

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



TESIS:

**Tamizaje fitoquímico y prospección biológica de los frutos
liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P., Ayacucho 2025**

Para optar el título profesional de:
QUÍMICO FARMACÉUTICO

PRESENTADO POR:

Bach. Alejandro Eduardo PEREZ NINAHUANCA

ASESOR:

Dr. Marco Rolando ARONES JARA

AYACUCHO - PERÚ

2025

Este trabajo está dedicado con profundo agradecimiento a mis padres, hermanos, profesores y mentores, cuyo apoyo, ejemplo y guía han sido fundamental en mi formación y en la culminación de esta etapa académica.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por ser el *Alma Mater* de Ayacucho y por formar profesionales comprometidos con el desarrollo de nuestra sociedad.

A mis padres y familia, por su amor incondicional, apoyo constante y ejemplo de valores. Su confianza fue el motor que me impulsó a seguir adelante.

A mis docentes, en especial al Mg. Q.F. Marco Rolando Arones Jara, por su guía académica, por fomentar el pensamiento crítico y el compromiso ético en nuestra formación profesional.

A mis compañeros y amigos, por su amistad y por compartir este camino lleno de aprendizajes y desafíos.

Y a la Escuela de Formación Profesional de Farmacia y Bioquímica, por brindarme las herramientas necesarias para crecer como profesional y como persona.

Gracias a todos por ser parte de este logro.

ÍNDICE

	Página
CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA	3
2.1. Marco Referencial	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	8
2.1.3. Antecedentes Locales	8
2.2 Marco Teórico	10
2.2.1. <i>Solanum nitidum</i> R. & P.	10
2.2.2. Prospección	14
2.2.3. Tamizaje fitoquímico	15
2.2.5. Actividad Antioxidante	21
2.2.6. Toxicidad	22
2.2.7. Actividad antimicrobiana	23
2.2.8. Actividad fotoprotectora	24
2.3 Marco Conceptual	25
2.4. Marco Ético y Legal	25
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO	29
3.1. Alcance de Investigación	29
3.2. Diseño de investigación	29
3.3. Unidad de Análisis	29
3.4. Población de Estudio	29
3.5. Muestra	29
3.6. Criterios de Selección	30
3.6.1. Criterios de Inclusión.	30
3.6.2. Criterios de Exclusión	30
3.7. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos	31
3.7.1. Técnica de recolección de datos	31
3.7.2. Instrumentos de recolección de datos	31
3.7.3. Procedimiento de recolección de datos	31
3.8. Análisis de Datos	36
3.9. Consideraciones Éticas	36
CAPITULO IV. RESULTADOS	39

CAPITULO V. DISCUSION	49
CAPITULO VI. CONCLUSIONES	59
CAPITULO VII. RECOMENDACIONES	61
BIBLIOGRAFIA	63
ANEXOS	69

INDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1	Clasificación taxonómica del <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”.	10
Tabla 2	Relación en el efecto eritemogénico (EE) versus Intensidad de radiación (I) conforme a la longitud de onda (λ)	35
Tabla 3	Identificación de metabolitos presentes en los extractos	41
Tabla 4	Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante de los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P.	42
Tabla 5	Actividad antimicrobiana de los frutos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P.	43
Tabla 6	Bioensayo de toxicidad preliminar con <i>Artemia salina</i> (muertos)	45
Tabla 7	Factor de Protección Solar (FPS) <i>in vitro</i> calculó de acuerdo con la ecuación desarrollada por Mansur <i>et al.</i>	47

INDICE DE FIGURAS

		Página
Figura 1	Esquema de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”	11
Figura 2	Fotos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”	12
Figura 3	Estructura básica de los flavonoides a) cadena de tres carbonos abierta. b) anillo central heterocíclico (γ -pironas).	17
Figura 4	Estructura de la 2-fenilcromen-4-ona (2-fenil-1,4-benzopirona), esqueleto de los flavonoides	17
Figura 5	Estructura de la 3-fenilcromen-4-ona (3-fenil-1,4-benzopirona), esqueleto de los isoflavonoides (S. Hernández. 2019). Estructura de la 4-fenilcumarina (4-fenil-1,2-benzopirona), esqueleto de los neoflavonoides (S. Hernández. 2019).	17
Figura 6	Estructura de la 4-quinolona, molécula de donde derivan muchas de las quinolonas usadas en clínica	18
Figura 7	Bioensayo de toxicidad preliminar con <i>Artemia salina</i> (muertos), Mortalidad vs Concentración	44
Figura 8	Barrido espectral para la evaluación del potencial fotoprotector <i>in vitro</i> del extracto de frutos liofilizados de <i>Solanum nitidum</i> R. & P.	46

INDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1	Certificado de identificación taxonómica de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”	71
Anexo 2	Matriz de Definiciones y Operacionalización de Variables	73
Anexo 3	Matriz de Consistencia	75
Anexo 4	Block de nota digital	77

RESUMEN

Solanum nitidum R. & P., conocida como “ñuñunga”, es una planta altoandina conocida tradicionalmente por sus propiedades medicinales, sin embargo, son escasos los estudios sobre las propiedades bioactivas de sus bayas. Esta investigación tuvo como objetivo principal determinar la composición química, el contenido de compuestos fenólicos y evaluar las actividades antioxidante, antibacteriana, fotoprotectora y tóxica de los frutos liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P. Se realizó un estudio transversal, descriptivo y experimental. Las técnicas usadas para su análisis fueron tamizaje fitoquímico, espectrofotometría UV-VIS, ensayos antibacterianos en agar, bioensayo de toxicidad con *Artemia salina* y evaluación fotoprotectora in vitro. Los resultados de los análisis muestran la presencia de saponinas, fenoles, alcaloides, triterpenos, catequinas, compuestos grasos y lactónicos. En cuanto a la actividad antioxidante, mostró una inhibición del 77.6% del radical DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazilo) a una concentración de 1000 µg/mL; siendo la CE₅₀ de 586.6 µg/mL. El extracto mostró actividad antibacteriana moderada frente *Staphylococcus aureus* y *Bacillus spp.*, sin efecto frente a bacterias Gram negativas. El análisis de toxicidad de *Artemia salina* mostró un valor de CL₅₀ de 8.98 µg/mL (clasificado como altamente tóxico). El extracto mostró actividad fotoprotectora FPS = 10.14 a 200 µg/mL, el mismo que resultó comparable a la actividad de un protector solar comercial (FPS = 13.10). Concluimos que los frutos de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” contienen metabolitos bioactivos con potencial antioxidante, antibacteriano y fotoprotector. La toxicidad observada sugiere precaución en su uso terapéutico y se confirma el valor de la bioprospección como herramienta para validar el conocimiento tradicional.

Palabras clave: actividad antibacteriana, actividad antioxidante *in vitro*, actividad fotoprotectora, prospección, *Solanum nitidum* R. & P. y toxicidad preliminar

ABSTRACT

Solanum nitidum R. & P., known as “ñuñunga,” is a high-Andean plant traditionally recognized for its medicinal properties; however, studies on the bioactive properties of its berries are scarce. This research aimed to determine the chemical composition and phenolic compound content, and to evaluate the antioxidant, antibacterial, photoprotective, and toxic activities of freeze-dried *Solanum nitidum* R. & P. fruits. A cross-sectional, descriptive, and experimental study was conducted. The techniques used for analysis included phytochemical screening, UV-VIS spectrophotometry, antibacterial assays on agar, a toxicity bioassay with *Artemia salina*, and in vitro photoprotective evaluation. The results of the analyses show the presence of saponins, phenols, alkaloids, triterpenes, catechins, fatty compounds, and lactonics. Regarding antioxidant activity, it showed 77.6% inhibition of the DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) radical at a concentration of 1000 µg/mL, with an EC₅₀ of 586.6 µg/mL. The extract showed moderate antibacterial activity against *Staphylococcus aureus* and *Bacillus spp.*, with no effect against Gram-negative bacteria. The *Artemia salina* toxicity analysis showed a Cl₅₀ value of 8.98 µg/mL (classified as highly toxic). The extract showed photoprotective activity (SPF = 10.14 at 200 µg/mL), comparable to the activity of a commercial sunscreen (SPF = 13.10). We conclude that the fruits of *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” contain bioactive metabolites with antioxidant, antibacterial, and photoprotective potential. The observed toxicity suggests caution in its therapeutic use and confirms the value of bioprospecting as a tool to validate traditional knowledge.

Keywords: antimaterial activity, in vitro antioxidant activity, photoprotective activity, prospecting, *Solanum nitidum* R. & P. and preliminary toxicity

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El género *Solanum*, perteneciente a la familia Solanaceae, comprende una de las agrupaciones botánicas más amplias y diversas del reino vegetal, con más de 1,700 especies distribuidas a nivel mundial. Dentro de este género se encuentra *Solanum nitidum* R. & P., conocida comúnmente como “ñuñunga”, una planta nativa de las regiones altoandinas de Perú y Bolivia, que ha sido utilizada ancestralmente por las comunidades locales debido a sus propiedades medicinales. A pesar de su uso tradicional, especialmente como cicatrizante, antipirético y antimicrobiano, los estudios científicos que respalden su eficacia y caractericen sus compuestos bioactivos son escasos (Valderrama, 2020)

La falta de investigaciones sistemáticas sobre los frutos de *Solanum nitidum* R. & P. limita el conocimiento sobre su composición química y su potencial terapéutico. Esta carencia representa una oportunidad para explorar científicamente sus metabolitos secundarios, como flavonoides, alcaloides, taninos y compuestos fenólicos, los cuales podrían tener aplicaciones relevantes en el desarrollo de productos farmacéuticos naturales. En este contexto, surge la necesidad de realizar un estudio que combine el tamizaje fitoquímico con la evaluación biológica de los frutos de esta especie (Verde Star, 2016).

La presente investigación tiene como objetivo general determinar la composición química, el contenido de compuestos fenólicos y las actividades antioxidante, antibacteriana y tóxica de los frutos liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”. Para ello, se plantean los siguientes objetivos específicos: identificar los metabolitos presentes, cuantificar los compuestos fenólicos, evaluar la actividad antioxidante in vitro, determinar la actividad antibacteriana frente a cepas Gram-positivas y Gram-negativas, y analizar la toxicidad preliminar mediante bioensayo con *Artemia salina*.

La hipótesis central de este estudio sostiene que los metabolitos secundarios presentes en los frutos de *Solanum nitidum* R. & P. presentan actividad antioxidante in vitro, exhiben propiedades antibacterianas y poseen una toxicidad moderada. Esta

hipótesis se sustenta en antecedentes científicos de otras especies del mismo género, que han demostrado efectos similares.

Metodológicamente, se trata de una investigación de tipo transversal descriptivo y experimental. Se utilizaron técnicas de tamizaje fitoquímico, espectrofotometría UV-VIS para la cuantificación de compuestos fenólicos, ensayos de inhibición bacteriana en agar, bioensayos de toxicidad con *Artemia salina* y se evaluó la actividad fotoprotectora. La muestra estaba compuesta por frutos recolectados en el Bosque de Piedra de Huaraca, en la región de Ayacucho.

