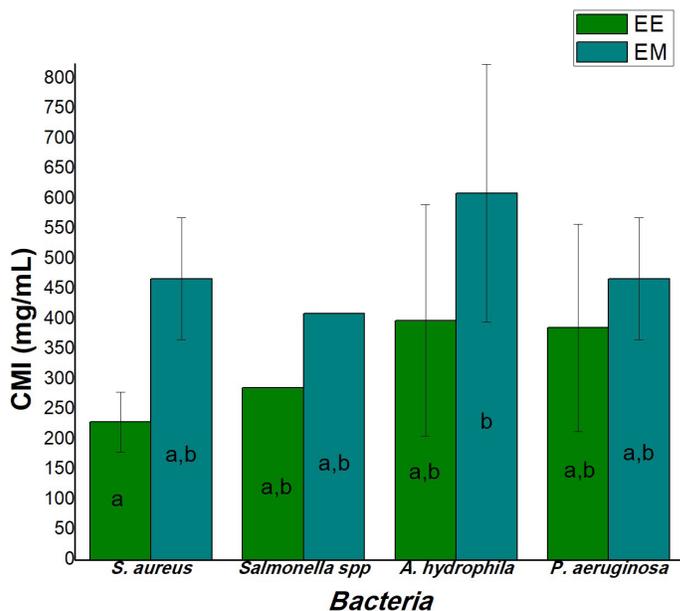


Figura 1. CMI de los extractos metanólicos (EM) y etanólicos (EE) contra las diferentes bacterias analizadas. Nota: Las columnas muestran media ± desviación estándar. Letras diferentes estadísticamente según el test de Duncan, evaluado al 5 %

Fuente: elaboración propia

significativos ($p=0.069$). Por lo tanto, se corroboró que el extracto etanólico fue el más efectivo y la cepa más sensible fue *S. aureus* (ver Figura 1). Estos resultados ratificaron que las cepas analizadas fueron resistentes al efecto de los extractos usados, dado que los extractos mostraron valores superiores a los 100 mg/mL (Avellaneda-Saucedo; Rojas-Hernández; Cuéllar-Cuellar; Fonseca-Juárez, 2005).

Por otra parte, Arango *et al.*, (2004) reportaron el uso de extractos etanólicos de hojas de *S. dolichosepalum* y encontraron que únicamente *S. aureus* fue inhibido por el extracto, con una CMI de 0,25 mg/mL, dato menor al hallado en este estudio (229,3 y 467,9 mg/mL para extracto etanólico y metanólico respectivamente); con respecto a *P. aeruginosa* y *S. typhimurium* no mostraron actividad. Sin embargo, los datos hallados en este estudio mostraron resultados contrarios, pues los extractos etanólicos y metanólicos arrojaron valores promedio de 386,0 y 468,0 mg/mL contra *P. aeruginosa*, y 286,6 y 468,0 mg/mL para *Salmonella* spp.

Ramírez-Cárdenas *et al.*, (2017), analizaron el efecto antibacteriano de frutos secos de *S. dolichosepalum* frente a *S. aureus* y *P. aeruginosa*; donde emplearon fracciones obtenidas a partir del extracto etanólico de la planta. De las cuatro fracciones obtenidas de ese extracto, F1 (éter de petróleo) y F2 (acetato de etilo-agua) presentaron actividad contra *S. aureus*, con valores de CMI de 500,00 y 31,25 mg/mL y en el caso de *P. aeruginosa* no obtuvieron actividad.

Otras investigaciones informan datos de CMI de otras especies del género *Solanum*, contra las cepas analizadas, en donde los extractos metanólicos de hoja de *S. aculeastrum* mostraron valores de 4,4 y 8 mg/mL para *S. aureus*, *P. aeruginosa* y *Salmonella pooni* respectivamente (Koduru *et al.*, 2006), por su parte, Aliero y Afolayan (2006) estudiaron extractos metanólicos de *S. tomentosum* contra las mismas cepas, encontrando CMI de 5, inactivo y 5 mg/mL.

