

Actividad antibacteriana de cinco especies de plantas medicinales contra *Vibrio cholerae* Antibacterial activity of five species of medicinal plants against *Vibrio cholerae*

K. M. Osorno-Sánchez ^{a*}, J. A. Reyes-Silva ^{b*}, S. Martínez-Hernández ^{c*}

^a Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, El Álamo, Hidalgo, México.

^b Preparatorio No. 1, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42060, Pachuca, Hidalgo, México.

^c Área Académica de Biología, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 42184, El Álamo, Hidalgo, México.

Resumen

De la flora de Hidalgo se seleccionaron cinco plantas medicinales por su importancia, amplio uso y comercialización. El uso principal de estas plantas es para problemas digestivos. Esta atribución fundamenta el objetivo de evaluar la actividad antibacteriana de extractos etanólicos sobre una cepa bacteriana de *Vibrio cholerae*. Las especies seleccionadas fueron *Artemisia ludoviciana*, *Brickellia veronicifolia*, *Hesperozygis marifolia*, *Poliomintha longiflora* y *Schinus molle*. De cada especie se evaluaron seis concentraciones 100 µg/mL, 200 µg/mL, 400 µg/mL, 800 µg/mL, 1600 µg/mL, y 3200 µg/mL. La planta con mayor actividad antimicrobiana fue *P. longiflora* en concentraciones de 100 µg/mL hasta 3200 µg/mL, con una zona de inhibición promedio de 20 mm de diámetro, siguiendo en actividad la especie *S. molle* con halos de inhibición de 16 mm de diámetro en promedio, con concentraciones de 200 µg/mL a 3200 µg/mL. Los resultados corroboran las propiedades medicinales atribuidas a estas plantas y ayudan a validar su uso.

Palabras Clave: actividad antibacteriana, extractos, plantas medicinales, *Vibrio cholerae*.

Abstract

Five medicinal plants were selected from the flora of Hidalgo due to their importance, widespread use, and commercialization. The primary use of these plants is for digestive problems. This attribution underpins the objective of evaluating the antibacterial activity of ethanolic extracts against on a bacterial strain of *Vibrio cholerae*. The selected species were *Artemisia ludoviciana*, *Brickellia veronicifolia*, *Hesperozygis marifolia*, *Poliomintha longiflora*, and *Schinus molle*. Six concentrations (100 µg/mL, 200 µg/mL, 400 µg/mL, 800 µg/mL, 1600 µg/mL, and 3200 µg/mL) were evaluated for each species. The plant with the highest antimicrobial activity was *P. longiflora* at concentrations ranging from 100 µg/mL to 3200 µg/mL, with an average inhibition zone diameter of 20 mm. Following in activity was the species *S. molle*, with inhibition halos averaging 16 mm in diameter at concentrations from 200 µg/mL to 3200 µg/mL. These results corroborate the medicinal properties attributed to these plants and help validate their use.

Keywords: antibacterial activity, extracts, medicinal plants, *Vibrio cholerae*.

1. Introducción

Las enfermedades infecciosas ocasionan un incremento en la morbilidad y mortalidad en el mundo, siendo su causa principal las bacterias resistentes a los antibióticos

(Neubeiser *et al.*, 2020). Diversos estudios sobre la resistencia a antibióticos se centran principalmente en el mal uso de estos debido a la automedicación, a dosis incompletas y al empleo de medicamentos falsos (Torres *et al.*, 2017).

*Autor para la correspondencia: os406879@uaeh.edu.mx

Correo electrónico: os406879@uaeh.edu.mx (Karina Monserrath Osorno-Sánchez), jesus_reyes11002@uaeh.edu.mx (Jesús Alan Reyes-Silva), sylvia_martinez10436@uaeh.edu.mx (Sylvia Martínez-Hernández).

Historial del manuscrito: recibido el 24/04/2024, última versión-revisada recibida el 19/08/2024, aceptado el 20/08/2024, en línea (postprint) desde el 23/10/2024, publicado el 05/07/2025. DOI: <https://doi.org/10.29057/icbi.v13i25.12839>



Dentro de los agentes causantes de enfermedades infecciosas se encuentra la bacteria que origina el cólera, que es una enfermedad diarreica aguda causada por la ingesta de alimentos o agua contaminados con el bacilo *Vibrio cholerae* (OMS, 2022), siendo la segunda causa principal de muerte en niños menores de 5 años y al menos se estima que es responsable de 120,000 muertes cada año (Martínez, 2017).

En el estado de Hidalgo durante los últimos ocho años se han registrado 173 casos de cólera; el mayor número de incidencias se reportó en 2013 con 119 casos, cuando ocurrió un brote en la Huasteca (Ortega et al., 2018). Además, se reportaron 71 casos en Huejutla, dos en Pachuca, dos en San Agustín Tlaxiaca y, en el año 2021 se confirmaron dos casos en río El Salado (Torres, 2021).

1.1 Características morfológicas y ecológicas de *V. cholerae*

Es un bacilo Gram negativo, anaerobio facultativo de forma curva y con un flagelo polar (Fernández y Alonso, 2020), presenta un tamaño de 1–3 µm x 0,5 - 0,8 µm de ancho, sobrevive a medios alcalinos con temperaturas de 22° a 40 °C (INSST, 2022) y presentan una inactivación física después de un choque de frío a 0°C (Martínez, 2017).

Su principal reservorio son humanos, copépodos, crustáceos, cefalópodos, insectos, aves acuáticas, herbívoros, vegetación y agua, principalmente de ríos salobres y zonas costeras. A temperatura ambiente puede sobrevivir en agua hasta 10 días, mientras que en alimentos y bebidas sobreviven de 1–14 días (INSST, 2022., Martínez, 2017).

1.2 Uso de plantas medicinales

Se estima que el 80% de la población mundial (y aproximadamente 20 millones de mexicanos) utilizan plantas para complementar sus necesidades médicas (Cejudo, 2019). Es por ello que las plantas medicinales son una alternativa para el tratamiento de infecciones, cáncer y padecimientos que se encuentran entre las primeras causas de muerte a nivel mundial, nacional y estatal (Vargas, 2023).