En el ensayo preliminar se demostró que el extracto acuoso de los frutos liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P. contienen saponinas y compuestos fenólicos. En el extracto etanólico se observa la presencia de compuestos pirocatecólicos, azúcares reductores, triterpenos y/o esteroides, compuestos lactónicos, catequinas y alcaloides según las reacciones de Dragendorff, Mayer y Wagner. En el caso del extracto en éter de petróleo se reconoció compuestos grasos, triterpenos y/o esteroides y compuestos lactónicos.

Este informe de tesis emplea la bioprospección como una herramienta clave en la investigación fitoquímica moderna, ya que permite identificar compuestos bioactivos en plantas como *Solanum nitidum* R. & P. tradicionalmente usada en la medicina andina. Este enfoque integra el conocimiento etnobotánico con técnicas científicas como el tamizaje fitoquímico y la espectrofotometría, facilitando la validación de sus propiedades terapéuticas. Además, el uso de la quimiotaxonomía optimizando la búsqueda de metabolitos secundarios al relacionar la clasificación botánica con los compuestos químicos presentes. Así, la bioprospección promueve la conservación del conocimiento tradicional y la biodiversidad local, abre nuevas oportunidades para el desarrollo sostenible y la innovación científica.

Esta investigación es para obtener el grado de Químico Farmacéutico, y se estructura en siete capítulos. El primero aborda la introducción que incluye el problema de investigación, los objetivos y la justificación. El segundo desarrolla la perspectiva teórica, el marco teórico y los antecedentes científicos. El tercero describe los materiales y métodos utilizados. El cuarto presenta los resultados con tablas y/o figuras, análisis o interpretaciones. El quinto nos describe los resultados comparados con otras investigaciones similares. El sexto refiere los logros obtenidos en función de los objetivos y/o hipótesis. Finalmente, el séptimo capítulo expone las recomendaciones para la ejecución de un estudio más detallado.

CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA

2.1. Marco Referencial

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Sarkinen et al. (2015) en su artículo de investigación “Listado anotado de *Solanum L.* (*Solanaceae*) en el Perú”, tiene el propósito presentar una visión general sobre la diversidad de *Solanum* en el Perú, junto con una lista actualizada de todas las especies, mapas de distribución y la sinonimia de cada especie. El trabajo se basó en estudios recientes de campo y de herbario, registrando un total de 14838 colecciones de *Solanum*, de las cuales 12814 (86%) fueron georreferenciadas con alta precisión. Se destaca la reducción de nombres aceptados previamente, la presentación de cambios taxonómicos importantes y una nueva clasificación basada en datos moleculares. El mapa de colecciones muestra una falta de colecciones en Áreas Naturales Protegidas, indicando dificultades de acceso y permisos. El estudio proporciona una base sólida para futuras investigaciones sobre la diversidad y distribución de *Solanum* en Perú, destacando áreas que requieren mayor atención científica.

Yongle et al. (2024) en su trabajo de investigación “Caracterización y análisis filogenético del genoma del cloroplasto de *Solanum pseudocapsocum* (*Solanaceae*)”, planteó como objetivo analizar filogenéticamente el genoma del cloroplasto de *Solanum pseudocapsocum* y explorar su diversidad genética y valor medicinal. Su estudio se centró en el análisis filogenético de *Solanum pseudocapsocum*, revelando su estrecha relación genética con *Solanum betaceum*, *Solanum laciniatum* y *Solanum nitidum*. Se encontró que estas especies están genéticamente relacionadas y en la misma rama del árbol filogenético. Además, *S. pseudocapsicum* tiene propiedades medicinales significativas, incluyendo antibacterianas, antivirales, antiespasmódicas y antihipertensivas. Las raíces y frutos verdes de *S. pseudocapsicum* también muestran propiedades citotóxicas, antitumorales, antialimentarias e insecticidas. El estudio proporciona una base sólida para la identificación, clasificación y exploración de la diversidad genética y farmacológica dentro del género *Solanum*.

Valderrama y García (2020) evaluaron la “Actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos metanólicos de las hojas de plantas del género *Solanum*”, en esta investigación se tuvo en consideración evaluar la actividad antioxidante y antimicrobiana de los extractos metanólicos de las hojas de diez especies del género *Solanum*. Se utilizaron modelos in vitro para determinar la actividad antioxidante, el contenido de fenoles y flavonoides totales, evaluando la presencia de fenoles por cromatografía líquida de alta resolución y la actividad antimicrobiana contra *Klebsiella pneumoniae*, *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*. Los resultados mostraron variaciones en el contenido de fenoles totales (54 a 286 mg eq. Ac gálico/g) y flavonoides totales (18 a 73 mg eq. quercetina/g). Se evidenció actividad antiradical DPPH (0,01 a 5,2 $\mu\text{mol eq. Trolox}/100\text{ g}$), ABTS+ (0,03 a 2,01 $\mu\text{mol eq. Trolox}/100\text{ g}$) y reductora FRAP (202 a 887 $\mu\text{mol eq. Ac. ascórbico}/\text{g}$). Los extractos de *S. mammosum* y *S. barbeyanum* mostraron actividad antimicrobiana frente a *Escherichia coli*. El estudio concluye que el extracto de *S. mammosum* es una fuente principal de compuestos bioactivos.

Kowalczyk et al. (2022) en su trabajo de investigación “Oculto en las plantas: una revisión del potencial anticancerígeno de la familia *Solanaceae* en estudios in vitro e in vivo”, el propósito principal es revisar el potencial anticancerígeno de la familia *Solanaceae* en estudios in vitro e in vivo. Se basó en la revisión bibliográfica centrada en la evaluación de las propiedades anticancerígenas de extractos y compuestos puros, y sus efectos sinérgicos con agentes quimioterapéuticos y nanopartículas en varios tipos de tumores. Los estudios demostraron una fuerte actividad anticancerígena in vitro e in vivo en líneas celulares cancerosas y modelos animales. Sin embargo, se necesita más investigación para dilucidar los mecanismos de acción específicos y determinar su potencial para la prevención y tratamiento del cáncer. La investigación proporciona un antecedente valioso sobre los posibles usos de la familia *Solanaceae* en la medicina moderna.

Naseem et al. (2023) en su investigación bibliográfica “Una mirada al potencia etnobotánico y farmacológico indígena de la familia *Solanaceae* en Pakistán: una revisión”, el objetivo principal de esta investigación fue recopilar información sobre los usos medicinales de los géneros de la familia *Solanaceae* por parte de las comunidades locales de Pakistán. Se hizo mediante revisión bibliográfica que presenta el primer estudio etnobotánico de la flora de las solanáceas en Pakistán, mediante el seguimiento y la recopilación de detalles de fuentes de datos auténticas. Se registraron 39 especies

de plantas medicinales pertenecientes a 13 géneros de la familia *Solanaceae* para tratar diversas enfermedades. Los géneros *Solanum*, *Lycium* y *Datura* reportan el mayor número de usos farmacológicos en asma, cólera, bronquitis, fiebre, neuralgia, úlcera, analgésico e inflamación. Los resultados se recopilaron en una tabla que resume los informes con géneros, especies y sus usos. El estudio concluye que el género *Solanum* tiene muchos usos medicinales en la medicina tradicional de los pueblos originarios de Pakistán.

Knapp (2013) en su artículo “Una revisión del clado dulcamaroide de *Solanum* L. (*Solanaceae*)”, el objetivo de artículo es proporcionar descripciones completas, sinonimias, evaluaciones preliminares de conservación, ilustraciones, mapas de distribución y una lista de localidades para todas las especies del clado Dulcamaroideo de *Solanum*. La revisión de la clasificación de las solanums dulcamaroideas, incluyendo designaciones de lectotipos o neotipos y evaluaciones preliminares de conservación. El fruto de esta investigación da a conocer que el clado Dulcamaroideo de *Solanum* contiene 45 especies, en su mayoría trepadoras o débilmente escandentes, revisa la compleja historia de su clasificación, pero no se proporciona una base descriptiva de la planta ni sus posibles usos ancestrales. El artículo ofrece una revisión detallada del clado Dulcamaroideo de *Solanum*, destacando la necesidad de más estudios sobre sus usos ancestrales.

Kaunda y Zhang (2019) en su investigación “El género *Solanum*: una revisión etnofarmacológica, fitoquímica y de propiedades biológicas”, ostentan como objetivo general presentar 66 especies medicinales de *Solanum*, su distribución geográfica, usos tradicionales y 670 constituyentes químicos aislados. Se hizo mediante la revisión bibliográfica de estudios farmacológicos para verificar y validar las aplicaciones medicinales tradicionales de muchas plantas del género *Solanum*. Se identificaron 670 constituyentes químicos, incluyendo saponinas esteroidales, alcaloides esteroidales, glicósidos de pregnano, terpenos, flavonoides, lignanos, esteroides, compuestos fenólicos, cumarinas y cumestanos, cumarinolignoides, ácidos grasos y ésteres. Las actividades farmacológicas estudiadas incluyen propiedades analgésicas, antihelmínticas, antialérgicas, antianémicas, antiasmáticas, antibacterianas, anticancerígenas, anticonvulsivas, antidepresivas, antidiabéticas, antifúngicas, antihistamínicas, antihipertensivas, antiinflamatorias, antileishmaniales, antimelanogénicas, antimolusquicidas, antinociceptivas, antipsoriásicas, antiplasmodiales, antiprotozoarias, antitripanosómicas, antiurolitiásicas, antivirales,

cardiovasculares, diuréticas, hepatoprotectoras, hipolipídicas, larvicidas de mosquitos, nefrotóxicas, espasmolíticas, esquistosomicidas y vasorrelajantes. El artículo abre un sinfín de incógnitas sobre los posibles usos y los metabolitos que presentan cada una de las especies de *Solanum*.

Afroz et al. (2020) en su artículo “Etnobotánica y péptidos antimicrobianos de plantas de familia *Solanaceae*: actualización y perspectivas futuras”, tiene como destino principal resumir los péptidos antimicrobianos (AMP) informados de las plantas de la familia *Solanaceae* y correlacionar sus usos tradicionales con las acciones antimicrobianas informadas. Este estudio se hizo mediante revisión bibliográfica sistemática utilizando diferentes bases de datos hasta agosto de 2019, según criterios de inclusión y exclusión. El resultado de esta investigación fue aislar varios tipos de AMP de las plantas de *Solanaceae*, incluyendo defensinas, inhibidores de proteasa, lectinas, péptidos similares a la tioniina, vicilina y serpentina. Los mecanismos de acción de estos AMP incluyen la alteración del potencial y la permeabilidad de la membrana, formación de poros de membrana y agregación celular. Las plantas de *Solanaceae* se han utilizado tradicionalmente como agentes antimicrobianos, insecticidas y antiinfecciosos, y como venenos. Los AMP de *Solanaceae* poseen una actividad antimicrobiana considerable contra una amplia gama de patógenos bacterianos y fúngicos. En resumen, los AMP de la familia *Solanaceae* representan una fuente potencial de moléculas líderes para desarrollar nuevos agentes antimicrobianos.

