



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO PROFESIONAL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



EFFECTO ANTIMICROBIANO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE EXTRACTOS DE *Solanum nigrum* (Yocoyoco)
Y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) SOBRE
Staphylococcus aureus ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603

Autoras:

Acosta P Geraldine A. C.I.: V-26.195.104

Perozo María D. C.I.: V-20.010.171

Tutor: Licda. Gladiel Padrón

Asesora metodológica: MSc. Aura Palencia

Naguanagua, Octubre 2.024



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE BIOANALISIS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACION Y
DESARROLLO PROFESIONAL
ASIGNATURA TRABAJO DE INVESTIGACION



ACTA DE EVALUACION

Quienes suscriben, miembros del Jurado designado por la Coordinación de la Asignatura Proyecto de Investigación, para evaluar el trabajo titulado: "EFECTO ANTIMICROBIANO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES CONCENTRACIONES DE EXTRACTOS DE SOLANUM NIGRUM (YOCOYOCO) Y PARTHENIUM HYSTEROPHORUS (ESCOBA AMARGA) SOBRE STAPHYLOCOCCUS AUREUS ATCC 25923 Y ESCHERICHIA COLI ATCC 700603", el cual es presentado por Acosta P. Geraldine A. y Perozo María D. titulares de la Cédula de Identidad C.I: V-26.195.104 y C.I: V-20.010.171, respectivamente y tutorado por la Profesora Gladiel Padrón titular de la Cédula de Identidad V-12.368.844. Hacemos de su conocimiento que hemos actuado como jurado evaluador del informe escrito, presentación y defensa del citado trabajo. Consideramos que reúne los requisitos de mérito para su APROBACIÓN.

En fe de lo cual se levanta esta Acta, en Naguanagua a los veintidós días del mes de octubre del año dos mil veinticuatro.


Prof. Aura Palencia
C.I: V-11.147.392
Jurado Principal


Prof. Luis González
C.I: V- 4.467.668
Jurado Principal


Prof. Nairalith Ramos
C.I: V- 11.271.318
Jurado Principal





UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO PROFESIONAL
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



CONSTANCIA DE CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Yo, Padrón Gladiel, por medio de la presente certifico que he tenido conocimiento del trabajo de investigación que lleva por título: “Efecto antimicrobiano de la aplicación de diferentes concentraciones de extractos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603”, desde su inicio hasta su culminación. El mismo fue realizado por los bachilleres: Acosta Geraldine y Perozo Maria. Considero que el presente estudio reúne los requisitos suficientes para ser sometido a evaluación.

Lcda. Gladiel Padrón

C.I V. 12.368.844



DEDICATORIA

A Dios, por ser la luz que guía mi camino y por darme la fortaleza para perseverar en cada paso de esta travesía. A mi madre, cuya amorosa dedicación y sacrificio me han inspirado a alcanzar mis sueños. A mi esposo, por su apoyo incondicional y por ser mi compañero en cada desafío. A mi tía, (Niria) por estar siempre a mi lado, brindándome apoyo. A mis hijos, (Dexire, Mauricio y Sergio) quienes son el motor de mi vida y la razón de mi esfuerzo diario. Y, con profundo amor y nostalgia, dedico este trabajo a mi querido hijo Mathia, cuya memoria vive en mi corazón. Tu luz brilla en cada logro que alcanzo y en cada paso que doy.

María de los Ángeles Perozo

AGRADECIMIENTOS

Agradecimiento a todas las personas que han sido parte de este viaje académico.

En primer lugar, a Nuestras Tutoras, por su guía invaluable, paciencia y apoyo constante. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo y para nuestro crecimiento personal y profesional.

A nuestros amigos, quienes han estado a mi lado en cada paso del camino.

Gracias por sus palabras de aliento, por las largas noches de estudio compartidas. Su amistad ha sido un pilar fundamental en esta travesía.

Y, por último, a todos aquellos que, aunque no se mencionan aquí, han contribuido de alguna manera a este logro. Cada gesto de apoyo ha sido significativo y profundamente apreciado.

Gracias a todos por ser parte de este capítulo tan especial en nuestras vidas.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	6
Objetivo general	6
Objetivos específicos	6
MATERIALES Y MÉTODOS	7
Diseño y tipo de investigación	7
Población y muestra	7
Procedimiento	13
Análisis de los datos	16
RESULTADOS	17
DISCUSIÓN	22
CONCLUSIONES	25
RECOMENDACIONES	26
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Valor promedio de UFC/mL de microorganismos supervivientes de <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i>	17
2	Recuento de UFC/mL de microorganismos supervivientes de <i>Escherichia coli</i> y <i>Staphylococcus aureus</i> transformado logarítmicamente	18
3	Análisis de Varianza promedio CMI de <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Escherichia coli</i>	21

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	DESCRIPCIÓN	PÁG.
1	Recolección de la materia prima	8
2	Espécimen recolectado <i>Parthenium hysterophorus</i>	8
3	Espécimen <i>Parthenium hysterophorus</i> secado	9
4	Espécimen <i>Solanum nigrum</i> secado	9
5	Empaquetado e identificado el espécimen <i>Solanum nigrum</i>	10
6	Empaquetado e identificado el espécimen <i>Parthenium hysterophorus</i>	10
7	Esquema del proceso de determinación de la Concentración Mínima Bactericida (CMB)	13
8	Extracto de <i>Solanum nigrum</i> con inóculo de <i>Escherichia coli</i>	14
9	Extracto de <i>Parthenium hysterophorus</i> con inóculo de <i>Staphylococcus aureus</i>	14
10	Extracto de <i>Parthenium hysterophorus</i> con inóculo de <i>Escherichia coli</i>	15



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA DE BIOANÁLISIS
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y
DESARROLLO PROFESIONAL
ASIGNATURA: TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



