



UNAP



FACULTAD DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

TESIS

**ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA *IN VITRO* DE LOS EXTRACTOS DE
CORTEZA Y HOJA DE *Swartzia polyphylla* D.C (CUMACEBA) POR
MÉTODO DE SENSIBILIDAD**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE QUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR:

GILMAR SALDAÑA CASTERNOQUE

TONY JOSIP TAPULLIMA OYARCE

ASESORES:

**Ing. Quím. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA. DE REÁTEGUI, Dra.
Blga. JESSY PATRICIA VÁSQUEZ CHUMBE, Mtra.**

IQUITOS, PERÚ

2024

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N°014-2024-CGT-FFyB-UNAP

En el caserío de Nina Rumi, distrito de San Juan Bautista, departamento de Loreto, a los 30 días del mes de setiembre del 2024, a horas 10:00, se dio inicio a la sustentación pública de Tesis titulada "ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA *in vitro* DE LOS EXTRACTOS DE CORTEZA Y HOJA DE *Swartzia polyphylla* D.C. (CUMACEBA) POR MÉTODO DE SENSIBILIDAD" aprobada con Resolución Decanal N°284-2023-FFyB-UNAP, presentado por los bachilleres **Gilmar Saldaña Casternoque** y **Tony Josip Tapullima Oyarce**, para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico que otorga la Universidad de acuerdo con Ley y Estatuto.

El jurado calificador y dictaminador designado mediante Resolución Decanal N°261-2024-FFyB-UNAP, está integrada por:

Q.F. LILIANA RUIZ VÁSQUEZ, Dra.	Presidente
Q.F. IVONNE NAVARRO DEL AGUILA, Mtra.	Miembro
Q.F. MARTHA MILAGROS MACO LUJÁN, Mtra.	Miembro
Ing. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA. DE REÁTEGUI, Dra.	Asesora
Blga. JESSY PATRICIA VÁSQUEZ CHUMBE, Mgr.	Asesora

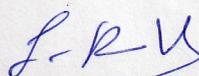
Luego de haber escuchado con atención y formulado las preguntas necesarias, las cuales fueron respondidas: adecuadamente

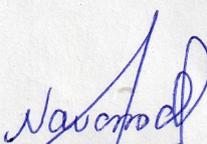
El jurado después de las deliberaciones correspondientes, llegó a las siguientes conclusiones:

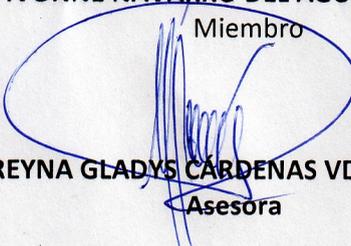
La sustentación pública de la tesis ha sido aprobado con la calificación bueno

Estando los bachilleres aptos para obtener el Título Profesional de Químico Farmacéutico.

Siendo las 11:00 se dio por terminado el acto académico


Q.F. LILIANA RUIZ VÁSQUEZ, Dra.
Presidente


Q.F. IVONNE NAVARRO DEL AGUILA, Mtra.
Miembro


Ing. REYNA GLADYS CÁRDENAS VDA. DE REÁTEGUI, Dra.
Asesora


Q.F. MARTHA MILAGROS MACO LUJÁN, Mtra.
Miembro


Blga. JESSY PATRICIA VÁSQUEZ CHUMBE, Mgr.
Asesora

JURADOS Y ASESORES

Q.F. Liliana Ruiz Vásquez, Dra.
Presidenta
CQFP N° 12491

Q.F. Ivonne Navarro del Aguila, Mtra.
Miembro
CQFP N° 11601

Q.F. Martha Milagros Maco Lujan, Mtra.
Miembro de Jurado
CQFP N° 12594

Ing. Quím. Reyna Gladys Cárdenas Vda.
De Reátegui, Dra.
Asesora
CIP N° 28912

Blga. Jessy Patricia Vásquez Chumbe, Mtra.
Asesora
CBP N° 2584

18% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

- 16%  Fuentes de Internet
- 2%  Publicaciones
- 0%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

A Dios por guiarnos y darnos sabiduría para poder concluir este trabajo, a nuestros padres e hijos, y demás familiares por el apoyo moral. Y a las personas que desde el comienzo del proyecto nos dieron ánimos para seguir adelante.

**GILMAR SALDAÑA CASTERNOQUE.
TONY JOSYP TAPULLIMA OYARCE.**

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación tiene el honor de agradecer:

- ✓ En primer lugar, a Dios por darnos salud para poder concluir este trabajo.
- ✓ Seguidamente a la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, nuestra alma mater, institución que nos formó con valores y principios para ser buenos profesionales.
- ✓ A la Facultad de Industrias Alimentarias por permitir el desarrollo de este trabajo en sus laboratorios de Ingeniería de Alimentos y Microbiología de Alimentos.
- ✓ A nuestros asesores Ing. Quím. Reyna Gladys Cárdenas Vda. De Reátegui y Blga. Jessy Patricia Vásquez Chumbe por la paciencia y dedicación a la hora de transmitirnos sus conocimientos para poder desarrollar de forma correcta esta investigación.
- ✓ Y por último a nuestros familiares y amigos que estuvieron siempre dándonos alientos para culminar esta etapa muy bonita de nuestra vida universitaria.

ÍNDICE

Portada	i
Acta de sustentación	ii
Jurados y asesores	iii
Resultados de reporte de similitud	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice	vii
Índice de tablas	ix
Resumen	xi
Abstract	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	6
1.3. Definición de términos	20
CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES	21
2.1. Formulación de la hipótesis	21
2.2. Variables y su operacionalización	21
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	20
3.1 Diseño metodológico	20
3.2 Diseño muestral	20

3.3	Procedimiento de recolección de datos	23
3.4	Procesamiento y análisis de datos	32
3.5	Aspectos éticos	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS		33
4.1	Rendimiento de extracción	33
4.2	Tamizaje fitoquímico de extractos de éter de petróleo de la hoja y corteza de <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba)	33
4.2	Actividad antibacteriana de extractos de <i>Swartzia</i> <i>polyphylla</i> D.C (cumaceba)	35
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN		45
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES		48
CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES		50
CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN		51
ANEXOS		57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diseño muestral de los experimentos del extracto éter de petróleo de la corteza y hoja.	21
Tabla 2: Diseño muestral de los experimentos del extracto etanólico de petróleo de la corteza y hoja.	21
Tabla 3: Rendimiento de extracción de <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba)	33
Tabla 4: Marcha fitoquímica de los extractos éter de petróleo y etanólico de hoja y corteza de <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba)	34
Tabla 5: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la hoja <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.	35
Tabla 6: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la hoja <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.	36
Tabla 7: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la corteza <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.	37
Tabla 8: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la corteza <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.	38
Tabla 9: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la hoja <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.	40
Tabla 10: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la hoja <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.	41

Tabla 11: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la corteza

Swartzia polyphylla D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas. 43

Tabla 12: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la corteza

Swartzia polyphylla D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas. 44

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar *in vitro* la actividad antibacteriana de los extractos de éter de petróleo y etanólico de la corteza y hoja de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba). La investigación fue experimental, con enfoque cuantitativo, se utilizó como muestra vegetal la corteza y hoja de *Swartzia polyphylla* D.C, el extracto fue obtenido por maceración, posteriormente se realizó el tamizaje fitoquímico cualitativo. La actividad antimicrobiana se desarrolló siguiendo la metodología de difusión en disco “Kirby Bauer”, se utilizó discos de gentamicina y ciprofloxacino como controles positivos. Los resultados demuestran que el extracto de éter de petróleo de hoja y corteza no presentaron alguna actividad inhibitoria, siendo resistentes los microorganismos puestos a prueba. El extracto etanólico de hoja y corteza, frente a los microorganismos *Enterococcus hirae*, y *Staphylococcus aureus*, mostraron actividad sensible e intermedia, con halos de inhibición en rangos de 13,0±0,0 mm a 14,7±0,1 mm, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, y *Salmonella typhimurium*, mostraron resistencia a los extractos evaluados con halos de inhibición en rangos de 9,0±0,1 mm a 11,0±0,1 mm. El estudio concluye que el extracto de éter de petróleo no presento actividad inhibitoria, siendo el extracto etanólico de hoja y corteza quienes mostraron actividad antibacteriana, y esto es posible a la presencia de quinonas, flavonoides, fenoles, cumarinas, catequinas y terpenos presente en la composición de estos extractos.

Palabras clave: Actividad antibacteriana, *Swartzia polyphylla* D.C, Kirby Bauer, extracto, éter de petróleo, etanol.

ABSTRACT

The aim of the research was to determine in vitro the antibacterial activity of petroleum ether and ethanolic extracts of the bark and leaf of *Swartzia polyphylla* D.C. (cumaceba). The research was experimental, with quantitative approach, *Swartzia polyphylla* D.C. bark and leaf were used as plant sample, the extract was obtained by maceration, then qualitative phytochemical screening was carried out. Antimicrobial activity was developed following the "Kirby Bauer" disc diffusion methodology, gentamicin and ciprofloxacin discs were used as positive controls. The results show that the petroleum ether extract of leaf and bark did not show any inhibitory activity and the microorganisms tested were resistant. The ethanolic extract of leaf and bark, against the microorganisms *Enterococcus hirae*, and *Staphylococcus aureus*, showed sensitive and intermediate activity, with inhibition halos in ranges from $13,0\pm 0,0$ mm to $14,7\pm 0,1$ mm, *Escherichia coli*, *Enterococcus faecalis*, and *Salmonella typhimurium*, showed resistance to the tested extracts with inhibition ranges from $9,0\pm 0,1$ mm to $11,0\pm 0,1$ mm. The study concludes that the petroleum ether extract did not show inhibitory activity, while the ethanolic extract of leaf and bark showed antibacterial activity, and this is possible due to the presence of quinones, flavonoids, phenols, coumarins, catechins and terpenes present in the composition of these extracts.

Keywords: Antibacterial activity, *Swartzia polyphylla* D.C, kirby Bauer, extract, petroleum ether, ethanol.

INTRODUCCIÓN

La Organización Mundial de la Salud (OMS), describe que, la resistencia a los antimicrobianos es el fenómeno, en el cual, los microorganismos dejan de ser afectados por algún agente antimicrobiano, al que anteriormente era sensible. Es decir, esto corresponde a un riesgo y amenaza a la salud de toda la población terrestre, y todo esto, se complica, cuando los tratamientos habituales no surten efecto. Cabe decir que no solo la salud humana está en juego, también el medio ambiente, la agricultura, el comercio, etc. (1).

El aumento mundial de la resistencia a los antibióticos plantea una amenaza importante, ya que disminuye la eficacia de los antibióticos comunes contra infecciones bacterianas generalizadas. El informe del Sistema Mundial de Vigilancia del Uso y Resistencia a los Antimicrobianos (GLASS) de 2022 de la OMS (2,3) destaca tasas de resistencia alarmantes entre los patógenos bacterianos prevalentes. Las tasas reportadas en 76 países dan el 42% para *Escherichia coli* resistente a cefalosporinas de tercera generación y del 35% para *Staphylococcus aureus* resistente a meticilina son una preocupación importante.

En el caso de las infecciones del tracto urinario causadas por *Escherichia coli*, 1 de cada 5 casos mostró una susceptibilidad reducida a los antibióticos estándar como ampicilina, cotrimoxazol y fluoroquinolonas en 2020, dificultando la eficacia en el tratamiento de las infecciones comunes. Las proyecciones de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) indican que para 2035 se prevé un aumento doble de la resistencia a los antibióticos de último recurso, en comparación con los niveles de 2005, lo que subraya la necesidad urgente de prácticas sólidas de administración de antimicrobianos y una mejor cobertura de vigilancia en todo el mundo (4).

También es preciso aclarar, que este fenómeno de resistencia que se produce en los microorganismos también se da por la respuesta a los cambios en el ecosistema, inadecuado uso de la tierra, así como el comportamiento irracional del hombre al desarrollo de la industria y tecnología, y algo muy importante que no debemos dejar de lado son las deficiencias existentes en

el sector salud (5).

Por otro lado, la falta de ayuda por parte del gobierno a las comunidades amazónicas, hace que estos utilicen sus recursos en la protección de su salud; dichos recursos en este caso, plantas, contienen muchos compuestos o metabolitos secundarios como cumarinas, flavonoides, fenoles, quinonas, taninos, entre otros compuestos que según la academia estos bioactivos tienen efectos, antiinflamatorios, anticancerígenos, hipoglucemiantes, antidiarreicos, antimaláricos, etc., asimismo, estas especies con estas propiedades bajo un manejo sostenible, lograrían dar oportunidades a los pobladores de las comunidades amazónicas (6).

Una de estas especies mencionadas en el párrafo anterior es el *Swartzia polyphylla* (cumaceba), planta ancestral amazónica, que viene siendo usada por los ribereños y pobladores de nuestra Amazonía, por su amplia acción farmacológica. Estas plantas como el cumaceba, tienen efectos antimicrobianos, que no son estudiados como debería ser, los estudios químicos y farmacológicos no son suficientes, en ese sentido de acuerdo con lo mencionado anteriormente, y con la necesidad de aportar al crecimiento científico de nuestro país y el mundo, nuestra investigación busca determinar la actividad antibacteriana *in vitro* de los extractos de éter de petróleo y etanólico de la hoja y la corteza de *Swartzia polyphylla* (Cumaceba) por método de sensibilidad.

La investigación está generando un aporte a la academia de una planta cuyos estudios científicos son pocos. Asimismo, está generando información que ayude en algún momento a incluir a estos agentes naturales con propósito terapéutico en el tratamiento de muchas enfermedades, ya sea nosocomiales o comunitarias.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

En el 2020, se desarrollaron un estudio con el objetivo de inventariar las plantas utilizadas contra infecciones en la región Loreto. Mediante una metodología enfocada en la bioprospección de remedios antimicrobianos, realizaron pruebas *in vitro* para evaluar la concentración mínima inhibitoria (CMI) de extractos vegetales y fármacos antimicrobianos seleccionados. El aislamiento y la identificación de compuestos activos se llevan a cabo mediante métodos cromatográficos. De 59 especies vegetales, 7 combinaciones y 1 extracto de nido de insecto ensayados contra 36 microbios, 12 mostraron una actividad antibacteriana significativa (CMI $\leq 0,15$ mg/mL). Los extractos de *Spondias mombin*, *Swartzia polyphylla*, *Aspidosperma excelsum* y *Copaifera paupera* fueron altamente antimicrobianos. La investigación halló una relación entre la actividad antibacteriana de los extractos y los alcaloides, taninos y aceites esenciales, lo que indica el potencial medicinal de estas plantas (7).

En el 2019, realizaron una investigación con el objetivo de evaluar la actividad antitumoral de los componentes químicos de *Swartzia oblata*. Utilizando resonancia magnética nuclear (RMN), identificaron en la fracción hexánica de las hojas y la madera macrólidos como lasiodiplodina y O-metil-lasiodiplodina, compuestos identificados por primera vez en este género, además de fitosteroles como campesterol y sitosterol. Estos compuestos se analizaron utilizando técnicas de espectroscopía, y se evaluaron su actividad antitumoral frente a células de linfoma histiocítico U937. Los resultados mostraron que las fracciones de hexano de hojas y madera presentaron una actividad antitumoral significativa con CE50 de $276 \pm 1,2$ mg/mL y $230 \pm 1,1$ mg/mL, respectivamente. El estudio concluyó que *Swartzia oblata* contiene compuestos activos que tienen un potencial prometedor en el tratamiento de células tumorales, particularmente en el linfoma histiocítico (8).