Chidambaram et al. (2022) en su artículo “Planta medicinales de especies de *Solanum*: fuentes prometedoras de compuesto fitoinsecticidas”, el principal objetivo de esta revisión bibliográfica es recopilar la literatura científica sobre investigaciones de plantas del género *Solanum* como insecticidas y larvicidas contra mosquitos, y sus sustancias químicas bioactivas. Se analizó sistemáticamente a través de las bases de datos PubMed/MEDLINE, Scopus, EBSCO, Europe PMC y Google Scholar, con especial atención a las especies que contienen fitoconstituyentes activos que son biodegradables y ambientalmente seguros. En este estudio se revisó el estado actual del conocimiento sobre plantas larvicidas de especies de *Solanum*, tipos de extractos, especies de insectos objetivo, efectos, compuestos bioactivos inhibidores y sus dosis letales (CL50 y CL90). Los estudios proporcionan información valiosa sobre la actividad de varias especies de *Solanum* y su diversidad fitoquímica, y ofrecen una hoja de ruta para optimizar compuestos selectos para repelentes botánicos contra vectores

de enfermedades humanas. Gracias a este artículo fortalece la idea de que el género *Solanum* pueda ser usada en terapia medicinal.

Elizalde et al. (2021) en su artículo “Frutos de *Solanum*: Fitoquímicos, bioaccesibilidad y su relación con sus efectos beneficiosos para la salud”, tiene como propósito proporcionar información sobre los compuestos antioxidantes de los frutos de *Solanum*, su bioaccesibilidad y biodisponibilidad, y sus efectos promotores de la salud. La metodología que se usó en esta investigación fue revisión bibliográfica centrada en las matrices consumibles y aquellas con posibles efectos bioactivos, evaluando la bioaccesibilidad y biodisponibilidad de los compuestos antioxidantes. El artículo resume los compuestos identificados y aislados de las especies de *Solanum* y sus propiedades bioactivas. Recomienda considerar estudios de bioaccesibilidad y biodisponibilidad al evaluar las propiedades bioactivas de moléculas que promueven la salud. Se destaca el potencial bioactivo de diversos materiales y la necesidad de investigar las transformaciones durante la digestión y absorción, así como la cantidad de compuestos necesarios para lograr efectos deseados. El artículo crea un antecedente específico sobre las características moleculares del género *Solanum* y su uso medicinal, destacando sus diferentes características farmacocinéticas y farmacodinámicas.

Gafforov et al. (2024) en su artículo de investigación “Exploración de la biodiversidad y el significado etnobotánico de las especies de *Solanum* en Uzbekistán: desvelando la riqueza cultural y los usos etnofarmacológicos”, tiene como sentido presentar datos recientes sobre la diversidad, características morfológicas, distribución global, hábitat, estado de la población, fenología, reproducción, farmacología y fitoquímica de las especies de *Solanum* en Uzbekistán. Se hizo mediante revisión bibliográfica y análisis de artículos científicos, utilizando bases de datos como Google, Google Scholar, PubMed, Scopus, Semantic Scholar, Science Direct y Web of Science, centrada en ocho especies de *Solanum* encontradas en Uzbekistán. Se destaca la importancia etnobotánica de ocho especies de *Solanum* en Uzbekistán, revelando sus valores económicos, nutricionales y medicinales. Estas especies muestran potencial como agentes antibacterianos, antifúngicos, antiinflamatorios, anticancerígenos y antioxidantes. Sin embargo, se observa una disminución en la transmisión del conocimiento tradicional, subrayando la necesidad de investigaciones fitoquímicas continuas. El artículo fomenta la exploración de nuevas fuentes vegetales y la utilización de metodologías farmacéuticas avanzadas para desarrollar posibles fármacos, destacando el beneficio terapéutico del género *Solanum*.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Choque et al. (2022) en sus tesis “Florula y evaluación etnobotánica de plantas medicinales de Conima Puno–Perú”, tiene como meta investigar, caracterizar e identificar la diversidad florística de la localidad de Conima y sus condiciones de hábitat, identificaron taxonómicamente la flora colectada y describir las formas de uso y aplicaciones de especies de flora según el conocimiento etnomedicinal en la localidad de Conima. Mediante una investigación de corte analítico observacional, al realizar las entrevistas del uso de plantas medicinales a los pobladores se aplicó el método descriptivo, así mismo al medir el nivel de asociación entre la edad y el conocimiento del uso de plantas medicinales de los pobladores se usó el método correlacional. Como resultado se obtuvo un total de 127 especies medicinales, esto crea un antecedente muy controversial en que metabolitos secundarios son los ideales para el uso medicinal.

2.1.3. Antecedentes Locales

Aronés et al. (2022) en el trabajo de investigación “Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú”, tiene como intención realizar el tamizaje fitoquímico, determinar el contenido de compuestos fenólicos y evaluar el potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú. La identificación de metabolitos secundarios se realizó mediante tamizaje fitoquímico y cuantificación de fenoles totales (TPC), flavonoides (TFC) y antocianinas (TAC). Evaluación del potencial antioxidante en el extracto hidroalcohólico mediante el ensayo del 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH). Los resultados evidenciaron que los flavonoides, fenoles y/o taninos estuvieron presentes en las trece especies. El extracto de hojas de *Brachyotum naudinii* presentó mayor TPC ($386,3 \pm 9,7$ mg GAE/g) y elevado potencial antioxidante (CI50: $42,9 \pm 1,2$ μ g/mL). El extracto de hojas de *Mutisia mathewsii* reportó mayor TFC ($175,6 \pm 0,7$ mg RUE/g) y el extracto de frutos de *Gaultheria glomerata* presentó mayor TAC ($2340,0 \pm 2,26$ mg/g). La conclusión que tuvieron los autores fue que las trece plantas medicinales poseen mayoritariamente flavonoides, fenoles y/o taninos y presentan potencial antioxidante directamente proporcional al contenido de fenoles totales.

Venegas et al. (2023) en su artículo de tesis “Actividad fotoprotectora in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P.”, tiene como objetivo de su investigación evaluar la actividad fotoprotectora del extracto

hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. La investigación experimental tuvo varios métodos para determinar los metabolitos presentes en dicho extracto. La experimentación para determinar la actividad fotoprotectora solar dejó como resultado que el extracto a una concentración de 200 µg/mL tiene 17,82 frente al extracto de pétalo de *Rosa kordesii* que es de 5,5 según el método de Mansur el extracto de *Solanum nitidum* tiene un buen efecto FPS. Esto se debe a la presencia de fenoles totales en sus hojas; esto abre una gran incógnita para sus posibles usos en la medicina moderna.

Pérez et al. (2015) en su tesis “Actividad cicatrizante del cremigel elaborado a base de extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “Ñuñunga” Ayacucho–2015”, nos plantea como objetivo comprobar la actividad cicatrizante del cremigel elaborado a base del extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”. Uso un método básico experimental de recolección de muestra, secado y extracción de metabolitos secundarios. El cremigel elaborado a base de extracto atomizado de hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” demuestra actividad cicatrizante, sugiriendo que la especie tiene varios metabolitos secundarios con propiedades terapéuticas. El estudio confirma que *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” tiene potencial terapéutico en la cicatrización de heridas.

Berrocal et al. (2018) en su tesis “Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”, Ayacucho 2018”, tiene como principal objetivo evaluar la actividad antioxidante, contenido de fenoles y flavonoides totales de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”. La investigación se realizó en los laboratorios del CEDACMEF de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, utilizando métodos espectrofotométricos de DPPH y ABTS para determinar la actividad antioxidante, y métodos de Folin-Ciocateau y cloruro de aluminio para cuantificar fenoles y flavonoides. La identificación fitoquímica se realizó mediante ensayos de coloración y precipitación. Los resultados principales arrojaron que el contenido de fenoles totales fue de $177,0 \pm 0,42$ mg EAG/g ES y el de flavonoides totales fue de $45,6 \pm 0,13$ mg ERu/g ES. La concentración inhibitoria 50 (CI50) del extracto hidroalcohólico de las hojas sobre el radical DPPH y ABTS fueron de $228,8 \pm 0,36$ y $544,8 \pm 0,57$ µg/mL respectivamente. Se evidenció la presencia de taninos, flavonoides, saponinas, catequinas, cumarinas, alcaloides y quinonas. El estudio confirma que *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” tiene un alto potencial antioxidante, lo que sugiere beneficios significativos para la salud.

Ñaccha et al. (2016) en la tesis para obtener el título de Médico Veterinario “Efecto cicatrizante de la crema de “ñuñunga” (*Solanum nitidum* R&P) en el tratamiento de heridas externas de canes, Ayacucho 2015”. tiene como objetivo evaluar el efecto cicatrizante de la crema de hojas de “ñuñunga” (*Solanum nitidum* R & P) en el tratamiento de heridas externas de canes. Uso una metodología de investigación experimental básica descriptiva. La cual dio como resultado, que el tiempo promedio de cicatrización con violeta de genciana fue de 7 a 10 días, mientras que con la crema de hojas de “ñuñunga” fue de 7 a 9 días, mostrando una ligera diferencia en el tiempo de cicatrización. El estudio sugiere un antecedente positivo para la identificación de metabolitos secundarios con propiedades cicatrizantes en la medicina tradicional.

2.2 Marco Teórico

2.2.1. *Solanum nitidum* R. & P.

2.2.1.1. Identificación taxonómica. *Solanum nitidum* R. & P. conocido vulgarmente como “ñuñunga”, es una clase generalmente herbácea, raramente árboles, que está incluido dentro de la familia de las Solanáceas. El término “ñuñunga” es un vocablo quechua que traducido al castellano significa senos. *Solanum nitidum* R. & P., crece de forma silvestre en zonas altoandinas. Es común encontrar en zonas de elevación de Bolivia y Perú, asimismo se puede sembrar en huertos por sus cualidades medicinales. (Venegas et al., 2023).