Las plantas poseen diferentes propiedades farmacológicas, ya que producen varios tipos de metabolitos secundarios que pueden ayudar a resolver problemas de enfermedades infecciosas (Hernández-Alvarado et al., 2018).

2. Materiales y métodos

2.1 Revisión bibliográfica de plantas utilizadas tradicionalmente para tratamientos digestivos

Se realizó una búsqueda bibliográfica sobre plantas medicinales utilizadas en el Estado de Hidalgo para tratar padecimientos digestivos, principalmente diarrea, vómito y dolor estomacal. Para su posterior elección se tomaron en cuenta los criterios de interés propio, fácil acceso, cercanía y poca información bibliográfica referente a la actividad antibacteriana.

2.2 Selección de especies

La información se obtuvo de la literatura de Plantas útiles del estado de Hidalgo de Villavicencio y Escandón (2006). Se seleccionaron cinco especies identificadas por la gente como medicinales y que principalmente se utilizan para tratar problemas digestivos (Tabla 1).

2.3 Colecta de material vegetal e identificación

Se compraron y se realizaron salidas de campo con personas que venden plantas medicinales en el mercado “Benito Juárez” ubicado en el centro de Pachuca, se visitaron comunidades de municipios de Hidalgo donde se encuentran las plantas seleccionadas, como fue el caso de: Nopalillo en Epazoyucan y Real del Monte para la colecta de *Artemisia ludoviciana*, La Florida, Actopan para *Hesperozygis marifolia* y *Poliomintha longiflora*, y El Cerrito, Zempoala para colectar *Brickellia veronicifolia* y *Schinus molle*. De cada una de las especies se obtuvo una muestra, las cuales fueron herborizadas y depositadas en el Herbario del Centro de Investigaciones Biológicas (HGOM) registrado en *Index Herbarium* y autenticadas por especialistas del Área Académica de Biología de la UAEH.

2.4 Obtención de extractos etanólicos

El material vegetal se extendió en camas de secado en cuarto oscuro y ventilado hasta su completa deshidratación posteriormente fueron troceadas con tijeras de podar, se pesaron 70g de cada especie de planta y estas se dejaron macerar por separado en matraces Erlenmeyer de tapón de rosca con 500 ml de etanol absoluto, estos se colocaron en reposo, en obscuridad y a temperatura ambiente de laboratorio durante 7 días, posteriormente se calentó el macerado de cada especie a reflujo durante 4 horas con un aparato Soxhlet (Kimax).

Se separó el material sólido por filtración y se concentró el extracto a presión reducida en un rotavapor posteriormente se calculó la concentración de cada extracto, pesando el residuo obtenido después de la evaporación en una porción de volumen conocido.

2.5 Dilución de concentraciones

Después de obtener una concentración de 3200 µg/mL, se realizaron diluciones seriadas con etanol de cada uno de los extractos de las especies, a partir de 1 mL de la concentración más alta, esto para obtener concentraciones de 1600, 800, 400, 200 y 100 µg/mL, que posteriormente son las que se aplicarían en los bioensayos (Figura 1).

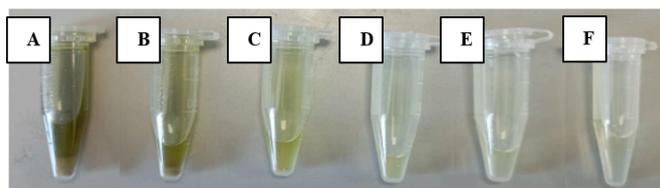


Figura 1: Tubos Eppendorf con extractos etanólicos de *Schinus molle* a diferentes concentraciones A) 3200 µg/mL, B) 1600 µg/mL, C) 800 µg/mL, D) 400 µg/mL, E) 200 µg/mL y F) 100 µg/mL.

2.6 Determinación de sensibilidad de *Vibrio cholerae* a antibióticos

La prueba fue diseñada de acuerdo con la metodología propuesta por el Instituto de Estándares Clínicos y de Laboratorio (CLSI, por sus siglas en inglés). Se preparó un cultivo de bacterias fresco, para ello en 1 mL de caldo nutritivo (Becton Dickinson) se colocó una muestra de *V. cholerae* (cepa donada por el Laboratorio Estatal de Salud Pública de Hidalgo), que se incubó durante 24 hrs a 34 °C, pasado el periodo de incubación se centrifugó durante 10 min a 14000 rpm, se retiró el sobrenadante y se añadió 1 mL de solución salina isotónica al 0.6% esterilizada. Posteriormente se igualó al estándar 1 de McFarland (CLSI, 2012).

Se optó por usar el estándar 1 de McFarland debido a que las suspensiones bacterianas al 0.5 (como indican los estándares internacionales) eran inhibidas inmediatamente.

Posteriormente, se tomaron 200 µl de la suspensión bacteriana al 1 de McFarland y fueron sembrados usando la técnica de extensión en placa en agar Müller-Hinton (Becton Dickinson). Finalmente, se colocó un antibiograma para bacterias Gram negativas (Bio Rad) sobre el agar y se incubó boca abajo a 34°C durante 24 hrs, todo bajo condiciones asépticas. El procedimiento se realizó por

duplicado. Para su interpretación se consultaron los estándares para la concentración mínima inhibitoria (CLSI, 2012).

2.7 Ensayos de actividad antibacteriana

La técnica consistió en sembrar 200 µl de la suspensión bacteriana al 1 de McFarland, mediante extensión en placa, en caja de Petri con agar Mueller-Hinton, después se colocaron cuatro círculos de papel filtro, esterilizados de 5 mm de diámetro, previamente impregnados con 20 µl de cada una de las distintas concentraciones etanólicas. En la primera caja se colocaron las concentraciones de 3200, 1600, 800 y 400 µg/mL, y en la segunda caja las concentraciones de 200 y 100 µg/mL, así como dos controles negativos, uno impregnado con 20 µg/mL de etanol y otro vacío. Finalmente, se llevaron a la incubadora a 34°C durante 24 horas. Estos ensayos se realizaron por especie, por duplicado.