En el 2012 se realizó un estudio cuyo objetivo fue detectar inhibidores de tripsina en las semillas de *Caesalpinia ferrea* y *Swartzia polyphylla*, y evaluar su efecto sobre hongos fitopatógenos como *Colletotrichum guaranicola*, *Corynespora cassiicola*, *Fusarium oxysporum* y *Sclerotium rolfsii*. Se realizaron pruebas para observar el crecimiento micelial y la esporulación de estos hongos. Los extractos de *C. férrea* y *S. polyphylla* mostraron efectos significativos en la reducción de la esporulación, especialmente de *S.rolfsii*, que fue inhibido solo por *Caesalpinia ferrea*. Respecto al crecimiento micelial, ambos extractos fueron efectivos contra *F. oxysporum* y *S. rolfsii*, mientras que *C. guaranicola* se inhibió solo por *S. polyphylla* y *C. cassiicola* por *C. ferrea*. El estudio concluyó que estas especies de leguminosas arbóreas son prometedoras para la prospección de fungicidas naturales debido a su capacidad para disminuir el crecimiento micelial y la esporulación de los hongos analizados (9).

En el 2011, se realizó una revisión sobre los polifenoles vegetales y sus propiedades anticariogénicas, con el objetivo de analizar los hallazgos emergentes obtenidos de estudios in vitro e in vivo sobre los efectos de estas moléculas bioactivas contra *Streptococcus mutans*, un agente clave en la formación de caries dentales. Los estudios demuestran que los polifenoles de plantas como la *Swartzia polyphylla* inhiben directamente el *Streptococcus mutans* al interactuar con las proteínas de la membrana microbiana e impedir la adhesión de las células bacterianas a la superficie del diente. Estas sustancias químicas también inhiben las enzimas que forman la placa dental, como la glucosiltransferasa y la amilasa. Los resultados son prometedores, pero la revisión concluye que se necesitan más estudios in vivo e in situ para probar la eficacia clínica de estos compuestos en la prevención de la caries dental y subraya la importancia de identificar los mejores polifenoles en la dieta (10).

En el 2006, investigaron los compuestos presentes en la corteza de *Swartzia polyphylla* con actividad larvicida, antimicobacteriana y antifúngica. Utilizando métodos de extracción y análisis químico, se identificaron varios compuestos, incluidos isoflavonoides, que mostraron una significativa eficacia en la eliminación de larvas de mosquitos, inhibición del crecimiento de

Mycobacterium tuberculosis y actividad antifúngica contra diversas cepas patógenas. Los resultados sugieren que *Swartzia polyphylla* tiene un gran potencial como fuente de nuevos agentes terapéuticos para el control de enfermedades transmitidas por insectos y el tratamiento de infecciones bacterianas y fúngicas, respaldando su uso en la medicina tradicional (11).

En 1995, realizaron un estudio donde encontraron dihidrolicoisoflavona, una nueva isoflavonona del fraccionamiento de un extracto etanólico de *Swartzia polyphylla*, el estudio consistió en un ensayo para la inhibición de la proteína quinasa C, conduciendo al aislamiento de flavonoides conocidos de biochanina A, dihidrobiochanina A, ferreirina, dalbergioidina y naringenina, y una nueva prenilada isoflavanona, dihidrolicoisoflavona. La investigación concluyó que *S. polyphylla* es una fuente valiosa de compuestos bioactivos con potencial terapéutico, especialmente en el desarrollo de inhibidores de proteínas quinasas, que podrían ser útiles en el tratamiento de diversas enfermedades (12).

En 1992, investigaron la actividad antibacteriana de los compuestos presentes en la corteza de *Swartzia polyphylla*. Para ello, se realizaron extracciones utilizando etanol, y los extractos obtenidos fueron sometidos a pruebas de actividad antimicrobiana contra bacterias patógenas comunes, incluyendo *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Los resultados mostraron que los isoflavonoides presentes en los extractos, como la biochanina A y el dalbergioidin, exhibieron una notable eficacia antibacteriana, especialmente contra bacterias asociadas con enfermedades bucales y gastrointestinales. Las conclusiones del estudio sugieren que *S. polyphylla* tiene un potencial significativo como fuente de agentes antibacterianos naturales, apoyando su uso tradicional en la medicina popular para el tratamiento de infecciones (13).

1.2. Bases teóricas

1.2.1 *Swartzia polyphylla* D.C



❖ Clasificación Taxonómica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsidae
Orden	Fabales
Familia	Fabácea
Género	<i>Swartzia</i>
Especie	<i>Swartzia polyphylla</i> D.C

❖ Distribución

Esta especie comúnmente la encontramos en la selva del Amazonas de Colombia, Brasil, Venezuela, Guayanas y Perú. En el Perú la encontramos en los departamentos de Amazonas, Ucayali y Loreto (14).

La dureza de su duramen hace que *S. polyphylla* (cumaceba) sea muy conocida en toda la zona baja de la amazonia peruana. Esta familia, es la tercera más grande del mundo, desarrollando un amplio rango de habitat alrededor del globo terráqueo (14).

❖ **Descripción botánica.**

Esta familia es tan amplia que dentro de ella se puede encontrar diferentes especies de hierbas, arbusto, lianas, hasta ejemplares de árboles que pueden llegar a una altura de hasta 30 metros, teniendo un metabolismo del nitrógeno elevado, las raíces son muy características, puesto que contienen unos nódulos con unas bacterias fijadoras de nitrógeno (*Rhizobium*), algunas veces con canales secretores o de cavidades (14).

Las Fabáceas tienen hojas compuestas con estípulas bien desarrolladas, el fruto es una legumbre. La inflorescencia casi siempre es indeterminada, algunas se reducen a una simple flor terminal o axilar. Las flores son bisexuales radial o bilateral zigomorfas. También presentan cinco sépalos distintos, cinco pétalos distintos valvados o imbricados (14).

S. polyphylla es un árbol que alcanza hasta 35 metros de altura. El tronco está profundamente estriado y retorcido, puede tener entre 60 y 90 cm de diámetro y no ramificarse hasta 20 metros (14).

❖ **Composición química**

En la corteza de cumaceba se han encontrado biochanina, dalbergioidina, dihidrocajanina, dihidroicoisoflavona, dihidrobiochanina, ferreirina, ferreirinol, formonononetina, naringenina y T-cadinol, compuestos que tienen efectos positivos al eliminar los microorganismos cariogénicos que deterioran el esmalte dental (15).

❖ **Usos y farmacología**

S. polyphylla (Cumaceba) actualmente es considerada por los pobladores amazónicos como afrodisiaco; asimismo las personas lo usan para detener infecciones de hongos, y bacterias; así también como antigripal, para el reumatismo, desordenes femeninos, tuberculosis, y otras infecciones respiratorias bacterianas (14).

El extracto de *S. polyphylla* (Cumaceba) se utiliza en el tratamiento de la artritis, el enfriamiento, el dolor muscular, la inflamación de las articulaciones, la tuberculosis y las infecciones de las vías respiratorias superiores, así como

fortificante de la virilidad, tónico hormonal femenino y afrodisíaco, entre otros (7).

El duramen de *S. polyphylla* (Cumaceba) es un árbol de la región amazónica del Perú, donde la madera se utiliza en la construcción y los extractos alcohólicos del duramen se emplean en la curación. Un informe reciente sobre *S. polyphylla* describe el aislamiento de isoflavanonas y su actividad antibacteriana. El duramen tiene actividad antibacteriana contra las bacterias cariogénicas, los *Streptococos mutans*, actividad que dan al causante a la 5,2',4'-trihidroxi-7-metoxiisoflavanona (dihidrocajanina) (13).

1.2.2 Tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico es la identificación de diferentes clases de Fito constituyentes presentes en varias partes de una planta. Los fitoquímicos son las sustancias químicas que están presentes de forma natural en las plantas.

Las plantas constan de varios tipos de constituyentes químicos que incluyen fenol, flavonoides, alcaloides, terpenoides, saponinas, entre muchos otros. Y no sólo son ricos en fitoquímicos, sino que también mejoran el bienestar y reducen los factores de riesgo para la salud. Su uso está aumentando gradualmente debido a su eficacia contra diversas amenazas fisiológicas. El análisis fitoquímico no sólo ayuda a revelar los constituyentes de los extractos de plantas y los que predominan sobre los demás, sino que también es útil en la búsqueda de agentes bioactivos que puedan usarse como suplemento dietético (16).

1.2.3 Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios son compuestos que no son necesarios para que una célula viva, pero que desempeñan un papel en la interacción de la célula con su entorno, garantizando la existencia del organismo en sus ecosistemas.

Estos compuestos suelen estar implicados en la protección de las plantas contra el estrés biótico o abiótico. Los metabolitos secundarios pertenecen a diferentes familias de metabolitos que pueden ser altamente inducibles en respuesta al estrés. Estas sustancias, a menudo se distribuyen en grupos taxonómicos limitados dentro del reino vegetal. Sus funciones, muchas de las

cuales aún se desconocen, se están dilucidando cada vez con mayor frecuencia. Algunos metabolitos secundarios se utilizan especialmente como sustancias químicas, como medicamentos, aromas, fragancias, insecticidas y colorantes, y por tanto tienen un gran valor económico (17).

En las plantas, pueden dividirse en tres grupos (Terpenoides, Policétidos y fenipropanoides) según su origen de biosíntesis. Los alcaloides son una clase adicional de moléculas orgánicas nitrogenadas biosintetizadas principalmente a partir de aminoácidos, por ejemplo, triptófano, tirosina, fenilalanina, lisina y arginina mediante numerosas enzimas únicas. Muchos de los agentes terapéuticos más importantes son alcaloides. Los lugares de biosíntesis están compartimentados a nivel celular o subcelular. Sin embargo, los metabolitos secundarios pueden transportarse a distancias y acumularse desde su lugar de síntesis (18).

1.2.3.1 Triterpenos

Los triterpenos son uno de los grupos más numerosos y diversos de productos naturales vegetales. Son moléculas complejas que, en su mayor parte, están fuera del alcance de la síntesis química. Los triterpenos simples son componentes de ceras superficiales y membranas especializadas y potencialmente pueden actuar como moléculas de señalización, mientras que los triterpenos glicosilados complejos (saponinas) brindan protección contra patógenos y plagas (19).

Los triterpenos existen en las plantas en forma simple no modificada, a menudo se acumulan como conjugados con carbohidratos y otras macromoléculas, sobre todo como glucósidos de triterpeno. Los glucósidos triterpénicos tienen importantes funciones ecológicas y agronómicas, contribuyendo a la resistencia a plagas y patógenos y a la calidad alimentaria de las plantas de cultivo. También tienen una amplia gama de aplicaciones comerciales en los sectores alimentario, cosmético, farmacéutico y de biotecnología industrial (20).

1.2.3.2 Flavonoides

Los flavonoides son compuestos orgánicos caracterizados por una variedad de estructuras fenólicas, que están abundantemente presentes en diversas fuentes naturales como frutas, verduras, cereales, cortezas, raíces, tallos, flores, té y vino. Los beneficios para la salud de estas sustancias naturales son reconocidos y se están tomando iniciativas para extraer los flavonoides. La apigenina, la galangina, la hesperetina, el kaempferol, la miricetina, la naringenina y la quercetina son los siete compuestos más comunes que pertenecen a esta clase. Estos flavonoides parecen tener actividades antidiabéticas, antiinflamatorias, antibacterianas, antioxidantes, antivirales, citotóxicas y reductoras de lípidos prometedoras, según evidencia de investigaciones clínicas e *in vitro* (21,22).

1.2.3.3 Fenoles

Los fenoles vegetales son una clase principal de sustancias químicas que contienen uno o más grupos hidroxilo en su esqueleto de benceno y están compuestos por 8000 estructuras fenólicas diferentes. Están ampliamente distribuidos en el reino vegetal y son los metabolitos secundarios más abundantes de las plantas naturales, que abarcan desde moléculas simples (como los ácidos fenólicos) hasta estructuras altamente polimerizadas. Varios compuestos fenólicos vegetales típicos incluyen eugenol, vainillina, ácido ferúlico, cardanol, urushiol y catecol. Debido a su estructura química única y sus atractivas propiedades, se han utilizado ampliamente en diversos campos de la industria, incluidos antioxidantes, materiales funcionales, dispositivos biomédicos e ingredientes alimentarios (23,24).

1.2.3.4 Taninos

Las plantas producen una amplia variedad de metabolitos secundarios para sostenerse y protegerse contra una amplia gama de estreses. Entre estos metabolitos, los taninos son uno de los compuestos polifenólicos más abundantes, representando el 25% del peso seco de las hojas, raíces y corteza de las plantas leñosas, pero también abundan en las plantas con flores y productoras de semillas. La presencia de taninos en estos órganos sirve

para proteger a las plantas contra ataques herbívoros y patógenos a través de sus propiedades antidigestivas y antimicrobianas (25).

Además, los taninos desempeñan un papel en la regulación del crecimiento y desarrollo de las plantas al inhibir el consumo de frutos inmaduros debido a su astringencia. Además, varios estudios también han revelado diversas funciones que desempeñan bajo estrés ambiental. Los taninos se pueden clasificar en taninos condensados (CT), taninos hidrolizables (HT) y florotaninos. Se sintetizan en las plantas mediante las vías del acetato-malonato y del ácido shikímico. Su acumulación está regulada por varios factores de transcripción durante el desarrollo normal y bajo diferentes condiciones de estrés (25).

1.2.3.5 Saponinas

Las saponinas son glucósidos esteroides o triterpenoides, comunes en una gran cantidad de plantas y productos vegetales que son importantes en la nutrición humana y animal. Se han atribuido varios efectos biológicos a las saponinas. Se han llevado a cabo extensas investigaciones sobre las propiedades permeabilizadoras de membranas, inmunoestimulantes, hipocolesterolémicas y anticancerígenas de las saponinas y también se ha descubierto que afectan significativamente a la reproducción en animales (26).

También se ha observado que estos compuestos estructuralmente diversos matan protozoos y moluscos, tienen efecto en animales de sangre fría, también tienen actividad analgésica, antioxidante, alteran la digestión de proteínas, causan hipoglucemia y actúan como agentes antifúngicos y antivirales (26).

1.2.3.6 Cumarinas

Las cumarinas se clasifican como miembros de la familia de las benzopironas, las cuales consisten en un anillo de benceno unido a un anillo de pirona. Las benzopironas se pueden subdividir en benzoalfapironas, a las que pertenecen las cumarinas, y benzogamapironas, de las que los flavonoides son miembros principales. La umbeliferona, la esculetina y la escopoletina son las cumarinas más extendidas en la naturaleza. Durante la síntesis de estos compuestos, la ortohidroxilación debe tener lugar respectivamente en el ácido p-cumárico,

cafeico y ferúlico. Las cumarinas son de gran interés por sus propiedades farmacológicas. En particular, su actividad fisiológica, bacteriostática y antitumoral hace que estos compuestos sean atractivos para la derivatización y selección de la cadena principal como nuevos agentes terapéuticos (27).