Tabla 1

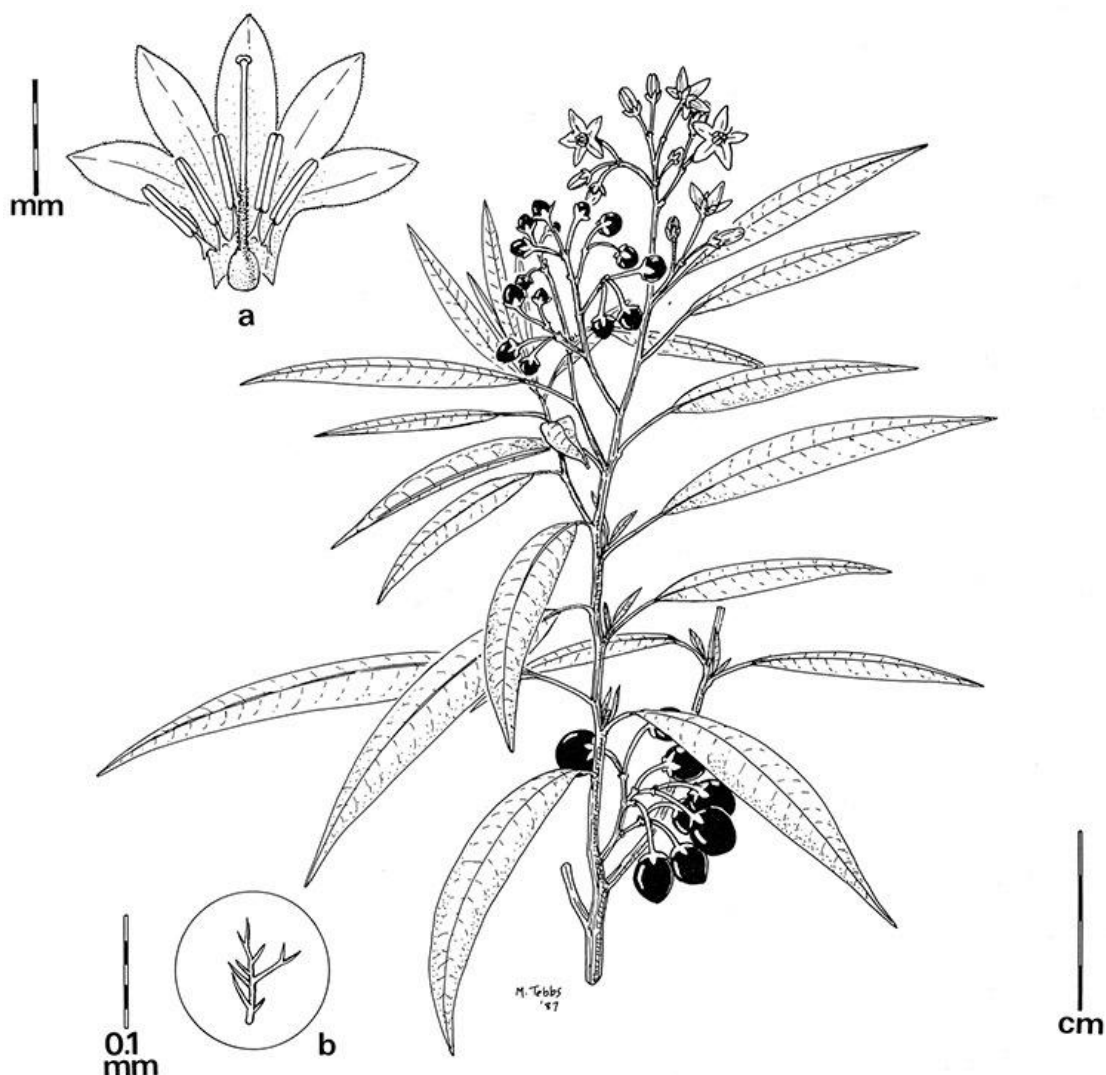
Clasificación taxonómica del Solanum nitidum R & P.

Taxonomía	
División	<i>Magnoliophita</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Sub-clase	<i>Asteridae</i>
Orden	<i>Solanales</i>
Familia	<i>Solanaceae</i>
Genero	<i>Solanum</i>
Especie	<i>Solanum nitidum</i> R. & P.
Nombre vulgar	“ñuñunga”

Nota: Clasificación tomada de Venegas et al. (2023)

Figura 1

Esquema de *Solanum nitidum* R. & P. "ñuñunga"



Nota: Imagen tomada de Knapp (2013)

2.2.1.2 Nombres comunes. Los nombres vernaculares más extendidos son variaciones de "ñuñu"= seno o pezón en quechua: "*huaycha*", "*ñuñumaya*", "*añahuayo*" (Puno) "*cahuincho*", "*campucassa*", "*huiscacassa*", "*illauru*", "*nununya*", "*ñuñua*", "*ñuñuma*", "*ñuñumea*", "*ñuñunca*", "*ñuñunecai*", "*ñununquia*", "*ñuñuya*", "*tacachilla*", "*ñuñunga*" (Berrocal et al. 2018).

2.2.1.3. Descripción botánica. Arbustos o árboles pequeños de 1-4 metros de altura, con tallos jóvenes densamente cubiertos de tricomas finos, grises y dendríticos. Las hojas son estrechamente elípticas, de 6-12 cm de largo y 1,5-5 cm de ancho, con venas secundarias prominentes y paralelas. Las inflorescencias son terminales, piramidales, de 3-7 cm de largo, con 10-20 flores. Las flores tienen corolas violetas o blancas, de 1,5-2 cm de diámetro, y estambres con anteras poricidas. El fruto es una

baya globosa, de color negro verdoso que se vuelve rojo brillante al madurar, con un diámetro de 0,7-1 cm. Las semillas son lenticulares, de color marrón rojizo, y miden aproximadamente 2-2,5 mm de largo. Las unidades simpodiales son plurifoliar, ramificadas monocasiales o quizás ocasionalmente dichasiales. Las hojas son más grandes y anchas en las plantas que crecen a la sombra. El estilo de las flores mide 6-8 mm de largo, con un estigma capitado a clavado (Solanaceae Source. 2014).

Figura 2

Fotos de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”



Nota: Imagen tomada de INaturalist MX et al. (2020)

2.2.1.4 Distribución. Microhábitats húmedos en puna (pastizales de altura) y bosques nubosos montanos desde el centro de Ecuador hasta Bolivia, 3000-4000 m.s.n.m (Solanaceae Source, 2014).

2.2.1.5. Usos tradicionales. Ornamental: Es apreciada por el color de sus flores y frutos (Cuadros et al., 2013). Colorante: Los frutos son usados como tinte amarillo y también como cosméticos. El cocimiento de los frutos maduros (50 g/1 aproximadamente), es usado como colorante, al introducir lana de ovino, le proporciona un color rojo, la intensidad del color depende del tiempo en el que se encuentre sumergido el material (Cuadros et al., 2013).

2.2.1.6. Usos tradicionales, terapéuticos y/o biológicos. Las plantas poseen metabolitos secundarios que desempeñan un papel fundamental en su defensa frente a contaminantes ambientales, insectos y otras amenazas externas. Estos compuestos también presentan propiedades farmacológicas, como actividades antioxidantes, antibacterianas y antifúngicas, entre otras. Dentro de estos metabolitos, los compuestos fenólicos destacan por su potencial medicinal en la prevención del daño celular causado por los radicales libres (Arones et al., 2022). La planta conocida como “ñuñunga” ha sido ampliamente utilizada en la medicina tradicional de las zonas altoandinas del Perú, con una diversidad de aplicaciones terapéuticas documentadas por Cuadros et al. (2013) y Pérez et al. (2015):

- Trastornos del habla en niños: Se administra una infusión de 2 a 3 frutos en un jarro de agua hervida como bebida (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Bronconeumonía: Se prepara un remedio con el jugo de 20 frutos maduros mezclado con tres copas de alcohol (Singani), infusión de manzanilla (¼ de jarro) y miel de abejas al gusto. Se toma durante tres días, una cucharada por la mañana, otra al mediodía y una tercera por la noche (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Fiebre y raquitismo infantil: El cocimiento de los frutos se utiliza en baños para reducir la fiebre y tratar el raquitismo (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Dolores articulares: Fomentos calientes con el cocimiento de los frutos alivian el reumatismo y la gota (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Tortícolis y dolencias musculares: Las hojas soasadas se aplican en zonas afectadas por golpes de aire; las hojas molidas se usan como analgésico en quemaduras, úlceras irritadas y forúnculos (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Lactancia materna: El jugo de los frutos maduros se aplica en los pezones para facilitar el destete; el cocimiento de hojas y frutos se usa para curar grietas en los pezones (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Salud ocular: El jugo aplicado en los párpados y alrededor de los ojos se considera útil para mejorar la visión (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).

- Antipirético y analgésico: Baños nocturnos con cocimiento de hojas (30 g/L) o su aplicación en la planta de los pies ayudan a reducir la fiebre y aliviar cefaleas (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Psicotrópico: El consumo del cocimiento de toda la planta puede inducir mareos intensos y alucinaciones (Cuadros et al., 2013; Pérez et al., 2015).
- Uso ornamental y doméstico: La planta es apreciada por el color de sus flores y frutos, y se emplea como detergente natural (Pérez et al., 2015).

Estos usos reflejan el conocimiento ancestral sobre la planta y su integración en la medicina tradicional andina, destacando su potencial como fuente de compuestos bioactivos de interés farmacológico.

2.2.1.7. Composición química. Un estudio de tamizaje fitoquímico de plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú. Se encontró que las hojas de la *Solanum nitidum* R. & P. contienen quinolonas, flavonoides, fenoles y/o taninos, saponinas y alcaloides. Nuestro estudio se basará en tamizaje fitoquímico y prospección biológica de los frutos liofilizados (Arones et al., 2022).

2.2.2. Prospección

Es la exploración de posibilidades futuras basada en indicios presentes. (Real Academia Española et al., 2019).

2.2.2.1. Prospección biológica. La bioprospección es la búsqueda sistemática de componentes naturales y organismos de la biodiversidad para desarrollar productos comerciales. Esta actividad genera productos para industrias como la farmacéutica, biotecnológica, agro insumos y medicina botánica. Actualmente, una cuarta parte de los productos farmacéuticos provienen de vegetales. Los procesos de bioprospección involucran interacciones entre el conocimiento tradicional de comunidades locales e indígenas, el conocimiento científico y tecnológico de académicos e investigadores de países del sur, y las actividades comerciales de empresas multinacionales de países del norte (Duarte y Velho, 2009). Para obtener moléculas biológicamente activas, se puede recurrir a la síntesis química o a la bioprospección química, que estudia la diversidad biológica, la ecología química y el conocimiento tradicional indígena para descubrir recursos bioquímicos y genéticos de valor comercial. Aproximadamente el 80% de los medicamentos modernos se inspiran en compuestos naturales, mientras que solo el 20% es de invención humana. El conocimiento de estos compuestos a menudo proviene de las prácticas indígenas (Wagner, 2007). Muchas ecorregiones aún no han sido

completamente exploradas, ofreciendo un gran potencial de recursos renovables. Para acceder a estos recursos, es necesario el conocimiento de varias disciplinas científicas, como botánica, zoología, microbiología, ecología, biología y química. (Wagner, 2007).

2.2.3. Tamizaje fitoquímico

El tamizaje fitoquímico es un método cualitativo para identificar compuestos bioactivos en extractos vegetales, proporcionando una visión general preliminar de los compuestos presentes. Utiliza técnicas como reacciones de coloración y cromatografía de capa fina, complementadas con pruebas de solubilidad. Aunque útil, puede arrojar resultados falsos positivos o negativos y no siempre permite una identificación definitiva debido a la complejidad de las matrices vegetales. A pesar de estas limitaciones, ofrece información valiosa para guiar investigaciones posteriores. La combinación de técnicas analíticas puede mejorar la comprensión de la química de las plantas y su aplicación en el desarrollo de productos naturales. La composición química de las plantas puede variar según factores ambientales, por lo que es importante realizar estudios en diferentes condiciones para obtener un perfil completo de los metabolitos (Cárdenas et al., 2024).

