

EFFECTO ANTIMICROBIANO DE EXTRACTOS DE *PELARGONIUM CITROSUM* SOBRE CEPAS BACTERIANAS HOSPITALARIAS RESISTENTES ANTIBIÓTICOS

ANTIMICROBIAL EFFECT OF *PELARGONIUM CITROSUM* EXTRACTS ON ANTIBIOTIC RESISTANT HOSPITAL BACTERIAL STRAINS

MERIT MENDOZA TORRES¹

EDGAR L. FLORES
GUERRA²

PATRICIA SEGURA
CENICEROS²

ANNA ILINÁ²

LUCÍA SÁNCHEZ CASTILLO¹

JUAN MAURICIO
BENAVIDES¹

RESUMEN

La planta *Pelargonium citrosum*, coincide en género con varias especies que presentan efectos antimicrobianos y regenerativos, es por esto que la presente investigación plantea conseguir extractos vegetales y analizar su efecto antimicrobiano. Empleando las técnicas de hidrodestilación, infusión, liofilización y evaporación se obtuvieron extractos acuosos y alcohólicos que se probaron sobre el crecimiento de cepas bacterianas de *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* de origen clínico, las cuales se caracterizaron macro y microscópicamente, además de su perfil de resistencia a antibióticos, mostrando características multidrogoresistentes. Los rendimientos de extracción fueron 74.45% (infusión), 15% (hidrodestilación) y 64.9% (alcohólico); se probaron concentrados de los mismos en cultivos de las bacterias mencionadas y solo el extracto alcohólico mostró efecto antibacteriano (halos inhibitorios de 1.5 cm) sobre las cepas Gram negativas, que fueron las que presentaron la mayor gama de resistencia a antibióticos. Se emplearon diluciones del extracto a concentraciones de 32.5 a 1000 ppm en placas con agar nutritivo por la técnica de difusión en pozo, sin obtener inhibición de crecimiento, por lo que es necesario emplear concentraciones mayores a las empleadas para definir la concentración mínima inhibitoria. Estos resultados demuestran el potencial antibacteriano de esta fuente vegetal para su uso en la búsqueda de nuevas alternativas con potencial antimicrobiano que den respuestas para el creciente desarrollo de resistencia hacia los antibióticos existentes y su aplicación en áreas de la salud a nivel preventivo y terapéutico.

Palabras clave: inhibición, extractos vegetales, antimicrobiana, *Pelargonium citrosum*

1. Facultad de Medicina,
Unidad Sureste, UAdeC.

2. Facultad de Ciencias
Químicas, Unidad Sureste,
UAdeC.

Correspondencia
juanmauricio@uadec.edu.mx

ABSTRACT

Pelargonium citrosum plant shares genus with several species that show antimicrobial and regenerative effects, this is why this research aims to obtain vegetable extracts to analyze their antimicrobial effect. Using hydrodistillation, infusion, lyophilization and evaporation techniques were used to obtain aqueous and alcoholic extracts that were tested on the growth of bacterial strains of *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus* of clinical origin, they were characterized macro- and microscopically, in addition to their antibiotic resistance profile, showing multidrug-resistant characteristics. The extraction yields were 74.45% (infusion), 15% (hydrodistillation) and 64.9% (alcoholic); Concentrates of these were tested in cultures of the aforementioned bacteria and only the alcoholic extract showed antibacterial effect (inhibitory halos of 1.5 cm) on the Gram-negative strains, which were the ones that presented the greatest range of resistance to antibiotics. Dilutions of the extract were used at concentrations of 32.5 to 1000 ppm in plates with nutrient agar by the well diffusion technique, without obtaining growth inhibition, so it is necessary to use higher concentrations than the ones used to define the minimum inhibitory concentration. These results demonstrate the antibacterial potential of this plant source for use in the search for new alternatives with antimicrobial potential that will provide answers to the increasing rate of resistance to existing antibiotics and their application in health areas at a preventive and therapeutic level.

Keywords: Inhibition, plant extracts, antimicrobial, *Pelargonium citrosum*.

