

Potencial antibacteriano de *Cyrtocarpa procera* sobre patógenos que afectan la Salud Veterinaria y Pública

Antibacterial potential of *Cyrtocarpa procera* on pathogens that affect Veterinary Medicine and Public Health

Xochitl De Jesús-Martínez¹, Adrián Zaragoza-Bastida^{1*}, Agustín Olmedo-Juárez², Benjamín Valladares-Carranza³, Jaime Olivares-Pérez⁴, María Eugenia López-Arellano², Nallely Rivero-Perez^{1*}

RESUMEN

Se evaluó la actividad antibacteriana *in vitro* de tres extractos hidroalcohólicos obtenidos a partir de pulpa, semilla y hoja de *Cyrtocarpa procera* sobre bacterias ATCC (*American Type Culture Collection*) y aisladas de casos clínicos de importancia en salud veterinaria y pública. Los extractos se obtuvieron por maceración en una solución hidroalcohólica (70:30, agua: metanol). En los extractos se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales. La actividad antibacteriana se determinó mediante la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB). Los extractos fueron evaluados a concentraciones de 200 a 1.56 mg/mL. El extracto de semilla tuvo un mejor efecto inhibiendo el crecimiento bacteriano sobre cepas de referencia y las aisladas de casos clínicos (CMI: 6.25-25 mg/mL), así como provocando la muerte bacteriana

¹ Instituto de Ciencias Agropecuarias, Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Tulancingo, Hidalgo, México

² Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad (CENID SAI-INIFAP), Jiutepec, Morelos, México

³ Centro de Investigación y Estudios Avanzados en Salud Animal, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, Estado de México, México

⁴ Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad Autónoma de Guerrero, México

* Autor correspondiente: Nallely Rivero-Perez (nallely_rivero@uaeh.edu.mx); Adrian Zaragoza-Bastida (adrian_zaragoza@uaeh.edu.mx)

Recibido: 20 de mayo de 2024

Aceptado para publicación: 25 de enero de 2025

Publicado: 30 de abril de 2025

©Los autores. Este artículo es publicado por la Rev Inv Vet Perú de la Facultad de Medicina Veterinaria, Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Este es un artículo de acceso abierto, distribuido bajo los términos de la licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0) [<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es>] que permite el uso, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada de su fuente original

con una CMB de 25-200 mg/mL. Se evidenció el efecto bactericida del extracto hidroalcohólico de semilla de *C. procera* sobre 8/13 bacterias evaluadas tanto ATCC como aisladas de casos clínicos.

Palabras clave: *Cyrtocarpa procera*, pulpa, semilla, hoja, Concentración Mínima Inhibitoria, Concentración Mínima Bactericida

ABSTRACT

The *in vitro* antibacterial activity of three hydroalcoholic extracts obtained from the pulp, seed and leaf of *Cyrtocarpa procera* against bacteria ATCC (American Type Culture Collection) and isolated from clinical cases of importance in veterinary and public health was evaluated. The extracts were obtained by maceration in a hydroalcoholic solution (70:30, water: methanol). The content of total phenolic compounds was determined in the extracts. The antibacterial activity was determined by the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and Minimum Bactericidal Concentration (MBC). The extracts were evaluated at concentrations from 200 to 1.56 mg/mL. The seed extract had a better effect inhibiting bacterial growth on reference strains and those isolated from clinical cases (MIC: 6.25-25 mg/mL), as well as causing bacterial death with MBC of 25-200 mg/mL. The bactericidal effect of the hydroalcoholic extract of *C. procera* seed was evident over 8/13 bacteria evaluated both ATCC and isolated from clinical cases.

Keywords: *Cyrtocarpa procera*, pulp, seed, leaf, Minimum Inhibitory Concentration, Minimum Bactericidal Concentration

INTRODUCCIÓN

Se dispone de amplia evidencia sobre el desarrollo de resistencia antimicrobiana a diversas fórmulas químicas o antibióticos que se utilizan para tratar enfermedades que afectan al ser humano y a los animales, lo cual se ha convertido en una problemática mundial en aspectos de salud y seguridad alimentaria (Page y Gautier, 2012; Rizo-Amezquita *et al.*, 2018). Debido al uso indiscriminado de diferentes familias de antibióticos comerciales se ha perdido o disminuido su efecto, lo que representa un escenario ideal para la proliferación de bacterias resistentes tanto en Medicina Humana como en Medicina Veterinaria (Acar *et al.*, 2012; Rocha *et al.*, 2015). En este contexto, surge la necesidad de buscar otras estrategias que sean accesibles, no tóxicas y eficaces para tratar distintas enfermedades causadas por microorganismos resistentes en seres humanos, animales y plantas (Ardoino *et al.*, 2018).