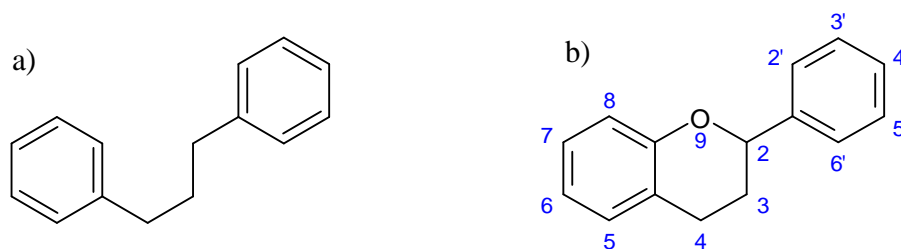
2.2.3.1. Flavonoides. Las plantas producen metabolitos secundarios a través de vías laterales a la fotosíntesis. Estos compuestos no tienen funciones nutricionales, pero son cruciales para la supervivencia de las plantas, ya que les ayudan a protegerse de factores externos. Entre los metabolitos secundarios se encuentran los flavonoides, taninos, lignanos, cumarinas, alcaloides, terpenos y saponinas (Hernández, 2019). Los flavonoides son metabolitos secundarios que se distinguen en varias clases según el nivel de oxidación de su anillo pirano y los sustituyentes o la posición del anillo bencénico. Entre las clases de flavonoides se encuentran auronas, catequinas, leucoantocianidinas, flavanonas, flavonoles, flavonas, flavonoles, protontocianidinas, chalconas e isoflavonoides. Su síntesis se realiza a partir de fenilalanina y malonil-CoA. Los flavonoides se dividen en dos grandes grupos: antocianinas y antoxantinas, que se agrupan en subclases estructuralmente relacionadas, pero con funciones diferentes (Hernández, 2019). Los flavonoides, presentes en las verduras, tienen múltiples beneficios para la salud. Cuando se ingieren, ejercen efectos antibacteriales, eliminando virus, bacterias y patógenos microscópicos. Además, diversos estudios han demostrado que los flavonoides tienen la propiedad de reducir el riesgo de padecer enfermedades cardíacas, lo que los convierte en metabolitos saludables. Otro de los beneficios importantes de los flavonoides son sus efectos

anticancerígenos, ya que están bien considerados en medicina por sus propiedades para proteger contra la formación de tumores malignos (Hernández, 2019). Además, los flavonoides tienen propiedades antioxidantes en el organismo humano. Actúan protegiendo contra la inflamación y potencian la acción de otras sustancias activas. Cada flavonoide tiene efectos para diferentes situaciones, poseyendo toda la propiedad antioxidante, el bloqueo de los radicales libres (Hernández, 2019). En las plantas los flavonoides tienen la capacidad de aumentar la coloración de las hojas y las flores en las plantas. Cuanto más color tienen, mayor es la concentración de flavonoides y compuestos polifenólicos. Esta cantidad de pigmentos también se expresa en los frutos y tubérculos. La mayoría de las plantas contienen flavonoides en proporciones de metabolitos secundarios y compuestos derivados de polifenoles. Un modo de detectarlos es mediante el color: el rojo intenso, púrpura o las tonalidades oscuras suelen indicar la presencia de isoflavonas, chalconas, flavonoles y antocianinas (Hernández, 2019).

a) Estructura química de los flavonoides: Los flavonoides tienen una estructura de anillos formada por 15 carbonos ($C_6C_3C_6$) (Hernández, 2019); Su estructura química incluye dos anillos aromáticos (bencénicos) unidos por una cadena de tres carbonos, que puede formar un anillo central heterocíclico (γ -pironas) o también con la cadena de tres carbonos abierta (Chalcona). Además, contienen grupos hidroxilo en número variable, lo que les permite quelar hierro y otros metales de transición (Monedero et al., 2016); Gracias a su estructura química, los flavonoides juegan un papel importante en la protección frente al daño oxidativo. Influyen positivamente en la mejora de algunas patologías como la cardiopatía isquémica, la aterosclerosis y el cáncer (Monedero et al., 2016); Todos los flavonoides son polifenólicos y solubles en agua. Tienen un máximo de absorción de luz a los 280 nm dentro del espectro electromagnético (Hernández, 2019); La estructura básica de los flavonoides permite una gran variedad de reacciones de sustitución y variaciones en el anillo C. La capacidad antioxidante de los flavonoides depende de las propiedades redox de los grupos hidroxilos sustituyentes y de la relación estructural entre las diferentes partes de la estructura química (Monedero et al., 2016); Existen tres características principales que van a determinar la función antioxidante de los flavonoides: la primera es la presencia de la estructura catecol u Orto-hidroxi en el anillo B, la segunda es la presencia de un doble enlace en la posición 2,3 y por último la presencia de grupos hidroxilo en la posición 3 y 5. (Monedero et al., 2016).

Figura 3

Estructura básica de los flavonoides a) cadena de tres carbonos abierta. b) anillo central heterocíclico (γ -pironas) (Monedero et al., 2019).



b) Tipos de flavonoides: de acuerdo con la nomenclatura de la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC) pueden clasificarse, según su estructura molecular y vía metabólica, en los siguientes grupos: Flavonoides, derivados de la estructura 2-fenilcromen-4-ona (2-fenil-1,4-benzopirona); Isoflavonoides, derivados de la estructura 3-fenilcromen-4-ona (3-fenil-1,4-benzopirona); Neoflavonoides, derivados de la estructura 4-fenilcumarina (4-fenil-1,2-benzopirona). (Hernández, 2019).

Figura 4

Estructura de la 2-fenilcromen-4-ona (2-fenil-1,4-benzopirona), esqueleto de los flavonoides (Hernández, 2019).

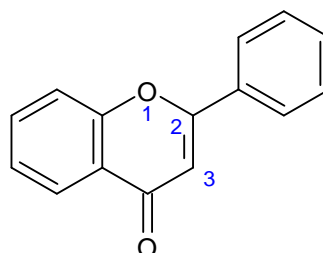
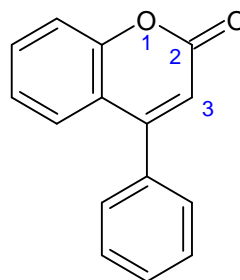


Figura 5

Estructura de la 3-fenilcromen-4-ona (3-fenil-1,4-benzopirona), esqueleto de los isoflavonoides, Estructura de la 4-fenilcumarina (4-fenil-1,2-benzopirona), esqueleto de los neoflavonoides (Hernández, 2019).



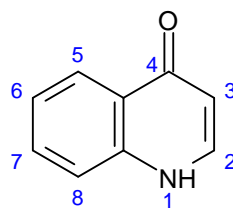
2.2.3.2 Quinolonas. Las quinolonas inhiben enzimas esenciales para la síntesis del ADN, como las topoisomerasas, y pueden fragmentar el ADN cromosómico. Tienen

actividad bactericida dependiente de la concentración y su espectro se ha ampliado con la introducción de flúor (fluoroquinolonas). Se utilizan en diversas infecciones, tanto hospitalarias como extrahospitalarias, incluyendo infecciones urinarias, enfermedades de transmisión sexual, osteomielitis crónica, infecciones respiratorias e infecciones sistémicas graves. La resistencia a quinolonas ha limitado su uso en algunos casos, pero existen estrategias para minimizar esta resistencia. Son bien toleradas y seguras, con efectos adversos más frecuentes a nivel gastrointestinal y del sistema nervioso central (Alós, 2009).

a) Estructura química y clasificación. Las quinolonas de uso clínico tienen una estructura de dos anillos con un nitrógeno en la posición 1, un grupo carbonilo en la posición 4 y un grupo carboxilo en la posición 3. La potencia y el espectro aumentan significativamente con un átomo de flúor en la posición 6, mejorando la penetración en tejidos y la unión a las topoisomerasas bacterianas. Frente a bacterias gramnegativas, la potencia aumenta con un grupo piperacínico o metil-piperacínico en la posición 7. Sustituyentes metilo en el grupo piperacínico mejoran la biodisponibilidad oral. Un doble anillo derivado del anillo pirrolidónico en la posición 7 aumenta la actividad sobre bacterias grampositivas, y un grupo metoxi en la posición 8 mejora la actividad frente a anaerobios (Alós, 2009).

Figura 6

Estructura de la 4-quinolona, molécula de donde derivan muchas de las quinolonas usadas en clínica (Alós, 2009).



Las quinolonas se clasifican en generaciones según su espectro de actividad. Las de primera generación (ácido nalidíxico, ácido pipemídico) son efectivas contra enterobacterias y algunos gramnegativos, pero no contra grampositivos, patógenos atípicos y anaerobios. Las de segunda generación (norfloxacino) tienen mayor actividad contra gramnegativos, incluyendo *Pseudomonas aeruginosa*, y algunos patógenos atípicos, pero limitada contra grampositivos y anaerobios. Las de tercera generación (ciprofloxacino, ofloxacino, levofloxacino) mejoran la absorción oral y la actividad contra *P. aeruginosa*, grampositivos y patógenos atípicos. Las de cuarta generación

(moxifloxacino) mejoran la actividad contra grampositivos y anaerobios, pero disminuyen frente a *P. aeruginosa* (Alós, 2009). El levofloxacino, una quinolona de tercera generación, es más activo que otras de su grupo frente a grampositivos. Con dosis diarias de 750-1.000 mg, alcanza un pico sérico alto, logrando un buen índice terapéutico contra estos microorganismos (Alós, 2009).

2.2.3.3. Fenoles. Los compuestos fenólicos son sustancias vegetales con uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo. Se clasifican en moléculas fenólicas simples y compuestos polimerizados. Derivan de las vías del Shikimato, pentosa fosfato y fenilpropanoides en las plantas. Son solubles en agua, combinados con azúcares como glucósidos y se localizan en la vacuola celular. Las extracciones se realizan en condiciones ácidas para mantener su estabilidad y neutralidad. Aunque las altas temperaturas mejoran la recuperación de compuestos fenólicos, temperaturas excesivas pueden degradarlos (Cárdenas et al., 2024).

2.2.3.4 Taninos. Los taninos hidrolizables (TH) son de interés científico por su potencial nutraceutico. Los galotaninos (GT) y los elagitaninos (ET) tienen diversas propiedades bioquímicas que ofrecen beneficios para la salud, como efectos antidiabéticos, antimutagénicos y antimicrobianos, debido a su capacidad antioxidante (CAOX) (Olivas-Aguirre et al., 2015). Los taninos, extraídos de plantas y algas, se clasifican principalmente según su monómero base, que puede ser ácido gálico, ácido elágico, flavan-3-oles o floroglucinol (Olivas-Aguirre et al., 2015).

a) Estructura y clasificación de taninos. Los compuestos polifenólicos (CPF) comprenden una amplia gama de sustancias que poseen al menos un grupo hidroxilo en uno o más anillos fenólicos. Los taninos, un subgrupo de CPF, son conocidos por su uso en el curtido de pieles y su capacidad para unirse a macromoléculas como carbohidratos y proteínas mediante fuerzas covalentes y no covalentes. Se clasifican en cuatro grupos: taninos condensados (TC), hidrolizables (TH), florotaninos (FT) y taninos complejos (Olivas-Aguirre et al., 2015). Los taninos tienen una masa molecular alta (500-20000 Da) y son astringentes y amargos, con propiedades que varían según el tipo de tanino. Químicamente, se definen como metabolitos secundarios derivados de plantas, que pueden ser ésteres de ácido gálico o sus derivados, unidos a una variedad de polioles, catequina o núcleos triterpenoides. Los taninos también pueden ser oligómeros o polímeros de proantocianidinas con diferentes patrones de acoplamiento interflavonil. Estas propiedades les confieren una gran diversidad de aplicaciones y beneficios potenciales (Olivas-Aguirre et al. 2015).