En términos generales, a pesar de que las bacterias analizadas resultaron resistentes al efecto de los extractos, se pudo evidenciar que la cepa Gram positiva (*S. aureus*) mostró más efecto inhibitorio que las Gram negativas (*Salmonella* spp., *A. hydrophila* y *P. aeruginosa*), sobre todo, al extracto etanólico. Este comportamiento se logra explicar gracias a que las bacterias Gram negativas tienen compuestos anfipáticos (fosfolípidos y porinas) que pueden operar como bombas de expulsión de diferentes compuestos, disminuyendo el efecto antibacteriano por la supresión de éstas moléculas (Domingo; López-Brea, 2003). Otra razón, puede ser que estos compuestos no son capaces de romper eficientemente los fosfolípidos de la membrana externa presente en Gram negativas y ausente en Gram positivas (De Britto *et al.*, 2011), sumado a esto, las bacterias Gram positivas son más sensibles al ataque de los antimicrobianos, debido a que su pared celular es más accesible (Domingo; López-Brea, 2003), al estar compuesta mayoritariamente por peptidoglicano.

De igual forma, otras investigaciones también reportaron mayor sensibilidad de Gram positivas, con el estudio del efecto de extractos de especies del género *Solanum* sobre diferentes cepas. Sivapriya *et al.*, (2011) encontraron mayor sensibilidad de *S. aureus*, *Bacillus subtilis* y *Streptococcus*, comparados con *S. typhimurium*, *Vibrio cholerae* y *E. coli* al usar extractos de *S. torvum*. Extractos etanólicos de *S. nigrum* también mostraron mayor efecto sobre *S. aureus* y *B. subtilis* confrontados con *E. coli* y *Pasteurella multocida* (Zubair *et al.*, 2011). Ramírez-Cárdenas *et al.*, (2017) reportaron que extractos etanólicos de frutos secos de *S. dolichosepalum* tienen efecto contra *S. aureus*, mas no contra *P. aeruginosa*.

Conclusiones

Los extractos metanólicos y etanólicos de *S. dolichosepalum* mostraron un leve efecto inhibitorio contra *S. aureus*, *Salmonella* spp., *A. hydrophila* y *P. aeruginosa*, pero no fue suficiente para considerarse significativo, catalogando a estas cepas como resistentes frente a los compuestos que están presentes en los extractos analizados. A pesar de esto, *S. aureus* fue el microorganismo que exhibió mayor efecto inhibitorio, en comparación con las bacterias Gram negativas. De los dos tipos de extractos usados, el etanólico fue el más activo sobre *S. aureus*, *Salmonella* spp., *A. hydrophila*, y el metanólico contra *P. aeruginosa*.