INTRODUCCIÓN

La gran variedad de las especies de plantas presentes en México aunado a la necesidad de nuevos principios activos que puedan emplearse en la industria y la vida cotidiana ha orientado a una gama de investigaciones encaminadas al aprovechamiento de las propiedades tanto físicas como químicas de sus extractos esenciales, los cuales pueden obtenerse de sus hojas, tallos, raíces, flores o semillas (Tongnunchan, 2014). El uso de extractos como remedios medicinales se remonta a cuatro mil años donde los sumerios los empleaban para el tratamiento de asma y desde entonces los procesos

de obtención de estos compuestos han aumentado su eficiencia y pureza (Bruneton, 2011).

El desarrollo de resistencia a los productos antimicrobianos en los últimos tiempos plantea la necesidad de investigar fuentes alternas para la obtención de productos con principios activos de carácter antimicrobiano que permitan su aplicación en diversas áreas de la salud (Ruiz y col., 2019). El rápido incremento de microorganismos resistentes a las alternativas de antibióticos existentes plantea un reto de suma importancia en el área médica a nivel mundial. Algunos reportes comparan la mortalidad causada por cepas de *Staphylococcus aureus* resistentes a metilicina con la causada por VIH e incluso estiman una proyección para el 2050 de al menos 10 millones de muertes anuales vinculadas con la resistencia a antibióticos (Nicolas y col., 2019), esto aunado a el bajo desarrollo e investigación de nuevos antibióticos, así como la orientación de las industrias farmacéuticas a producir otro tipo de medicamentos orientados al tratamiento de otros padecimientos, obliga a la búsqueda de nuevas opciones para el manejo de infecciones causadas por estos microorganismos. (Navarrete, 2019)

Las capacidades antimicrobianas de las plantas medicinales y sus extractos presentan aplicaciones potenciales en el ámbito de la prevención y atención de la salud puesto que pueden ser empleados como desinfectantes, antisépticos de uso médico-hospitalario, etc., tal como lo han demostrado investigaciones que emplean extractos de aceites esenciales de otros géneros de plantas con resultados satisfactorios sobre hongos y levaduras (Nogueira, 2008).

De acuerdo con la OMS, de 255 fármacos que son considerados como esquema básico o esencial, 11% son obtenidos de plantas y de igual forma una gran variedad de otras drogas se emplean precursores naturales para su síntesis y producción, aunque no reportan el porcentaje de ellos. Las propiedades que ofrecen estas fuentes naturales son variadas, entre las que se pueden mencionar antioxidantes, antidiabéticos, antiinflamatorias, antiartríticas, antifúngicos, antibacteriales, etc. (Gupta, 2012).

La bibliografía describe los diversos métodos de extracción y las modificaciones para obtener los principios activos de esas fuentes naturales, así como los materiales vegetales empleados para obtener aceites esenciales, p.e. orégano, comino, limón, mandarina, naranja, Romero y Citronela, por mencionar algunos (Tongnunchan, 2014; Kothari, 2012).

El género *Pelargonium* contiene un diverso grupo de plantas con una amplia variedad de usos y aplicaciones entre las que se pueden contar: culinarias, cosméticas, medicinales, etnobotánicas, aromáticas, ornamentales entre otras. La mayoría de sus representantes poseen hojas aromáticas y todas de naturaleza perene con relativa sencillez en su cultivo (Meyers, 2006). Se han publicado resultados de investigación de algunas especies de *Pelargonium* para su uso en el ámbito de la salud, por sus propiedades anticoagulantes (Myeong-Sim y col., 2005), como repelente de artrópodos (Matsuda, 1996; García, 2014), para el tratamiento de problemas intestinales y respiratorios así como para la recuperación de heridas (Meyers, 2006); estos últimos aspectos han sido adjudicados al contenido de compuestos fenólicos como flavonoides y taninos hidrolizables (Latte y Herbert, 2004).