**EFFECTO ANTIMICROBIANO DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES
CONCENTRACIONES DE EXTRACTOS DE *Solanum nigrum* (Yocoyoco) Y
Parthenium hysterophorus (Escoba amarga) SOBRE *Staphylococcus aureus* ATCC
25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603**

Autores: Acosta Geraldine, Perozo María

Tutor: Licda. Gladiel Padrón

Asesor metodológico: MSc. Aura Palencia

Línea de investigación: Microbiología Aplicada

Financiamiento: Autofinanciado

Realizado en: Laboratorio de Microbiología de la Universidad de Carabobo

Año: 2023-2024

RESUMEN

Cuando se desarrollaron por primera vez, los antibióticos fueron vistos como balas mágicas que cambiarían radicalmente el tratamiento de la enfermedad infecciosa, sin embargo, en la actualidad la resistencia a antibióticos ha devenido en un grave problema de salud. Debido a que las plantas representan una fuente potencial de agentes antimicrobianos, el presente estudio está enmarcado en una investigación de tipo experimental con modalidad de campo, cuyo objetivo es analizar el efecto antimicrobiano de la aplicación de diferentes concentraciones de extractos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603. A partir del extracto etanólico de las hojas, fruta y flor de *Solanum nigrum* y de hojas y flores de *Parthenium hysterophorus*, se procedió a realizar las diferentes concentraciones al 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75% y 100% para determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) y la Concentración Mínima Bactericida (CMB). Se concluye, la CMI del extracto de *Solanum nigrum* sobre *Escherichia coli* es 100% y en *Staphylococcus aureus* es 20%, con *Parthenium hysterophorus* la CMI sobre *Escherichia coli* es 50% y en *Staphylococcus aureus* 15%. *Solanum nigrum* no tuvo efecto bactericida en *Escherichia coli* y en *Staphylococcus aureus* la CMB fue 25%. Por su parte, *Parthenium hysterophorus* tuvo una CMB 75% en *Escherichia coli* 25% en *Staphylococcus aureus*. El extracto etanólico de *Parthenium hysterophorus* fue más eficaz en la inhibición bacteriana que el de *Solanum nigrum*.

Palabras Clave: Concentración Mínima Inhibitoria, Macrodilución, Extracto

ABSTRACT

When they were first developed, antibiotics were seen as magic bullets that would radically change the treatment of infectious disease, however, today antibiotic resistance has become a serious health problem. Because plants represent a potential source of antimicrobial agents, the present study is framed in an experimental research within the field modality, whose objective is to analyze the antimicrobial effect of the application of different concentrations of *Solanum nigrum* (Yocoyoco) and *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) extracts on *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 and *Escherichia coli* ATCC 700603. The ethanolic extract of the leaves, fruit and flowers of *Solanum nigrum* and leaves and flowers of *Parthenium hysterophorus* was used at concentrations of 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75% and 100% of each extract to determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC) and the Minimum Bactericidal Concentration (MBC). The results reveal that the MIC of the *Solanum nigrum* extract on *Escherichia coli* is 100% and on *Staphylococcus aureus* is 20%, with *Parthenium hysterophorus* the MIC on *Escherichia coli* is 50% and on *Staphylococcus aureus* 15%. *Solanum nigrum* hadn't bactericidal effect on *Escherichia coli* and in *Staphylococcus aureus* the MBC was 25%. For its part, *Parthenium hysterophorus* had a MBC of 75% in *Escherichia coli* and 25% in *Staphylococcus aureus*. The ethanolic extract of *Parthenium hysterophorus* was more effective in bacterial inhibition than *Solanum nigrum*.

Keywords: Minimum Inhibitory Concentration, Macrodilution, Extract

INTRODUCCIÓN

La multirresistencia que presentan las bacterias se desarrolla debido al uso indiscriminado de antibióticos para tratar las enfermedades infecciosas, esto sumado a la aparición de efectos indeseables hacia ciertos antibióticos ha llevado a investigar nuevas sustancias antimicrobianas a partir de plantas consideradas popularmente como medicinales. Sin embargo, estas plantas a pesar de conocerse su actividad no han sido analizadas a fondo para determinar cuáles son sus beneficios ⁽¹⁾.

El *Solanum nigrum* conocido como yocoyoco o hierba mora es una planta arbustiva nativa de América perteneciente a la familia Solanaceae. La importancia farmacológica de *S. nigrum* radica en la concentración de metabolitos secundarios (flavonoides, alcaloides, cumarinas, taninos y saponinas) en los órganos de la planta, principalmente hoja, tallo y fruto, a partir de los cuales se preparan extractos para usos analgésico, antiinflamatorio y antibiótico ⁽²⁾.

Por su parte, *Parthenium hysterophorus* es una yerba muy ramificada perteneciente a la familia Partheniaceae cuyo principio activo es la paternina, una lactona sesquiterpénica la cual es una sustancia amarga con propiedades citotóxicas ⁽³⁾. Las infecciones por *Staphylococcus aureus*, un coco Gram positivo de la familia Staphylococcaceae, traen como consecuencias patologías diversas, desde un absceso de piel hasta septicemias mortales y choque tóxico estafilocócico (SSTS), mientras la infección por *Escherichia coli*, un bacilo Gram negativo de la familia Enterobacteriaceae, produce problemas como diarrea, infecciones urinarias, enfermedades respiratorias e infecciones del torrente sanguíneo ⁽³⁾.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha calificado en el 2020 una lista de bacterias que, desafortunadamente, crece cada vez más y que hace que hoy la resistencia antimicrobiana sea un problema de salud pública, dentro de ella están

Staphylococcus aureus, y *Escherichia coli* ⁽⁵⁾. Las causas, dice la OMS, obedecen a una miríada de factores que se han combinado para crear un cóctel terrorífico, como la prescripción y utilización no reglamentadas de antibióticos, la falta de acceso a medicamentos de calidad a precio asequible; la falta de agua limpia, de servicios de saneamiento, de prevención y control de infecciones ⁽⁴⁾.