Para calcular el porcentaje de efecto de inhibición relativa (PIR) respecto al control positivo, se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ efecto de inhibición} = \frac{\text{X diám. zona inhib. del extracto}}{\text{X diám. zona inhib. control positivo}} \times 100$$

Tabla 1: Plantas medicinales elegidas para el estudio

Especie de la planta	Nombre común	Afecciones tratadas	Localización	Administración
<i>Artemisia ludoviciana</i> ; Nutt	Estafiate	Dolor de estómago, bilis, hígado, desparasitar, amibas, intoxicación.	Actopan, Atotonilco el Grande, Epazoyucan, Huasca, Mineral del Chico, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, Omitlán, Pachuca, Tepeapulco, Zempoala.	Oral
<i>Brickellia veronicifolia</i> ; (Kunth) A. Gray	Peishto	Dolor de estómago, cólicos, diarrea.	Actopan, Apan, Epazoyucan, Mineral del Monte, Mineral de la Reforma, Pachuca, Singuilucan, Tepeapulco, Villa de Tezontepec, Tolcayuca, Zapotlán, Zempoala.	Oral
<i>Hesperozygis marifolia</i> ; (S. Schauer) Epling	Hierba blanca	Dolor de estómago, diarrea, nervios, insomnio e inflamación de estómago.	Actopan, Ixmiquilpan y Tulancingo.	Oral
<i>Poliomintha longiflora</i> ; A. Gray	Orégano	Desordenes gastrointestinales y dolor de estómago.	Actopan.	Oral
<i>Schinus molle</i> ; L.	Pirul	Baño a parturientas, limpia, susto, aire, dolor de dientes, nubes en los ojos, dolor de estómago.	Actopan, Apan, El Arenal, Epazoyucan, Francisco I. Madero, Mineral de la Reforma, Pachuca, San Agustín, Tlaxiaca, Tepeapulco, Villa de Tezontepec, Tizayuca, Tolcayuca, Zapotlán, Zempoala.	Oral

3. Resultados

3.1 Obtención de extractos etanólicos y concentraciones

Se realizaron extractos etanólicos de *Artemisia ludoviciana*, *Brickellia veronicifolia*, *Hesperozygis marifolia*, *Poliomintha longiflora* y *Schinus molle* con una concentración de 3200 µg/mL de cada extracto como se muestra en la Tabla 2.

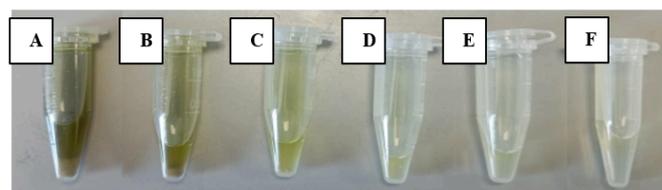


Figura 1. Tubos de 1.5 mL con concentraciones etanólicas (µg/mL) de *Schinus molle*. A) 3200, B) 1600, C) 800, D) 400, E) 200 y F) 100.

Tabla 2: Total de extracto etanólico por planta para su concentración final de 3200 $\mu\text{g/mL}$

Especie de planta	Volumen total (mL)	Concentración ($\mu\text{g/mL}$)
<i>Artemisa ludoviciana</i>	12.5	3200
<i>Brickellia veronicifolia</i>	17.36	3200
<i>Hesperozygis marifolia</i>	18.125	3200
<i>Poliomintha longiflora</i>	24.85	3200
<i>Schinus molle</i>	30	3200

3.2 Determinación de la resistencia a antibióticos de *Vibrio cholerae*

En las dos réplicas de antibiogramas realizados a la cepa de *V. cholerae*, se obtuvo como resultado la formación de ocho halos de inhibición, de un total de 12 antibióticos, comúnmente usados contra bacterias Gram negativas. Un caso particular se presentó con el antibiótico trimetoprim-sulfametoxazol (SXT), pues dentro del halo de inhibición aparecieron pequeñas colonias de *V. cholerae* rodeando muy de cerca el disco, fenómeno conocido como crecimiento inhibido (Figura 2).

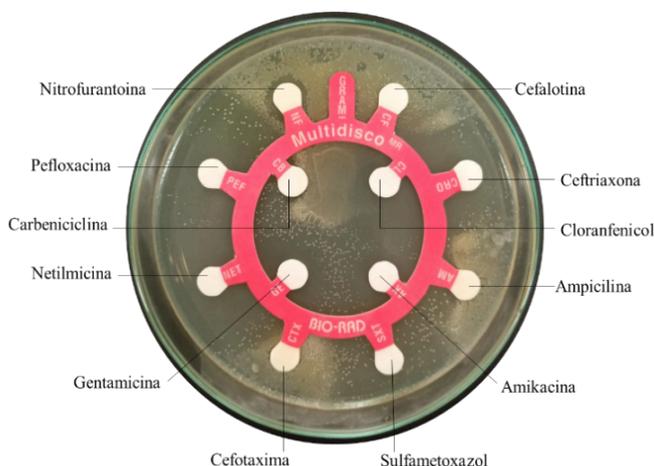


Figura 2. Antibiograma para bacterias Gram – en distinta concentración, de acuerdo con su uso y medicación, con presencia de resistencia en carbenicilina (CB), cefotaxima (CTX), ampicilina (AM) y cefalotina (CF).

Por otro lado, la cepa bacteriana mostró resistencia intermedia a los antibióticos carbenicilina (CB), cefalotina (CF), cefotaxima (CTX) y ampicilina (AM). Mientras que para la nitrofurantoina (NF) presentó una zona de inhibición, que, de acuerdo con su diámetro, se le considera como resistente (CLSI, 2012) (Tabla 3).