La especie *Pelargonium citrosum*, más conocida tradicionalmente como “Citronela”, es una planta de amplia distribución en nuestro país a la que se le adjudica de forma popular propiedades repelentes contra mosquitos y otros artrópodos, sin embargo existen publicaciones que limitan este efecto, como lo demostró un estudio realizado en 1990 donde no existió diferencia significativa en su efecto repelente para mosquitos de *Aedes* comparado con sujetos sin tratamiento de Citronela (Matsuda, 1996). Por otra parte, las propiedades antimicrobianas y regenerativas que se le adjudican a otros miembros de este género justifican la investigación de los extractos de esta especie para determinar su efecto sobre agentes microbianos para posteriormente definir el tipo de inhibición que se presente.

El presente trabajo pretende determinar el efecto de extractos acuosos (infusión e hidrodestilación) y alcohólicos de la planta *Pelargonium citrosum* sobre el crecimiento de cepas bacterianas de origen clínico.

MATERIALES Y MÉTODOS

OBTENCIÓN DE CEPAS EMPLEADAS

Se obtuvieron de muestras clínicas proporcionadas por un laboratorio hospitalario, pertenecientes a *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*. Dichas cepas fueron aisladas e identificadas por medios selectivos como CHROMagar, agar cetrimida, agar *Staphylococcus* 110 (S-110), agar eosina azul de metileno (EMB), pruebas bioquímicas (MIO, LIA, TSI, Urea, Citrato de Simmons) y técnicas de coagulasa. Las cepas fueron almacenadas en refrigeración para su uso posterior.

OBTENCIÓN DE PERFIL DE SENSIBILIDAD A ANTIBIÓTICOS

Una vez tipificado el Gram correspondiente a las cepas y la pureza de las mismas se procedió a realizar un cultivo por técnica de estriado en tapete en cajas con Agar Nutritivo y se emplearon sensidiscos “Multibac” para Gram (ampicilina, amikacina, carbenicilina, gentamicina, cefalotina, cefotaxima, netilmicina, ciprofloxacina, norfloxacino, cloranfenicol, nitrofurantoina, trimetoprim/sulfameto-xazol) y Gram negativos (ampicilina, gentamicina, cefalotina, cefotaxima, ciprofloxacina, trimetoprim/sulfametoxazol, cefuroxima, dicloxacilina, clindamicina, eritromicina, penicilina, vancomicina, tetraciclina) y se adicionaron discos Thermo Scientific de Azitromicina, cefalexina y moxifloxacino para ambos tipos de bacterias. Las cajas inoculadas fueron incubadas a 37 °C por 24 horas y se procedió a interpretar los halos de inhibición para cada antibiótico empleado de acuerdo con las especificaciones del proveedor.

PREPARACIÓN DE LA PLANTA

Ramas con hoja de la planta *Pelargonium citrosum* se secaron a 37°C durante una semana y posteriormente se molieron con mortero para reducir la partícula hasta 600 μ m.

OBTENCIÓN DE EXTRACTOS ACUOSOS POR INFUSIÓN

Se pesaron 2 g de muestra pulverizada en un matraz con 20 mL de agua destilada previamente calentada a 95°C $\pm$ 2 y se mantuvo en agitación orbital (Heathrow Scientific) por 2 horas a 250 rpm y 60 °C. Posteriormente la mezcla se depositó en un tubo de fondo cónico (Globe Scientific) y se centrifugó a 1000 rpm por 15 minutos, el líquido obtenido se filtró por papel Whatman No. 4; el filtrado obtenido se mantuvo en congelación el filtrado obtenido. Los extractos se liofilizaron a -105 °C/4.5L (FreeZone Labconco, Kansas City) para su posterior almacenamiento.

OBTENCIÓN DE EXTRACTOS POR HIDRODESTILACIÓN

Para la obtención de aceites esenciales, se pesaron 14 g de la muestra macerada en un equipo de destilación (KIMAX) que contenía 200 ml de agua destilada, se mantuvo la hidrodestilación por 3 h a 100 °C. Los disolventes restantes en el extracto se eliminaron bajo vacío utilizando un evaporador rotativo rotatoria (DILABO). Los extractos se liofilizaron a -105 °C/4.5L para su posterior almacenamiento y prueba.