Referencias

- Aliero, A.; Afolayan, A. (2006). Antimicrobial activity of *Solanum tomentosum*. *African Journal of Biotechnology*, 5(4), 369-372.
- Arango, María; Bueno, Juan; Isaza, Gustavo; Pérez, Jorge; Álvarez, Luis; Osorio, Edison; Rincón, Ana; Duque, Alfonso (2004). Efectos antibacterianos y antimicóticos de *Alternanthera williamsii*, *Solanum dolichosepalum*, *Baccharis trinervis*, *Tabebuia chrysantha* y *Phenax rugosus*. *Biosalud*, 3, 49-54.
- Arenas, Nelson; Moreno-Melo, Vilma (2018). Producción pecuaria y emergencia de antibiótico resistencia en Colombia: *Revisión sistemática*. *Infectio*, 22(2), 110-119. <https://doi.org/10.22354/in.v22i2.717>
- Avellaneda-Saucedo, Senovio; Rojas-Hernández, Nidia; Cuéllar-Cuellar, Armando; Fonseca-Juárez, Rosa (2005). Actividad antibacteriana de *Diphysa minutifolia* Rose. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 10(2).
- Bauer, A. W.; Kirby, W. M.; Sherris, J. C.; Turck, M. (1966). Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. *American journal of clinical pathology*, 45(4_ts), 493-496. https://doi.org/10.1093/ajcp/45.4_ts.493
- Belém-Costa, Andréa; Possebon-Cyrino, José (2006). Antibiotic resistance of *Aeromonas hydrophila* isolated from *Piaractus mesopotamicus* (Holmberg, 1887) and *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758). *Scientia Agricola*, 63(3), 281-284. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162006000300011>
- Bernal, Maye; Guzmán, Miguel (1984). El antibiograma de discos. Normalización de la técnica de Kirby-Bauer. *Biomédica*, 4(3-4), 112-121. <https://doi.org/10.7705/biomedica.v4i3-4.1891>
- Cárdenas, Alexander; Isaza, Gustavo; Pérez, Jorge (2013). Especies vegetales investigadas por sus propiedades antimicrobianas, inmunomoduladoras e hipoglucemiantes en el departamento de Caldas (Colombia-Sudamérica). *Revista Biosalud*, 12(1), 59-82.
- Cárdenas-Burgos, Camilo; Pacheco-Maldonado, José; Vanzela, André (2016). Propagación in vitro de *Solanum dolichosepalum* (Solanaceae). *Ciencia en Desarrollo*, 7(2), 9-22. <https://doi.org/10.19053/01217488.v7.n2.2016.4122>
- Citterio, Barbara; Biavasco, Francesca (2015). *Aeromonas hydrophila* virulence. *Virulence*, 6(5), 417-418. <https://doi.org/10.1080/21505594.2015.1058479>
- Cruz-Carrillo, Anastasia; Rodríguez, Natália; Rodríguez, Carlos (2010). Evaluación in vitro del efecto antibacteriano de los extractos de *Bidens pilosa*, *Lantana camara*, *Schinus molle* y *Silybum marianum*. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2), 117-124.
- De Britto, A. J.; Herin, D.; Gracelin, S.; Benjamin, P.; Rathna, J. (2011). Antimicrobial activity of a few medicinal plants against Gram negative bacteria. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical technology*, 2(3), 457-461.
- Domingo, D.; López-Brea, M. (2003). Plantas con acción antimicrobiana. *Rev Esp Quimioterap*, 16(4), 385-393.
- García, J., Cantón, R., García, E., Gómez, M., Martínez, L., Rodríguez-Avial, C., & Vila, J. (2000). Métodos básicos para el estudio de la sensibilidad a los antimicrobianos. *Procedimientos en Microbiología Clínica. Recomendaciones de la Sociedad Española de Enfermedades Infecciosas y Microbiología Clínica*. Recuperado de:

<https://www.seimc.org/contenidos/documentoscientificos/procedimientosmicrobiologia/seimc-procedimientomicrobiologia12.pdf>

- García-Urquijo, Alexander; Rodríguez-Rodríguez, José; Rodríguez-Pérez, Robin; Lorenzo-Manzanas, Romy; Hernández-González, Geni (2014). Comportamiento y pronóstico de la sepsis por *Pseudomonas aeruginosa* en heridas por quemaduras. *Acta Médica del Centro*, 8(3), 57-62.
- González-M., Roy; López-Camacho, René (2012). Catálogo de las plantas vasculares de Ráquira (Boyacá), flora andina en un enclave seco de Colombia. *Colombia forestal*, 15(1), 55-103. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.colomb.for.2012.1.a02>
- Harikrishnan, R.; Balasundaram, C. (2005). Modern trends in *Aeromonas hydrophila* disease management with fish. *Reviews in Fisheries Science*, 13(4), 281-320. <https://doi.org/10.1080/10641260500320845>
- Ji, Yachan; Li, Jinquan; Qin, Zhendong; Li, Aihua; Gu, Zemao; Liu, Xiaoling; Lin, Li; Zhou, Yang (2015). Contribution of nuclease to the pathogenesis of *Aeromonas hydrophila*. *Virulence*, 6(5), 515-522. <https://doi.org/10.1080/21505594.2015.1049806>
- Koduru, S.; Grierson, D.; Afolayan, A. (2006). Antimicrobial Activity of *Solanum aculeastrum*. *Pharmaceutical biology*, 44(4), 283-286. <https://doi.org/10.1080/13880200600714145>
- Latha, P. S.; Kannabiran, K. (2006). Antimicrobial activity and phytochemicals of *Solanum trilobatum* Linn. *African Journal of Biotechnology*, 5(23).
- Marin-Ocampo, Ángela; López-Zuluaga, César; Pérez-Cardenas, Jorge; Isaza-Mejia, Gustavo (2006). Actividad antifúngica de los extractos acuosos de *Baccharis trinervis*, *Baccharis latifolia* y *Solanum dolichosepalum*. *Biosalud*, 5, 51-59.
- Martin, D.; Cárdenas, O.; Pacheco, J.; Cárdenas, C., Gómez, J. (2016). Antifungal activity of chloroform and acetone extracts of *Solanum dolichosepalum* against *Fusarium oxysporum*. *Int. J. Pharm. Pharm. Sci*, 8(8), 373-374.
- McEwen, Scott; Fedorka-Cray, Paula (2002). Antimicrobial use and resistance in animals. *Clinical Infectious Diseases*, 34(Supplement_3), S93-S106. <https://doi.org/10.1086/340246>
- Pereira, Aline; Oliveira, Denilson; Silva, Geraldo; Figueiredo, Henrique; Cavalheiro, Alberto; Carvalho, Douglas; Souza, Luciana; Chalfoun, Sára (2008). Identification of the antimicrobial substances produced by *Solanum palinacanthum* (Solanaceae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 80(3), 427-432. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652008000300004>
- Pérez-Rubiano, Claudia; Cardozo-Torres, Sandra (2014). Reportes de brotes y aislamientos de *salmonella* sp. en Colombia. *Cultura Científica*, (12), 74-83.
- Phillips, Ian; Casewell, Mark; Cox, Tony; De Groot, Brad; Friis, Christian; Jones, Ron; Nightingale, Charles; Preston, Rodney; Waddell, John (2004). Does the use of antibiotics in food animals pose a risk to human health? A critical review of published data. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 53(1), 28-52. <https://doi.org/10.1093/jac/dkg483>
- Quinn, P. J.; Markey, B. K.; Leonard, F. C.; FitzPatrick, E. S.; Fanning, S. (2015). *Concise review of veterinary*