1.2.3.7 Catequinas

Las catequinas son fitoquímicas polifenólicos naturales que existen en alimentos y plantas medicinales, como el té, las legumbres y las rubiáceas. Un número cada vez mayor de estudios ha asociado la ingesta de alimentos ricos en catequinas con la prevención y el tratamiento de enfermedades crónicas en humanos, como la enfermedad inflamatoria intestinal. Algunos estudios han demostrado que las catequinas podrían inhibir significativamente el estrés oxidativo excesivo a través de efectos antioxidantes directos o indirectos y promover la activación de sustancias antioxidantes como el glutatión peroxidasa y el glutatión, reduciendo los daños oxidativos en el colon. Además, las catequinas también pueden regular la infiltración y proliferación de células relacionadas con el sistema inmunológico, como neutrófilos, células epiteliales del colon, macrófagos y linfocitos T, ayudando a reducir las relaciones inflamatorias (28).

1.2.4 Evaluación de la actividad antibacteriana

Antes de elegir un agente antibacteriano, deben tenerse en cuenta el organismo etiológico y la medicación, así como las susceptibilidades del huésped. Las pruebas de susceptibilidad antibacteriana, conocidas como antibiogramas, se recomiendan para microorganismos clínicamente relevantes en superficies, fluidos o entornos (29).

El Instituto Nacional de Salud del Perú presenta un método que consiste en la aplicación de una cierta cantidad de antimicrobiano en un reservorio (disco de papel, tabletas con drogas en estado cristalino) sobre la superficie de un medio de cultivo llamado agar, sobre el cual se ha distribuido un inóculo del microorganismo en cuestión, formándose así, por difusión, un gradiente de concentración del antimicrobiano alrededor del reservorio y la sensibilidad del microorganismo será indicada por el tamaño de la zona de inhibición del crecimiento bacteriano. El diámetro obtenido dependerá no sólo de la

sensibilidad del microorganismo y de la carga del disco, sino también del espesor de la capa de agar, del pH y de la composición del medio de cultivo, de la capacidad de difusión del fármaco en ese medio, de la temperatura y la atmósfera de incubación, de la tasa de replicación bacteriana y del tamaño del inóculo y de la fase de crecimiento de la bacteria (29).

1.2.5 Resistencia bacteriana

La atención mundial a la resistencia a los antimicrobianos (RAM) se ha centrado sobre todo en los sectores sanitario y agrícola. Sin embargo, el medio ambiente también es clave para el desarrollo, la transmisión y la propagación de la RAM a los seres humanos, los animales y las plantas. En 2017, este hecho fue reconocido por la Asamblea de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, que solicitó un informe sobre los impactos ambientales de la RAM y las causas del desarrollo y la propagación de la resistencia en el medio ambiente, incluidas las lagunas en la comprensión de esos impactos y causas (1). La RAM en el medio ambiente puede causar enfermedades animales o vegetales o la pérdida de biodiversidad del suelo, lo que puede conducir a un mayor uso de antimicrobianos (una retroalimentación negativa del uso inicial) que sólo aumenta aún más la presión selectiva (30). Las dimensiones medioambientales de la RAM se caracterizan por sus interrelaciones cíclicas, su complejidad y sus múltiples causalidades y dinámicas. Se requiere un enfoque sistémico, como el de "Una sola salud", para comprender mejor las dimensiones ambientales de la RAM y fundamentar decisiones y acciones con base científica. Las repercusiones medioambientales de la RAM y las causas del desarrollo y la propagación de la resistencia en el medio ambiente son complejas. Sin embargo, hay pruebas de que los contaminantes biológicos y químicos que entran en el medio ambiente pueden influir y cambiar fundamentalmente lo que ocurre en él, especialmente el desarrollo, la transmisión y la propagación de la RAM. La actividad humana y el aumento de la población están dañando el mundo microbiano natural, la base misma de la ecología global (31).

✓ **Resistencia bacteriana en el Perú**

En los últimos años, la resistencia bacteriana ha causado problemas de salud a todos los peruanos, especialmente a los jóvenes. El uso irracional de antimicrobianos ha provocado la propagación de gérmenes resistentes a medicamentos de primera línea, asequibles y eficaces (32).

Según el informe Vigilancia de la resistencia a los antimicrobianos 2007 del Instituto Nacional de Salud (INS), *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Enterococcus hirae*, *Escherichia coli* son las bacterias más resistentes y causan enfermedades diarreicas, infecciones de las vías respiratorias, meningitis, infecciones de transmisión sexual e infecciones hospitalarias (33).

✓ **Resistencia bacteriana en Loreto**

Dado que la mayoría de las instituciones sanitarias de Loreto carecen de equipos analíticos y de investigación, las incidencias de resistencia a los antimicrobianos son escasas. En un estudio realizado por el comité de ética del NAMRU-6 de la Marina estadounidense, *Staphylococcus aureus* era resistente a las penicilinas, *Pseudomonas aeruginosa* a la amoxicilina y *Escherichia coli* a la ampicilina, la ciprofloxacina, el cotrimoxazol y la tetraciclina en los hospitales de Iquitos (34).

1.2.6 Cepas bacterianas

✓ ***Pseudomonas aeruginosa***

Pseudomonas aeruginosa es una de las causas más frecuentes de infección en el medio hospitalario. Estas infecciones se asocian a una morbilidad y unos gastos sanitarios considerables, sobre todo cuando se retrasa la administración del tratamiento antibiótico adecuado. La selección de antibióticos para pacientes con infecciones por *P. aeruginosa* es un reto debido a la resistencia intrínseca del patógeno a muchos antibióticos disponibles en el mercado. El microorganismo puede utilizar más de 100 moléculas orgánicas como fuente de carbono y/o energía y, como protótrofo, generalmente tiene la capacidad de crecer en un medio de crecimiento mínimo de sales con una única fuente de carbono y energía. *P. aeruginosa* crece bien a 37 °C, pero puede sobrevivir en temperaturas amplias que oscilan

entre 4 y 42 °C. Es una importante bacteria del suelo que es capaz de descomponer los hidrocarburos aromáticos policíclicos, pero a menudo también se detecta en depósitos de agua contaminados por animales y humanos, como aguas residuales y sumideros dentro y fuera de los hospitales (35).

Clasificación Taxonómica

Dominio	Bacteria
Filo	Pseudomonadota
Clase	Grammaproteibacteria
Orden	Pseudomonadales
Familia	Pseudomonadaceae
Género	<i>Pseudomonas</i>
Especie	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>

Características morfológicas

P. aeruginosa es una bacteria gramnegativa heterótrofa, móvil y con forma de bastón de aproximadamente 1 a 5 µm de largo y 0,5 a 1,0 µm de ancho. Es un aerobio facultativo que crece mediante respiración aeróbica y respiración anaeróbica con nitrato como aceptor terminal de electrones. También puede crecer anaeróticamente con arginina y tiene capacidades fermentativas limitadas que generalmente soportan un crecimiento muy lento o nulo (36).

✓ ***Staphylococcus aureus***

Se clasifica como patógeno debido a su importante capacidad para inducir infecciones tanto en animales como en seres humanos. El *S. aureus* es ampliamente reconocido por causar la carga bacteriana más importante y es responsable de un amplio abanico de enfermedades, entre ellas infecciones de la epidermis y tejidos delicados, así como infecciones graves potencialmente mortales. Las cepas de *S. aureus* pueden suponer una amenaza para la salud humana debido a su capacidad para desarrollar resistencia a numerosos antibióticos, en particular a la metilina. La incidencia de morbilidad y mortalidad ha aumentado de forma constante a lo largo del tiempo, a pesar de la abundancia de antibióticos disponibles. *S. aureus* es una bacteria prevalente en el cuerpo humano; su dispersión supone una amenaza para la salud de la población general, ya que coloniza entre el 25 y el 50 % de

la población sana. Puede contraerse por exposición ambiental o contacto interpersonal (37).

Clasificación Taxonómica

Dominio	Bacteria
Filo	Firmicutes
Clase	Bacilli
Orden	Bacillales
Familia	Staphylococcaceae
Género	<i>Staphylococcus</i>
Especie	<i>Staphylococcus aureus</i>

Características morfológicas

Con un diámetro que oscila entre 0,8 y 1 micrómetro, *S. aureus* es un coco inmóvil que se divide en racimos de células irregulares que se asemejan a racimos de uvas en tres dimensiones. Los cocos pueden observarse solitarios, en parejas, en racimos o en cadenas breves en frotis de esputo. Las formas esféricas obtenidas de cultivos en medios sólidos suelen presentar racimos irregulares, mientras que las formas diplocócicas y de cadena corta son más frecuentes en otros cultivos (37).

✓ *Escherichia coli*

La familia Enterobacteriaceae comprende un amplio y diverso conjunto de bacterias gramnegativas. Su nomenclatura procede de su hábitat habitual como saprófitos en el tracto gastrointestinal. Sin embargo, estos microbios son omnipresentes en la vegetación, el agua, el suelo y el agua, y también forman parte de la flora intestinal normal de numerosas especies animales y de los seres humanos.

El miembro más prevalente de esta familia de microorganismos, *Escherichia coli*, es una de las bacterias paradigmáticas objeto de investigación. Aunque esta bacteria se considera un microorganismo de la flora normal y coloniza el intestino humano a las pocas horas de nacer, hay cepas que pueden ser patógenas y causar daños que se manifiestan como diarrea, entre otros síntomas (38).

Clasificación taxonómica

Reino	Bacteria
Filo	Proteobacteria
Clase	Gammaproteobacteria
Orden	Enterobacteriales
Familia	Enterobacteriaceae
Género	<i>Escherichia</i>
Especie	<i>Escherichia coli</i>

Características morfológicas

E. coli es un bacilo entérico gramnegativo, flagelado-móvil, aerobio facultativo, oxidasa negativo y capaz de fermentar azúcares, aminoácidos y ácidos orgánicos. Sus necesidades nutricionales son bastante básicas. Asociada a otras bacterias comparables clasificadas como bacterias coliformes, se considera un patógeno indicador de contaminación fecal cuando se detecta en el medio ambiente, el agua o los alimentos. Es un componente esencial de la flora normal de los seres humanos y de numerosos animales (38).

✓ ***Enterococcus faecalis***

Enterococcus faecalis es un patógeno nosocomial oportunista muy resistente a una serie de agresiones ambientales, entre ellas una intolerancia intrínseca a los antimicrobianos dirigidos contra la pared celular. Los *enterococos* son habitantes habituales del tracto gastrointestinal (GI) de los seres humanos y los animales. Aunque suelen ser inofensivos para las personas sanas, dos especies de enterococos, *E. faecalis* y *E. faecium*, son los principales organismos implicados en infecciones hospitalarias, como las infecciones urinarias asociadas a catéteres, la endocarditis y las infecciones quirúrgicas y por quemaduras (39).

En particular, el riesgo de muerte de los pacientes infectados por cepas multirresistentes, como los enterococos resistentes a la vancomicina (ERV), es considerablemente mayor que el de los infectados por cepas sensibles a los antibióticos. Además, los enterococos multirresistentes suponen una amenaza adicional para la atención sanitaria, ya que estas cepas pueden funcionar como reservorios para la diseminación de determinantes de resistencia a los antibióticos a otros patógenos oportunistas (39).

Clasificación Taxonómica

Reino	Bacteria
Filo	Bacillota
Clase	Bacilli
Orden	Lactobacillales
Familia	Enterococcaceae
Género	<i>Enterococcus</i>
Especie	<i>Enterococcus faecalis</i>

Características morfológicas

Enterococcus faecalis son cocos Gram positivos que parecen ligeramente ovalados a mayor aumento. Las células suelen tener de 0,5 a 2 μm de diámetro y se alargan hasta 0,6 a 2,5 μm en algunas condiciones de crecimiento, lo que les da un aspecto ovoide. Al microscopio, se observan con forma ovalada que pueden ser solitarias, dispuestas en pares o en cadenas.

Son bacterias no móviles, no formadoras de esporas y no productoras de pigmentos (40).

✓ ***Enterococcus hirae***

Enterococcus hirae es un patógeno zoonótico que rara vez se aísla de infecciones humanas. Sin embargo, se han informado pielonefritis, endocarditis infecciosa e infecciones del tracto biliar debidas a *E. hirae* en pacientes humanos. Aunque se ha descubierto que *E. hirae* causa estas enfermedades graves en humanos, se han informado pocos casos debido a la dificultad para identificar la bacteria y la falta de informes completos sobre las características clínicas y los tratamientos (41).

Clasificación Taxonómica

Reino	Bacteria
Filo	Bacillota
Clase	Bacilli
Orden	Lactobacillales
Familia	Enterococcaceae
Género	<i>Enterococcus</i>
Especie	<i>Enterococcus hirae</i>

Características morfológicas

Enterococcus hirae es una bacteria gran positiva, que se caracteriza por tener un tamaño celular de 0,5 a 2 μm de diámetro. Al igual que *E. faecalis* son bacterias no móviles, no formadoras de esporas y no productoras de pigmentos (41).

✓ *Salmonella typhimurium*

El hábitat principal de *Salmonella typhimurium* es el tracto intestinal de humanos y animales y se encuentra con frecuencia en muestras ambientales porque son excretadas tanto por humanos como por animales (42).

Clasificación Taxonómica

Reino	Bacteria
Filo	Pseudomonadota
Clase	Grammaproteobacteria
Orden	Enterobacterales
Familia	Enterococcaceae
Género	<i>Salmonella</i>
Especie	<i>Salmonella typhimurium</i>

Características morfológicas

Salmonella typhomurium tiene forma de bastón, son móviles mediante flagelos peritricos y pertenecen a la familia Enterobacteriaceae del orden Enterobacterales, que son bacterias gramnegativas que no forman esporas y cuyo tamaño de bastón es de 0,7 a 1,5 μm por 2,2 a 5,0 μm y producen colonias de aproximadamente 2 a 4 mm de diámetro. Las salmonelas tienen varias endotoxinas: antígenos O, H y Vi (42).

1.3. Definición de términos

- ✓ **Actividad antibacteriana:** capacidad de los compuestos para matar o inhibir microorganismos de tipo bacterias (43).
- ✓ **Antimicrobiano:** son sustancias naturales, semisintéticas o sintéticas que dificultan el metabolismo y el crecimiento de los microbios y pueden matarlos (33).
- ✓ **Difusión en agar:** prueba de sensibilidad antimicrobiana empleando discos de papel impregnados de antibióticos en zonas libres de microorganismos con dosis sucesivas formando halos inhibidores (44).
- ✓ **Extracto de éter de petróleo:** es el producto final que se obtiene de la maceración de una planta con éter de petróleo (45).
- ✓ **Extracto etanólico:** es el producto final que se obtiene de la maceración de una planta con etanol (45).
- ✓ **Tamizaje fitoquímico:** experimentos con extractos de plantas con actividad biológica para identificar y mostrar sustancias químicas beneficiosas para la salud (45).
- ✓ ***Swartzia polyphylla*:** La cumaceba es una planta perteneciente a la familia Fabácea, actualmente es considerada por los pobladores amazónicos como afrodisiaco; asimismo las personas lo usan para detener infecciones de hongos, y bacterias; así también como antigripal, para el reumatismo, desordenes femeninos, tuberculosis, y otras infecciones respiratorias bacterianas (14).