El uso de plantas en la medicina tradicional para el tratamiento de problemas de salud es una práctica mundial (Velásquez-Vázquez-Vázquez *et al.*, 2019). En México, el uso de plantas medicinales es una actividad ampliamente difundida, en la cual se utilizan diversas especies vegetales para tratar una serie de afecciones (BNMT, 2017). *Cyrtocarpa procera* es una especie arbórea conocida comúnmente en México como «Chucumpum», «Chupandía» o «Chupandilla», la cual pertenece a la familia Anacardiaceae. Es un árbol con distintos usos, su corteza es utilizada como parte de la medicina tradicional mexicana para tratar afecciones del tracto digestivo, diarreas, disentería y como cicatrizante (Rojas *et al.* 2010; BNMT, 2017; Blancas-Vázquez *et al.*, 2020). Esta planta contiene compuestos secundarios como alcaloides, flavonoides, taninos, quinonas antraquinonas, esteroides, triterpenos y saponinas (Valdez *et al.*, 2019). De acuerdo con los antecedentes ya descritos, el objetivo de la presente investigación fue determinar la

actividad antibacteriana (*in vitro*) de extractos hidroalcohólicos obtenidos a partir de pulpa, semilla y hojas de *C. procera* sobre bacterias que afectan la salud animal y pública.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material Vegetal

Se colectó de forma individual 1000 g de hoja y fruto de *Cyrtocarpa procera* en la comunidad de Morelita, Municipio de Tlapehuala, Guerrero, México, ubicado a 18°20'30" N y 100°39'18" W, a 235 msnm. Una submuestra de las partes aéreas (hoja y fruto) fue depositada en el Herbario del Centro de Investigación en Biodiversidad y Conservación (CIByC), Universidad Autónoma del Estado de Morelos asignándole el número de Voucher 33983.

Extractos

Las hojas y frutos fueron secados a la sombra a temperatura ambiente. La semilla fue separada manualmente de la pulpa deshidratada. El material vegetal (300 g aproximadamente) fue molido a un tamaño de partícula de 3-6 mm y sometido a un proceso de maceración en una solución hidroalcohólica (70:30 agua: metanol) en una relación masa/ volumen de 1/10 (300 g/3000 mL de solución), durante 48 h a temperatura ambiente y en ausencia de luz. El extracto líquido obtenido de la maceración fue filtrado utilizando gasa, algodón y papel filtro Whatman® 42, y luego fue concentrado a presión reducida en un evaporador rotatorio (Buchi R-114, Suiza), de acuerdo con Rivero *et al.* (2016).

Fenoles Totales

Fue determinado de acuerdo con Singleton *et al.* (1999), con algunas modificaciones, en un espectrofotómetro (Thermo Scientific™, modelo 51119000, España) a una longitud de onda de 620 nm, utilizando ácido gálico como estándar de referencia. Los re-

sultados fueron expresados en miligramos equivalentes de ácido gálico por cada 100 g de materia seca (mg EAG/ 100 g de MS).

Actividad Antibacteriana

Cepas

Se utilizaron siete cepas ATCC: *Bacillus subtilis*⁶⁶³³, *Staphylococcus aureus*⁶⁵³⁸, *Listeria monocytogenes*¹⁹¹¹³, *Pseudomona aeruginosa*⁹⁰²⁷, *Escherichia coli*³⁵²¹⁸, *Salmonella choleraesuis*¹⁰⁷⁰⁸, *Salmonella typhi*¹⁴⁰²⁸. Asimismo, se utilizaron seis cepas aisladas de casos clínicos de la colección del Laboratorio de Bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo: *Staphylococcus aureus*, *Bacillus cereus*, *Pasteurella multocida*, *Klebsiella pneumoniae*, *Bordetella bronchiseptica* y *Escherichia coli*, a las cuales se les determinó su perfil de resistencia de acuerdo con Morales-Ubaldo *et al.* (2022).

Se inoculó una colonia de cada bacteria en caldo nutritivo (BD Bioxon, México). Fueron incubadas en agitación constante (70 rpm) por 24 h a 37 °C. El inóculo se ajustó al 0.5 del patrón de turbidez de McFarland (Remel, R20421, EU), el cual corresponde a 150 x 10⁶ cel/mL.

Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

Se utilizó la técnica de microdilución en placa, de acuerdo con la metodología descrita por Mothana *et al.* (2009) y Kaewpiboon *et al.* (2012). Los extractos fueron evaluados utilizando concentraciones de 200 a 1.56 mg/mL. El procedimiento se realizó por triplicado en placas de 96 pozos, colocando 100 µL de cada dilución del extracto más 10 µL de la suspensión bacteriana ajustada a 0.5 de McFarland. Se incubó a 37 °C durante 24 h a 70 rpm en agitación constante. Como control positivo se utilizó Kanamicina 32 µg/mL (AppliChem 4K10421) y como control negativo el caldo nutritivo. Luego de la incubación se agregó 20 µL de una solución al 0.04%

(w/v) de p-iodonitrotetrazolium (Sigma-Aldrich I8377, USA) en cada pozo, se incubó por 30 min a 37 °C y se procedió a la lectura de la CMI, que fue la concentración más baja del extracto a la cual la solución viró a rosa (Morales-Ubaldo *et al.*, 2020; Rangel-López *et al.*, 2020).

Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Previo adición de p-iodonitrotetrazolium, se inoculó de forma individual 5 iL de cada tratamiento, incluyendo los controles en placas Petri que contenían agar Mueller Hinton. Se incubó a 37 °C durante 24 h y se procedió a la lectura, considerándose la CMB como la concentración más baja de cada tratamiento en la cual no se observó crecimiento bacteriano (Morales-Ubaldo *et al.*, 2020). Asimismo, para determinar si los tratamientos evaluados tuvieron efectos bactericidas o bacteriostáticos, se determinó la relación de CMB/CMI, considerándose efecto bacteriostático cuando la relación fue mayor a 4 y bactericida cuando los valores fueron menores o iguales a 4 (Rangel-López *et al.*, 2020).

Análisis Estadístico

Los datos obtenidos fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA) bajo un diseño completamente al azar. Cuando se determinaron diferencias significativas se realizó una comparación de medias por Tukey ($p < 0.05$) utilizando el paquete estadístico SAS v. 9.0.

RESULTADOS

La maceración de pulpa, semilla y hoja de *C. procera* permitió obtener rendimientos de extractos hidroalcohólicos de 30.16, 3.27 y 9.67%, respectivamente.

Determinación de fenoles totales

La mayor cantidad de fenoles totales de los tres extractos hidroalcohólicos se encontró en la hoja (35.10 mg EAG/100 g MS) de *C. procera* (Cuadro 1).

Determinación de la actividad antibacteriana

Los resultados de la CMI y CMB de los extractos hidroalcohólicos de pulpa, semilla y hoja de *C. procera* sobre las cepas bacterianas de referencia se muestran en el

Cuadro 1. Contenido de fenoles totales de extractos hidroalcohólicos de *Cyrtocarpa procera*

	Fenoles totales (mg EAG/100 g MS)
Pulpa	2.2455
Semilla	3.0681
Hoja	35.1039

EAG: Equivalente a ácido gálico

Cuadro 2. El extracto de pulpa exhibió mejor efecto CMI ($p < 0.05$) contra *S. typhi*¹⁴⁰²⁸ (6.25 mg/mL), mientras que el extracto de semilla mostró mejor efecto sobre *E. coli*³⁵²³⁸, *S. cholerae*¹⁰⁷⁰⁸ y *S. typhi*¹⁴⁰²⁸ (6.25 mg/mL). Por otro lado, el extracto de hoja fue más activo contra *S. cholerae*¹⁰⁷⁰⁸ (3.12 mg/mL). Con respecto a la CMB, el extracto de pulpa fue más activo sobre *S. aureus*⁶⁵³⁸ y *P. aeruginosa*⁹⁰²⁷ (50 mg/mL), mientras que los extractos de semilla y hoja fueron más activos sobre *B. subtilis*⁶⁶³³ y *L. monocytogenes*¹⁹¹¹³ (25 mg/mL, respectivamente).

La relación CMB/CMI permitió determinar que el extracto hidroalcohólico de pulpa presenta mayor potencial bacteriostático (5/7) que bactericida (2/7), en tanto que la actividad del extracto de semilla es primordialmente bactericida (4/7) y el de hoja bacteriostático (3/7) (Cuadro 3).

Los extractos de pulpa y semilla presentaron mejor efecto inhibitorio (CMI) sobre cepas aisladas de casos clínicos de *P. multocida* y *K. pneumoniae* (6.25 mg/mL), mientras que el extracto de hoja exhibió mejor efecto inhibitorio (3.12 mg/mL) sobre *B. cereus* y *P. multocida* (Cuadro 4). En lo que

Cuadro 2. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Mínima Bactericida (CMB) de extractos hidroalcohólicos de pulpa, semilla y hoja de *Cyrtocarpa procera* sobre cepas ATCC