En los resultados de la Figura 3, se observa que 7 de los 12 antibióticos utilizados, tuvieron más del 50% del efecto de inhibición, donde sobresale NET con un 100% de efecto inhibitorio. Por otro lado, los 5 antibióticos restantes se encuentran por debajo de este 50%, NF con un efecto inhibitorio del 40%, mientras que AM, CB, CF y CTX muestran un nulo efecto de inhibición con el 0%.

3.3 Ensayos de actividad antibacteriana

Al probar los extractos etanólicos sobre *V. cholerae* se observó la formación de halos de inhibición con las cinco plantas medicinales, principalmente en las concentraciones más altas. En la Tabla 4 se muestran los promedios de los halos de inhibición, así como de los controles positivo (NET) y negativo (etanol/vacío) (Tabla 4).

En la Figura 4, se muestra el porcentaje de inhibición por concentración para cada planta medicinal; así como el porcentaje para el antibiótico NET (control +).

Tabla 3: Interpretación de la zona de inhibición de los antibacterianos más utilizados a categorías de sensibilidad de *V. cholerae* de acuerdo con los estándares del CMI (Concentración Mínima Inhibitoria).

Agente antimicrobiano	Concentración ($\mu\text{g/mL}$)	Diámetro de la zona de inhibición (mm)				Resultado bioensayo <i>V. cholerae</i>	
		R	I	SM	S	Zona de inhibición (mm)	Interpretación
Amikacina (AK)	30	≤ 14	-	15-16	≥ 17	15.5	Susceptible moderada
Ampicilina (AM)	10	≤ 28	-	-	≥ 29	0	Resistente
Carbenicilina (CB)	100	≤ 19	20-22	-	≥ 23	0	Resistente
Cefalotina (CF)	30	≤ 14	15-17	-	≥ 18	0	Resistente
Cefotaxima (CTX)	30	≤ 14	-	15-22	≥ 23	0	Resistente
Ceftriaxona (CRO)	30	≤ 14	-	15-22	≥ 23	22.5	Susceptible
Cloranfenicol (CL)	30	≤ 12	13-17	-	≥ 18	16	Resistencia intermedia
Gentamicina (GE)	10	≤ 12	13-14	-	≥ 15	20	Susceptible
Netilmicina (NET)	30	≤ 12	13-14	-	≥ 15	23.5	Susceptible
Nitrofurantoina (NF)	300	≤ 14	15-16	-	≥ 17	9.5	Resistente
Pefloxacina (PEF)	5	≤ 14	15-22	-	≥ 23	21.5	Resistencia intermedia
Trimetoprim-Sulfametoxazol (STX)	25	≤ 10	-	11-15	≥ 16	21	Susceptible

R = resistente; I = resistencia intermedia; S = susceptible; SM = susceptible moderada

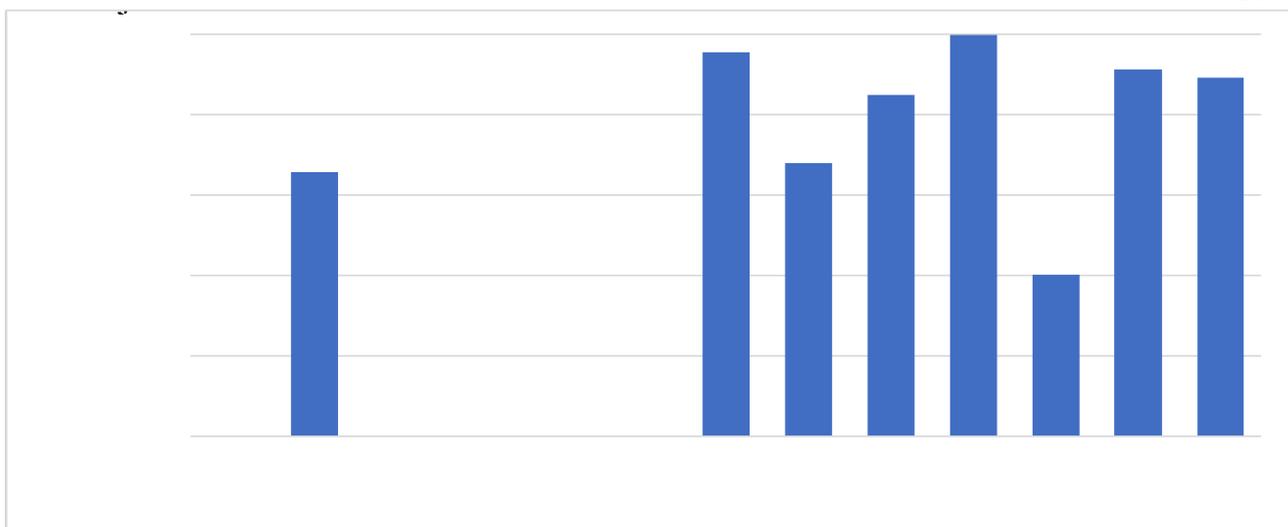


Figura 3: Porcentaje de crecimiento de halos de inhibición de antibiogramas para determinar su sensibilidad en *V. cholerae*.

Tabla 4: Promedios de los diámetros de inhibición (bioensayos y control positivo y negativo)

Planta	Concentración (µg/mL)						Controles	
	3200	1600	800	400	200	100	NET (+)	Etanol/Blanco (-)
<i>A. ludoviciana</i>	22.5	12.5		17		15	23.5	-
<i>B. veronicifolia</i>	26	19	10				23.5	-
<i>H. marifolia</i>	10.5						23.5	-
<i>P. longiflora</i>	28.5	26.5	23.5	16.5	17.5	12	23.5	-
<i>S. molle</i>	25	17.5	15.5	15	9		23.5	-