CAPÍTULO II: HIPÓTESIS Y VARIABLES

2.1. Formulación de la hipótesis

Los extractos éter de petróleo y etanólico de corteza y hoja de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) evaluados *in vitro* por el método de difusión en disco o kirby Bauer presentan actividad antibacteriana frente a cepas de referencia gran positivas de *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, y *Enterococcus hirae*, y cepas gran negativas de *Escherichia coli*, y *Pseudomona aeruginosa*.

2.2. Variables y su operacionalización

2.2.1 Variables

2.2.1.1 Variable independiente:

- ✓ Extracto etanólico de las hojas y corteza de *S. polyphylla* D.C (Cumaceba).
- ✓ Extracto éter de petróleo de la hojas y corteza de *S. polyphylla* D.C (Cumaceba).

2.2.1.2 Variable dependiente:

- ✓ Actividad antibacteriana.

2.2.2 Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	TIPO	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	CATEGORIAS	VALORES DE LAS CATEGORIAS	MEDIO DE VERIFICACIÓN
VARIABLES INDEPENDIENTES							
Extracto etanólico de la corteza y hoja de <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (Cumaceba).	Producto que fue obtenido por maceración etanólica.	Cualitativa	Concentración del extracto etanólico y éter de petróleo de la corteza y hoja de <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (Cumaceba).	Nominal	Masa de los extractos.	g o mg	✓ Ficha de reporte de tamizaje fitoquímico.
Extracto de éter de petróleo de la corteza y hoja de <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (Cumaceba).	Producto que fue obtenido por maceración con éter de petróleo	Cualitativa	Concentración del extracto de éter de petróleo de la corteza y hoja de <i>Swartzia polyphylla</i> D.C (Cumaceba).	Nominal	Masa de los extractos.	g o mg	✓ Ficha de reporte de tamizaje fitoquímico.
VARIABLE DEPENDIENTE							
Actividad antibacteriana	Es la acción de un determinado compuesto, de destruir, inactivar, o inhibir el crecimiento bacteriano,	Cuantitativa	Halo de inhibición	Razón	-Resistencia -Intermedio -Sensible	≤12 mm 13-14 mm ≥ 15 mm	✓ Ficha de registro de datos.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño metodológico

El método de investigación fue el descriptivo, con un enfoque cuantitativo de tipo experimental. Descriptivo porque se describió las variables en estudio, y experimental porque se manipularon las variables.

3.2 Diseño muestral

Fue factorial completamente aleatorizada con tres factores, de los cuales F1 (extracto éter de petróleo de la corteza y hoja) = tiene 12 niveles, F2 (extracto etanólico de la corteza y hoja) = tiene 12 niveles, las cuales cada nivel es una concentración puesta a prueba. Y el factor F3 (actividad antibacteriana) tiene un nivel (el método Kirby Bauer), realizando 3 repeticiones por tratamiento. (Ver tabla 1 y 2).

Tabla 1: Diseño muestral de los experimentos del extracto éter de petróleo de la corteza y hoja.

Actividad antibacteriana por el método de Kirby Bauer												
	Concentraciones (mg/mL)											
	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100	50	25
Extracto éter de petróleo de la corteza y hoja	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12

Tabla 2: Diseño muestral de los experimentos del extracto etanólico de petróleo de la corteza y hoja.

Actividad antibacteriana por el método de Kirby Bauer												
	Concentraciones (mg/mL)											
	1000	900	800	700	600	500	400	300	200	100	50	25
Extracto etanólico de petróleo de la corteza y hoja.	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12

3.2.1 Población y muestra

3.2.1.1 Población

La planta *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) fue nuestra población de estudio, la cual fue recolectada del Jardín Botánico Arborem de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UNAP ubicado en la Carretera de Zungarococha (3 °50 '14,6 " S 73 ° 22 ' 09,9), ubicado en el distrito de San Juan Bautista, provincia de Maynas, departamento de Loreto.

3.2.1.2 Muestra

Como muestra se utilizaron 2 kilogramos de la corteza y hoja de *Swartzia polyphylla* D.C.

3.2.2 Criterios de selección

3.2.2.1 Criterios de inclusión

- ✓ Plantas adultas de *Swartzia polyphylla* D.C. (cumaceba), que fueron identificados taxonómicamente por un profesional botánico.
- ✓ Microorganismos en crecimiento logarítmico, y caracterizados bioquímicamente.

3.2.2.2 Criterios de exclusión

- ✓ Se excluyeron las plantas pequeñas, y deterioradas.
- ✓ Microorganismos que no se encuentre en fase de crecimiento, y caracterizados bioquímicamente.

3.3 Procedimiento de recolección de datos

3.3.1 Técnica

La técnica de maceración en éter de petróleo y etanol a 96° fue utilizada para la obtención de los extractos. Por otra parte, el método de Kirby Bauer se utilizó para determinar la actividad antibacteriana de los extractos en estudio. Se utilizó la observación directa y los experimentos de laboratorio.

3.3.2 Instrumentos

Los instrumentos para la recolección de datos fueron calibrados, y se utilizaron instrumentos como balanza analítica, rotavapor, fiolas, embudos, matraz de Erlenmeyer, incubadoras, contadores de colonias, gradillas, entre otras. Asimismo, los reactivos que se utilizaron fueron el éter de petróleo ácido clorhídrico (HCl), etanol (C₂H₆O), sulfato de sodio anhidro (Na₂SO₄), hidróxido de sodio (NaOH), reactivo de Dragendorff, subnitrito de bismuto (Bi₅H₉N₄O₂₂), Reactivo de Wagner, Reactivo Mayer, dicloruro de mercurio (HgCl₂), yoduro de potasio (KI), ácido pícrico (C₆H₃N₃O₇), hidróxido de sodio (NaOH), reactivo sudan, cloruro de sodio (NaCl), cloruro férrico (FeCl₃), ninhidrina (C₉H₆O₄), hidróxido de potasio (KOH), cloruro de antimonio (SbCl₃), reactivo de Fehling, sulfato de sodio anhidrido (Na₂SO₄), sulfato de cobre hidratado (CuSO₄·5H₂O), tartrato de sodio (C₄H₄Na₂O₆), tartrato de potasio (KC₄H₅O₆), ácido 3,5 dinitrobenzoico, acetato de magnesio, agar Muller-Hinton, caldo Muller-Hinton, agar nutritivo, y discos de antibiótico ciprofloxacino y gentamicina.

3.3.3 Procedimiento de recolección de datos

3.3.3.1 Obtención de los extractos de la corteza y hoja de *Swartzia polyphylla* D.C.

La obtención de los extractos de la corteza y la hoja siguió el flujograma planteado en el Anexo 1, el cual se detalla:

- ✓ **Recolección de la especie vegetal:** Se recolectaron hojas y corteza de *Swartzia polyphylla* D.C., del Jardín Botánico Arboretum de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la UNAP ubicado en la Carretera de Zungarococha (3 ° 50 '14,6 " S 73 ° 22 ' 09,9), del distrito

de San Juan Bautista, provincia de Maynas, del departamento de Loreto.

- ✓ **Identificación taxonómica:** la planta fue identificada taxonómicamente por un experto botánico, para asegurarnos que se tratara de *Swartzia polyphylla* D.C. (Ver anexo 2)
- ✓ **Pesado:** La especie vegetal recolectada fue pesada, para posterior cálculo del rendimiento.
- ✓ **Selección y secado:** La especie vegetal fue seleccionada aplicando los criterios de selección, posterior a ello se eliminaron partículas externas, y se procedió a secar a temperatura ambiente (25-30 °C) utilizando bandejas de acero inoxidable (Ver anexo 3).
- ✓ **Molienda:** La muestra en estudio, en este caso la corteza, con ayuda de un cuchillo de cocina, fue cortada en partículas pequeñas de 1 centímetro aproximadamente. La hoja fue triturada utilizando un molino de martillo, para que el proceso de extracción sea más fácil, y pueda extraerse la mayor cantidad de metabolitos secundarios que pueda tener la muestra (46). Posteriormente la muestra fue pesada y envasada en bolsas de polietileno.
- ✓ **Maceración:** Se realizó por maceración, que es un método de extracción sólido-líquido estático de acuerdo a Kulinski y Gonzales (46,47), utilizando la proporción de 1:3 p/v de muestra: Etanol 96°, muestra: Éter de petróleo, a temperatura ambiente por 7 días, agitando y mezclando la muestra cada 24 horas (Ver anexo 5).
- ✓ **Filtrado:** Pasado el tiempo de maceración, la mezcla del solvente con la muestra fue filtrada con la ayuda de un papel Whatman N°5.
- ✓ **Concentración y extracción:** La concentración y extracción de los extractos de éter de petróleo y etanólico de *Swartzia polyphylla* D.C, se llevó a cabo por evaporación del solvente, utilizando un rotavapor modelos Rova-100, a 60 rpm, 60 °C y presión reducida de 700 mmHg, por 3 horas (Ver anexo 6).
- ✓ **Extracto:** Se obtuvo extracto de éter de petróleo y etanólico de la corteza y hoja de *Swartzia polyphylla* D.C (Ver anexo 7).

- ✓ **Tamizaje:** Los extractos obtenidos fueron sometidos a un tamizaje fitoquímico, para determinar los metabolitos secundarios presentes en cada extracto (Ver anexo 8).

3.3.3.2 Tamizaje fitoquímico

La determinación de metabolitos secundarios se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Productos Antiparasitarios Naturales del CIRNA-UNAP. Se utilizaron extractos de éter de petróleo y etanólicos de la corteza y hojas de *Swartzia polyphylla* D.C, y se realizó a través de las reacciones químicas, se obtuvo resultados de cambios de coloración, formación de precipitados, formación de gas, entre otras reacciones. El tamizaje fitoquímico incluyó los siguientes ensayos (48):

- ✓ **Ensayo Drangendorff, Mayer, Warner, Hager, CCF Y Vitali-Morrin (alcaloides):** Se pesaron 20 mg de extracto, y se disolvió en 4 a 6 mL de HCl al 1 %, luego se filtró en Na_2SO_4 anhidro, posterior al filtrado se repartió equivalentemente en 4 tubos de ensayos, posteriormente se añadió al primer tubo 5 a 6 gotas del reactivo de dragendorff, al segundo tubo se adiciono 5 o 7 gotas del reactivo de Mayer, al tercer tubo se adiciono 5 o 7 gotas del reactivo de Hager, y al cuarto tubo se adicionó 5 o 7 gotas del reactivo de Warner, todos los tubos fueron agitados y puestos en reposo. Para interpretar los resultados para el tubo con el reactivo de Drangendorff, un resultado positivo muestra un precipitado naranja, el tubo con reactivo de Mayer se forma un precipitado crema, el tubo con reactivo de Hager se forma un precipitado amarillo, y el tubo con el reactivo de Warner se forma un precipitado flucolento de color café, que pueden variar al rojo claro o pardo oscuro (48).

Con respecto a la reacción de Vitali-Morin, se adiciono a la solución de los extractos 10 gotas de ácido nítrico fumante, y se evaporó, después se dejó enfriar, y se adiciono 1 mL de etanol 96 °, 0,5 mL de acetona y una pastilla de KOH, y se agitó. Una coloración violeta alrededor de la pastilla de KOH muestra un resultado positivo (48).

Con respecto a la cromatografía de capa fina, se realizó la marcha alcaloidal (solución a un pH: 9 con hidróxido de amonio), se cortó la placa cromatográfica, se tomó un capilar y se sembró la solución básica en la placa, luego se colocó una celda de elusión, el solvente subió hasta la línea indicada en el sistema de acetato de etilo al 100%, posteriormente se retiró la placa de la celda y se secó y se pulverizó con el reactivo de dragendorff (48).

- ✓ **Ensayo de Liebermann-Burchard (triterpenos y esteroides):** Se pesó 10 mg de extracto en un tubo de ensayo, y se disolvió con 4 mL de cloroformo, luego se filtró. En otro tubo se añade 1 mL del filtrado y se añade 1 mL de anhídrido acético, y se deja caer 3 a 4 gotas de ácido sulfúrico concentrado. La aparición de un color verde-azul evidencia la presencia de esteroides, y una coloración rosa o púrpura, muestra la presencia de saponinas, y triterpenos (48).
- ✓ **Ensayo de Borntrager (quinonas):** Se pesó 2 mg de extracto y se disolvió en un 1 mL de cloroformo. Posteriormente se agitó con 1 mL de hidróxido de sodio al 5 %. Una coloración rosa-rojo indica la presencia de quinonas (48).
- ✓ **Ensayo de Baljet (lactonas y cumarinas):** se pesó 2 mg de extracto y se disolvió en 1 mL de etanol, luego se añadió una mezcla recién preparada de 1 mL de ácido pícrico al 1 % en etanol y 1 ml de hidróxido de sodio al 10 % en agua. Un color o precipitado rojo-naranja o violeta indica la presencia de agrupamientos lactónicos (48).
- ✓ **Ensayo de Fehling (azúcares reductores):** Se pesó 2 mg de extracto y se diluyó en 2 mL de agua destilada, luego se añadió 2 mL de reactivo de fehling y se calentó en baño de maría de 5 a 10 minutos. Si se forma un precipitado de color rojo se considera la presencia de azúcares reductores (48).
- ✓ **Ensayo de Espuma (saponinas):** Se pesó 10 mg de extracto en un tubo de ensayo, y se disolvió en agua destilada, etanol o metanol, y se agitó fuertemente durante 3 minutos y se dejó reposar. Si se forma

espuma y persiste por más de 5 minutos se considera un resultado positivo (48).

- ✓ **Ensayo de SUDAN (compuestos grasos):** Se pesó 2 mg de extracto y se diluyo con el solvente de extracción (éter de petróleo y etanol), y se añadió 1 mL de solución del colorante de sudan III (diluida en agua), y se calienta en baño maría hasta evaporar el solvente. La formación de película de color rojo en el líquido o paredes del tubo demuestran presencia de compuestos grasos (48).
- ✓ **Ensayo de Ninhidrina (Aminoácidos y aminos):** Se pesó 2 mg de extracto y se diluyo en 2 mL de etanol, y se adiciono 1 mL de disolución de ninhidrina al 5 % en etanol, y se calentó en baño maría de 5 a 10 minutos. Una coloración azul-violeta evidencian la presencia de aminos y/o aminoácidos (48).
- ✓ **Ensayo de Borntrager-Kraus (naftoquinonas y antraquinonas):** Se realizó una solución hidroalcohólica (agua:etanol 7:1) con el extracto, y se adiciono 5 gotas de peróxido de hidrogeno, y 2 gotas de ácido sulfúrico concentrado y se calentó, y se extrajo las naftoquinonas antraquinonas con 1 mL de tolueno y se agito con 1 mL de solución de hidróxido de sodio al 5 % e hidróxido de amonio al 2 % y se dejó reposar para separación de fases. Si la fase inferior se torna de color rosado a rojo intenso se asume la presencia de naftoquinonas y antraquinonas (48).
- ✓ **Ensayo de Shinoda (flavonoides):** Se pesaron 10 mg de extracto, y se disolvió en 4 mL de metanol, en un vaso precipitado, luego se filtró, y se añadió al filtrado un trozo de magnesio, y añadió 6 a 8 gotas de ácido clorhídricos, y se dejó reaccionar. El color amarillo-rojo, evidencia la presencia de flavonas, rojo-magenta flavonoles, rojo-magenta-violeta-azul flavononas, y sin coloración isoflavonas, chalconas y auronas (48).
- ✓ **Ensayo de Carr-Price (carotenos):** Se pesaron 5 mg de extracto y se disolvió en 1 mL de solvente usado en la extracción (éter de

petróleo y etanólico), y se adiciono 1 mL de reactivo de Carr-Price. Una coloración verde-azul, indica la presencia de carotenos (48).