Bacteria	CMI (mg/mL)			CMB (mg /mL)			*KN (µg/mL)	
	Pulpa	Semilla	Hoja	Pulpa	Semilla	Hoja	CMI	CMB
<i>B. subtilis</i>	12.5 ^{Ba}	12.5 ^{Ba}	12.5 ^{Ca}	100 ^{Bc}	25 ^{Aa}	50 ^{Bb}	0.5	8
<i>S. aureus</i>	12.5 ^{Bb}	12.5 ^{Bb}	6.25 ^{Ba}	50 ^{Aa}	50 ^{Ba}	50 ^{Ba}	1	4
<i>L. monocytogenes</i>	12.5 ^{Bb}	12.5 ^{Bb}	6.25 ^{Ba}	100 ^{Bc}	50 ^{Bb}	25 ^{Aa}	2	4
<i>P. aeruginosa</i>	25 ^{Cb}	25 ^{Cb}	6.25 ^{Ba}	50 ^{Ac}	50 ^{Bb}	200 ^{Cc}	32	64
<i>E. coli</i>	12.5 ^{Bb}	6.25 ^{Aa}	12.5 ^{Cb}	100 ^{Ba}	200 ^{Db}	SA	4	8
<i>S. cholerasuis</i>	12.5 ^{Bc}	6.25 ^{Ab}	3.12 ^{Aa}	100 ^{Ba}	100 ^{Ca}	200 ^{Cb}	2	4
<i>S. typhi</i>	6.25 ^{Aa}	6.25 ^{Aa}	12.5 ^{Cb}	200 ^{Cb}	100 ^{Ca}	SA	4	16
Valor p	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		

^{ABCD} Letras mayúsculas dentro de cada columna indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias (p<0.05)

Cuadro 3. Relación CMB/CMI de extractos hidroalcohólicos de *Cyrtocarpa procera* sobre cepas de ATCC

Bacteria	Relación (CMB/CMI)		
	Pulpa	Semilla	Hoja
<i>B. subtilis</i>	Bacteriostático	Bactericida	Bactericida
<i>S. aureus</i>	Bactericida	Bactericida	Bacteriostático
<i>L. monocytogenes</i>	Bacteriostático	Bactericida	Bactericida
<i>P. aeruginosa</i>	Bactericida	Bactericida	Bacteriostático
<i>E. coli</i>	Bacteriostático	Bacteriostático	SA
<i>S. cholerasuis</i>	Bacteriostático	Bacteriostático	Bacteriostático
<i>S. typhi</i>	Bacteriostático	Bacteriostático	SA

SA: Sin actividad

respecta a la CMB, los extractos de pulpa y hoja mostraron un mejor efecto (p<0.05) sobre *P. multocida* (12.5 mg/mL) y el extracto de semilla sobre *B. cereus* y *P. multocida* (25 mg/mL) (Cuadro 4).

La relación CMB/CMI (Cuadro 5) permitió determinar que el extracto hidroalcohólico de pulpa presenta tanto efecto bactericida (3/6) como bacteriostático (3/6), en tanto que el extracto de semilla presenta efecto bactericida (4/6). Por otro lado, el extracto de hoja solo exhibió efecto bactericida y bacteriostático sobre una cepa, respectivamente.

DISCUSIÓN

El uso de antimicrobianos en medicina humana y veterinaria fue por muchos años la estrategia de elección para el tratamiento de infecciones de origen fúngico, vírico, parasitario y bacteriano (Sánchez-Bruni, 2015). En la actualidad, se tienen reportes de productos naturales derivados de plantas ricas en metabolitos secundarios, que han demostrado poseer propiedades antimicrobianas y podrían ser una alternativa para contrarrestar la problemática de la resistencia a antibacterianos (El-Nashar *et al.*, 2021).

Cuadro 4. Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y Concentración Mínima Bactericida (CMB) de extractos hidroalcohólico de *Cyrtocarpa procera*, sobre bacterias aisladas de casos clínicos

Bacteria	CMI (mg/mL)			CMB (mg/mL)			*KN 64 (µg/mL)	
	Pulpa	Semilla	Hoja	Pulpa	Semilla	Hoja	MIC	MBC
<i>S. aureus</i>	12.5 ^{Bb}	12.5 ^{Bb}	6.25 ^{Ba}	50 ^{Ba}	50 ^{Ba}	50 ^{Ba}	0.5	8
<i>B. cereus</i>	12.5 ^{Bb}	12.5 ^{Bb}	3.12 ^{Aa}	100 ^{Cb}	25 ^{Aa}	SA	1	4
<i>P. multocida</i>	6.25 ^{Ab}	6.25 ^{Ab}	3.12 ^{Aa}	12.5 ^{Aa}	25 ^{Ab}	12.5 ^{Aa}	32	64
<i>K. pneumoniae</i>	6.25 ^{Aa}	6.25 ^{Aa}	12.5 ^{Cb}	100 ^{Ca}	100 ^{Ca}	SA	4	8
<i>B. bronchiseptica</i>	25 ^{Cb}	25 ^{Bb}	12.5 ^{Ca}	100 ^{Ca}	100 ^{Ca}	SA	2	4
<i>E. coli</i>	12.5 ^{Bb}	12.5 ^{Bb}	6.25 ^{Ba}	100 ^{Ca}	200 ^{Db}	SA	4	16
Valor p	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001	<.0001		

^{ABCD} Letras mayúsculas dentro de cada columna indican diferencias estadísticas significativas entre bacterias (p<0.05)