Rangos de inhibición (mm): ■ 25-30; ■ 20-24; ■ 15-19; ■ 10-14; ■ 5-9

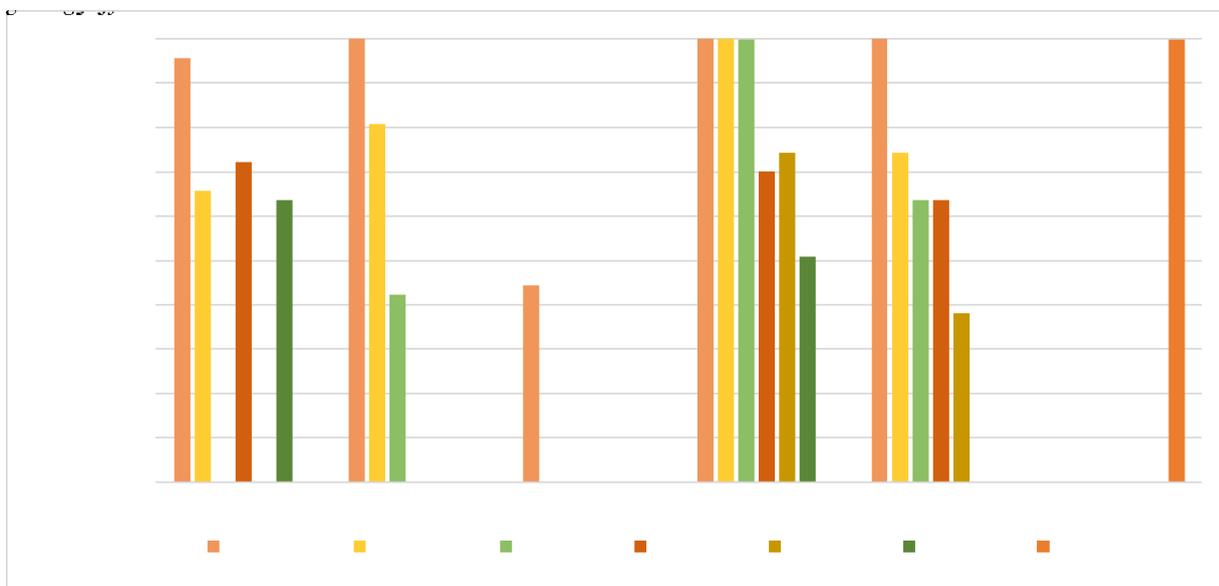


Figura 4: Porcentaje de crecimiento de halos de inhibición de las cinco plantas estudiadas.

Se observa la actividad antibacteriana que presenta cada una de las plantas, por concentración, tomando como 100% de efectividad el antibiótico NET (Netilmicina), utilizado como control positivo, ya que obtuvo el halo de inhibición más grande. Con lo anterior y comparado con el antibiótico, se puede indicar que las especies, *B. veronicifolia*, *P. longiflora* y *S. molle* rebasan el 100% de efectividad a los 3200 µg/mL, alcanzando hasta el 121.3% en *P. longiflora*, así mismo en la misma especie se observa

un igual de 100% en los 800 µg/mL, lo que indica la gran actividad antibacteriana que se presenta contra *V. cholerae*.

3.3.1 Evaluación de actividad antibacteriana

Todos los extractos de *A. ludoviciana* presentaron actividad antimicrobiana, siendo las concentraciones 3200 y 160 µg/mL, las que mostraron mayor actividad, con diámetros de inhibición de 30 y 15 mm, respectivamente

Para *B. veronicifolia* se observan halos de inhibición bien definidos en las concentraciones de 3200 y 1600 $\mu\text{g}/\text{mL}$, mientras que a los 800 $\mu\text{g}/\text{mL}$ se presenta un halo pequeño. Es importante mencionar que a 1600 $\mu\text{g}/\text{mL}$ se observa un crecimiento dentro de la zona de inhibición previamente formada (Figura 5).



Figura 5. Zonas de inhibición causados por el extracto de *B. veronicifolia* en *V. cholerae* a diferentes concentraciones, con crecimiento interno a 1600 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

En el caso de *H. marifolia* sólo se observa actividad antibacteriana a la mayor concentración etanólica (3200 $\mu\text{g}/\text{mL}$).

P. longiflora presenta halos de inhibición en todas las concentraciones probadas (Figuras 6 y 7), así como un crecimiento en los controles negativos.

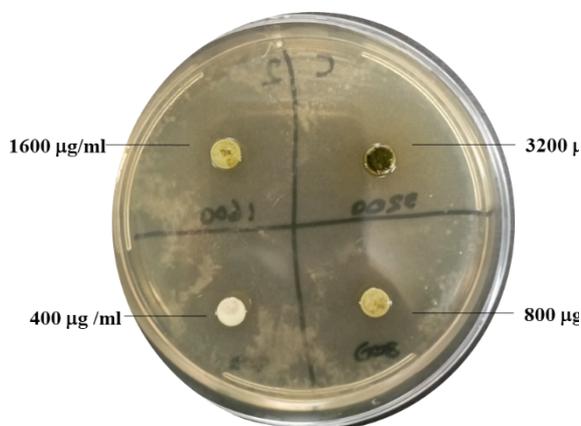


Figura 6. Halos de inhibición a las concentraciones más altas de *P. longiflora*.

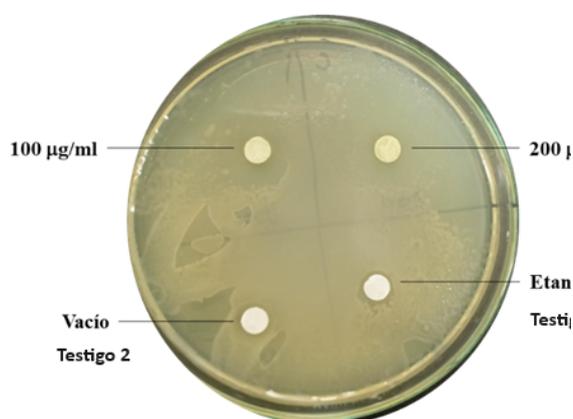


Figura 7. Halos de inhibición a las concentraciones más bajas de *P. longiflora*, así como el crecimiento bacteriano sobre los controles negativos.