- ✓ **Ensayo de Rosenheim (leucoantocianidinas):** Se pesaron 5 mg de extracto y se disolvió con una solución hidroalcohólica (agua: etanol 7:1), y se filtró, y el filtrado se pasó a un tubo de ensayo y se añadió 10 gotas de ácido clorhídrico concentrado, se mezcló y se cometió a calentamiento en baño maría hirviendo durante 10 a 15 minutos, se enfrió y se pasó a otro tubo de ensayo, y se añadió 0.4 mL de alcohol amílico, se mezcló y dejó reposar hasta la separación de fases. Si la fase inferior presenta un color carmesí oscuro al rosado débil se evidencia la presencia de leucoantocianidinas (48).
- ✓ **Ensayo de Kedde (glicósidos y cardiotónicos):** Se pesaron 5 mg de extracto y se disolvió en 2 mL de etanol, y se añadió 0,5 mL de reactivo de Kedde y se agitó. Si aparece una coloración rosa o azul-violeta demuestra la presencia de glicósidos y cardiotónicos. Nota: El color se forma rápidamente y desaparece en unos segundos, en ese sentido se tiene que estar atento al experimento (48).
- ✓ **Ensayo de acetato de magnesio (Antraquinonas hidroxiladas):** Se mezclaron 2 mg de extracto con 1 mL de metanol, y se añadió 1 gota de solución metanólica con ayuda de un capilar, la mezcla se añade sobre una tira de papel filtro y se deja evaporar el solvente, se pulveriza la muestra con una solución metanólica de acetato de magnesio al 0,5 % dejando secar a 90 °C. La aparición de un color violeta indica la presencia de quinonas, antraquinonas hidroxiladas (48).
- ✓ **Ensayo de catequinas:** Fueron pesados 2 mg de extracto, y se diluyó en 2 mL de etanol, se tomó una gota de la dilución con la ayuda de un capilar y se aplicó en un papel filtro, y se añadió una solución de carbonato de sodio. Una mancha verde carmelita a la luz UV, indica la presencia de catequinas (48).
- ✓ **Ensayo de cumarinas fijas:** Se pesaron 2 mg de extracto y se diluyo en 2 mL de etanol, y se añadió 2 gotas separadas en un papel filtro, a

una de las gotas se le añade una gota de hidróxido de potasio y se llevó a la luz UV. Si el punto donde se añadió el hidróxido de potasio presenta fluorescencia azul, amarilla, verde o púrpura evidencia la presencia de cumarinas fijas (48).

- ✓ **Ensayo de Cloruro férrico (fenoles y taninos):** Se pesaron 2 mg de extracto y se diluyó en 2 mL de etanol, y se añadió 0,5 mL de una solución de cloruro férrico al 5 % en solución salina al 85 %. La presencia de un precipitado de color verde, rojo o pardo indica la presencia de fenoles, y un precipitado azul la presencia de taninos hidrolizables, y un color verde oscuro o negro indica la presencia de taninos condensados (48).

3.3.3.3 Evaluación de la actividad antibacteriana

El procedimiento se llevó a cabo, teniendo en cuenta el manual de procedimientos para pruebas de sensibilidad de antibióticos frente a cepas bacterianas, utilizando el método de difusión en disco (29), el cual se describe de la siguiente manera:

- ✓ **Activación de las cepas bacterianas**

Se emplearon cepas de referencia gram (+) de *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923), *Enterococcus faecalis* (ATCC 29212), y *Enterococcus hirae* (ATCC 10541). Y cepas gram (-) de *Escherichia coli* (ATCC 25922) y *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 15442). Microbiologics proporcionó la cepa liofilizada de *Salmonella Typhimurium* (ATCC 14028) en viales, mientras que las otras cepas fueron cultivos congelados del Centro de Investigación de Enfermedades Tropicales "Maxime Kuczynski" (CIETROP) del Instituto Nacional de Salud de Iquitos. Con respecto a los viales de *Salmonella typhimurium* (ATCC 14028), este se dejó alcanzar la temperatura ambiente, luego se rompió el vial y se abrió la ampolla justo por debajo del menisco para liberar el líquido hidratante, mediante suaves golpes en sentido vertical para que el líquido llegue al pellet del fondo. Homogeneizamos el pellet pellizcándolo en el líquido. El hisopo se empapó en el líquido homogeneizado y se inyectó en un tercio de una placa Petri con un cultivo primario de agar de soja tripticasa (TSA). Para facilitar la formación

de colonias, se formaron estrías longitudinales con un asa bacteriológica. Las placas invertidas se incubaron en aerobiosis a 35 °C durante 18-24 horas. Todos los pasos deben realizarse en los 30 minutos siguientes a la hidratación de los viales (29).

Con respecto a las cepas congeladas otorgadas por el CIETROP, se realizaron subcultivos en agar y caldo TSA, y se dejó incubar durante 18 a 24 horas por 35-37 °C. A partir de aquí se volvió a sembrar con las mismas condiciones, para trabajar la actividad antimicrobiana, y siguiendo el mismo paso para todas las cepas bacterianas (29).

✓ **Dilución de extractos**

Se pesaron 0,50, 0,45, 0,40, 0,35, 0,30, 0,25, 0,20, 0,15, 0,10, 0,05, 0,025, 0,0125 g de cada extracto en microtubos Eppendorf estériles y se diluyo en 0,5 ml de dimetilsulfóxido (DMSO) estéril (el DMSO fue esterilizado utilizando rayos UV de la cabina de flujo laminar) llegando a concentraciones de 1000, 900, 800, 700, 600, 500, 400, 300, 200, 100, 50, 25 mg/mL de extracto por cada tubo respectivamente, con la ayuda de un vórtex se homogeneizó hasta diluir por completo los extractos (29).

✓ **Preparación de discos impregnados con los extractos**

Con la ayuda de un perforador se formaron los discos de papel Whatman N° 5, los cuales fueron acomodados en placas petri en cantidad de 20 unidades por cada placa, luego las placas con los discos fueron envueltos con papel de Kraft, y llevados a la estufa marca memmert (Alemania) a 180 °C por 2 horas para su esterilización (29).

Posterior a la esterilización de los discos, estos fueron impregnados con 20 microlitros de extracto diluido, llegando a concentraciones de 20, 18, 16, 14, 12, 10, 8, 6, 4, 2, 1, 0,5 µg/mL de extracto respectivamente (29).

✓ **Preparación de controles**

Con respecto a los controles positivos, el Laboratorio de Microbiología de Alimentos de la FIA-UNAP, nos facilitó lo discos comerciales de antibióticos gentamicina (10 µg) y ciprofloxacino (5 µg). Para el control negativo se

impregnaron discos estériles de papel Whatman N° 5, con la solución de DMSO (29).

✓ **Preparación del inóculo**

Colonias aisladas en agar TSA de las bacterias en estudio, fueron purificadas en agar Muller Hinton, posteriormente se seleccionaron 3 a 4 colonias, y con la ayuda de un asa bacteriológica estas fueron transferidas a un tubo de ensayo que contenía en su interior aproximadamente 5 mL de una solución de cloruro de sodio al 0,9 %, el procedimiento se realizó hasta alcanzar la turbidez de la escala 0,5 de McFarland, lo que indica que hay 1×10^8 UFC/mL, la comparación se realizó visualizando en un ambiente con luz clara (29) (Ver anexo 9).

✓ **Inoculación de las placas de agar Muller Hinton**

Una vez que obtenido el inóculo y ajustado a la turbidez de la escala 0,5 de McFarland, con la ayuda de un hisopo estéril, se sumergió el hisopo en la suspensión, y se procedió a inocular la placa con el agar Muller Hinton, realizando estrías de izquierda a derecha, de arriba abajo, asegurando que el inóculo bacteriano se distribuya por toda la placa; se dejó secar la placa a temperatura ambiente por aproximadamente 5 minutos (29).

✓ **Aplicación de los discos**

Tras inocular placas de agar Muller Hinton con las cepas bacterianas, se aplicaron discos conteniendo los extractos a evaluar (Ver anexo 10). Utilizando pinzas estériles o una aguja, se colocó cuidadosamente cada disco en la superficie de agar para garantizar un contacto perfecto.

Para la OMS, el diámetro de los discos debe ser de 6 mm, y deben estar distribuidos uniformemente a una distancia mínima de 25 mm, evitando de esta manera la superposición de las zonas de inhibición. El mismo procedimiento se realizó para aplicar los discos de los controles (29).

✓ **Incubación**

Aplicado los discos en las placas con el agar Muller Hinton, estas fueron invertidas e incubadas a una temperatura de 35 °C por 18-24 horas (29).

✓ **Lectura e interpretación de los resultados**

Pasado el periodo de incubación con la ayuda de una regla vernier se procedió a medir los diámetros de las zonas de inhibición (incluyendo el diámetro del disco). La lectura se realizó utilizando un contador de colonias con fondo negro, ubicando el equipo en una zona con buena iluminación (29) (Ver anexo 11).

3.4 Procesamiento y análisis de datos

Una vez recolectado los datos estos fueron tabulados y procesados en el programa de Microsoft Excel, donde se aplicó una estadística descriptiva, creando tablas y gráficos de barras.

3.5 Aspectos éticos

No aplicó.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Rendimiento de extracción

Con respecto a la extracción utilizando etanol como solvente tanto el extracto de la hoja como de la corteza reporto mayor rendimiento con valores de 28,8% para la corteza y 23,20 % para la hoja respectivamente. La extracción con éter de petróleo mostro valores de 2,60 % para la corteza y 9,10% para la hoja. Ver tabla 3.

Tabla 3: Rendimiento de extracción de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba)

Extracto	Masa de muestra seca	Cantidad extracto	Porcentaje rendimiento
Extracto corteza (Éter de petróleo)	1000 g	26 g	2,60 %
Extracto hoja (Éter de petróleo)	1000 g	91 g	9,10 %
Extracto corteza (Etanol)	1000 g	288 g	28,80 %
Extracto hoja (Etanol)	1000 g	232 g	23,20 %

4.2 Tamizaje fitoquímico de extractos de éter de petróleo de la hoja y corteza de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba)

En la tabla 4, se muestra el tamizaje fitoquímico del extracto éter de petróleo de la hoja y corteza de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba), donde la presencia de triterpenos y esteroides es abundante (+++), también se encontró caroteno, fenoles, taninos y azúcares reductores en una leve (+) concentración para el extracto de la hoja. Con respecto al extracto de la corteza se evidencio triterpenos y esteroides en moderada concentración (++), así como la presencia de carotenos y azúcares reductores en concentración leve (+).

Con respecto al extracto etanólico de la corteza de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba), presenta abundante (+++) concentración de triterpenos y esteroides, así como de flavonoides y leucoantocianidina. También tiene una moderada concentración de fenoles, taninos, lactonas, azúcares reductores y cumarinas, se encontró carotenos, saponinas y catequinas en concentración leve (+). Por otra parte, el extracto de la hoja de *S. polyphylla* D.C (cumaceba) evidenció abundante (+++) presencia de flavonoides, quinonas, y lactonas, Una moderada (++) presencia de naftoquinonas, leucoantocianidinas, fenoles, taninos, azúcares reductores, cumarinas y catequinas.

Tabla 4: Marcha fitoquímica de los extractos éter de petróleo y etanólico de hoja y corteza de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba)

Compuesto	Extracto éter de petróleo		Extracto etanólico	
	Hojas	Corteza	Hojas	Corteza
Alcaloides	D	-	-	-
	W	-	-	-
	M	-	-	-
	H	-	-	-
	V-M	-	-	-
	CCF	-	-	(+)
Triterpenos y Esteroides	(+++)	(++)	-	(+++)
Antraquinonas Hidroxiladas	-	-	-	-
Naftoquinonas y Antraquinona	-	-	(++)	-
Flavonoides	-	-	(+++)	(+++)
Quinonas	-	-	(+++)	-
Leucoantocianidina	-	-	(++)	(+++)
Caroteno	(+)	(+)	-	(+)
Glicósidos y Cardiotónicos	-	-	(+)	-
Fenoles y Taninos	(+)	-	(++)	(++)
Compuestos Grasos	-	-	(+)	-
Aminoácidos y Aminas	-	-	-	-
Saponinas	-	-	-	(+)
Lactonas	-	-	(+++)	(++)
Azúcares Reductores	(+)	(+)	(++)	(++)
Cumarinas Fijas	-	-	(++)	(++)
Catequinas	-	-	(++)	(+)

(+++): Abundante; (++) Moderado; (+): Leve; -: Ausente

4.2 Actividad antibacteriana de extractos de *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba)

4.2.1 Extracto de éter de petróleo

4.2.1.1 Hoja

La tabla 5 y 6 muestran los resultados de la evaluación de la actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la hoja de cumaceba, donde los 6 microorganismos puestos a prueba reportaron resistencia al extracto en estudio.

Tabla 5: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la hoja *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "A"		CONCENTRACIÓN "B"		CONCENTRACIÓN "C"		CONCENTRACIÓN "D"		CONCENTRACIÓN "E"		CONCENTRACIÓN "F"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	1000 mg/mL		900 mg/mL		800 mg/mL		700 mg/mL		600 mg/mL		500 mg/mL		5 µg		10 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	6,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible										
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	10,8±0,4	Resistente	9,6±0,1	Resistente	9,0±0,3	Resistente	8,7±0,0	Resistente	7,5±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	7,7±0,4	Resistente	7,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	6,0±0,0	Resistente	6,0±0,0	Resistente	6,0±0,0	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	8,3±0,7	Resistente	8,0±0,0	Resistente	7,7±0,4	Resistente	7,3±0,3	Resistente	7,0±0,1	Resistente	6,0±0,0	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	6,0±0,1	Resistente	6,0±0,0	Resistente	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible								
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	6,0±0,1	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible										

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

Tabla 6: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la hoja *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "G"		CONCENTRACIÓN "H"		CONCENTRACIÓN "I"		CONCENTRACIÓN "J"		CONCENTRACIÓN "K"		CONCENTRACIÓN "L"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	400 mg/mL		300 mg/mL		200 mg/mL		100 mg/mL		50 mg/mL		25 mg/mL		5 µg		10 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	6,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible										
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	7,0±0,4	Resistente	7,0±0,1	Resistente	7,0±0,1	Resistente	7,0±0,4	Resistente	7,0±0,3	Resistente	7,0±0,4	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	6,0±0,1	Resistente	6,0±0,0	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible								
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	6,0±0,0	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible										
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	6,0±0,0	Resistente	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible										
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	6,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible										

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

4.2.1.2 Corteza

De la evaluación de la actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la corteza de cumaceba, la Tabla 7 y 8 muestran que, todos los microorganismos reportaron resistencia al extracto en estudio.