^{abcd} Letras minúsculas dentro de cada fila indican diferencias estadísticas significativas entre tratamientos (extractos) (p<0.05)

SA: sin actividad. *KN: Kanamicina

Cuadro 5. Relación CMB/CMI de extractos hidroalcohólicos de *Cyrtocarpa procera* sobre bacterias aisladas de casos clínicos

Bacteria	Relación (CMB/CMI)		
	Pulpa	Semilla	Hoja
<i>S. aureus</i>	Bactericida	Bactericida	Bacteriostático
<i>B. cereus</i>	Bacteriostático	Bactericida	SA
<i>P. multocida</i>	Bactericida	Bactericida	Bactericida
<i>K. pneumoniae</i>	Bacteriostático	Bacteriostático	SA
<i>B. bronchiseptica</i>	Bactericida	Bactericida	SA
<i>E. coli</i>	Bacteriostático	Bacteriostático	SA

SA: Sin actividad

En el presente estudio se determinó que el extracto hidroalcohólico de hoja de *C. procera* presenta mayor cantidad de compuestos fenólicos (35.10 mg EAG/100 g/MS) en comparación con semilla y pulpa. Por otro lado, Méndez *et al.* (2014) reportaron que con la pulpa de mango (*M. indica* L.) obtuvieron 453.6 mg EAG/100 g/pulpa en su extracto hidroalcohólico (agua: metanol:HCl, 20:80% v/v), en tanto que González-Gómez *et al.* (2006) reportaron 10.43% en partes

aéreas (flor, hoja y fruto) de *C. procera*, resultados diferentes a los reportados en el presente estudio.

Los resultados de la evaluación antibacteriana de los extractos de *C. procera* evidencian sus propiedades antibacterianas sobre cepas de referencia y cepas aisladas de casos clínicos. Para las cepas de referencia el extracto hidroalcohólico de pulpa inhibió el crecimiento de *S. typhi* a partir de 6.25 mg/

mL. El extracto hidroalcohólico de semilla mostró una CMI de 6.25mg/mL sobre *E. coli*, *S. choleraesuis* y *S. typhi*, mientras que el extracto hidroalcohólico de hoja inhibió el crecimiento de *S. choleraesuis* a 3.12 mg/mL. Por otro lado, Martínez-Elizalde *et al.* (2015) en su estudio con extracto metanólico de frutos de *C. procera* encontraron un CMI de 2 y 4 mg/mL sobre *B. subtilis* y *S. aureus*, respectivamente. Asimismo, Valdez *et al.* (2019) reportaron actividad antibacteriana del extracto etanólico de *L. huasango* (hojas) sobre *S. aureus*, *B. subtilis* (CMI, 5 mg/mL), *L. monocytogenes*, *E. coli* y *P. aeruginosa* (CMI 2.5 mg/mL), resultados similares a los reportados en el presente estudio.

Respecto a las cepas aisladas de casos clínicos, la mejor actividad la presentó el extracto hidroalcohólico de hoja a 3.12 mg/mL sobre *B. cereus* y *P. multocida*, seguida de los extractos de semilla y pulpa a 6.25 mg/mL sobre *P. multocida* y *K. pneumoniae*. Morales-Ubaldo *et al.* (2022), observaron una CMI de 0.78 sobre *B. cereus* y *P. multocida* y 6.25 mg/mL sobre *K. pneumoniae* al evaluar el extracto hidroalcohólico de hojas de *L. tridentata* sobre las mismas bacterias. Esto podría deberse a que *L. tridentata* presenta un contenido diferente de metabolitos secundarios a los presentes en *C. procera*.

Bernal *et al.* (2014) reportaron actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico de cáscara del fruto de *P. granatum*, obteniendo una CMB sobre *S. aureus* (ATCC 25923) y *P. aeruginosa* (cepa propia de laboratorio del Departamento de Microbiología y Parasitología) de 7.88 y 31.25 mg/mL, respectivamente. En el presente estudio los valores de CMB fueron mayores sobre *S. aureus* y *P. aeruginosa* (50 mg/mL) con el extracto hidroalcohólico de pulpa y semilla.

Gualtieri *et al.* (2012) reportaron las CMI y CMB de los extractos etanólico de hojas y hexánico de frutos de *S. molle* L. y ambos extractos mostraron inhibición del crecimiento bacteriano en las cepas Gram posi-

tivas, reportándose valores inhibitorios mayores a 16 mg/mL. Por el contrario, las bacterias Gram negativas necesitaron concentraciones mayores de 128 mg/mL de ambos extractos, mientras que la CMB fue solamente observada con cepas Gram positivas como *S. aureus* ATCC 29213 y *E. faecalis* ATCC 29212, entre 32 y 64 mg/mL, respectivamente. Estos valores reportados fueron superiores a los encontrados en el presente trabajo, con una CMI inferior para *S. aureus* ATCC a (12.5 mg/mL), para pulpa y semilla, mientras que para CMB del extracto de semilla mostró un efecto positivo a una concentración de 25 mg/mL para *S. aureus* ATCC.