Finalmente, *Schinus molle* presentó actividad antibacteriana en las concentraciones de 3200 a 400 $\mu\text{g}/\text{mL}$, con halos bien definidos, mientras que las concentraciones más bajas no había halos, pero sí hubo un crecimiento bacteriano moderado, comparado con los controles negativos.

4. Discusión

En la actualidad se cuenta con diversos métodos para evaluar la actividad antimicrobiana de sustancias sintéticas y productos naturales (Baquero et al., 2023; Monteagudo et al., 2022), siendo los principales métodos de evaluación la difusión y la dilución en agar (Marcas et al., 2023); ambos métodos han sido utilizados por varios años, sin embargo, en los métodos de difusión de agar se evalúa la actividad antibacteriana de una manera cualitativa, mientras que en los métodos de dilución de agar se hace de una manera cuantitativa (Barrón, 2019), por lo que se prefiere la difusión en agar para los bioensayos.

Con base en el criterio anterior, se determinó que todas las plantas del estudio (*A. ludoviciana*, *B. veronicifolia*, *H. marifolia*, *P. longiflora* y *S. molle*) presentan algún tipo de actividad antimicrobiana sobre *Vibrio cholerae*, con mayores efectos de inhibición a la concentración más alta 3200 $\mu\text{g}/\text{mL}$.

Es importante mencionar que en las concentraciones más bajas después de las 24 horas de incubación se observa un crecimiento dentro del halo de inhibición, Ibarra (2023) menciona que el tratamiento control que realizó en *Vibrio anguillarum* cultivado en medio "F" tampoco logró mantener su densidad de inhibición desde el inicio hasta el final del experimento por lo cual no pudo afirmar un efecto inhibitorio, esto debido a una posible toxicidad del medio "F" o bien, que el medio TCBS no es el adecuado para el crecimiento de esta especie.

En cuanto a la actividad antibacteriana sobre *V. cholerae* de *A. ludoviciana* (halos de inhibición a 3200 y 1600 $\mu\text{g}/\text{mL}$), puede estar asociada a que dicha planta contiene metabolitos secundarios como monoterpenos, lactonas sesquiterpénicas y flavonoides (Romero et al., 2022), asimismo Anaya-Eugenio et al. (2014) han demostrado el efecto citotóxico *in vitro*, antiprotozoarios y antibacterianos. Otro estudio tuvo resultados similares con extracto etanólico (Hernández, 2023), donde se observó una actividad antimicrobiana de *A. ludoviciana* contra cepas bacterianas de *Clavibacter michiganensis*, *Pseudomonas syringae* y *Xanthomonas campestris*, concluyendo que el contenido de flavonoides influye en la actividad antioxidante, lo que puede influir en la actividad antibacteriana y antifúngica de los extractos evaluados. Barrón (2019) menciona en su artículo la presencia de acción inhibitoria de *A. ludoviciana* en *H. pylori*, debido a la presencia de sus metabolitos secundarios, los cuales podrían ser responsables de dicha actividad.

En la evaluación de la actividad antibacteriana de *V. cholerae* ahora realizada con *Brickellia veronicifolia* se observa actividad antimicrobiana en las concentraciones de 3200 y 1600 µg/mL, dada posiblemente por la presencia de flavonoides, los cuales tiene un efecto fúngico y antibacteriano de acuerdo con estudios realizados por Hernández (2023). Alonso y colaboradores (2020) también reportan actividad antibacteriana de *B. veronicifolia* frente a *Staphylococcus aureus*, *Shigella* spp. y *Salmonella* spp, misma que relacionaron a que encontraron una cantidad moderada de flavonoides en dicha planta.

La actividad antibacteriana de *H. marifolia* contra *V. cholerae* podría deberse al elevado número de flavonoides y esteroides que han sido reportados previamente en especies de la familia Lamiaceae (Malave et al., 2019). Por otro lado, Flores y colaboradores (2022) reportaron actividad antibacteriana del aceite esencial de *H. marifolia* a una concentración más baja (2400 µg/mL), sobre cepas de *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium* y *S. aureus*, con mayores halos de inhibición (13, 18 y 12.3 mm, respectivamente), comparados con el halo de 10.5 mm (a 3200 µg/mL) de este estudio. Sin embargo, no se encontraron más estudios con que contrastar los resultados.

La actividad antibacteriana de *Poliomintha longiflora*, sobre *V. cholerae* se observó en todas las concentraciones, lo cual indica una “mayor” actividad antibacteriana. Otros estudios con *P. longiflora* han comprobado dicha actividad frente a cepas bacterianas de *Serratia marcescens*, *Proteus vulgaris* y *Salmonella* spp., *Enterobacter cloacae*, y *Salmonella typhi* (Gracia-Valenzuela, 2022). Así mismo, existen resultados similares de la actividad antibacteriana con dicha especie utilizando la misma técnica, donde se muestra una inhibición de las bacterias *Staphylococcus aureus*, *Salmonella Typhi*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus cereus*, con zonas de inhibición que oscilaron entre 31 y 54 mm de diámetro (Mora-Zúñiga et al., 2022). Finalmente, los autores Cid-Pérez (2019) y colaboradores concluyen que la actividad antimicrobiana del orégano mexicano (*P. longiflora*) se le atribuye a sus compuestos fenólicos hidrofóbicos, que interactúan con los fosfolípidos de la membrana celular de las bacterias.

Finalmente, *Schinus molle* mostró resultados actividad antibacteriana en las concentraciones más altas (3200 a 400 µg/mL), con halos de inhibición de entre 15 y 25 mm de diámetro. Se ha reportado que esta planta medicinal cuenta con propiedades antibacterianas, antifúngicas (Martins, et al., 2014) y antidiarreicas, atribuidas a la presencia de contenidos fenólicos y flavonoides (Zayed y El-Kareem 2016). Es por ello que la autora Gundidza (2019) mediante pruebas de difusión de placa obtuvo como resultados la presencia de actividad antibacteriana en las siguientes especies: *Klebsiella pneumoniae*, *Alcaligenes faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Leuconostoc cremoris*, *Enterobacter aerogenes*, *Proteus vulgaris*, *Clostridium sporogenes*, *Acinetobacter calcoaceticus*, *Escherichia coli*, *Beneckea natriegens*, *Citrobacter freundii*, *Serratia marcescens*, *Bacillus subtilis* y *Brochothrix thermosphacata*, algunas de ellas

repetidas en los resultados de los autores Zayed y El-Kareem (2016), donde observaron actividad antibacteriana contra *Bacillus subtilis*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Sarcina lutea*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Micrococcus luteus*, argumentando que el extracto de *S. molle* podría utilizarse como una fuente potencial para las industrias farmacéutica o alimentaria.