Tabla 7: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la corteza *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "A"		CONCENTRACIÓN "B"		CONCENTRACIÓN "C"		CONCENTRACIÓN "D"		CONCENTRACIÓN "E"		CONCENTRACIÓN "F"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	1000 mg/mL		900 mg/mL		800 mg/mL		700 mg/mL		600 mg/mL		500 mg/mL		5 µg		10 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa ATCC 15442</i>	7,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible										
<i>Staphylococcus aureus ATCC 25923</i>	7,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible										
<i>Escherichia coli ATCC 25922</i>	7,0±0,0	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible										
<i>Enterococcus faecalis ATCC 29212</i>	6,0±0,0	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible										
<i>Enterococcus hirae ATCC 10541</i>	6,0±0,0	Resistente	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible										
<i>Salmonella typhimurium ATCC 14028</i>	7,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible										

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

Tabla 8: Actividad antibacteriana del extracto de éter de petróleo de la corteza *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "G"		CONCENTRACIÓN "H"		CONCENTRACIÓN "I"		CONCENTRACIÓN "J"		CONCENTRACIÓN "K"		CONCENTRACIÓN "L"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	400 mg/mL		300 mg/mL		200 mg/mL		100 mg/mL		50 mg/mL		25 mg/mL		5 µg		10 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	7,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible										
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	7,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible										
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	7,0±0,0	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible										
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	6,0±0,0	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible										
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	6,0±0,0	Resistente	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible										
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	7,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible										

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

4.2.1 Extracto etanólico

4.2.1.1 Hoja

La Tabla 9 y 10 muestran los halos de inhibición de los discos a diferentes concentraciones de extracto etanólico de la hoja de *Swartzia polyphylla*, donde *Enterococcus hirae*, mostro halos de inhibición Intermedio en las concentraciones desde la "A" hasta la "I", con halos de inhibición en rango de $14,7\pm 0,1$ $13,0\pm 0,0$ mm. Con respecto a *Staphylococcus aureus*, se observa actividad antibacteriana sensible a concentración "A" (1000 mg/mL), e intermedio hasta la concentración "D" (700 mg/mL), con halos de inhibición de $15,1\pm 0,1$, $14,8\pm 0,2$, $14,3\pm 0,2$, y $13,7\pm 0,1$ mm respectivamente. Asimismo, se observa que *Escherichia coli* tiene actividad intermedia en las concentraciones "A y B" (1000 y 900 mg/mL) con halos de inhibición de $12,8\pm 0,2$ mm.

Tabla 9: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la hoja *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "A"		CONCENTRACIÓN "B"		CONCENTRACIÓN "C"		CONCENTRACIÓN "D"		CONCENTRACIÓN "E"		CONCENTRACIÓN "F"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	1000 mg/mL		900 mg/mL		800 mg/mL		700 mg/mL		600 mg/mL		500 mg/mL		5 µg		10 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	6,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible										
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	15,1±0,1	Sensible	14,8±0,2	Intermedio	14,3±0,2	Intermedio	13,7±0,1	Intermedio	12,0±0,1	Resistente	12,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	12,8±0,2	Intermedio	12,8±0,1	Intermedio	12,5±0,1	Resistente	10,0±0,1	Resistente	10,0±0,1	Resistente	10,5±0,1	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	7,0±0,0	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible										
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	14,7±0,1	Intermedio	14,7±0,1	Intermedio	14,7±0,1	Intermedio	14,0±0,1	Intermedio	14,0±0,1	Intermedio	13,8±0,1	Intermedio	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	6,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible										

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

Tabla 10: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la hoja *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "G"		CONCENTRACIÓN "H"		CONCENTRACIÓN "I"		CONCENTRACIÓN "J"		CONCENTRACIÓN "K"		CONCENTRACIÓN "L"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	400 mg/mL		300 mg/mL		200 mg/mL		100 mg/mL		50 mg/mL		25 mg/mL		5 µg		10 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	6,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible										
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	9,0 ± 0,1	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible										
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	9,0±0,0	Resistente	9,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	7,0±0,0	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible										
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	13,0±0,1	Intermedio	13,0±0,0	Intermedio	13,0±0,0	Intermedio	12,5±0,0	Resistente	12,3±0,2	Resistente	12,3±0,1	Resistente	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	6,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible										

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

4.3.2.2 Corteza

La tabla 11 y 12 muestran los resultados de la evaluación de la actividad antibacteriana del extracto etanólico de la corteza de cumaceba, donde de los microorganismos puestos a prueba, *Enterococcus hirae* mostro halos de inhibición en el rango de $15,7\pm 0,2$ mm a $12,0\pm 0,1$ mm reportando actividad sensible, intermedio y resistente a la acción del extracto etanólico de la hoja de *Swartzia polyphylla*. Asimismo, *Staphylococcus aureus* mostro halos de inhibición Intermedio en las concentraciones desde la "A" hasta la "E" en un rango de $14,7\pm 0,4$ mm a $13,0\pm 0,0$ mm. También se observa que *Escherichia coli* en la concentración "A y B" evidenció una actividad intermedia, con rango de halos de inhibición de $13,3\pm 0,2$ mm a $13,0\pm 0,0$ mm. *Enterococcus faecalis* mostro una actividad intermedia en la concentración "A" con halo de inhibición de $13,0\pm 0,1$ mm.

Tabla 11: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la corteza *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "A"		CONCENTRACIÓN "B"		CONCENTRACIÓN "C"		CONCENTRACIÓN "D"		CONCENTRACIÓN "E"		CONCENTRACIÓN "F"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	1000 mg/mL		900 mg/mL		800 mg/mL		700 mg/mL		600 mg/mL		500 mg/mL		5 µg		5 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	11,0±0,2	Resistente	11,0±0,0	Resistente	10,8±0,4	Resistente	10,5±0,0	Resistente	10,0±0,0	Resistente	10,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	14,7±0,4	Intermedio	14,0±0,1	Intermedio	14,0±0,0	Intermedio	13,6±0,1	Intermedio	13,0±0,0	Intermedio	12,5±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	13,3±0,2	Intermedio	13,0±0,1	Intermedio	12,3±0,1	Resistente	11,0±0,1	Resistente	10,7±0,1	Resistente	10,5±0,1	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	13,0±0,1	Intermedio	12,5 ± 0,1	Resistente	12,0±0,1	Resistente	12,0±0,1	Resistente	11,7±0,0	Resistente	11,5±0,1	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	15,7±0,2	Sensible	15,2±0,1	Sensible	14,6 ± 0,1	Intermedio	14,0±0,1	Intermedio	13,7±0,1	Intermedio	13,4±0,1	Intermedio	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	10,0±0,2	Resistente	10,0±0,2	Resistente	10,0±0,2	Resistente	10,0±0,2	Resistente	9,0±0,0	Resistente	9,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

Tabla 12: Actividad antibacteriana del extracto etanólico de la corteza *Swartzia polyphylla* D.C (cumaceba) frente a cepas bacterianas.

BACTERIA	CONCENTRACIÓN "G"		CONCENTRACIÓN "H"		CONCENTRACIÓN "I"		CONCENTRACIÓN "J"		CONCENTRACIÓN "K"		CONCENTRACIÓN "L"		CIPROFLOXACINO		GENTAMICINA	
	1000 mg/mL		900 mg/mL		800 mg/mL		700 mg/mL		600 mg/mL		500 mg/mL		5 µg		5 µg	
	mm	Resultado	mm	Resultado	mm	Resultado										
<i>Pseudomonas aeruginosa</i> ATCC 15442	9,0±0,1	Resistente	9,0±0,0	Resistente	8,3±0,4	Resistente	6,0±0,0	Resistente	6,0±0,0	Resistente	6,0±0,0	Resistente	31,0±0,4	Sensible	22,0±0,2	Sensible
<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	12,0 ± 0,1	Resistente	12,0±0,0	Resistente	11,0±0,10	Resistente	10,7±0,0	Resistente	10,0±0,0	Resistente	9,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	10,0±0,1	Resistente	10,0±0,0	Resistente	10,0±0,0	Resistente	9,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	35,0±0,0	Sensible	23,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus faecalis</i> ATCC 29212	11,0±0,1	Resistente	10,0 ± 0,1	Resistente	9,3±0,2	Resistente	9,0±0,1	Resistente	8,0±0,0	Resistente	7,0±0,0	Resistente	32,0±0,1	Sensible	21,0±0,0	Sensible
<i>Enterococcus hirae</i> ATCC 10541	13,4±0,1	Intermedio	13,0±0,0	Intermedio	13,0±0,0	Intermedio	13,0±0,0	Intermedio	12,3±0,2	Resistente	12,0±0,1	Resistente	34,0±0,0	Sensible	23,0±0,1	Sensible
<i>Salmonella typhimurium</i> ATCC 14028	9,0±0,1	Resistente	9,0±0,0	Resistente	34,0±0,1	Sensible	23,0±0,1	Sensible								

* Esquema de los Diámetros de la Zona de Inhibición:

Resistente: < 12 mm

Intermedio: 13 a 14 mm

Sensible: > 15 mm

Fuente: Instituto Nacional de Salud, Ministerio de Salud del Perú. 2002. "Manual de Procedimientos para la Prueba de Sensibilidad Antimicrobiana por el método de Disco Difusión"

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Hoy en día, un número cada vez mayor de agentes infecciosos se están volviendo más resistentes a los compuestos antimicrobianos comerciales. La necesidad de desarrollar nuevos fármacos requiere estrategias variadas, entre ellas, la bioprospección de metabolitos secundarios producidos por plantas medicinales, aprovechando la extensa biodiversidad amazónica, escasamente explorada, brindaría innumerables oportunidades para encontrar especies de plantas potencialmente secretoras de metabolitos, exhibiendo actividad antimicrobiana, entre otras propiedades medicinales (49). La presente investigación evaluó la actividad antibacteriana *in vitro* de los extractos de éter de petróleo y etanólico de la corteza y hoja de *Swartzia polyphylla* (cumaceba) por un método de sensibilidad.

Los extractos de éter de petróleo no mostraron halos de inhibición en la hoja ni en la corteza. En contraste, los extractos etanólicos de la hoja evidenciaron actividad antibacteriana contra *Enterococcus hirae*, presentando halos de inhibición en un rango de $14,7 \pm 0,1$ a $13,0 \pm 0,0$ mm, en concentraciones desde la "A" hasta la "I", lo que indica una sensibilidad intermedia. *Staphylococcus aureus* mostró sensibilidad a la concentración "A" (1000 mg/ml) y sensibilidad intermedia hasta la concentración "D" (700 mg/mL), con halos de inhibición de $15,1 \pm 0,1$, $14,8 \pm 0,2$, $14,3 \pm 0,2$ y $13,7 \pm 0,1$ mm, respectivamente. Por su parte, *Escherichia coli* presentó una sensibilidad intermedia en las concentraciones "A" y "B" (1000 y 900 mg/mL) con halos de inhibición de $12,8 \pm 0,2$ mm.

De la evaluación del extracto etanólico de la corteza, *Enterococcus hirae* mostro halos de inhibición en el rango de $15,7 \pm 0,2$ mm a $12,0 \pm 0,1$ mm reportando actividad sensible, intermedio y resistente. Asimismo *Staphylococcus aureus* mostro halos de inhibición Intermedio en las concentraciones desde la "A" hasta la "E" en un rango de $14,7 \pm 0,4$ mm a $13,0 \pm 0,0$ mm. *Escherichia coli* en la concentración "A y B" evidenció una actividad intermedia, con rango de halos de inhibición de $13,3 \pm 0,2$ mm a $13,0 \pm 0,0$ mm. *Enterococcus faecalis* mostro una actividad intermedia en la concentración "A" con halo de inhibición de $13,0 \pm 0,1$ mm. *Salmonella typhimurium* mostro resistencia al extracto tanto de la hoja como de la corteza. Un estudio evaluó la actividad antifúngica de *Swartzia polyphylla* mostró un

efecto en la disminución del crecimiento micelial y esporulación de *C. guaranicola*, *C. cassicola*, *F. oxysporum* y *S. rolfsii* (9).

También existe una investigación (50), donde se estudió la capacidad larvicida, antibacteriana y antifúngica de la corteza de *S. polyphylla* DC, reportando resultados, que el extracto de la corteza de *S. polyphylla*, tiene una poderosa acción antimicrobiana contra *Mycobacterium tuberculosis* resistente a múltiples fármacos, *asimismo* inhibió el crecimiento *in vitro* de los dermatofitos *T. mentagrophytes*, y fue activo contra las larvas del mosquito *Culex quinquefasciatus*. Los halos de inhibición evidenciados en los extractos etanólico de la hoja y la corteza de cumaceba, sería a causa de la presencia de flavonoides, quinonas, lactonas, así como de fenoles taninos, cumarina y catequinas. Otro estudio concluye que *S. polyphylla*, a través de sus polifenoles presentes, tiene un efecto directo contra *Streptococcus mutans* (10).

Por otro lado, los resultados son consistentes con un estudio (11) que reporta la presencia de compuestos con actividad antimicrobiana y larvicida en *Swartzia polyphylla*. La actividad observada contra *Staphylococcus aureus* y *Enterococcus hirae* podría estar relacionada con isoflavonoides, que han demostrado inhibir tanto bacterias Gram-positivas como Gram-negativas.

Otra investigación (13) también respalda estos hallazgos al destacar la eficacia de los isoflavonoides, como la biochanina A, presentes en la corteza de *Swartzia polyphylla* contra *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. La similitud de los resultados obtenidos en este estudio sugiere que compuestos similares podrían estar presentes en los extractos etanólicos utilizados.

Sin embargo, a diferencia de un estudio (7) , donde se observó actividad antibacteriana significativa en concentraciones más bajas, los halos de inhibición reportados en este estudio indican que las concentraciones requeridas para obtener una actividad antibacteriana efectiva son relativamente altas, lo que podría limitar su aplicabilidad clínica sin una posterior purificación o modificación de los extractos.

Los resultados sugieren que *Swartzia polyphylla* tiene un potencial como fuente de compuestos antibacterianos naturales, especialmente para infecciones causadas por bacterias Gram-positivas. No obstante, la variabilidad en la efectividad entre las diferentes cepas bacterianas y la resistencia observada en *Salmonella typhimurium* indican que se requiere una mayor investigación para identificar y aislar los compuestos específicos responsables de la actividad.