OBTENCIÓN DE EXTRACTO ALCOHÓLICO

Se pesaron 2 g de muestra de cada planta pulverizada, cada una se

colocó inmediatamente en un matraz de 125 ml con 20 ml de etanol, (Jamel Científica) posteriormente el matraz con la mezcla se puso en agitación durante 30 min a 250 rpm en un agitador orbital a 28 °C. La mezcla se depositó en un tubo de fondo cónico y se centrifugó a 1000 rpm por 15 minutos, el líquido obtenido se filtró por papel Whatman #4; el filtrado obtenido se mantuvo en congelación el filtrado obtenido. Los extractos se sometieron a evaporación de solvente (Khadraoui y Khadraoui, 2013) para su posterior almacenamiento y prueba.

CÁLCULO DE RENDIMIENTO DEL EXTRACTO

El porcentaje de rendimiento de extracto fue calculado considerando a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ rendimiento} = \frac{W_e * 100}{W_p}$$

donde W_e corresponde al peso del extracto acuoso o etanólico obtenido y W_p es el peso del polvo obtenido por la técnica empleada (liofilización o rotovapor)

EVALUACIÓN INICIAL DE ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA DE EXTRACTOS EN PLACA

Se realizó de forma inicial empleando un cultivo fresco en agar nutritivo de cada una de las cepas utilizadas y posteriormente se hizo un sondeo inicial de susceptibilidad agregando 0.1g de concentrado de cada extracto sobre el medio de cultivo inoculado y se incubó a 37°C por 24 a 48 horas; transcurrido este tiempo se procedió a la interpretación del halo de inhibición obtenido.

EVALUACIÓN DE EFECTO ANTIBACTERIANO DE DILUCIONES DE EXTRACTOS EN PPM

Se prepararon en agua concentraciones de 31.23, 62.5, 125, 500 y 1000 ppm (125, 250, 500, 1000, 2000 µg/ml) de los extractos a analizar, dichas diluciones se homogeneizaron vigorosamente en vórtex (Heathrow Scientific HS120209), Empleando la técnica de difusión en pozo de agar (Balouiri y col, 2016); inicialmente de una placa Petri con crecimiento de cada cepa, se aislaron 5 colonias que se colocaron en tubos de 5 ml de PBS estéril al 1%. Se ajustó una suspensión estándar de bacterias a 1.5×10^8 células/mL de acuerdo con la escala McFarland (H_2SO_4 0.18 M / $BaCl_2$ 0.048 M a 625 nm). Posteriormente, se inocularon 0.5 ml de la suspensión bacteriana en

la caja de Petri con el medio correspondiente a cada cepa (agar Nutritivo para *Pseudomonas aeruginosa*, EMB para *Escherichia coli* y S-110 para *Staphylococcus aureus* (S-110) y se distribuyó con un hisopo estéril. Los pozos se hicieron con cilindros de vidrio de 5 mm de diámetro (4 pozos en cada caja). Luego se depositaron 0.02 mL de cada concentración del extracto a analizar en 2 pozos, los otros pozos se llenaron con moxifloxacino como control positivo y agua estéril como control negativo. Se incubaron las cajas de Petri durante 24 h a 37 °C. El efecto inhibidor se determinó midiendo el halo de inhibición.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se comprobaron constantemente propiedades macro y microscópicas de las cepas, así como la pureza de estas (Figura 1).