Existen reportes sobre algunas plantas pertenecientes a la familia Anacardiaceae con propiedades antibacterianas (Rojas *et al.*, 2010; Blancas-Velázquez *et al.*, 2020. En este sentido, de Lima-Saraiva *et al.* (2017) trabajando con un extracto metanólico de *S. brasiliensis* (Anacardiaceae) encontraron una CMI y CMB de 0.39 y 12.5 mg/mL para todos los microorganismos evaluados, incluyendo *P. multocida* y *K. pneumoniae*. Resultados inferiores a los reportados en el presente estudio con los tres extractos evaluados, tanto sobre cepas de referencia como en las aisladas de casos clínicos (CMI 6.25, 3.12 y 12.4 y CMB 100 y S/A, respectivamente pulpa, semilla y hoja, Cuadro 4). Por otro lado, Valdez *et al.* (2019) reportaron actividad antibacteriana del extracto etanólico de la especie *L. huasango* (hojas) sobre *S. aureus*, *B. subtilis* (CMI, 5 mg/mL), *L. monocytogenes*, *E. coli* y *P. aeruginosa* (CMI, 2.5 mg/mL).

Gonellimali *et al.* (2018) evaluaron el potencial antimicrobiano de extractos de jamaica (*H. sabdariffa*), romero (*R. officinalis*), clavo (*S. aromaticum*) y tomillo (*T. vulgaris*) sobre algunos patógenos Grampositivos (*B. cereus*, *S. aureus*) y Gramnegativos (*E. coli*, *S. enteritidis* y *P. aeruginosa*), mostrando actividad inhibitoria sobre *E. coli*, *B. cereus* y *S. aureus*, *H. sabdariffa* presentó CMI de 2.5 a 10 mg/mL. *R. officinalis* de 2.5 a 5 mg/mL y *T. vulgaris*

de 1.25 a 5 mg/mL, resultados similares a los reportados en el presente estudio con *C. procera* sobre las bacterias anteriormente mencionadas.

El posible modo de acción de los compuestos fenólicos derivados del ácido siquímico se atribuye a que sus grupos funcionales (hidroxilos) pueden formar complejos con las paredes celulares de las bacterias, lo cual impide que exista crecimiento bacteriano (Farhadi *et al.*, 2018; Shamsudin *et al.*, 2022), siendo más sensibles las bacterias Gram positivas debido a que su pared celular es más accesible al estar compuesta por peptidoglicano, mientras que las Gram negativas son más resistentes ya que en su pared celular contienen moléculas anfifílicas como fosfolípidos y porinas, que pueden operar como bombas de expulsión de diferentes compuestos (antibióticos y/o metabolitos secundarios (Heredia-Ortiz *et al.*, 2019; González-Alamilla *et al.*, 2020).

Por otro lado, Gonelimali *et al.* (2018) indicaron que la ruptura de la pared celular inducida por los metabolitos secundarios también puede deberse a la disminución del pH citoplasmático. El contenido de fenoles totales reportados en la presente investigación presentó un mayor contenido el extracto hidroalcohólico de hoja (Cuadro 1). No obstante, se observó un efecto bactericida en la mayoría de las cepas de bacterias evaluadas en el extracto de semilla (Cuadro 3). El contenido de fenoles totales entre extractos podría ser diferente, ya que es una técnica que cuantifica de forma general grupos de compuestos que contienen fenoles tales como flavonoides, cumarinas y derivados del ácido cinámico. Es importante mencionar que en el presente trabajo los extractos hidroalcohólicos obtenidos a partir de pulpa, semilla y hoja de *C. procera* contienen compuestos fenólicos en diferentes concentraciones, por lo que la actividad antibacteriana evidenciada en el presente estudio se podría asociar a este grupo de metabolitos secundarios.

CONCLUSIONES

El extracto hidroalcohólico de semilla de *Cyrtocarpa procera* evidenció actividad bactericida sobre la mayoría de las bacterias evaluadas en el presente estudio (cepas ATCC y aisladas de casos clínicos), por lo que podría ser una alternativa potencial para el tratamiento de enfermedades causadas por bacterias de importancia en salud pública y veterinaria. No obstante, futuros estudios fitoquímicos del extracto son necesarios con la finalidad de conocer mediante ensayos químicos bio-dirigidos el o los metabolitos secundarios responsables de la actividad antibacteriana.

Agradecimientos

Parte de la presente investigación fue realizada con el financiamiento del Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (Beca Nacional de Posgrado, XDe-JM 833615). Se agradece al Laboratorio de Bacteriología del Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo por proporcionar el material biológico.