Además, es importante considerar que la actividad observada en estudios *in vitro* no siempre se traduce en eficacia *in vivo*, por lo que futuros estudios deberían centrarse en la evaluación de la seguridad y la biodisponibilidad de los extractos en modelos animales antes de avanzar hacia ensayos clínicos.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

- ✓ El tamizaje fitoquímico del extracto éter de petróleo de hoja de *Swartzia polyphylla*, evidencio la presencia de triterpenos y esteroides de forma abundante (+++), también se encontró caroteno, fenoles, taninos y azúcares reductores en una leve (+) concentración. Con respecto al extracto de la corteza se evidencio triterpenos y esteroides en moderada concentración (++), así como la presencia de carotenos y azúcares reductores en concentración leve (+). El extracto etanólico de la corteza de *Swartzia polyphylla*, presenta abundante (+++) concentración de triterpenos y esteroides, así como de flavonoides y leucoantocianidina. Asimismo, el extracto de la hoja de *Swartzia polyphylla* evidencio abundante (+++) presencia de flavonoides, quinonas, y lactonas, Una moderada (++) presencia de naftoquinonas, leucoantocianidinas, fenoles, taninos, azúcares reductores, cumarinas y catequinas.
- ✓ Los extractos de éter de petróleo tanto de la hoja como de la corteza de cumaceba evidenciaron, no tener alguna actividad antibacteriana.
- ✓ El extracto etanólico de la hoja de cumaceba, evidencio halos de inhibición frente a *Enterococcus hirae* en las concentraciones desde la "A" hasta la "I" con halos de inhibición en rango de $14,7 \pm 0,1$ – $13,0 \pm 0,0$ mm, teniendo la bacteria una sensibilidad intermedia. *Staphylococcus aureus* evidencio ser sensible al extracto a concentración "A" (1000 mg/mL), e intermedio desde la concentración "B" (900 mg/mL) hasta la concentración "D" (700 mg/mL), con halos de inhibición de $15,1 \pm 0,1$, $14,8 \pm 0,2$, $14,3 \pm 0,2$, y $13,7 \pm 0,1$ mm. *Escherichia coli* presento una sensibilidad intermedia en las concentraciones "A y B" (1000 y 900 mg/mL) con halos de inhibición de $12,8 \pm 0,2$.
- ✓ El extracto etanólico de la corteza de cumaceba, evidencio halos de inhibición frente a *Enterococcus hirae* en rango de $12,0 \pm 0,1$ a $15,7 \pm 0,2$ mm, lo que indica que la bacteria tiene una sensibilidad resistente, intermedia, y sensible respectivamente. Asimismo *Staphylococcus aureus* mostro halos de inhibición Intermedio en las

concentraciones desde la "A" hasta la "E" en un rango de $14,7\pm 0,4$ mm a $13,0\pm 0,0$ mm. *Escherichia coli* en la concentración "A y B" evidenció una actividad intermedia, con rango de halos de inhibición de $13,3\pm 0,2$ mm a $13,0\pm 0,0$ mm. *Enterococcus faecalis* mostro una actividad intermedia en la concentración "A" con halo de inhibición de $13,0\pm 0,1$ mm. *Salmonella typhimurium* mostro resistencia al extracto tanto de la hoja como de la corteza.

CAPÍTULO VII: RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar futuras investigaciones, que estudien otras partes de la planta, o la mezcla de diferentes partes, así como también, realizar la extracción de los compuestos activos utilizando otras metodologías.
- ✓ Realizar investigaciones, que impliquen determinar la actividad antibacteriana *in vivo*, utilizando por ejemplo ratones de laboratorio.
- ✓ Promover a los investigadores en el campo de estudio, seguir motivando a sus estudiantes en seguir investigando estas especies vegetales, buscando alternativas que brinden un valor agregado a nuestra inmensa cantidad de plantas silvestres medicinales que posee la amazonia.
- ✓ Estandarizar y/o buscar nuevos protocolos para determinar la actividad biológica de estas especies, adecuándose a las características de cada extracto.

CAPÍTULO VIII: FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Organización Mundial de la Salud (OMS). Resistencia a los antibióticos. Diagnóstico [Internet]. 2018 [cited 2019 Dec 16];57(2):91–3. Available from: <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/resistencia-a-los-antibióticos>
2. World Health Organization. Global Antimicrobial Resistance and Use Surveillance System (GLASS) Report 2022. World Health Organization. 2022;71.
3. World Health Organization. World Health Organization. 2022 [cited 2024 Mar 3]. Informe del sistema mundial de vigilancia del uso y la resistencia a los antimicrobianos (GLASS): 2022. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/9789240062702>
4. Antimicrobial resistance [Internet]. [cited 2024 Mar 3]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/antimicrobial-resistance>
5. García C. Actividad antibacteriana de extractos vegetales en cepas hospitalarias de *Staphylococcus aureus* con resistencia múltiple. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 2006. 1–101 p.
6. Beyra Á, León M del C, Iglesias E, Ferrándiz D, Herrera R, Volpato G, et al. Estudios etnobotánicos sobre plantas medicinales en la provincia de Camagüey (Cuba). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*. 2004;61(2):185–204.
7. Roumy V, Ruiz Macedo JC, Bonneau N, Samaillie J, Azaroual N, Encinas LA, et al. Plant therapy in the Peruvian Amazon (Loreto) in case of infectious diseases and its antimicrobial evaluation. *J Ethnopharmacol*. 2020 Mar 1;249.
8. Da Silva HP, De Abreu KMP, Borges FV, Vieira IJC, De Araujo MF. Chemical constituents from *Swartzia oblata* and antitumoral activity evaluation. *Revista Virtual de Química*. 2019;11(5):1433–43.
9. Bariani A, Gonçalves JF de C, Chevreuil LR, Cavallazzi JRP, de Souza LAG, Bentes JL da S, et al. Purificação parcial de inibidores de tripsina de sementes de *Caesalpinia ferrea* e *Swartzia polyphylla* e o efeito dos

- extratos protéicos sobre fungos fitopatogênicos. *Summa Phytopathol.* 2012;38(2):131–8.
10. Ferrazzano GF, Amato I, Ingenito A, Zarrelli A, Pinto G, Pollio A. Plant polyphenols and their anti-cariogenic properties: A review. *Molecules.* 2011;16(2):1486–507.
 11. Rojas R, Bustamante B, Ventosilla P, Fernández I, Caviedes L, Gilman RH, et al. Larvicidal, Antimycobacterial and Antifungal Compounds from the Bark of the Peruvian Plant *Swartzia polyphylla* DC. *Chem Pharm Bull (Tokyo).* 2006;54(2):278–9.
 12. DuBois JL, Sneden AT. Dihydrolicoisoflavone, a new isoflavanone from *swartzia polyphylla*. *J Nat Prod.* 1995;58(4):629–32.
 13. Osawa K, Yasuda H, Maruyama T, Morita H, Takeya K, Itokawa H. Isoflavonones from the heartwood of *Swartzia polyphylla* and their antibacterial activity against cariogenic bacteria. *Chem Pharm Bull.* 1992;40(11):1–5.
 14. Mejia KER. *Plantas Medicinales de Uso Popular en la Amazonia Peruana.* Agencia española de cooperación Internacional (AECI) y el Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP) en el marco del Proyecto Araucaria Amazonas Nauta. 2000; Segunda Ed (9972-614.00.5):286.
 15. Herbs R. Cumaceba - *Swartzia polyphylla* Archivo de base de datos en la base de datos de plantas tropicales de remedios herbales [Internet]. [cited 2019 Dec 18]. Available from: <http://www.rain-tree.com/cumaseba.htm>
 16. Shaikh JR, Patil M. Qualitative tests for preliminary phytochemical screening: An overview. *Int J Chem Stud.* 2020 Mar 1;8(2):603–8.
 17. Bhatia M, Vishwavidyalya RD. Secondary Metabolites of Plants and their Role Overview [Internet]. Vol. 9, *Current Trends in Biotechnology and Pharmacy.* Online; 2015. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/325510295>
 18. *Naturalproducts-secondarymetabolites.*

19. Thimmappa R, Geisler K, Louveau T, O'Maille P, Osbourn A. Triterpene biosynthesis in plants. Vol. 65, Annual Review of Plant Biology. Annual Reviews Inc.; 2014. p. 225–57.
20. Augustin JM, Kuzina V, Andersen SB, Bak S. Molecular activities, biosynthesis and evolution of triterpenoid saponins. Vol. 72, Phytochemistry. 2011. p. 435–57.
21. Hasnat H, Shompa SA, Islam MM, Alam S, Richi FT, Emon NU, et al. Flavonoids: A treasure house of prospective pharmacological potentials. Vol. 10, Heliyon. Elsevier Ltd; 2024.
22. Ahmad S, Khan Z, Mehdi S. Flavonoids: The Future of Natural Remedies. Int J Pharm Sci Rev Res. 2024 Jan;84(1).
23. Al Mamari HH. Phenolic Compounds: Classification, Chemistry, and Updated Techniques of Analysis and Synthesis [Internet]. Available from: www.intechopen.com
24. Hussain K, Lone SM, Masoodi KZ, Balkhi SM. Chapter 12 - Phenolics. In: Hussain K, Lone SM, Masoodi KZ, Balkhi SM, editors. Techniques for Biochemical Analysis [Internet]. Academic Press; 2024. p. 117–25. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780443159145000120>
25. Iqbal N, Poór P. Plant Protection by Tannins Depends on Defence-Related Phytohormones. J Plant Growth Regul. 2024;
26. Desai S, Kaur H. Saponins and their biological activities [Internet]. Vol. 41, Pharma Times. 2009. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/288126191>
27. Jain PK, Joshi H. Coumarin: Chemical and pharmacological profile. J Appl Pharm Sci. 2012 Jun;2(6):236–40.
28. Fan FY, Sang LX, Jiang M, McPhee DJ. Catechins and their therapeutic benefits to inflammatory bowel disease. Vol. 22, Molecules. MDPI AG; 2017.
29. Ministerio de Salud del Perú, Instituto Nacional de Salud. Manual de procedimientos para la prueba de sensibilidad antimicrobiana por el método de disco difusión. 2002. 67 p.

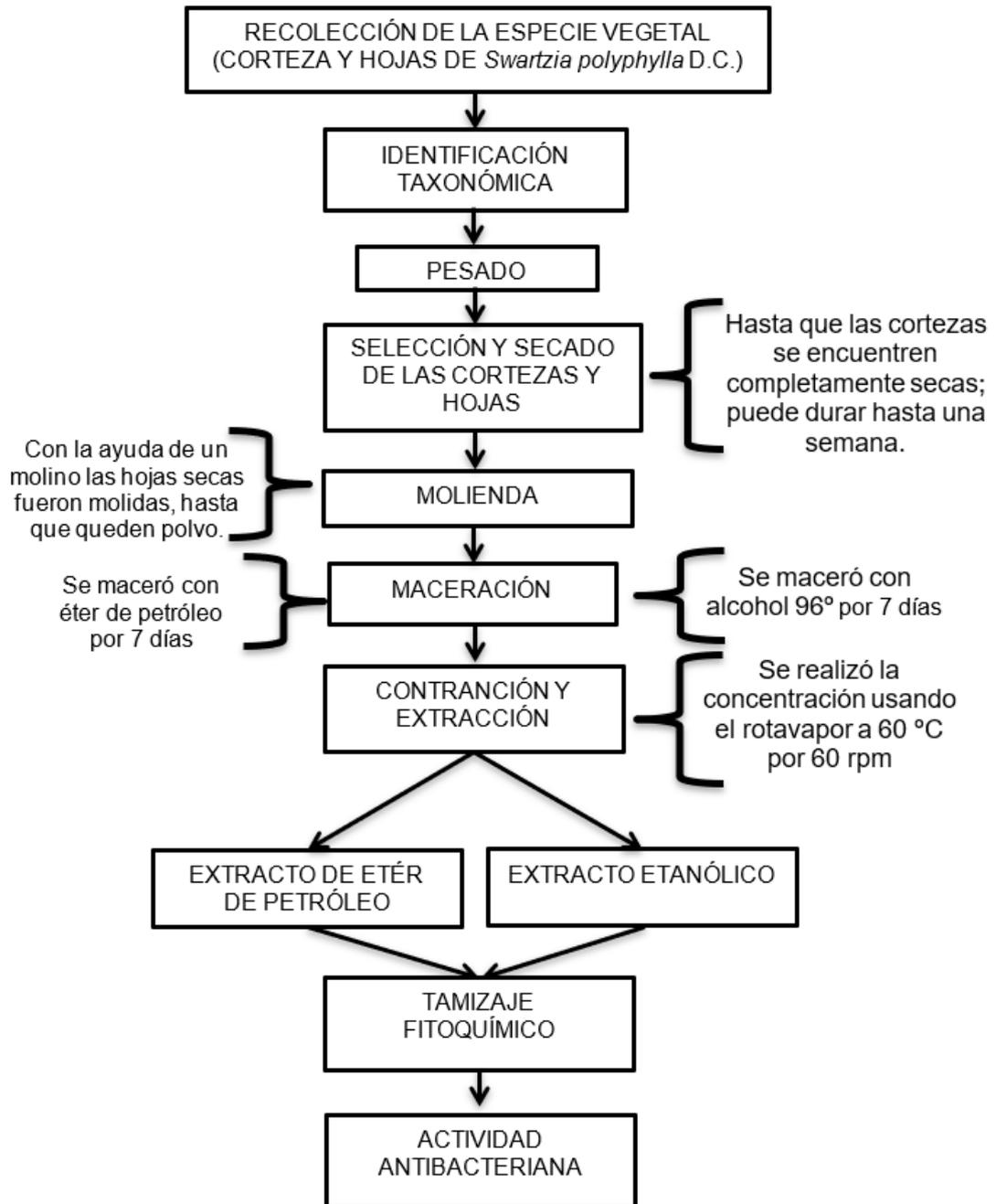
30. Cabrera CE, Gómez RF, Zúñiga AE. Resistance to bacterial antibiotics, antiseptics and disinfectants a manifestation of the survival and adaptation mechanisms. *Colomb Med.* 2007;38(2):149–58.
31. United Nations Environment Programme. Environmental Dimensions of Antimicrobial Resistance Summary for Policymakers [Internet]. 2022. Available from: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38373/antimicrobial_R.pdf.
32. Quino Sifuentes W, Alvarado Guerrero JI. La resistencia antimicrobiana en Perú: un problema de salud pública. *Revista de Investigación Científica y Tecnológica.* 2021;02(03):1–9.
33. Ministerio de Salud del Perú. Plan Nacional para enfrentar la resistencia a los antimicrobianos. Plan Nacional Del Peru [Internet]. 2017;1–96. Available from: <http://www.digemid.minsa.gob.pe/UpLoad/UpLoaded/PDF/Acceso/URM/GestionURMTrabSalud/ReunionTecnica/VIII/Dia2/Antimicrobianos/PlanNacionalATM-2017-2021.pdf>
34. Ríos Sanca PA. Extremo Drogo-Resistencia Bacteriana En Pacientes Con Sospecha De Infecciones Asociadas a La Atención En Salud (laas) De Dos Hospitales De Iquitos, Perú. Vol. 6. Universidad Peruana Cayetano Heredia; 2016.
35. Thomas P. L, Monique R. B. *Pseudomonas aeruginosa*. In: *Multidrug-Resistant Gram-Negative Infections.* 2019. p. 1–21.
36. Diggle SP, Whiteley M. Microbe profile: *Pseudomonas aeruginosa*: Opportunistic pathogen and lab rat. *Microbiology (United Kingdom).* 2020;166(1):30–3.
37. Estrella Cervantes Garcia; Rafael Garcia Gonzales; Paz maria Salazar Schettino. Características generales del *Staphylococcus aureus*. *Revista latinoamericana de patología clínica.* 2014;11(4):13.
38. Rodríguez-Angeles MG. Principales características y diagnóstico de los grupos patógenos de *Escherichia coli*. *Salud Publica Mex.* 2002;44(5):464–75.