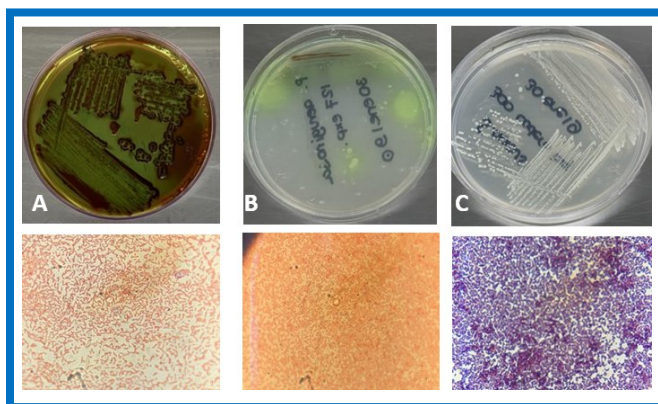


Figura 1. Características macro- y microscópicas de las cepas bacterianas empleadas. A) *Escherichia coli*; B) *Pseudomonas aeruginosa*; C) *Staphylococcus aureus*.

El perfil de resistencia a antibióticos completo se reporta en la Tabla 2, donde se puede observar que especialmente las bacterias Gram negativas tuvieron resistencia a gran parte de los antibióticos empleados, siendo *Escherichia coli* sensible solamente a Nitrofurantoina, azitromicina, cefalexina y moxifloxacino y resistente al resto, mientras que *Pseudomonas aeruginosa* presenta moderada sensibilidad a ciprofloxacina y cloranfenicol y sensibilidad a cefotaxima, azitromicina y moxifloxacino y resistente al resto. *Staphylococcus aureus* mostró espectro moderado de resistencia siendo solo sensible a gentamicina, cefotaxima, clindamicina, eritromicina, cefalexina y moxifloxacino; moderadamente sensible a tetraciclina, dicloxacilina y trimetoprim-/sulfametoxazol y resistente al

resto.

Cabe mencionar que estos perfiles de resistencia son comunes en muestras clínicas provenientes de muestras clínicas (ulceras, muestras biológicas, heridas, etc) de hospital considerando que se provienen de una condición donde el microorganismo esta desarrollando mecanismos patogénicos y de defensa contra el sistema inmune del organismo del paciente, así como contra los tratamientos que se están administrando al mismo, además de que se reporta en la literatura que los microorganismos nosocomiales cuando no se guardan las especificaciones de bioseguridad y la normativa de salud en cuanto a la limpieza de las distintas áreas, estos tienden a crear resistencia agregada a distintos agentes desinfectantes. (Molina y col, 1998; Secretaría de Salud de México, 2019)

Tabla 2. *Perfil de resistencia a antibióticos determinado a las cepas estudiadas.*

Antibiótico	Escherichia coli	Pseudomonas aeruginosa	Staphylococcus aureus
Ampicilina	R	R	R
Amikacina	R	S	N/A
Carbenicilina	R	MS	N/A
Gentamicina	R	R	S
Cefalotina	R	R	R
Cefotaxima	R	S	S
Netilmicina	R	R	N/A
Ciprofloxacina	R	MS	R
Norfloxacino	R	R	N/A
Cloranfenicol	R	MS	N/A
Trimetoprim/sulfametoxazol	R	R	MS
Nitrofurantoina	S	R	N/A
Cefuroxima	N/A	N/A	R
Dicloxacilina	N/A	N/A	MS
Clindamicina	N/A	N/A	S
Eritromicina	N/A	N/A	S
Penicilina	N/A	N/A	R
Vancomicina	N/A	N/A	R
Tetraciclina	N/A	N/A	MS
Azitromicina	S	S	R
Cefalexina	S	R	S
Moxifloxacino	S	S	S

S=sensible; MS=moderadamente sensible; R=resistente; N/A= no aplica

Se han reportado estudios donde se ha determinado la capacidad de resistencia de estos microorganismos a una amplia gama de antibióticos determinando que la resistencia de estos se ha ido incrementando en los últimos 10 años, en algunos casos en más del 10% considerando las cifras registradas en 2008, por lo que se requerirían acciones de prevención (Liu y col., 2018). Este efecto es el que se está observando en los microorganismos aislados, donde de 15 antibióticos analizados, solo cuatro tienen efecto inhibitorio sobre el crecimiento y desarrollo de *Escherichia coli*.