2.2.3.5. Alcaloides. Los alcaloides son metabolitos secundarios de origen vegetal, compuestos orgánicos nitrogenados con una estructura química compleja que incluye un anillo de nitrógeno heterocíclico. Su nombre proviene de "alcalino" debido a su carácter básico y capacidad para formar sales con ácidos. La diversidad estructural de los alcaloides resulta en una amplia gama de propiedades biológicas y farmacológicas (Cárdenas et al., 2024). Terapéuticamente, los alcaloides son conocidos por sus propiedades anestésicas, cardioprotectoras y antiinflamatorias. Estos metabolitos secundarios, de bajo peso molecular, constituyen aproximadamente el 20% de los metabolitos secundarios de origen vegetal. Se clasifican en varias categorías según su precursor biosintético y sistema de anillos heterocíclicos, incluyendo alcaloides indol, piperidina, tropano, purina, pirrolizidina, imidazol, quinolizidina, isoquinolina y pirrolidina (Cárdenas et al., 2024). La mayoría de los alcaloides son bases débiles debido a la presencia de un átomo de nitrógeno con un par solitario de electrones. Se diluyen mal en agua, pero se disuelven fácilmente en disolventes orgánicos como éter, isopropanol y etanol. Muchos alcaloides son termolábiles, lo que significa que son susceptibles a la degradación por calor, lo que puede romper su estructura molecular en compuestos más simples y menos potentes, reduciendo el rendimiento y la eficiencia del proceso de extracción (Cardenas et al., 2024).

2.2.3.6. Métodos de identificación Los compuestos puros se someten a diversas pruebas para elucidar su estructura, a partir de la siguiente metodología: (Verde Star, 2016)

- Métodos Físicos: Punto de fusión, Rotación Óptica, Difracción de Rayos X;
- Métodos Espectroscópicos: Ultravioleta, Resonancia Magnética Nuclear, Infrarrojo, Espectro de Masas;
- Métodos químicos;
- Prueba de Ignición;
- Pruebas coloridas;
- Prueba de tetranitrometano (TNM);
- Prueba de bromo en cloroformo;
- Prueba de permanganato de potasio;
- Grupo carboxilo Prueba de bicarbonato de sodio (NaHCO_3);
- Grupo carbonilo Prueba de la 2, 4-dinitrofenilhidrazina;
- Oxhidrilos fenólicos (Taninos) Prueba de cloruro férrico;

- Esteroles y triterpenos Prueba de Liebermann-Burchard;
- Prueba de Saponinas;
- Prueba de Cumarinas;
- Sesquiterpenlactonas Prueba de Baljet;
- Furanocumarinas Reactivo de Ehrlich;
- Prueba de Aromaticidad;
- Prueba de Nitritos (NO₂);
- Halógenos prueba de Belstein;
- Prueba de Cianuros;
- Prueba de Sal de cloruro de amonio;



(Verde Star, 2016)

- Alcaloides Reactivo de Mayer;
- Flavonoides Prueba de Shinoda;
- Prueba de Quinonas;
- Glicósidos cardiotónicos y azúcares, Glucósidos

2.2.5. Actividad Antioxidante

La actividad de secuestro de radicales por los compuestos fenólicos está influenciada por el número y la posición de los grupos hidroxilo, así como por la glicosilación y otras sustituciones. Las variaciones en la actividad de secuestro de radicales se deben a diferencias estructurales en la hidroxilación, glicosilación y metoxilación (Mixcan, 2015)

2.2.5.1. Medición de la Actividad Antioxidante. Los polifenoles son compuestos con una notable capacidad antioxidante y se han estudiado extensamente por sus beneficios para la salud. Para evaluar su actividad antioxidante, se utilizan métodos como DPPH, ABTS y TPTZ, que clasifican plantas y extractos según su potencial antioxidante. Estos métodos se basan en reacciones de transferencia de electrones o hidrógeno, requiriendo un conocimiento químico para interpretar los resultados. Además, técnicas avanzadas como LC-MS y DAD ayudan a identificar la actividad antioxidante de compuestos específicos (Verde Star, 2016). El índice ORAC es un ensayo importante para evaluar la cinética de oxidación en muestras, con variantes como ORAC-FL y ORAC-PGR que proporcionan información adicional sobre la calidad antioxidante. Otros métodos, como el CUPRAC, son valiosos por su capacidad

para analizar compuestos hidrofílicos y lipofílicos. Además de proteger contra el estrés oxidativo, estas técnicas están relacionadas con efectos antiproliferativos en células tumorales, utilizando enfoques directos e indirectos para ofrecer una visión más completa de los antioxidantes en productos naturales (Verde Star, 2016)

a) Métodos para evaluar la Actividad antioxidante (Verde Star, 2016)

- DPPH,
- Método de captación de radical ABTS,
- Capacidad de absorción de radicales de oxígeno (ORAC),
- Método de FRAP (Ferricion Reducing Antioxidant Power),
- Contenido de Fenoles totales método de Follin–Ciocalteau,

2.2.6. Toxicidad

La toxicidad es la cualidad de una sustancia de producir envenenamiento o efectos perjudiciales sobre un ser o medio ambiente (Real Academia Española, 2015)

2.2.6.1 Medición de la Toxicidad. Desde tiempos antiguos, las plantas se han usado como medicinas. Diversas especies han mostrado potencial para tratar enfermedades parasitarias. Por ello, muchos investigadores evalúan extractos vegetales para encontrar nuevas alternativas terapéuticas (Fernández-Calienes Valdés, 2009). Aunque las plantas se usan como medicinas, muchas pueden causar reacciones tóxicas. Por ello, se realizan investigaciones para evaluar tanto su acción farmacológica como su toxicidad (Fernández-Calienes Valdés, 2009). La evaluación toxicológica preclínica se realiza comúnmente en ratones. Debido al alto costo y al sufrimiento causado a los animales, se busca reemplazar estos experimentos, reducir el número de animales usados o mejorar las metodologías para minimizar el dolor y el estrés (Fernández-Calienes Valdés, 2009). El ensayo de letalidad de *Artemia salina* evalúa la toxicidad causando la muerte de larvas de este crustáceo en laboratorio. Propuesto por Michael y otros, y desarrollado por Vanhaecke, Sleet y Brendel, este método determina la concentración letal media (CL50) en medio salino. Se utiliza para detectar toxinas de hongos y cianobacterias, toxicidad de extractos de plantas, metales pesados y para predecir citotoxicidad de compuestos puros (Fernández-Calienes Valdés, 2009).

b) Métodos para evaluar la toxicidad

- Ensayo de letalidad en *Artemia salina*,
- Ensayo de toxicidad aguda con *Daphnia magna*,
- Ensayo de toxicidad aguda con bulbos de cebolla *Allium cepa L*,

- Ensayo de toxicidad aguda con e. cnidario *Hydra attenuata*,
- Ensayo de toxicidad aguda con semillas de lechuga *Lactuca sativa L*,
- Ensayo de toxicidad aguda con el nematodo *Panagrellus redivivus*

2.2.7. Actividad antimicrobiana

Los extractos de plantas y compuestos puros ofrecen oportunidades para desarrollar nuevas drogas antimicrobianas. Los bioensayos de susceptibilidad antimicrobiana in vitro son esenciales para identificar actividades biológicas en nuevos compuestos naturales (Verde Star, 2016)

Los métodos de difusión en disco y difusión del pozo en agar son principales para evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de plantas. Estos métodos determinan cualitativamente el efecto antimicrobiano midiendo el diámetro de los halos de inhibición producidos por los extractos (Verde Star, 2016).

Los métodos de dilución son adecuados para evaluar cuantitativamente la actividad antimicrobiana. La técnica más común es la concentración mínima inhibitoria (CMI), que determina la concentración mínima necesaria para inhibir el crecimiento visible del microorganismo (Verde Star, 2016)

La técnica de concentración mínima inhibitoria (CMI) puede mejorarse con indicadores REDOX, que ayudan a determinar el crecimiento y viabilidad microbiana. Después de establecer cualitativa y cuantitativamente el efecto antimicrobiano de los extractos, es importante identificar el compuesto responsable de dicha actividad (Verde Star, 2016).

La bioautografía es una técnica clave para localizar compuestos de interés en cromatografía de capa delgada. Estos compuestos pueden obtenerse en cantidades suficientes mediante cromatografía en columna y capa preparativa, permitiendo realizar bioensayos y caracterizarlos con técnicas espectroscópicas. Las metodologías para evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de plantas son diversas y proporcionan información valiosa para la búsqueda de compuestos con propiedades antimicrobianas (Verde Star, 2016).

Es crucial considerar los factores que pueden causar variaciones en los resultados. Por ello, es importante estandarizar los métodos y evaluar la actividad antimicrobiana utilizando técnicas ya estandarizadas (Verde Star, 2016)

a) Métodos para evaluar la Actividad Antimicrobiana (Verde Star, 2016)

- Cromatografía en columna,

- Técnica de difusión en placa,
- Método de difusión en Disco (Kirby-Bauer),
- Método modificado de pozos de agar,
- Métodos de dilución,
- Dilución en agar,
- Dilución en medio líquido,
- Bioautografía,
- Bioautografía por contacto,
- Bioautografía directa,
- Bioautografía por inmersión o por superposición de agar

2.2.8. Actividad fotoprotectora

La radiación ultravioleta (UV) se divide en cuatro rangos: UV-A (320–400 nm), UV-B (290–320 nm), UV-C (100–290 nm) y UV de vacío (10–100 nm). De estos, los rayos UV-B son los más perjudiciales para la piel humana, ya que pueden inducir eritema (quemaduras solares), envejecimiento prematuro y cáncer cutáneo. Afortunadamente, los rayos UV-C son absorbidos completamente por la atmósfera terrestre, mientras que los UV-A y UV-B alcanzan la superficie terrestre y afectan directamente la piel (Maske et al., 2013).

Los protectores solares son sustancias químicas diseñadas para absorber, reflejar o dispersar la radiación UV, protegiendo así la piel de sus efectos nocivos. Estudios en animales han demostrado que estos productos pueden reducir significativamente los efectos inmunosupresores y cancerígenos de la exposición solar (Maske et al., 2013).

En los últimos años, se ha incrementado el interés por el uso de extractos naturales como agentes fotoprotectores. Sustancias como los polifenoles del té verde, compuestos del *Aloe barbadensis* y metabolitos de líquenes han mostrado capacidad para absorber radiación UV y actuar como antioxidantes (2–4). Estos antioxidantes naturales no solo neutralizan radicales libres generados por la radiación solar, sino que también pueden prevenir enfermedades inducidas por los rayos UV (Maske et al., 2013).

La piel humana posee mecanismos naturales de defensa, como la producción de melanina, que actúa como un filtro solar biológico. Además, la exposición solar estimula la síntesis de vitamina D, esencial para la regeneración celular (Maske et al., 2013).

En este contexto, el extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. ha demostrado un efecto fotoprotector significativo. Según Venegas *et al.* (2023), a una concentración de 200 µg/mL, el extracto presentó un factor de protección solar (FPS) de 17.82, superior al de extractos de *Rosa kordesii* (FPS = 5.5), lo que se atribuye a su alto contenido de compuestos fenólicos. Este hallazgo sugiere que *S. nitidum* podría ser una fuente prometedora para el desarrollo de formulaciones cosméticas naturales con propiedades fotoprotectoras. (Venegas *et al.*, 2023).

a) Métodos para evaluar el factor de protección solar

Hay diversos métodos para evaluar el FPS estos son: (Venegas *et al.*, 2023).