microbiology. West Sussex, UK: John Wiley & Sons Ltd.

- Ramírez-Cárdenas, Alexander; Isaza-Mejía, Gustavo; Pérez-Cárdenas, Jorge; Martínez-Garzón, Maby (2017). Estudio fitoquímico preliminar y evaluación de la actividad antibacteriana del *Solanum Dolichosepalum* Bitter (Frutillo). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 22(1), 1-11.
- Rivera-Calderón, Luis; Motta-Delgado, Pablo; Cerón-Urbano, Magda; Chimonja-Coy, Faiber (2012). Resistencia de la salmonela a los antimicrobianos convencionales para su tratamiento. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 7(1), 116-129.
- Sheeba, E. (2010). Antibacterial activity of *Solanum surattense* Burm. F. *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology*, 6(1), 1-4.
<https://doi.org/10.3126/kuset.v6i1.3278>
- Sivapriya, M.; Dinesha, R.; Harsha, R.; Gowda, S.; Srinivas, L. (2011). Antibacterial activity of different extracts of sundakai (*Solanum torvum*) fruit coat. *International Journal of Biological Chemistry*, 5(1), 1-5.
<https://doi.org/10.3923/ijbc.2011.61.67>
- Sridhar, T. M.; Josthna, P.; Naidu, C. V. (2011). In vitro antibacterial activity and phytochemical analysis of *Solanum nigrum* (Linn.)-An important antiulcer medicinal plant. *Journal of Experimental Sciences*, 2(8), 24-29.
- Usman, H.; Victor, V.; Waziri, I. (2018). Qualitative Phytochemical Screening and In Vitro Antimicrobial Activities of *Solanum americanum* mill. *Arid Zone Journal of Engineering, Technology and Environment*, 14(1), 104-110.
- Thangaraj, Francis; Anthonysamy, Auxilia; Selvi, S. M. (2013). Antibacterial and phytochemical screening of *Solanumerianthum* D. *Journal of Natural Products and Plant Resources*, 3, 131-133.
- Zepeda-Velázquez, Andrea (2015). *Aeromonas* spp.: la infección en la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) y su aislamiento en México. *AquaTIC*, (42), 1-16.
- Zubair, M.; Rizwan, K.; Rasool, N.; Afshan, N.; Shahid, M.; Ahmed, V. U. (2011). Antimicrobial potential of various extract and fractions of leaves of *Solanum nigrum*. *International Journal of Phytomedicine*, 3(1), 63-67.