En América se ha demostrado que un 90 % de las bacterias presentan una resistencia a las cefalosporinas de tercera generación y es generalizada en todas estas regiones. En Colombia se ha notado un aumento en la resistencia bacteriana, el sistema nacional de vigilancia reportó 2.362 casos de resistencia antimicrobiana por infección asociada a dispositivos durante 2016, de los cuales 21,3 % fallecieron ⁽⁵⁾.

En el mismo orden de ideas, desde nuestros antepasados, la utilización de los recursos naturales se ha implementado en diversas condiciones médicas y hemos encontrado soluciones a diversos problemas a través del uso de plantas. Actualmente existen alcaloides muy conocidos, como la cafeína y la codeína. La atropina y la papaverina, otros ejemplos de fármacos extraídos de la naturaleza son la gramicina, primer antibiótico obtenido de bacterias del suelo; la insulina, purificada de extractos pancreáticos animales; y el ácido salicílico, analgésico extraído por primera vez de la corteza del sauce, y antecesor del ácido acetilsalicílico ⁽⁵⁾.

En relación al estudio específico del género *Solanum*, Ramón y Galeano (2020) realizaron una investigación donde evaluaron la actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos metanólicos de diez especies del género *Solanum*, empleando modelos in vitro para determinar la actividad antioxidante, el contenido de fenoles y flavonoides totales. La presencia de fenoles totales se evaluó por cromatografía líquida de alta resolución y la actividad antimicrobiana se evaluó usando los microorganismos *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* ⁽⁵⁾.

Por otro lado, Pérez, Alvarado y Yacarini (2021) en Bolivia realizaron una investigación titulada actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de hojas de *Origanum vulgare* frente a *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 y *Escherichia coli* ATCC 25922. Evidenciaron que el extracto etanólico presentó actividad antibacteriana in vitro, con un promedio del tamaño los halos de inhibición para *Staphylococcus aureus* de 21.64, 15.24 y 11.45 mm, *Pseudomonas aeruginosa* 13.31, 12.27 y 7.35 mm, *Escherichia coli* de 12.5, 11.40 y 10.6 mm para las diferentes concentraciones. Se concluye que el extracto etanólico de *Origanum vulgare* tiene capacidad antibacteriana ⁽⁶⁾.

Al respecto, Castro et al. (2021) en Perú ejecutaron un estudio sobre efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Annona muricata* sobre microorganismos de importancia clínica, realizado debido al incremento de cepas patógenas resistentes a fármacos convencionales ha limitado las opciones de tratamiento médico, donde determinaron el efecto antibacteriano in vitro del extracto etanólico de *Annona muricata* L. sobre *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus* β -hemolíticos y *Escherichia coli* ⁽⁷⁾.

El presente trabajo surgió de la necesidad de obtener una investigación de carácter experimental, ya que, en la búsqueda de información, se encontró poco material de investigación en Venezuela que relacione el efecto antimicrobiano de la aplicación de diferentes concentraciones de extractos de plantas sobre el control de bacterias. Se justifica la investigación con la importancia que tiene la terapia antimicrobiana en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, aunado al hecho que una infección con *Staphylococcus aureus* trae como consecuencias patologías diversas, desde un absceso de piel hasta septicemias mortales y choque tóxico estafilocócico (SSTS), mientras la infección por *Escherichia coli* produce problemas como diarrea, infecciones urinarias, enfermedades respiratorias e infecciones del torrente sanguíneo. Asimismo, la investigación tiene relevancia institucional al

brindar al campo de Ciencias de la Salud información del tema mencionado anteriormente, en específico a la carrera de Bioanálisis, además de beneficios en el diagnóstico y reconocimiento del efecto antimicrobiano que puedan tener los extractos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga).

Puesto que, las plantas son organismos que desde su origen han contribuido y siguen contribuyendo a mantener las condiciones necesarias para la vida, y en la actualidad se ha tomado la opción de usarlas como insumo para la elaboración de diferentes productos que ayuden a mejorar la calidad de vida de las personas, una representante de estas especies de plantas son *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga), el extracto de estas plantas sería una opción para controlar las poblaciones de las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, por tal motivo la interrogante que guió esta investigación fue **¿Tendrán efecto antimicrobiano los extractos acuosos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603?**, de igual manera se plantearon las siguientes hipótesis:

Hipótesis Alternativa (Ha)

Las diferentes concentraciones de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) influirá positivamente sobre la Inhibición de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603

Las diferentes concentraciones de *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) influirán positivamente sobre la Inhibición de *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603

Hipótesis Nula (Ho)

Las concentraciones de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) no generarán efecto alguno sobre las bacterias *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603.

Las concentraciones de *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) no generarán efecto alguno sobre sobre las bacterias *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603.

OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo general

Analizar el efecto antimicrobiano de la aplicación de diferentes concentraciones de extractos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603.

Objetivos específicos

- Determinar la Concentración Mínima Inhibitoria del extracto de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga).
- Determinar la Concentración Mínima Bactericida del extracto de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga).
- Detectar el efecto que tiene el extracto de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603.
- Comparar los efectos de los extractos *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603.

METODOLOGÍA

Diseño y tipo de investigación

El presente estudio fue de campo y de tipo experimental, en el mismo se evaluó la actividad antibacteriana y bactericida in vitro de extractos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603).