39. Abranches J, Tijerina P, Avilés-Reyes A, Gaca AO, Kajfasz JK, Lemos JA. The Cell Wall-Targeting Antibiotic Stimulon of *Enterococcus faecalis*. *PLoS One*. 2013 Jun 3;8(6).
40. Yoon S, Lee YJ. Molecular characteristics of *enterococcus faecalis* and *enterococcus faecium* from bulk tank milk in Korea. *Animals*. 2021 Mar 1;11(3):1–9.
41. Nakamura T, Ishikawa K, Matsuo T, Kawai F, Uehara Y, Mori N. *Enterococcus hirae* bacteremia associated with acute pyelonephritis in a patient with alcoholic cirrhosis: a case report and literature review. *BMC Infect Dis*. 2021 Dec 1;21(1).
42. Dar MA, Ahmad SM, Bhat SA, Ahmed R, Urwat U, Mumtaz PT, et al. *Salmonella typhimurium* in poultry: A review. *Worlds Poult Sci J*. 2017 Mar 2;73(2):345–54.
43. Ramirez LS, Marin Castaño D. Metodologías para evaluar in vitro la actividad antibacteriana de compuestos de origen vegetal Methodologies for evaluating the In vitro antibacterial activity of natural compounds of plant origin. *Scientia et Technica*. 2009;(42):263–8.
44. Hudzicki J. Kirby-Bauer Disk Diffusion Susceptibility Test Protocol Author Information. American Society For Microbiology [Internet]. 2012;(December 2009):1–13. Available from: <https://www.asm.org/Protocols/Kirby-Bauer-Disk-Diffusion-Susceptibility-Test-Pro>
45. Look O. Investigación Fitoquímica. Métodos en el Estudio de Productos Naturales [Internet]. 3ra edición. Pontificia Universidad Católica del Perú, editor. Lima, Perú: Departamento de académico de ciencias; 2016. 288 p. Available from: http://190.187.240.212/anc_j28.1/index.php/anc_j28.1/index.php?Itemid=28&catid=61&id=333%3A3ra-edicion-del-libro-investigacion-fitoquimica-metodos-en-el-estudio-de-productos-naturales-de-a-t-dra-olga-lock&option=com_content&view=article
46. Kuklinski C. Farmacognosia: estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural. Barcelona: Omega; 2000. 504 p.

47. Gonzales Villa AA. Obtención de aceites esenciales y extractos etanólicos de plantas del Amazonas. Universidad Nacional de Colombia; 2004.
48. Chhabra SC, Uiso FC, Mshiu EN. Phytochemical screening of Tanzanian medicinal plants. I. Vol. 11, Journal of Ethnopharmacology. 1984.
49. Oliveira AA, Segovia JF, Sousa VY, Mata EC, Gonçalves MC, Bezerra RM, et al. Antimicrobial activity of amazonian medicinal plants [Internet]. 2013. Available from: <http://www.springerplus.com/content/2/1/371>
50. Rojas R, Bustamante B, Ventosilla P, Fernández I, Caviedes L, Gilman RH, et al. Larvicidal, antimycobacterial and antifungal compounds from the bark of the peruvian plant *Swartzia polyphylla* DC. Chem Pharm Bull (Tokyo). 2006;54(2):278–9.

ANEXOS

Anexo 1. Flujograma del proceso experimental para la obtención del extracto etanólico y de éter de petróleo y la actividad antibacteriana de *S. polyphylla* D.C.



Anexo 2. Constancia de descripción botánica



UNAP

Centro de Investigación de
Recursos Naturales
Herbarium Amazonense — AMAZ

INSTITUCIÓN CIENTÍFICA NACIONAL DEPOSITARIA DE MATERIAL BIOLÓGICO
CÓDIGO DE AUTORIZACIÓN AUT-ICND-2017-005

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN BOTÁNICA n.º 004-2023 AMAZ-UNAP

El Coordinador del Herbarium Amazonense (AMAZ) del Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRNA), de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana.

HACE CONSTAR:

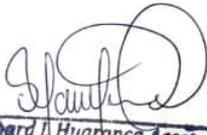
Que, la muestra botánica presentada por **GILMAR SALDAÑA CASTERNOQUE** y **TONY JOSIP TAPULLIMA OYARCE**, bachilleres de la **Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica** de la **Facultad de Farmacia y Bioquímica** de la **Universidad Nacional de la Amazonía Peruana** pertenece al proyecto de tesis de pre grado titulado **“ACTIVIDAD ANTIBACTERIANA *in vitro* DE LOS EXTRACTOS DE CORTEZA Y HOJA DE *Swartzia polyphylla* D.C. (cumaceba) POR MÉTODO DE SENSIBILIDAD”**; ha sido **DETERMINADA** en este centro de investigación y enseñanza **Herbarium Amazonense-AMAZ-CIRNA-UNAP**, como se indica a continuación:

Nº	FAMILIA	ESPECIE	AUTOR	NOMBRE COMÚN
01	FABACEAE	<i>Swartzia polyphylla</i>	DC.	“cumaceba”

Determinador: Ing. Juan Celidonio Ruiz Macedo

A los diecisiete días del mes de febrero del año dos mil veintitrés, se expide la presente constancia a los interesados para los fines que se estime conveniente.

Atentamente,

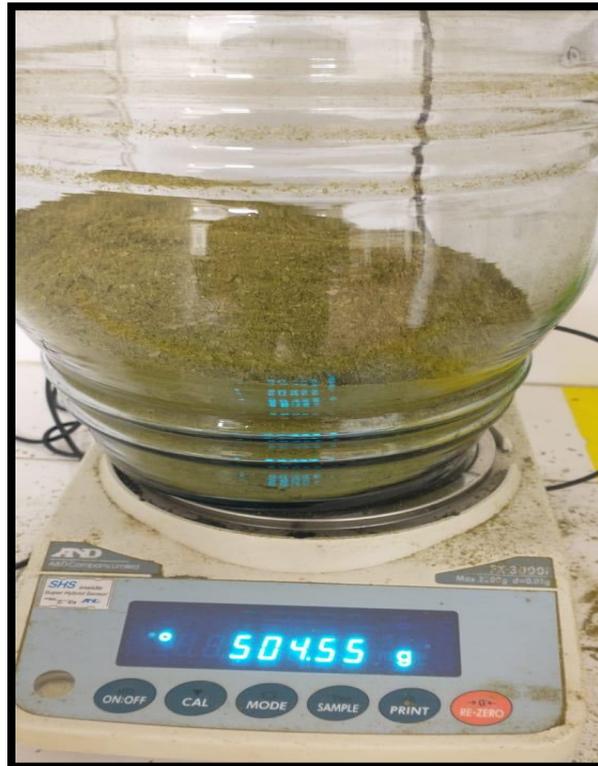

Richard J. Huaranca Acostupe
Coordinador Herbarium Amazonense
CIRNA - UNAP



Anexo 3. Secado de *Swartzia polyphylla* a temperatura ambiente



Anexo 4. Pesado de la hoja y Corteza.



Anexo 5. Macerado de la hoja y corteza en éter de petróleo y etanol.



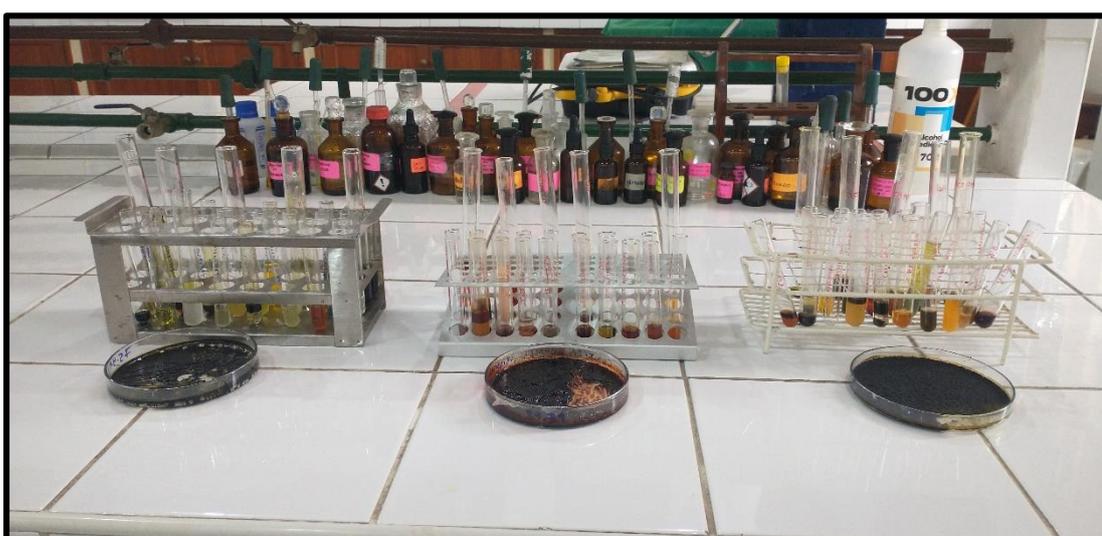
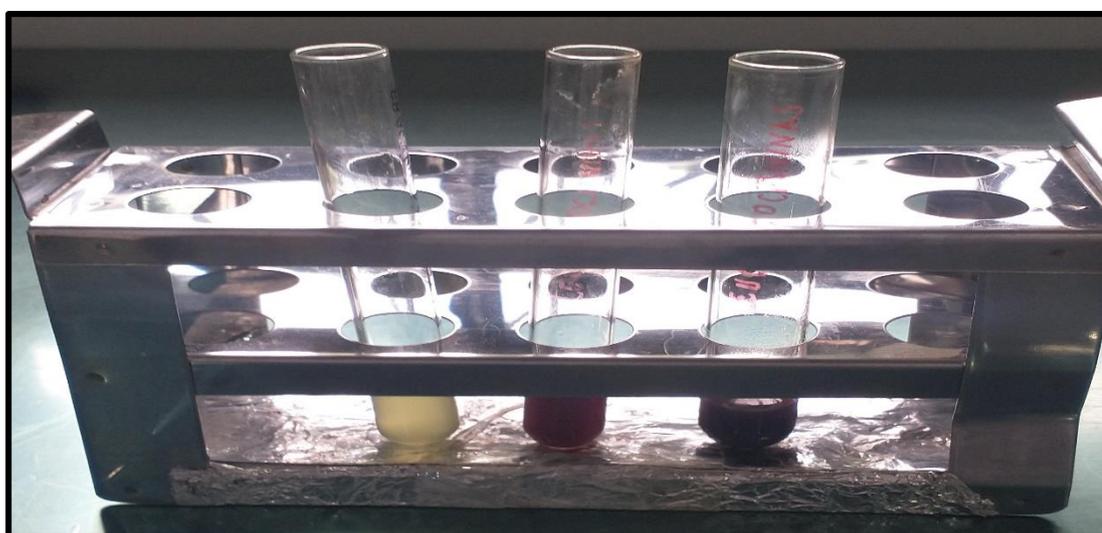
Anexo 6. Concentración y extracción.



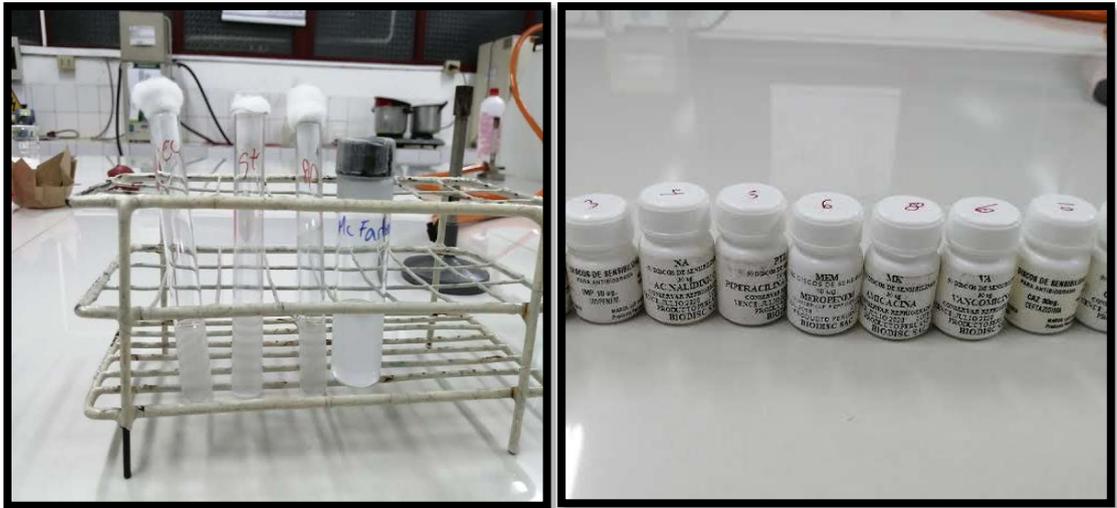
Anexo 7. Extracto



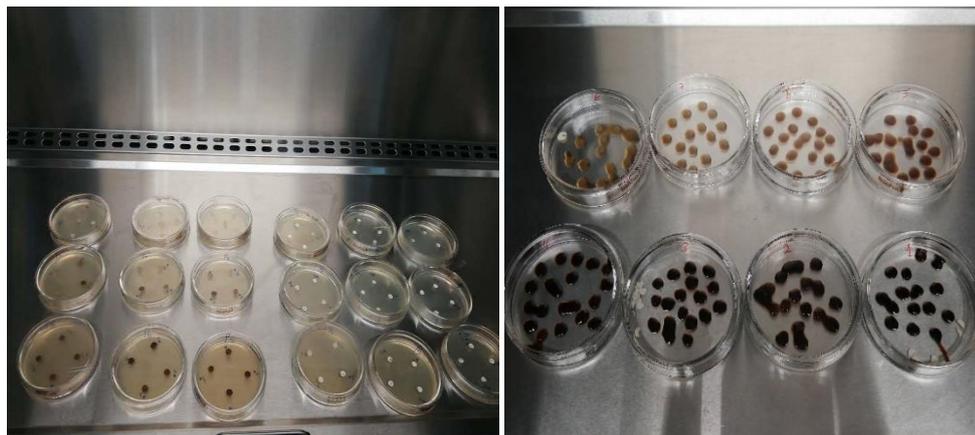
Anexo 8. Tamizaje fitoquímico



Anexo 9. Comparación del inoculó con el 0,5 estándar de Mcfarland.



Anexo 10. Inoculación de los discos con el extracto en la placa de Agar Muller Hinton



Anexo 11. Resultados de la actividad antibacteriana