V. cholerae presenta resistencia a: AM, CB, CF y CTX. Estudios recientes muestran que la bacteria presenta resistencia a la ampicilina (Rosado, 2018; Fernández, et al., 2016), así como quinolonas, ciprofloxacina, tetraciclina y trimetoprim/sulfametoxazol, lo cual pudiera ser debido a mecanismos de resistencia como la producción de betalactamasas de espectro extendido, las mutaciones espontáneas cromosómicas, la presencia de bombas de eflujo que expulsan el antibiótico y la adquisición de genes de resistencia por transferencia horizontal (Cruz, et al., 2021). Sin embargo, la resistencia de bacterias de procedencia hospitalaria se ha adquirido principalmente por la presencia de enzimas betalactamasas, debido a que al estar en frecuente contacto la bacteria con el antibiótico genera esta enzima que ocasiona alteraciones en la permeabilidad de la membrana neutralizando el antibiótico, aunque los demás mecanismos de resistencia también están presentes (Camacho, 2023).

Nuestros resultados determinaron que *V. cholerae* es susceptible a trimetoprim-sulfametoxazol, lo que difiere con lo obtenido por Fernández y colaboradores (2016), quienes la reportan como resistente (100%) a dicho antibiótico, lo mismo ocurre con el estudio de Rosado (2018), donde menciona que en *V. cholerae* es resistente a sulfmetoxazol-trimetoprim (93%), no obstante en nuestro resultado dentro del halo de inhibición se encuentran pequeñas colonias de bacterias como se observó en la figura 5, las cuales pueden deberse a que la inhibición está relacionada con el tiempo de degradación del antibiótico. O que existen un pequeño porcentaje con resistencia.

5. Conclusiones

Las plantas medicinales seleccionadas para este trabajo y que son utilizadas tradicionalmente en el estado de Hidalgo presentaron actividad antibacteriana en por lo menos las concentraciones más altas, algunas con mayor actividad que otras, como es el caso de *Poliomintha longiflora* (orégano mexicano), especie que presenta actividad en todas sus concentraciones, seguida de *Schinus molle* (pirul) con actividad antibacteriana de los 200 a los 3200 µg/mL.

Todas las plantas medicinales utilizadas comparten el mismo tipo de metabolitos secundarios llamados flavonoides, los cuales le proporciona el potencial para romper la membrana celular de la bacteria y provocar su muerte. También es importante mencionar que solo *P. longiflora* y *S. molle* comparten compuestos fenólicos hidrofóbicos, los cuales interactúan con los fosfolípidos que están presentes en la membrana celular de las bacterias para romperlas.