Población y muestra

La población fueron todas las hojas, flores y frutos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y hojas y flores *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) que se recolectaron en el sector Carreño de la población de Santa Inés, Municipio Urdaneta, del Estado Lara. Por su parte, la muestra estuvo representada por 25 g de *Solanum nigrum* y 25 g de *Parthenium hysterophorus*.

Preparación del extracto etanólico de la hoja de *Solanum nigrum* y *Parthenium hysterophorus*

Las plantas evaluadas fueron recolectadas entre el veinte (20) y veintiuno (21) de diciembre del año dos mil veintitrés (2.023) en los sitios ubicados el sector Carreño de la población de Santa Inés, Municipio Urdaneta, del Estado Lara. El material recolectado fue identificado taxonómicamente como *Solanum nigrum* y *Parthenium hysterophorus*.



Figura 1. Recolección de la materia prima



Figura 2. Espécimen recolectado *Parthenium hysterophorus*

El material recolectado se llevó a secadores solares con continuo mezclado manual con el fin de lograr un secado homogéneo, luego estos fueron triturados. Una vez triturada la materia prima seca se procedió a su empaçado en bolsas de polipropileno y se identificaron con la información pertinente, luego se almacenaron a temperatura ambiente.



Figura 3. Espécimen *Parthenium hysterophorus* secado



Figura 4. Espécimen *Solanum nigrum* secado

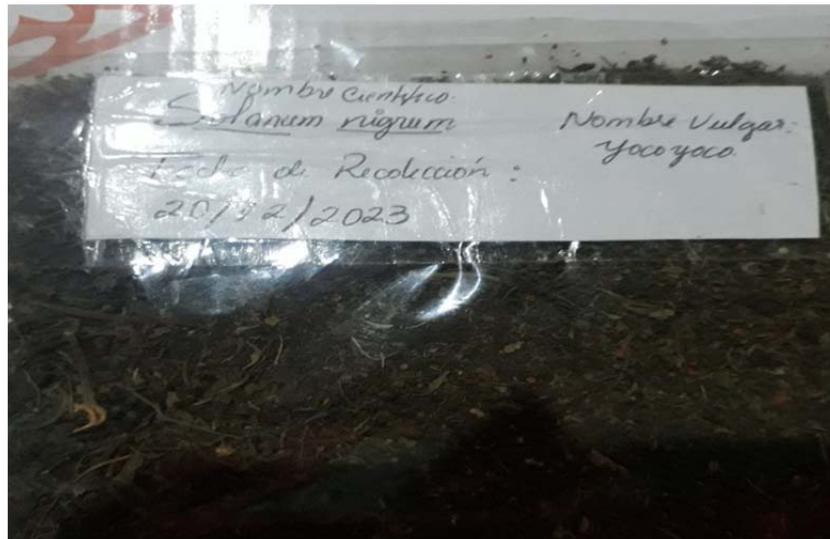


Figura 5. Empaquetado e identificado el espécimen *Solanum nigrum*



Figura 6. Empaquetado e identificado el espécimen *Solanum nigrum*

Posteriormente, la extracción etanólica fue realizada con la planta triturada y aplicando agitación. Donde se tomaron 10 g de la muestra de *Solanum nigrum* y 10 g *Parthenium hysterophorus*, seguidamente se realizó el siguiente procedimiento para cada planta, se colocaron en una fiola de 250 mL en la que se añadieron a su vez 100 mL de etanol al 99% para así obtener una concentración final de 10 % p/v; luego fue colocada sobre una plancha con agitación durante 48 horas, la cual tuvo una

graduación de 500 rpm. Al finalizar ese tiempo, se centrifugó a 10.000 rpm durante 10 minutos con la finalidad de separar la fase líquida de la biomasa correspondiente. La fase líquida se trasvasó a un tubo Eppendorf que se incubó a 70°C para la evaporación del solvente dando lugar a los extractos etanólicos.

Cepa del microorganismo

Las cepas *Escherichia coli* ATCC 700603 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 se reactivaron en un medio líquido de caldo nutritivo, luego fueron incubadas en estufa a 37 °C durante 24 horas. Seguidamente se realizó una coloración de Gram, se procedió a cultivar en el medio selectivo MacConkey para *Escherichia coli* ATCC 700603 y Manitol salado para *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, para aislar colonias y finalmente preparar la suspensión bacteriana al 0,5% McFarland ($1,5 \times 10^8$ UFC/ml).

Determinación de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI)

A partir del extracto etanólico de las hojas, fruta y flor de *Solanum nigrum* y hojas de *Parthenium hysterophorus*, se procedió a la realización de las diferentes concentraciones al 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75% y 100% de cada extracto. Para la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) se realizó una macrodilución en caldo basada en la metodología de la CLSI⁽⁸⁾.

Seguidamente se utilizaron tubos de ensayo (13 x 100 mm) estériles donde se colocó 1 mL de cada una de las concentraciones del extracto etanólico de las de las hojas, fruta y flor de *Solanum nigrum* y hojas y flores de *Parthenium hysterophorus*, al 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75% y al 100% más un control positivo y uno negativo. Posteriormente se adiciono 0,25 mL del inóculo bacteriano en cada tubo

excepto al control negativo, se tomó como control positivo el caldo nutriente con el inóculo bacteriano, y como control negativo el extracto de las hojas, fruta y flor de *Solanum nigrum* y de las hojas y flores de *Parthenium hysterophorus*, con caldo nutriente.

A continuación, los tubos fueron tapados y colocados en una estufa a 37°C por 24 horas. Transcurrido el tiempo de incubación antes señalado, se tomaron 100 µL de cada tubo de cada concentración, los cuales fueron plaqueados por duplicado en placas contenidas con agar Müller-Hinton, empleándose la técnica de siembra en superficie con espátula de Digrafski, con la finalidad de poder observar y evidenciar la efectividad de las diferentes concentraciones ensayadas. Se dejó incubar por 24 horas a 37 °C.