- El método de la FDA,
- El método DIN 67.501,
- El método SAA,
- El método COLIPA

2.3 Marco Conceptual

Actividad Antibacteriana: Efecto inhibitorio o destructivo de un compuesto o extracto sobre el crecimiento de bacterias (Rivas-Morales *et al.*, 2016).

Actividad Antioxidante *in vitro*: Capacidad de un compuesto o extracto para neutralizar radicales libres en condiciones controladas de laboratorio (Rivas-Morales *et al.*, 2016).

Fenoles Totales: Cantidad total de compuestos fenólicos en una muestra, típicamente expresada en equivalentes de ácido gálico (Brand-Williams *et al.*, 1995).

Prospección Biológica: Evaluación experimental de la actividad bioactiva de compuestos naturales en sistemas biológicos (Matos y Abreu, 2009).

Prospección Química: Exploración sistemática para identificar y caracterizar metabolitos secundarios en organismos naturales (Matos y Abreu, 2009).

Prospección: Exploración de posibilidades futuras basada en indicios presentes. (Real Academia Española *et al.*, 2019)

Toxicidad Preliminar: Evaluación inicial del efecto nocivo de un compuesto o extracto en un modelo biológico (Sánchez y Neira, 2005).

2.4. Marco Ético y Legal

En el estudio de especies vegetales, es esencial abordar aspectos éticos y legales para asegurar una investigación responsable. La heterogeneidad de intereses, recursos, capacidades, motivaciones y aspectos culturales de los diferentes actores que

intervienen en esta interacción ha obligado al establecimiento de marcos mundiales, regionales y locales que regulen jurídicamente el acceso a los recursos genéticos y la distribución equitativa de los beneficios que se generen de dicha práctica. Ejemplo de esto es el llamado Convenio de Diversidad Biológica –CDB- (FAO) y la Decisión Andina 391 (Comunidad Andina, Normatividad Andina) (Duarte y Velho, 2009).

Un primer abordaje de esta protección lo realizó la Comisión Interamericana de Derechos Humanos (CIDH) en su Declaración Americana sobre los Derechos de los Pueblos Indígenas, que reconoce en su artículo XII el derecho a la salud y bienestar de los pueblos indígenas, en los siguientes términos: (Araujo, Muñoz, Verdival y Lage, 2024).

Los pueblos indígenas tendrán derecho al reconocimiento legal y a la práctica de su medicina tradicional, tratamiento, farmacología, prácticas y promoción de salud, incluyendo las de prevención y rehabilitación. (Araujo, Muñoz, Verdival y Lage, 2024)

Los pueblos indígenas tienen el derecho a la protección de las plantas de uso medicinal, animales y minerales, esenciales para la vida en sus territorios tradicionales. (Araujo, Muñoz, Verdival y Lage, 2024).

Los pueblos indígenas tendrán derecho a usar, mantener, desarrollar y administrar sus propios servicios de salud, así como deberán tener acceso, sin discriminación alguna, a todas las instituciones y servicios de salud y atención médica accesibles a la población en general. (Araujo, Muñoz, Verdival y Lage, 2024).

Los Estados proveerán los medios necesarios para que los pueblos indígenas logren eliminar las condiciones de salud que existan en sus comunidades y que sean deficitarias respecto a estándares aceptados para la población en general (Comisión Interamericana de Derechos Humanos 2001, 5). (Araujo, Muñoz, Verdival y Lage, 2024).

También debe reconocerse la importancia de la Declaración Universal sobre Bioética y Derechos Humanos (DUBDH), que, a pesar de no tener fuerza de ley, contiene principios que se orientan a la protección de las poblaciones vulnerables, con base en la libertad y dignidad de la persona humana. La DUBDH promueve ante los Estados la creación de normas que busquen efectivizar dicha protección, reconociendo la libertad de ciencia e investigación, propiciando el bienestar de los individuos y de los grupos a partir de la reflexión moral y ética. (Araujo, Muñoz, Verdival y Lage, 2024)

En pro de ese reconocimiento, también se encuentran la Convención de Diversidad Biológica, que reconoce la dependencia de los recursos biológicos con los estilos de vida tradicionales de las comunidades indígenas y establece para los Estados la responsabilidad de preservar los conocimientos y las prácticas tradicionales; y la Convención para la Salvaguarda del Patrimonio Cultural Inmaterial, de la Unesco, que tiene como finalidad proteger el patrimonio cultural inmaterial por medio del respeto, la concientización y la cooperación entre los pueblos. (Araujo, Muñoz, Verdival y Lage, 2024)

Desde el ámbito legal, el estudio debe cumplir con las normativas nacionales e internacionales. Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los Pueblos Indígenas vinculados a los Recursos Biológicos LEY N.º 27811; asegurando el reconocimiento y la retribución justa a las comunidades indígenas. (Republica del Perú, 2009)

También es obligatorio obtener permisos de recolección de recursos vegetales mediante entidades como SERFOR y gestionar contratos de acceso a recursos genéticos conforme al Convenio sobre la Diversidad Biológica. Asimismo, los resultados del estudio, como el descubrimiento de compuestos bioactivos, deben manejarse respetando los derechos de propiedad intelectual y reconociendo las contribuciones de las comunidades. Estas medidas garantizan una investigación sostenible, alineada con la protección de la biodiversidad y las tradiciones culturales.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODO

3.1. Alcance de Investigación

El estudio es de alcance descriptivo para la identificación de metabolitos y contenido de compuestos fenólicos y explicativo para actividad antioxidante, actividad antibacteriana y toxicidad (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018).

3.2. Diseño de investigación

Para la identificación de los metabolitos, el diseño de investigación es transeccional descriptivo (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018).

Para la evaluación de la actividad antibacteriana, actividad fotoprotectora y cuantificación de compuestos fenólicos el diseño es pre-experimental con posprueba únicamente (Hernández Sampieri y Mendoza Torres 2018).

Para la evaluación de la actividad antioxidante y toxicidad, el diseño es experimental puro con posprueba únicamente y grupo control (Hernández Sampieri y Mendoza Torres 2018).

3.3. Unidad de Análisis

La unidad de análisis son los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P “ñuñunga”

3.4. Población de Estudio

La población lo constituyen los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” que crecen de manera silvestre en el Bosque de Piedra de Huaraca que está ubicado en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga en el departamento de Ayacucho.

3.5. Muestra

Se usó 25 gramos de los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P “ñuñunga” que crecen de manera silvestre en los meses de marzo y abril en el Bosque de Piedras de Huaraca, ubicado en la comunidad de Huaraca, centro poblado de Anchacchuasi, distrito de Vinchos, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, Perú. Las coordenadas geográficas son 13°18'58.9" latitud sur y 74°26'55.8" longitud oeste, con

una altitud de 3627 msnm., en condiciones de clima frío y alta radiación ultravioleta, propias de los ecosistemas de afloramientos rocosos.

Para la extracción de metabolitos secundarios se utilizó el siguiente procedimiento:

- Tipo de disolvente: Se empleó éter de petróleo, etanol al 96°, agua destilada y metanol por separado.
- Relación sólido:líquido: Para la extracción con solventes de polaridad creciente se pesó 3 gramos de fruto maduro, a los que se añadieron 100 mL de cada disolvente correspondiente. Para la extracción con metanol se usó 19.10 gramos de fruto maduro con 190 mL de metanol
- Tiempo y temperatura: Para la extracción con éter de petróleo, la muestra estuvo 30 horas a una temperatura de ebullición (60° C); para la extracción con etanol, la muestra estuvo 20 horas a una temperatura de ebullición (78° C); para la extracción con agua destilada, la muestra estuvo 15 horas a una temperatura de ebullición (90° C); para la extracción con metanol, la muestra estuvo 4 horas a una temperatura de ebullición (64° C);

La liofilización fue utilizada para preservar los compuestos bioactivos, especialmente antocianinas, debido a su sensibilidad a la temperatura. Este método permite conservar las propiedades químicas y biológicas de los metabolitos secundarios al evitar su degradación térmica.

Parámetros utilizados:

- Temperatura final: -42 °C
- Presión: 0.013 mbar
- Tiempo: 48 horas

La liofilización se justifica por su capacidad para mantener la actividad antioxidante, el color y la estructura química de los compuestos fenólicos, lo cual es esencial para estudios fitoquímicos y aplicaciones farmacológicas.

3.6. Criterios de Selección

3.6.1. Criterios de Inclusión.

Se incluyó frutos maduros en buen estado.

3.6.2. Criterios de Exclusión

Se incluyó frutos maduros en mal estado o dañados

3.7. Técnica e Instrumentos de Recolección de Datos

3.7.1. Técnica de recolección de datos

La técnica de recolección de datos fue la observación (Hernández Sampieri y Mendoza Torres, 2018).

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

a) Identificación de Metabolitos. El instrumento de recolección de datos fue la visión directa de las reacciones de coloración y/o precipitación y la formación de espuma, usando el método del tamizaje fitoquímico.

b) Cuantificación de Compuestos Fenólicos. El instrumento fue el espectrofotómetro para medir la absorbancia producida en las reacciones de los métodos de Folin Ciocalteu y tricloruro de aluminio, para fenoles totales y flavonoides, respectivamente.

c) Actividad Antioxidante. El instrumento de recolección de datos fue el espectrofotómetro UV-VIS para medir la absorbancia residual usando el método de DPPH.

d) Actividad Antibacteriana. El instrumento fue el vernier para medir los halos de inhibición utilizando el método de modificado de pozos en agar.

e) Toxicidad. El instrumento fue la visión directa para contar el número de nauplios con el método de toxicidad preliminar frente a *Artemia salina*.

3.7.3. Procedimiento de recolección de datos

3.7.3.1. Tamizaje fitoquímico. Se realizó el tamizaje fitoquímico siguiendo el método descrito por Miranda Martínez y Cuéllar (2000). Se utilizó 3 gramos de frutos liofilizados secos y molidos, colocadas en un cartucho de papel filtro, y se sometió a tres extracciones consecutivas con solventes de polaridad creciente: éter de petróleo (extracto etéreo), etanol (extracto etanólico) y agua (extracto acuoso). Las extracciones se llevaron a cabo en un equipo Soxhlet, manteniendo la temperatura de ebullición de los solventes. Posteriormente, se realizaron pruebas específicas para identificar los metabolitos presentes en cada extracto (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar, 2000).