Existe una ventaja en el uso de microorganismos provenientes de muestras clínicas sobre los cultivados y mantenidos en condiciones de reserva o ATCC, ya que cuando se cuidan las condiciones de cultivo en extremo proporcionando las condiciones necesarias para la multiplicación y resiembra constante de bacterias, estas van perdiendo sus propiedades patogénicas debido a que no las requieren para subsistir, a menos que se empleen componentes en los medios de cultivo donde se adicionen con antibióticos o el microorganismo se vea en la necesidad de resistir condiciones de estrés o alimentación. (Bush y Schmidt, 2024)

Los rendimientos en los procedimientos de extracción acuosa y alcohólica empleados se muestran en la Tabla 1, dichos extractos presentaron consistencia granulada, pigmentada y soluble al agua para los extractos acuosos, mientras que los alcohólicos fueron semisólidos, maleables y con pigmentados similares a los acuosos y con solubilidad menor en agua.

La literatura menciona que los procedimientos de extracción por solventes pueden alcanzar rendimientos de 84.23% (Escoto y col, 2016); aunque el empleo de agua como solvente mostró un mayor rendimiento que el uso de etanol, ambos están dentro de lo reportado para procedimientos de extracción con solventes, demostrando la factibilidad de estos métodos y reactivos para la extracción, permitiendo la reducción de costos de operación al evitar el uso de técnicas y equipos más elaborados y costosos (Soxhlet, etc.) (González, 2011). De igual forma debe considerarse que el tipo de compuestos extraídos depende significativamente del solvente empleado, ya que algunos compuestos no polares, sobre todo de fuentes vegetales aromáticas como el género *Pelargonium*, tendrán mejor solubilización y probabilidad de ser extraídos con alcoholes (aceites esenciales, compuestos fenólicos y monoterpenos)

(Tongnunchan, 2014; Khadraoui y Khadraoui, 2013).

Tabla 1. Rendimientos de extracción según los procedimientos empleados.

Condiciones de extracción	RENDIMIENTO (%)
Agua caliente (90°C)	75.45
Etanol	64.9
Hidrodestilación	15

Al emplear los concentrados de los extractos obtenidos por las tres técnicas empleadas sobre placas de cultivo con crecimiento de cada una de las cepas analizadas, se observaron solamente inhibición al aplicar el extracto alcohólico (Figura 2) donde el produjeron halos de 1.5 cm de diámetro para los cultivos de las cepas de *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli*; en el caso de *Staphylococcus aureus* no hubo efecto inhibitorio de ninguno de los extractos obtenidos.

Por la particularidad de inhibición sobre las cepas Gram negativas puede inferirse que exista algún proceso de interacción con la composición particular de la pared celular de estos microorganismos, ya que los Gram positivos poseen una capa gruesa de peptidoglicano en su pared (50% del material de la pared) y presencia de ácido lipoteicóico y teicóico, estos se encuentran ausentes en los Gram negativos y el peptidoglicano constituye del 5 al 10% del material de su pared, además de presencia de una membrana externa donde alojan lipopolisacáridos asociados a sus factores de virulencia (Murray y col 2015).

Tomando en cuenta los resultados anteriores se planteó solamente emplear el extracto alcohólico en la etapa de evaluación de diluciones en ppm, puesto que los extractos acuosos aun empleando el extracto concentrado no presentaron inhibición alguna, sin embargo, al probar las concentraciones de 31.25 a 1000 ppm mencionadas anteriormente, no se registró inhibición alguna del crecimiento microbiano de ninguna de las cepas analizadas a ninguna de las diluciones utilizadas, por lo que será necesario realizar más estudios al respecto incrementando las concentraciones empleadas para determinar la concentración mínima inhibitoria (CMI), así como determinar el efecto que estos

extractos tienen sobre los microorganismos (bactericida o bacteriostático), además de optimizando el proceso de obtención de extracto, definir técnicas de concentración de principios activos más eficientes y determinar las fracciones que poseen este efecto antibacteriano para poder incrementar el nivel de purificación y la capacidad germicida del extracto.