Determinación de la Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Procedimiento

Para su determinación se partió de los tubos o placas sin crecimiento de la bacteria empleada para la determinación la CMI (figura 7). Para ello se comprobó visualmente si los tubos (método de macrodilución) presentaron turbidez tras un periodo de incubación de 24 horas a 37 °C. Una vez determinado la CMI, se tomaron aquellos tubos que no presentaron turbidez, es decir , los tubos donde sospechamos que las concentraciones de antimicrobiano han inactivado al microorganismo, o al menos, han inhibido su crecimiento⁽⁹⁾.

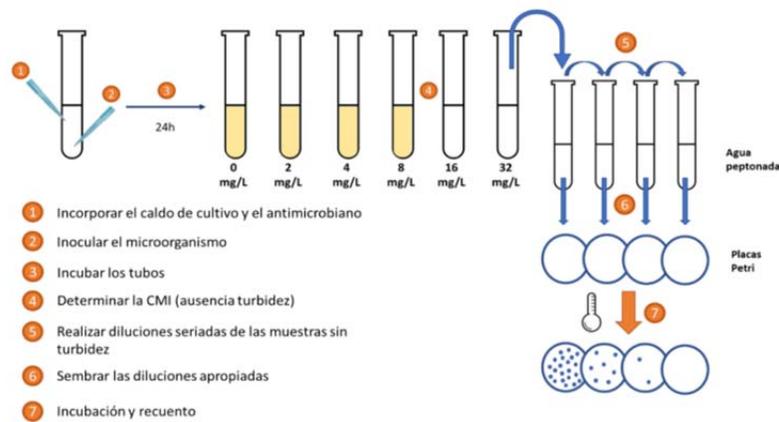


Figura 7. Esquema para la Determinación de la Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Posteriormente los tubos con las concentraciones de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75% y al 100%, tanto del extracto de *Solanum nigrum* como *Parthenium hysterophorus*, con los inóculos de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* respectivamente, se agitaron en un vortex y de cada tubo se tomó 1 mL y se realizaron diluciones seriadas. Se procedió a sembrar en superficie y en profundidad. Por último, se incubaron las placas sembradas a 37 °C por 24 horas. Para la determinación de los microorganismos supervivientes, se recontaron las colonias y se registraron los datos como UFC/placa, posteriormente se calculó el recuento promedio de las placas (2 placas de cada dilución) y se multiplicó por el factor de dilución, obteniéndose de este modo el valor promedio de UFC/mL. Este recuento después se transformó logarítmicamente (obtener el logaritmo decimal del valor).



Figura 8. Extracto de *Solanum nigrum* con inóculo de *Escherichia coli*

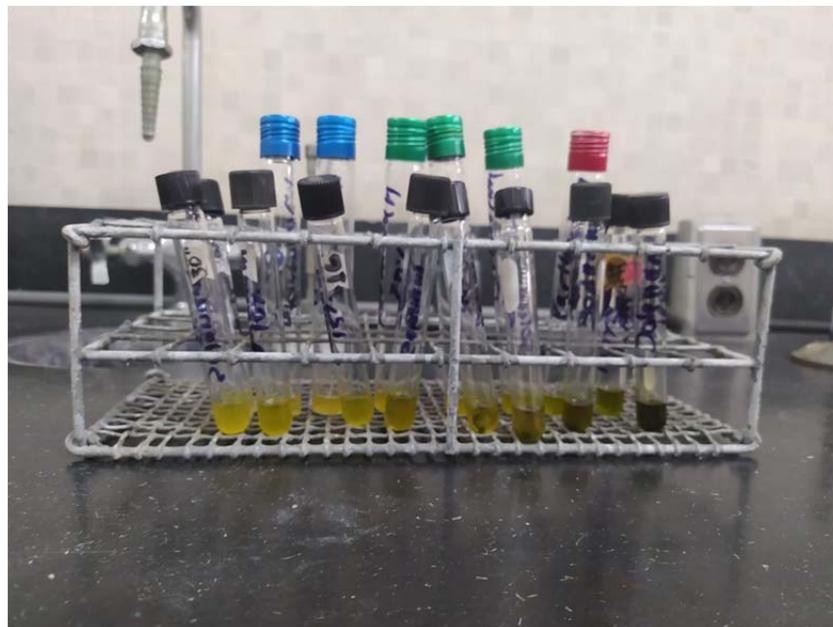


Figura 9. Extracto de *Parthenium hysterophorus* con inóculo de *Staphylococcus aureus*

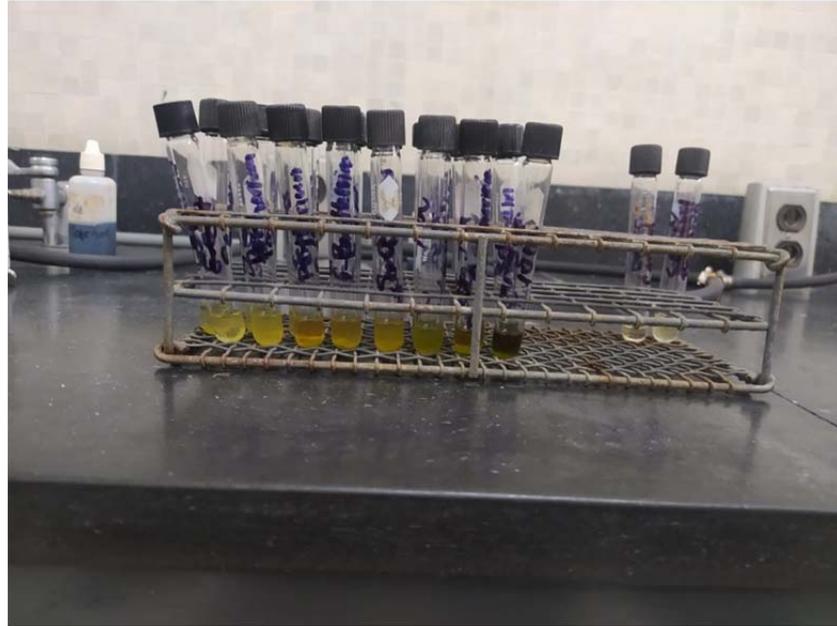


Figura 10. Extracto de *Parthenium hysterophorus* con inóculo de *Escherichia coli*