Referencias

- Alonso, M., Salazar, J., Robles, S., Guerrero, I., García, F., Marrero, J. (2020). *In vitro* antimicrobial activity of mexican plants on bovine mastitis bacteria: preliminary studies. *Biosci. J. (Online)*, 183-190.
- Anaya-Eugenio, Rivero-Cruz, Rivera-Chávez, Mata. (2014). Hypoglycemic properties of some preparations and compounds from *Artemisia ludoviciana* Nutt. *Journal of Ethnopharmacology*, 155, 416-425.
- Baron, P. (2019). Evaluación de la actividad antibacteriana de extractos de *Hemiohyllacus novogalicianus*. Tesis para obtener el título de Maestro en Farmacia. Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
- Barrón, P., Medrano, E., Leal, I., Eguarte, J., Cuellar, L., Quiñones, Y., Rodríguez, R. (2019). Actividad anti-*helicobacter pylori* del extracto metanólico de *Artemisia ludoviciana*. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4, 284-294.
- Baquero, P., Flórez, G., Velasco, J., Álvarez, F. R., & Hernández-Rodríguez, P. (2023). Actividad antimicrobiana de extractos de plantas frente a *Staphylococcus* aislados de pacientes con conjuntivitis bacteriana. *Revista Ciencias de la Salud*, 21(1), 1-14.
- Camacho, S. (2023). Resistencia bacteriana, una crisis actual. *Revista Española de Salud Pública*.
- Cejudo, G. (2019). Evaluación de la actividad antimicrobiana contra *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina de un extracto de células de *Buddleja cordata*. Tesis para obtener el título de licenciado en biología. Universidad Autónoma del Estado de México.
- Cid-Pérez, Ávila-Sosa., Ochoa-Velasco, Rivera-Chavira, Nevárez-Moorillón. (2019). Antioxidant and antimicrobial activity of Mexican oregano (*Poliomintha longiflora*) essential oil, hydrosol and extracts from waste solid residues. *Plants*, 8(1), 22.
- CLSI. 2012. Performance Standards for antimicrobial Disk Susceptibility Tests; Approved Standard. 11—Eleventh Edition. CLSI document M02-A11. Wayne, PA: Clinical and Laboratory Standards Institute.
- Cruz, I., Fernández, A., Bravo, F., Nuñez, A., Águila, S., Hernández, M., Longa, A., Ramírez, M., Conesa, S., Cordero, A., Valdés, R. (2021). Resistencia antimicrobiana y factores de virulencia en aislados de *Vibrio cholerae* O1. Cuba, 2012-2015. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 73(1).
- Díaz, R., Gamazo, C., Lopez-Goñi, I. (2003). Manual práctico de microbiología. MASSON.
- Fernández, A., Bravo, F., Águila, s., Cruz, I., Zaragoza, I., Llop, H., Hernández, M., Blanco, A. y Bebelagua, C. (2016). Susceptibilidad antimicrobiana en aislamientos cubanos de *Vibrio cholerae* O1 procedentes de muestras clínicas. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 68(1).
- Fernández, F., Alonso, G. (2020). Cólera y *Vibrio cholerae*. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 40(2).
- Gracia-Valenzuela, Arias-Moscoso, Ochoa-Meza, Escobedo-Bonilla. (2022). Evaluación in vitro de la actividad antimicrobiana de dos tipos de aceites esenciales de orégano (*Lippia berlandieri*) contra bacterias de estanques de camarones. *Revista Bio Ciencias*, 9.
- Gundidza, M. (2019). Antimicrobial activity of essential oil from *Schinus molle* Linn. *Central African Journal of Medicine* 39(11).
- Hernández-Alvarado, J., Zaragoza-Bastida, A., López-Rodríguez, G., Peláez-Acero, A., Olmedo-Juárez, A., & Rivero-Perez, N. (2018). Actividad antibacteriana y sobre nematodos gastrointestinales de metabolitos secundarios vegetales: enfoque en Medicina Veterinaria. *Abanico veterinario*, 8(1), 14-27.
- Hernández, A. (2023). Evaluación de actividad antimicrobiana (*in vitro*) de extractos vegetales de *Artemisia ludoviciana* Nutt., *Lepidium virginicum* L. y *Brickellia veronicifolia* (kunth) A. Gray sobre bacterias y hongos fitopatógenos. Tesis de Maestría.
- Ibarra, C. (2023). Efecto inhibitorio de diatomeas contra bacterias patógenas del género *Vibrio* en acuicultura. Tesis de Maestría.
- INSST. (2022). *Vibrio cholerae* (incluido El Tor). Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, Madrid.
- Malave, M. J., Mendoza, Z., Morillo, M., Visbal, T., Rondón, Ma. E. y Carmona, J. (2019). Composición química y actividad biológica de los extractos de las partes aéreas de *Leonurus japonicus* (Houtt.). *Rev Fac Farm*, 61, 25-35.
- Marcas, J., Romero, L., Tipiani, O., Loyola, S., & Tamariz, J. (2023). Actividad antimicrobiana in vitro del extracto de hojas de *Bixa orellana* L. contra bacterias anaerobias asociadas a la vaginosis bacteriana y *Lactobacillus* spp. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 39, 408-414.
- Martins, M., Arantes, S., Candeias, F., Tinaco, T. y Cruz-Morais. (2014). Antioxidant, antimicrobial and toxicological properties of *Schinus molle* L. essential oils. *Journal of Ethnopharmacology* 155(1), 485-492.
- Martínez., B. (2017). Hoja de datos de seguridad biológica (HDSB) de *Vibrio cholerae*. Instituto de Diagnóstico y Referencia Epidemiológica, Secretaría de Salud.
- Monteagudo, R., Perera, F., Almora, E., Lago, V., Echেমendia, O., Bolaños, G. (2022). Evaluación de la actividad antimicrobiana de extractos de *Moringa oleifera* Lam. cultivada en Cuba. *Revista de Producción Animal*, 34(1), 50-63.
- Mora-Zúñiga, Treviño, G., Amaya, G., Galindo, R., Csatislo, S., Martínez, R., Rodríguez-Rodríguez y Báez, G. (2022). Comparison of Chemical Composition, Physicochemical Parameters, and Antioxidant and Antibacterial Activity of the Essential Oil of Cultivated and Wild Mexican Oregano *Poliomintha longiflora* Gray. *Universidad Autonoma de Nuevo León, Plants* 11(14).
- Neubeiser, A., Bonsignore, M., Tafelski, S., Alefelder, C., Schwegmann, K., Rüden, H., and Nachtigall, I. (2020). Mortalidad atribuible a infecciones hospitalarias con bacterias multirresistentes en un gran grupo de hospitales alemanes. *Revista de Infección y Salud Pública*, 13 (2), 204-210.
- OMS. (2022, marzo 20). Cólera. Organización Mundial de la Salud.
- Ortega, M., Márquez, P., Espinoza, S. y Salazar, C. (2018). Cólera, enfermedad reemergente en México: Brote Comunitario en Hidalgo. *JONNPR* 4(2), 185-196.
- Pérez, E., López, G., Reyes, S., Villavicencio, N. (2022). Flora útil de Hidalgo. Avances en la documentación y evaluación de la actividad biológica I. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ISBN: 978-607-482-706-4.
- Romero, G., Sosa, P., Burgoa, L., Leal, L., El Kassir, G., Rodríguez, B., Juárez, N. (2022). Antimycobacterial, cytotoxic, and anti-inflammatory activities of *Artemisia ludoviciana*. *Journal of Ethnopharmacology*, 293, 115249.
- Rosado, S. (2018). Resistencia antimicrobiana de bacterias del género *Vibrio* en Langostino blanco (*Litopenaeus vannamei*) en centros de cultivo de la región Tumbes. Tesis para obtener el grado de licenciatura. Universidad Ricardo Palma.
- Torres, K., Ochoa, A., Encalada, D., & Quizhpe, A. (2017). Prevalencia de la automedicación con antibióticos en las parroquias urbanas de la ciudad de Cuenca, 2016-2017. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 36(4), 130-136.
- Torres, Y. (17 septiembre, 2021). Registra salud 173 enfermos de cólera en Hidalgo en 8 años. Periódico digital Criterio.
- Vargas, B. (2023). Identificación de plantas medicinales de la Flora del Bajío empleadas para el tratamiento de la hipertensión y el cáncer, determinación de su perfil químico y evaluación de sus efectos vasodilatador y citotóxico.
- Villavicencio, M., Escandón, B. (2006). Plantas Útiles del Estado de Hidalgo III. UAEH.
- Zayed, Z., El-Kareem. (2016). *Journal of Wood Science* 62, 548-56.