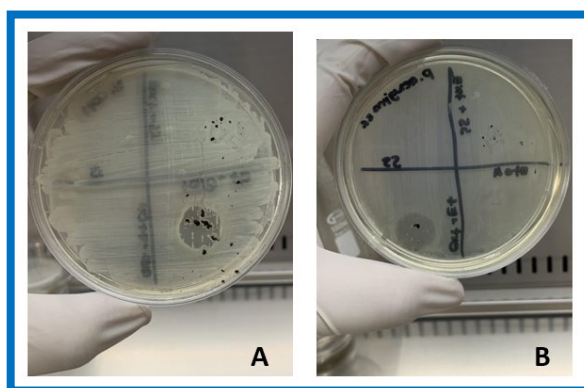


Figura 2. Halos de inhibición obtenidos sobre el crecimiento microbiano de cepas de *Escherichia coli* (A) y *Pseudomonas aeruginosa* (B), provocado por concentrado sólido del extracto alcohólico.

Los resultados de inhibición de desarrollo de las cepas gran negativo analizadas, resulta prometedor considerando que son las que presentaron el mayor espectro de resistencia a los antibióticos probados, con lo que demuestra su potencial en el control y tratamiento de bacterias multidrogoresistentes.

El hecho de poder determinar cuál es el efecto real de estos extractos sobre el desarrollo bacteriano, así como perfeccionar las técnicas de extracción y potenciar su poder germicida puede conducir no solo a nuevas fuentes de potenciales antibióticos, sino también a la generación de antisépticos que podrían ser considerados en dentro de los protocolos internos de las instalaciones de atención a la salud, ya que se ha publicado la evaluación de desinfectantes a base de extractos de flor de Jamaica para su aplicación en la industria alimentaria y hospitalaria (Montaño y col, 2023), esto resulta de suma importancia para mantener un ambiente seguro para el personal de salud que labora ahí, así como para los pacientes internos o en consulta (Secretaría de Salud de México, 2019).

En la actualidad el control de cepas bacterianas con alta resistencia a antibióticos se realiza con mezclas de antibióticos de amplio espectro y los resultados son variables ya que el perfil del paciente afectado es

un factor de importancia a considerar para la buena evolución de la recuperación, puesto que la presencia de comorbilidades como la inmunodeficiencia o enfermedades crónico degenerativas como la diabetes, hipertensión entre otras, puede interferir con el éxito de los tratamientos empleados (Nicolas y col., 2019, Liu y col., 2018).

Las fuentes vegetales siempre han sido un área muy explotada para la extracción de principios activos con efecto antimicrobiano, México posee una de las más grandes biodiversidades en el planeta de plantas con aplicaciones terapéuticas, con embargo la investigación sobre el aprovechamiento de estos recursos no ha sido explorada y explotada en su totalidad (Meyers, 2006) .

De acuerdo a lo reportado en la literatura sobre el género *Pelargonium*, otras especies presentan propiedades prometedoras de inhibición bacteriana entre otras propiedades aplicadas a la nutrición, ornamento, efectos anticoagulantes y protectores contra artrópodos (García, 2014; Latte y Herbert, 2004; Meyers, 2006; Myeong-Sim y col., 2005), estos datos respaldan los resultados obtenidos a la vez que justifican la búsqueda de más propiedades de esta planta para poder desarrollar productos y estrategias en beneficio del área de la salud tanto a nivel individual (paciente) como nosocomial.

CONCLUSIONES

El espectro de resistencia determinado a las cepas analizadas demostró un perfil multidrogoresistente para las bacterias gran negativas principalmente. Los rendimientos obtenidos empleando las técnicas de extracción por infusión (74.45%), hidrodestilación (15%) y etanol (64.9%), están dentro de lo reportado para estas técnicas. El efecto antibacteriano al emplear el extracto concentrado se observó solo en obtenido con etanol y solamente en las cepas gran negativas (*Escherichia coli* y *Pseudomonas aeruginosa*), las cuales que presentaron espectros amplios de resistencia a antibióticos, pero al emplear las diluciones planteadas no se observó efecto inhibitorio sobre el desarrollo bacteriano, por lo que se requiere más experimentación con estos extractos para obtener la CMI. La evidencia de inhibición con el uso del extracto concentrado plantea la demuestran el potencial del antibacteriano de *Pelargonium citrosum* sobre bacterias multidrogoresistentes y plantea la búsqueda de otras fuentes vegetales para su uso en la elaboración de nuevas alternativas de tratamientos con efecto antibiótico sobre estos microorganismos, ya