Una vez determinado la población superviviente, se procedió a calcular la reducción logarítmica para cada concentración de antimicrobiano por medio de la siguiente ecuación:

$$RL = N_0 - N_t$$

Donde:

RL: reducción logarítmica, expresado en Log10.

N0: promedio de la población inicial, expresado en Log10.

Nt: promedio de la población superviviente tras un tiempo de contacto **t**, expresado como Log10.

La CMB será aquella concentración que haya producido una reducción de 3 ciclos logarítmicos ($RL = 3$) en la población inicial del microorganismo⁽⁹⁾

Técnicas de Análisis de datos

Los resultados fueron recolectados y registrados en una hoja de cálculo de Excel. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA) para determinar la variación del efecto de cada extracto y cada concentración. Trabajando con una significancia de $p \leq 0,05$ y un nivel de confiabilidad de 95%.

Aspecto Bioéticos

Se tendrá en cuenta todas las normas de bioseguridad del protocolo que se encuentran en el laboratorio de la Universidad de Carabobo que dice sobre la utilización y eliminación de microorganismos patógenos humanos.

RESULTADOS

Análisis del Efecto Bactericida o Bacteriostático del Extracto Etanólico

Tabla 1. Valor promedio de UFC/mL de microorganismos supervivientes de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*

Concentración	<i>Solanum nigrum</i>		<i>Parthenium hysterophorus</i>	
	<i>Escherichia coli</i> UFC/mL	<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/mL	<i>Escherichia coli</i> UFC/mL	<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/mL
5%	1,5 X 10 ⁸	1,5 X 10 ⁸	1,5 X 10 ⁸	1,5 X 10 ⁸
10%	1,5 X 10 ⁸	1,5 X 10 ⁸	99 X 10 ³	39 X 10 ³
15%	1,5 X 10 ⁸	1,5 X 10 ⁸	76 X 10 ³	23 X 10 ³
20%	1,5 X 10 ⁸	17 X 10 ²	36 X 10 ³	-
25%	1,5 X 10 ⁸	-	5 X 10 ³	-
50%	1,5 X 10 ⁸	-	1 X 10 ³	-
75%	1,5 X 10 ⁸	-	-	-
100%	26 X 10 ³	-	-	-

Se evaluaron ocho concentraciones del extracto etanólico *Solanum nigrum* y *Parthenium hysterophorus* (5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 50%, 75% y 100%). Se evidencia que a mayor concentración mayor fue la inhibición de crecimiento de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*.

Tabla 2. Recuento de UFC/mL de microorganismos supervivientes de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* transformado logarítmicamente

Concentración	<i>Solanum nigrum</i>		<i>Parthenium hysterophorus</i>	
	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>	<i>Staphylococcus aureus</i>
	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL	UFC/mL
5%	8	8	8	8
10%	8	8	5	5
15%	8	8	5	3
20%	8	3	5	0
25%	8	0	4	0
50%	8	0	3	0
75%	8	0	0	0
100%	4	0	0	0

Resultados Obtenidos de la Concentración Mínima Bactericida (CMB)

Efecto de *Solanum nigrum* sobre *Escherichia coli*:

$$RL = N0 - Nt:$$

- Concentraciones del 5% al 75%: RL = 1.83
- Concentración del 100%: RL = 5.6

La concentración del 100% muestra un RL de 5.6, lo que indica que esta concentración es efectiva y produce una reducción significativa en la población bacteriana, superando el umbral de 3 ciclos logarítmicos.

Efecto de *Solanum nigrum* sobre *Staphylococcus aureus*:

$$RL = N0 - Nt:$$

- Concentraciones del 5% al 15%: RL = 1.83
- Concentración del 20%: RL = 6.8
- Concentraciones del 25% al 100%: No hubo crecimiento bacteriano.

Similarmente, la concentración del 20% con una RL de 6.8 también indica una reducción efectiva, mientras que las concentraciones superiores al 20% no mostraron crecimiento, sugiriendo que son bactericidas. Las concentraciones más bajas (5% a 15%) no fueron efectivas para *Staphylococcus aureus* y solo lograron una reducción leve, lo que indica que se requiere una mayor concentración para obtener un efecto bactericida. La ausencia de crecimiento en concentraciones más altas puede indicar un efecto bactericida fuerte.

Efecto de *Parthenium hysterophorus* sobre *Escherichia coli*

$$RL = N0 - Nt:$$

- Concentración del 5%: RL = 1.83
- Concentración del 10%: RL = 5.1
- Concentración del 15%: RL = 5.2
- Concentración del 20%: RL = 5.5
- Concentración del 25%: RL = 6.4
- Concentración del 50%: RL = 6.7
- Concentración del 75% y 100%: No hubo crecimiento bacteriano.

Para *Escherichia coli*, la primera concentración que muestra una reducción logarítmica de al menos 3 es la del 10%, donde $RL = 5.1$. Por lo tanto, para la CMB de *Escherichia coli* se puede considerar que a partir del 10% tiene efecto bactericida.