LITERATURA CITADA

1. **Acar JF, Moulin G, Page SW, Pastoret PP. 2012.** Antimicrobial resistance in animal and public health: introduction and classification of antimicrobial agents. *Rev Sci Tech* 31 :15-21. doi: 10.20506/rst.-31.1.2093
2. **Ardoino, SM, Toso RE, Alvarez HL, Mariani EL, Cachau PD, Mancilla M V, Oriani DS. 2018.** Antimicrobianos como promotores de crecimiento (AGP) en alimentos balanceados para aves: uso, resistencia bacteriana, nuevas alternativas y opciones de reemplazo. *Cien Vet* 19: 50-66. doi: 10.19137/cienvet-20171914

3. **Bernal-Sepúlveda R, Rodríguez-Haro I, Salazar-Castillo M. 2014.** Efecto del extracto hidroalcohólico de *Punica granatum* sobre la viabilidad de *Staphylococcus aureus* y *Pseudomonas aeruginosa* «in vitro». REBIOLEST 2: 23-31.
4. **Blancas-Vázquez J, Beltrán-Rodríguez L, Maldonado-Almanza B, Sierra-Huelsen JA, Sánchez-Méndez L, Mena-Jiménez F, García-Lara F, et al. 2020.** Comercialización de especies arbóreas utilizadas en medicina tradicional y su impacto en poblaciones silvestres. En: La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2. Vol 3, CONABIO. p 215-223.
5. **[BNMT] Biblioteca Nacional de Medicina Tradicional. 2017.** *Cyrtocarpa procera* Kunth. [Internet]. Disponible en: <https://web.archive.org/web/201603-06233255/http://www.medicina-tradicional-mexicana.unam.mx/monografia.-php?l=3&t=&id=7359>
6. **de Lima-Saraiva SRG, Oliveira FGDS, Junior RGO, Araújo CS, de Oliveira AP, Pacheco AGM, Rolim LA, et al. 2017.** Chemical analysis and evaluation of antioxidant, antimicrobial, and photoprotective activities of *Schinus molle* L. (Anacardiaceae). Sci World J 2017: 1713921. doi: 10.1155/2017/1713921
7. **El-Nashar HAS, Mostafa NM, Abd El-Ghffar EA, Eldahshan OA, Singab ANB. 2022.** The genus *Schinus* (Anacardiaceae): a review on phytochemicals and biological aspects. Nat Prod Res 36: 4833-4851. doi: 10.1080/14786419.2021.2012772
8. **Farhadi F, Khameneh B, Iranshahi M, Iranshahi M. 2018.** Antibacterial activity of flavonoids and their structure-activity relationship: An update review. Phytother Res 33: 13-40. doi: 10.1002/ptr.6208
9. **Gonelimali, FD, Lin J, Miao W, Xuan J, Charles F, Chen M, Hatab SR. 2018.** Antimicrobial properties and mechanism of action of some plant extracts against food pathogens and spoilage microorganisms. Front Microbiol 9:1639. doi: 10.3389/fmicb.2018.01639
10. **González-Alamilla E, Rivas-Jacobo M, Sosa-Gutiérrez C, Delgadillo-Ruiz L, Valladares-Carranza B, Rosenfeld-Miranda C, Zaragoza-Bastida A, et al. 2020.** Efecto antibacteriano del extracto metanólico de *Salix babylonica* sobre bacterias de importancia en salud pública. Abanico Vet 10: 1-11. doi: 10.21929/abavet2020.1
11. **González-Gómez JC, Ayala-Burgos A, Gutiérrez-Vázquez E. 2006.** Determinación de fenoles totales y taninos condensados en especies arbóreas con potencial forrajero de la Región de Tierra Caliente Michoacán, México. LRRD 18 (152). [Internet]. Disponible en: <https://lrrd.cipav.org.co/lrrd18/11/guti18152.htm>
12. **Gualtieri M, Araque M, Carmona J, Garcia M, Di Bernardo M, Rios M, Villalobos C, et al. 2012.** Actividad antibacteriana del *Schinus molle* L. cultivado en Italia. Rev Inst Nac Hig «Rafael Rangel» 43: 9-11.
13. **Heredia-Ortiz CY, Orozco-Guerrero ML, Pérez-Rubiano C, Martín GDA. 2019.** Antibacterial activity of *Solanum dolichsepalum* (Bitter) alcohol extracts. Informador Técnico 83: 121-130. doi: 10.23850/22565035.2061
14. **Kaewpiboon, C, Lirdprapamongkol K, Srisomsap C, Winayanuwattikun P, Yongvanich T, Puwaprisirisan P, Svasti J, Assavalapsakul W. 2012.** Studies of the *in vitro* cytotoxic, antioxidant, lipase inhibitory and antimicrobial activities of selected Thai medicinal plants. BMC Complement Altern Med 12: 217. doi: 10.1186/1472-6882-12-217
15. **Martínez-Elizalde KS, Jiménez-Estrada M, Flores CM, Hernández LB, Rosas-López R, Durán-Díaz A, Nieto-Yañez OJ, et al. 2015.** Evaluation of the medicinal properties of *Cyrtocarpa procera* Kunth fruit extracts. BMC Complement Altern Med 15: 1-7. doi: 10.1186/s12906-015-0602-y