que el creciente desarrollo de resistencia hacia los antibióticos existentes justifica la búsqueda de alternativas con inhibición de desarrollo microbiano, lo cual es de suma importancia para su aplicación en las áreas de la salud tanto a nivel preventivo como terapéutico.

REFERENCIAS

- Bruneton, J. (2011). *Farmacognosia. Fitoquímica. Plantas medicinales* (2a ed.). España: Zaragoza Acribia S.A.
- García, A. A. (2014). Aceite de *Cymbopogon nardus* y *Pelargonium citrosum* como repelentes de *Culex quinquefasciatus*. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(4), 591-603.
- Gupta, A. (2012). Modern Extraction methods for preparation of bioactive plant extracts. *International Journal of Applied and Natural Sciences*, 1(1), 8-26.
- Khadraoui, & Khadraoui, A. (2013). Ethanolic extract of *Ruta chalepensis* as an eco-friendly inhibitor of acid corrosion of steel. *Res Chem Intermed*, 39, 3937-3948.
- Kothari, V. (2012). Comparative study of various methods for extraction of antioxidant and antibacterial compounds from plants seeds. *Journal of Natural Remedies*, 12(2), 162-173.
- Latte, K. P., & Herbert, K. (2004). Antioxidant properties of phenolic compounds from *Pelargonium reniforme*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52, 4899-4902.
- Liu, S., Wang, M., & Zheng, L. (2018). Antimicrobial Resistance Profiles of Nosocomial Pathogens in Regional China: A Brief Report from Two Tertiary Hospitals in China. *Medical Science Monitor*, 24, 8602-8607.
- Matsuda, B. M. (1996). Essential oil analysis and field evaluation of the citrus plant "pelargonium citrosum" as repellent against populations of *Aedes* mosquitoes. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 12(1), 69-74.
- Meyers, M. (2006). *Pelargoniums: An herb society of america guide*. Ohio, Ohio: The Herb Society of America.
- Murray, P., Rosenthal, K., & Pfaller, M. (2015). *Microbiología Médica*. Elsevier.
- Myeong-Sim, J., Xiang-Lan, P., & Yu-Luan, J. (2005). Anticoagulant 1,2,3,4,6-Pentagalloyl- β -D-Glucopyranose isolated from *Geranium* (*Pelargonium inquinans* Ait). *Archives of pharmacal research*, 28(9), 1037-1041.
- Nicolas, I., Bordeau, V., Bondon, A., Baudy-Folch, M., & Felden, B. (2019). Novel

antibiotics effective against grampositive and -negative multi-resistant bacteria with limited resistance. *PLoS Biol*, 17(7), e3000337. doi:10.1371/journal.pbio.3000337

Nogueira, J. C. (2008). In vitro antimicrobial activity of plants in acute otitis externa. *Revista brasileira de otorrinolaringología*, 74(1), 118-124.

Ruiz Villafán, B., Gómez Ortiz, B., & Sánchez, S. (2019). A la caza de nuevos antimicrobianos contra patógenos multidrogoresistentes. *Biotecnología en movimiento*(18), 8-11.

Secretaría de Salud de México. (02 de octubre de 2019). *Gobierno de México, Normas Oficiales Mexicanas*. Obtido de <http://iner.salud.gob.mx/descargas/normatecainterna/MJnormasmexicanas/NOM-045-SSA2-2005.pdf>

Tongnunchan, P. (2014). Essential oils: Extraction, bioactivities and their uses for food preservation. *Journal of food science*, 79(7), 1231-1249.