Efecto de *Parthenium hysterophorus* sobre *Staphylococcus aureus*:

$$RL = N0 - Nt:$$

- Concentración del 5%: $RL = 1.83$
- Concentración del 10%: $RL = 5.4$
- Concentración del 15%: $RL = 6.6$
- Concentración del 20% al 100%: No hubo crecimiento bacteriano.

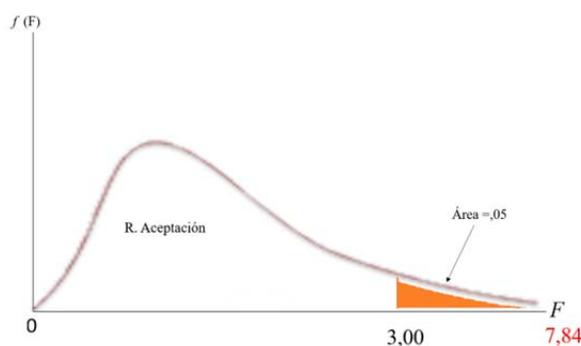
Para *Staphylococcus aureus*, la concentración de 10% también muestra una RL de 5.4, y la de 15% tiene una RL de 6.6, ambas superan el umbral de 3. Sin embargo, dado que no hay crecimiento en concentraciones superiores, se puede concluir que la CMB para *Staphylococcus aureus* es a partir del 10%.

Ambas bacterias (*Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*) tienen una CMB de 10% para el extracto etanólico de *Parthenium hysterophorus*, ya que esta es la menor concentración que produce una reducción logarítmica adecuada en dichas especies bacterianas.

Tabla 3. Análisis de Varianza promedio CMI de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	151,8214	3	50,60714	7,843173	0,000809	3,008787
Dentro de los grupos	154,8571	24	6,452381			
Total	306,6786	27				

El Análisis de Varianza (ANOVA) evidenció diferencias significativas entre la inhibición de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* respecto a las concentraciones evaluadas.



Se rechaza H_0 , por lo tanto si existen diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga), sobre *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*, siendo más efectivo *Parthenium hysterophorus*.

DISCUSIÓN

Los resultados de nuestro estudio muestran que los extractos de *Parthenium hysterophorus* y *Solanum nigrum* pueden ser bastante efectivos para inhibir el crecimiento de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Esto es realmente interesante, ya que ambas bacterias son responsables de muchas infecciones comunes y representan un desafío importante para la salud pública. Los compuestos presentes en estas plantas parecen actuar de varias maneras. Por ejemplo, *Parthenium hysterophorus* contiene flavonoides y terpenoides, que podrían afectar la membrana celular de las bacterias, haciéndolas más vulnerables. Por otro lado, *Solanum nigrum* tiene alcaloides como la solanina, que pueden interferir con procesos vitales en las bacterias, esto sugiere que estos extractos tienen un potencial real como agentes antimicrobianos.

Por su parte, Salazar (2020), determinó el efecto antimicrobiano de los extractos acuoso, etanólico y metanólico de *Allium sativum L* (ajo) sobre *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923. Reportó que el extracto acuoso presentó mayor efecto inhibitorio sobre *Escherichia coli*, mientras que el extracto acuoso y extracto metanólico mayor efecto inhibitorio sobre *Staphylococcus aureus* ⁽¹⁰⁾. Esta investigación demuestra que los solventes orgánicos pueden permitir la extracción de principios activos con capacidad antibacteriana. En la presente investigación el solvente orgánico utilizado fue el etanol.

Asimismo Pérez, Alvarado y Yacarini (2021) en la investigación sobre la actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de hojas de *Origanum vulgare* frente a cepas patógenas como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* ⁽⁵⁾. Se puede relacionar con los estudios realizados sobre *Parthenium hysterophorus* y *Solanum nigrum* en varios aspectos. En primer lugar, todas estas plantas han demostrado poseer compuestos bioactivos con propiedades antimicrobianas significativas. *Origanum vulgare*, conocido por su alto contenido de

compuestos fenólicos y aceites esenciales, ha mostrado eficacia contra diversas bacterias patógenas. De manera similar, tanto *Parthenium hysterophorus* como *Solanum nigrum* han sido identificados como fuentes potenciales de compuestos con actividad antibacteriana, lo que sugiere que estas plantas podrían ser parte de un enfoque más amplio para combatir infecciones bacterianas, especialmente en un contexto de creciente resistencia a los antibióticos.

Además, la comparación de los mecanismos de acción entre estos extractos puede ofrecer información valiosa sobre cómo diferentes compuestos afectan a las bacterias. Por ejemplo, se ha documentado que los aceites esenciales de *Origanum vulgare* pueden alterar la permeabilidad de la membrana celular de las bacterias, lo cual podría ser un mecanismo similar al que actúa en los extractos de *Parthenium hysterophorus* y *Solanum nigrum*. Esto abre la posibilidad de investigar combinaciones de extractos para potenciar su efectividad.

Asimismo, el uso de plantas en la medicina tradicional es un hilo conductor en estos estudios. Las tres especies han sido utilizadas históricamente por sus propiedades curativas, lo que refuerza la idea de que la biodiversidad vegetal puede ser una fuente valiosa para el desarrollo de nuevos tratamientos antimicrobianos. La integración de conocimientos tradicionales con investigaciones científicas modernas puede facilitar el descubrimiento de nuevas terapias efectivas.

Finalmente, el enfoque en la sostenibilidad y el uso responsable de recursos naturales es relevante en todos estos estudios. La investigación sobre *Origanum vulgare*, junto con la exploración de *Parthenium hysterophorus* y *Solanum nigrum*, subraya la importancia de preservar estas especies y su hábitat, garantizando así que futuras generaciones puedan beneficiarse de sus propiedades medicinales.