16. Méndez S, Ettiene G, Raga JC, Pérez-Pérez E. 2014. Optimization of an extraction method for phenols and total flavonoids in mango pulp (*Mangifera indica* L.). *Rev Fac Agron Luz* 1: 776-784.
17. Morales-Ubaldo AL, Hernández-Alvarado J, Valladares-Carranza B, Velázquez-Ordoñez V, Delgadillo-Ruiz L, Rosenfeld-Miranda C, Rivero-Pérez N, *et al.* 2020. Actividad antibacteriana del extracto hidroalcohólico *Croton draco* sobre bacterias de importancia sanitaria. *Abanico Vet* 10: 1-10. doi: 10.21929/abavet2020.2
18. Mothana, R, Lindequist U, Gruenert R, Bednarski P. 2009. Studies of the *in vitro* anticancer, antimicrobial and antioxidant potentials of selected Yemeni medicinal plants from the island Soqatra. *BMC Complement Altern Med* 9: 7. doi: 10.1186/1472-6882-9-7
19. Page SW, Gautier P. 2012. Use of antimicrobial agents in livestock. *Rev Sci Tech* 31: 145-188. doi: 10.20506/rst.31.1.2106
20. Rangel-López L, Zaragoza-Bastida A, Valladares-Carranza B, Peláez-Ace-ro A, Sosa-Gutiérrez AG, Hetta HF, El-Saber Batiha G, *et al.* 2020. *In vitro* antibacterial potential of *Salix babylonica* extract against bacteria that affect *Oncorhynchus mykiss* and *Oreochromis* spp. *Animals* 10: 1340. doi: 10.3390/ani10081340
21. Rivero-Pérez N, Ayala-Martínez M, Zepeda-Bastida A, Meneses-Mayo M, Ojeda- Ramírez D. 2016. Anti-inflammatory effect of aqueous extracts of spent *Pleurotus ostreatus* substrates in mouse ears treated with 12-O tetradecanoylphorbol-13-acetate. *Indian J Pharmacol* 48: 141144. doi: 10.4103/2F0253-7613.178826
22. Rizo-Amézquita JN, Fernández-Can-tón SB, Lezana-Fernández MA. 2018. Resistencia antimicrobiana. *Bol Conamed. Comisión. Nacional de Arbitraje Médico* 4. [Internet]. Disponible en: <http://www.conamed.gob.mx/gobmx/boletin/pdf/boletin22/Resistencia.pdf>
23. Rocha C, Reynolds ND, Simons MP. 2015. Resistencia emergente a los antibióticos: una amenaza global y un problema crítico en el cuidado de la salud. *Rev Peru Med Exp Salud Pública* 32: 139-145.
24. Rojas HN, Avellaneda S, Cuéllar A. 2010. Plantas empleadas en medicina tradicional en tierra caliente, guerrero, México para el tratamiento de enfermedades infecciosas. *RECIA* 2: 124-136.
25. Sánchez-Bruni SF. 2015. Caracterización y control de resistencia antimicrobiana: un desafío interdisciplinario integrado. *Rev Cien Inv* 65: 17-20.
26. SAS. 2006. SAS Institute, SAS User's Guide Statistics. Ver.9.0, SAS Institute, Cary. 956 p.
27. Shamsudin, NF, Ahmed, QU, Mahmood S, Ali Shah SA, Khatib A, Mukhtar S, Alsharif MA, *et al.* 2022. Antibacterial effects of flavonoids and their structure-activity relationship study: A comparative interpretation. *Molecules* 27: 1149. doi: 10.3390/molecules27041149
28. Singleton VL, Orthofer R, Lamuela-Raventós RM. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Meth Enzym* 299: 152-178. doi: 10.1016/S0076-6879(99)99017-1
29. Valdez V, Moncayo S, Cornejo X, Castillo J. 2019. Actividad antibacteriana y antioxidante de los extractos de *Hibiscus escobariae* Fryxell, *Loxopterygium huasango* R. spruce y *Croton ferrugineus* Kunth. *Rev Cien Nat Ambien* 13: 31-38. doi: 10.53591/cna.v13i1.350
30. Velázquez-Vázquez G, Pérez-Armen-dáriz B, Ortega-Martínez LD, Nelly-Juarez Z. 2019. Conocimiento etnobotánico sobre el uso de plantas medicinales en la Sierra Negra de Puebla, México. *Bol Latinoam Caribe Plant Med Aromat* 18: 265-276. doi: 10.37360/blacpma.19.18.3.17