En conclusión, la sinergia entre los hallazgos sobre *Origanum vulgare*, *Parthenium hysterophorus* y *Solanum nigrum* resalta la importancia del estudio de plantas medicinales como alternativas viables en el desarrollo de tratamientos antibacterianos. Este enfoque multidisciplinario no solo promueve la salud pública, sino que también fomenta la conservación de la biodiversidad.

La búsqueda de alternativas naturales a los antibióticos es más importante que nunca, especialmente con el aumento de la resistencia a estos medicamentos. Los extractos de *Parthenium hysterophorus* y *Solanum nigrum* podrían ofrecer una nueva vía para desarrollar tratamientos antimicrobianos. Además, su uso en la medicina tradicional podría abrir nuevas oportunidades para investigar sus propiedades. Como se ha podido observar, no existen antecedentes estrictos donde se haya evaluado el efecto antibacteriano de los extractos etanólicos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga). Pero se ha logrado establecer que los principios activos o totales de diferentes plantas medicinales pueden presentar efecto antibacteriano sobre *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* que crearía la posibilidad de en un futuro considerar su uso potencial como antibacteriano.

CONCLUSIONES

Se determinó que la Concentración Mínima Inhibitoria del extracto de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) sobre *Escherichia coli* es de 100% y sobre *Staphylococcus aureus* es de 20%, mientras que con *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) la Concentración Mínima Inhibitoria sobre *Escherichia coli* es 50% y para *Staphylococcus aureus* 15%.

Se determinó la Concentración Mínima Bactericida del extracto de *Solanum nigrum* (Yocoyoco), donde no tuvo efecto bactericida para *Escherichia coli* mientras que para *Staphylococcus aureus* fue de 25%. Por su parte, para *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) la Concentración Mínima Bactericida para *Escherichia coli* fue 75% mientras que para *Staphylococcus aureus* fue de 25%.

Se detectó que los extractos de *Solanum nigrum* (Yocoyoco) y *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) tienen efectos sobre *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 y *Escherichia coli* ATCC 700603.

Se compararon los extractos pudiéndose evidenciar en este experimento que el extracto etanólico de *Parthenium hysterophorus* (Escoba amarga) es más eficaz en la inhibición del crecimiento de las bacterias *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli* que el extracto de *Solanum nigrum* (Yocoyoco).

RECOMENDACIONES

Considerar la posibilidad de desarrollar productos combinados que incluyen extractos de ambas plantas, aprovechando sus propiedades antimicrobianas. Esto podría resultar en un efecto sinérgico que mejore la eficacia general.

Investigar la estabilidad de los extractos a lo largo del tiempo y bajo diferentes condiciones ambientales. Esto es importante para asegurar que mantengan su actividad antimicrobiana durante su almacenamiento y uso.

Fomentar la educación sobre el uso de extractos naturales como alternativa a los antibióticos sintéticos, promoviendo prácticas sostenibles y el uso responsable de recursos naturales.

Fomentar colaboraciones con otros investigadores en áreas como farmacología, botánica y microbiología para explorar más a fondo las propiedades y aplicaciones de estos extractos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. García-Huamán T, Trauco M. Efecto del extracto de plantas medicinales sobre el crecimiento de *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus*. Revista Científica UNTRM. 2020; 3 (3): 1-35. Disponible en: <https://acortar.link/tOksG8>
2. Tafur V, Tello E, Torres – Rodríguez D, García -Orellana Y, Brito-Borges J. Uso medicinal del *Solanum nigrum* y su relación con la presencia de metabolitos secundarios. Revista Científica A.S.A. 2020; 20 (1): 160. Disponible en: <https://acortar.link/CNnNn1>
3. Chang-Huerta I L, Rosabal-Carbonel Y, Morales-León J. Composición fitoquímica de los tallos y hojas de la especie *Solanum nigrum* L. que crece en Cuba. Rev Cubana Plant Med. 2013; 18 (1): 10-16. Disponible en: <https://acortar.link/ZClpZ1>
4. Organización Panamericana de la Salud. Patógenos multirresistentes que son prioritarios para la OMS. 2021. [Internet]. [citado 12 nov 2022]. Disponible en: <https://acortar.link/dYBtsq>
5. Ramon-Valderrama JA, Galeano-García PL. Actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos metanólicos de hojas de plantas del género *Solanum*. Inf tecnol. 2020; 31 (5): 33-42. Disponible en: <https://acortar.link/OlpWgt>
6. Pérez-Delgado O, Alvarado-Pineda RL, Yacarini-Martínez AE. Actividad antibacteriana in vitro de extracto etanólico crudo de las hojas de *Origanum vulgare*, frente *Staphylococcus aureus* ATCC 29213, *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 y *Escherichia coli* ATCC 25922. J. Selva Andina Res. Soc. 2021; 12 (1): 21-29. Disponible en: <https://acortar.link/UmXxJW>
7. Castro-Hernández CL, Ayasta-Senmache JG, Santa Cruz-López CY, Carrasco- Solano FA, Moreno-Mantilla M. Efecto antibacteriano del extracto etanólico de *Annona muricata* sobre microorganismos de importancia clínica. Gac Med Bol. 2021; 44 (1): 29-33. Disponible en: <https://acortar.link/CYk5MD>
8. CLSI. Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Tests for Bacteria That Grow Aerobically; Approved Standard, 10th ed. CLSI M07-A10. Clinical and Laboratory Standards Institute; 2015.

9. Rivas A, Pérez E. Evaluación de la actividad bactericida de un antimicrobiano de origen natural. [Tesis de Especialidad]. Universidad Politécnica de Valencia 2021.
10. Salazar L. Efecto antimicrobiano de extractos de *Allium sativum* L. “ajo” sobre el crecimiento in vitro de *Escherichia coli* ATCC 25922 y *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 [Tesis] Piura: Universidad Nacional de Piura.