3.7.3.2. Identificación de metabolitos en el extracto etéreo. Se realizó los siguientes ensayos:

a) Ensayo de Sudán: Se adicionó una solución diluida de Sudán III al extracto reconstituido en éter de petróleo, calentando hasta evaporar el solvente. La formación de gotas o una película roja indica la presencia de compuestos grasos (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000).

b) Ensayos de Alcaloides: Se utilizaron los reactivos de Dragendorff, Mayer y Wagner. La presencia de opalescencia, turbidez o precipitados indica una reacción positiva para alcaloides (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

c) Ensayo de Liebermann-Burchad: Se redisolvió el extracto en cloroformo, agregando anhídrido acético y ácido sulfúrico. Cambios de color azul verdoso o púrpura indican la presencia de triterpenos y esteroides (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000).

d) Ensayo de Baljet: El extracto disuelto en etanol fue tratado con reactivo de Baljet. La aparición de coloraciones intensas confirma la presencia de lactonas y cumarinas (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

3.7.3.3. Identificación de metabolitos en el extracto etanólico. Se realizó los siguientes ensayos:

a) Ensayo de Catequinas: Se aplicó una alícuota del extracto sobre papel filtro y se añadió carbonato de sodio. Una mancha verde-carmelita bajo luz UV indica la presencia de catequinas (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

b) Ensayo de Resinas: La adición de agua destilada al extracto con formación de precipitado indica la presencia de resinas (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000).

c) Ensayo de Fehling: La formación de un precipitado rojo luego de la adicción del reactivo de Fehling al extracto y posterior calentamiento, es indicativo de la presencia de azúcares reductores (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

d) Ensayo de Liebermann-Burchad y Baljet: Se realizó como en el extracto etéreo (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000).

e) Ensayo de Espuma: La formación de espuma estable tras agitación indica la presencia de saponinas (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

f) Ensayo de Cloruro Férrico: Cambios de coloración tras la adición de cloruro férrico es indicativo de la presencia de fenoles y taninos (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

g) Ensayos de Aminoácidos y Quinonas: Se usó los reactivos de ninhidrina y Borntrager, respectivamente, detectando compuestos específicos mediante cambios de color (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

h) Ensayo de Shinoda: Se confirmó la presencia de flavonoides mediante la reacción con ácido clorhídrico y magnesio (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000).

i) Ensayo de Kedde: La reacción con el reactivo de Kedde identifica glicósidos cardiotónicos. (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000).

3.7.3.4 Identificación de metabolitos en el extracto acuoso. Se realizó los siguientes ensayos:

a) Ensayos de Alcaloides: Se repitió las pruebas de Dragendorff, Mayer y Wagner, como en los extractos anteriores, confirmando alcaloides cuaternarios (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

b) Ensayos de Fenoles y Taninos: Se utilizó cloruro férrico, como en el extracto etanólico (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

c) Ensayo de Fehling: La prueba identifica azúcares reductores (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

d) Ensayo de Espuma: Esta prueba indica la presencia de saponinas (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000).

e) Ensayo de Mucílagos: El enfriamiento del extracto resultará en una consistencia gelatinosa, confirmando mucílagos (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

f) Ensayo de Principios Amargos y Astringentes: El sabor del extracto permite identificar estos compuestos sensorialmente (Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Cuéllar Armando, 2000)

3.7.3.5. Cuantificación de flavonoides. La cuantificación de flavonoides totales (TFC) se llevó cabo mediante el método colorimétrico basado en tricloruro de aluminio. Se preparó una solución del extracto metanólico seco en etanol al 70° a una concentración de 800 µg/mL, realizando el análisis en triplicado. De esta solución, se tomó 2,0 mL y se añadió 0,5 mL de una solución de AlCl₃ al 2 %, completando el volumen a 5,0 mL con metanol. Después de un periodo de incubación de 30 minutos, se midió la absorbancia a 415 nm. La concentración de flavonoides se calculó utilizando una curva de calibración elaborada con rutina, expresando los resultados como miligramos equivalentes de rutina por gramo de extracto seco (mg RUE/g) (Verde Star, 2016).

3.7.3.6. Determinación de la actividad antioxidante. Se evaluó la actividad antioxidante utilizando el método de secuestro del radical DPPH. Se preparó soluciones de extracto metanólico seco en concentraciones de 25 a 100 µg/mL, de las cuales se tomó alícuotas de 300 µl y se mezcló con 2.7 mL de DPPH en metanol (40 µg/mL). Después de 30 minutos, se midió la absorbancia a 515 nm, empleando como blanco una

mezcla de 300 µl de metanol y 2.7 mL de DPPH. Los resultados se expresaron como porcentaje de actividad antioxidante y se calculó la concentración eficiente (CE50) mediante curvas estándar de DPPH (Brand-Williams *et al.*, 1995; Sousa *et al.*, 2007).

3.7.3.7. Determinación de la actividad antibacteriana. La actividad antibacteriana se evaluó mediante el método de pozos en agar contra inóculos bacterianos de *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Bacillus spizizenii*, *Salmonella typhimurium* y *Pseudomonas aeruginosa*. Se preparó suspensiones bacterianas con una turbidez equivalente a 0.5 en la escala de McFarland a una concentración de 100mg/mL, que se inoculó en agar Mueller-Hinton. Posteriormente, se realizó pozos de 6 mm en los que se depositaron 100 µL de muestra metanólica seco, incubando las placas a 35-37 °C durante 24 horas. Los halos de inhibición se midieron para evaluar la actividad antibacteriana (Verde Star, 2016). Para el control del bioensayo de actividad antibacteriana se usó como estándar a ciprofloxacino y cotrimazol antibióticos comerciales.

3.7.3.8. Bioensayo de toxicidad preliminar con *Artemia salina*. Se evaluó la toxicidad preliminar del extracto metanólico utilizando nauplios de *Artemia salina*. Los quistes se incubo en agua de mar preparada con una concentración de 3.8 g/100 mL durante 24 horas, con aireación y luz constante. A partir de una solución madre del extracto metanólico a 10,000 ppm, se realizó diluciones a concentraciones de 1000, 500, 100, 10, 5, 1 µg/mL. Se expuso 10 nauplios por triplicado a cada dilución, añadiendo una gota de levadura como alimento. Tras 24 horas, se determinó el número de nauplios sobrevivientes y se calculó la concentración letal media (CL50) utilizando el método de Probits (Fernández-Calienes Valdés, 2009).

Ecuación por el método Probit

$$Y = a + b \cdot \log (C)$$

Nota: (Y) = valor probit correspondiente al % de mortalidad, (C) = concentración, (a, b) = coeficientes obtenidos por regresión.

Ecuación general modelo

$$Probit = a + b \cdot \log (dosis)$$

Para calcular CL₅₀:

$$5 = a + b \cdot \log (CL_{50})$$

$$\log (CL_{50}) = \frac{5 - a}{b}$$

$$CL_{50} = 10^{\frac{5-a}{b}}$$

3.7.3.9. Actividad Fotoprotectora. El factor de protección solar (FPS) del extracto metanólico de los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” se determinó en base al método espectrofotométrico *in vitro* descrito por Mansur et al. (Venegas et al., 2023). Este ensayo se realizó diluyendo el extracto en metanol hasta obtener una concentración de 20 µg/mL, 100 µg/mL y 200 µg/mL, para ello se pesó 25 mg de muestra en un fiola aforada de 25 mL, luego se aforo con metanol, para obtener una concentración madre de 1 mg/mL se agitó y se transfirió a un tubo de ensayo para llevar a centrifugar por 5 minutos, se tomó alícuotas para obtener las concentraciones ya mencionadas. La medición de las absorbancias se realizó por triplicado, empleando el espectrofotómetro (rango de 190 a 400 nm, con intervalo de 1 nm), se utilizó una cubeta de cuarzo de 1 cm. Este método determina el SPF en el rango UVB (290 a 320 nm). El FPS se calculó de acuerdo con la ecuación desarrollada por Mansur et al. (Venegas et al. 2023).

$$FPS = FC \times \sum_{290}^{320} x EE(\lambda) \times I(\lambda) \times A(\lambda)$$

Donde: FPS es el Factor de protección Solar; FC es el factor de corrección; EE (λ) es el efecto eritemógeno de la radiación de longitud de onda λ ; I (λ) es la intensidad de sol en la longitud de onda λ ; A (λ) es la absorbancia de la solución en la longitud de onda λ . La relación entre el efecto eritemogénico y la intensidad de la radiación de cada longitud de onda (EE(λ) x I(λ)) es una constante determinada por Sayre et al. (Tabla 2) (Venegas et al., 2023).

Tabla 2

Relación en el efecto eritemogénico (EE) vs Intensidad de radiación (I) conforme a la longitud de onda (λ)

λ (nm)	(EE) x (I)
290	0.0150
295	0.0817
300	0.2874
305	0.3278
310	0.1864
315	0.0839
320	0.0180

Nota: Tabla tomada de Venegas et al. (2023).

Para el control del bioensayo de actividad fotoprotectora se usó un bloqueador solar comercial Himalaya ® SFP 30.

3.8. Análisis de Datos

Para analizar el contenido de compuestos fenólicos, la actividad antibacteriana y la concentración letal, se calculó la media y su error estándar correspondiente. En el caso de la actividad antioxidante, se llevó a cabo un análisis de varianza (ANOVA), previo cumplimiento de los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianzas, los cuales fueron evaluados mediante la prueba de Levene. Posteriormente, se empleó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Todas las pruebas estadísticas se realizaron con un nivel de confianza del 95 %, los bioensayos se realizaron por triplicado, los resultados se presentan en tablas y/o gráficos para facilitar su interpretación y visualización (Hernández Sampieri y Mendoza Torres 2018; Daniel y León Hernández 2014).

3.9. Consideraciones Éticas

En el estudio sobre *Solanum nitidum* R. & P, se garantizó la transparencia, seguridad y respeto hacia todas las partes involucradas. Esto incluyó la conformación de un equipo de investigadores capacitado para llevar a cabo análisis rigurosos, como prospección química y ensayos biológicos, asegurando resultados confiables. Además, se brindó a las comunidades locales información clara sobre los objetivos y beneficios de la investigación, promoviendo su participación de manera informada. Los ensayos biológicos cumplieron con las normativas éticas internacionales, y los resultados fueron presentados de forma objetiva y sin distorsiones, contribuyendo éticamente al avance del conocimiento científico y al uso sostenible de los recursos naturales (Pineda y Alvarado 2008).

CAPITULO IV. RESULTADOS

Tabla 3

Identificación de metabolitos presentes en los extractos etanólico, acuoso y en éter de petróleo de los frutos maduros de Solanum nitidum R. & P.

Metabolitos secundarios	Ensayos	Resultados	Observaciones
Extracción en Éter de Petróleo			
Compuestos grasos	Sudan	(+)	Película rojo vino
Esteroides	Liebermann Burchard	(+)	Verde azulado
Grupos lactonicos	Baljet	(++)	Turbidez
Extracción Etanólica			
Alcaloides	Dragendorff	(++)	Turbidez
Alcaloides	Mayer	(++)	Turbidez
Alcaloides	Wagner	(++)	Turbidez
Fenólicos y/o taninos	Cloruro Férrico	(+)	Verde intenso
Azucares reductores	Fehling	(+)	Precipitado rojizo
Triterpenos	Liebermann Burchard	(+)	Rosado azulado
Grupos lactonicos	Baljet	(+++)	Turbidez
Catequinas	Catequinas	(+)	Mancha carmelina
Extracción Acuosa			
Saponinas	Espuma	(+)	Espuma
Fenólicos y/o taninos	Cloruro Férrico	(+)	Color rojo vino

Tabla 4

Contenido de compuestos fenólicos y actividad antioxidante del extracto metanólico de los frutos maduros de Solanum nitidum R. & P.

Compuestos fenólicos		Actividad antioxidante (DPPH)	
TPC (mg GAE/g)	TFC (mg RUE/g)	%AA*	CE50 (µg/mL)
50,1 ± 1,2	7,8 ± 0,3	77,6 ± 0,2	586,6 ± 2,5

Nota. mg GAE/g: equivalente a ácido gálico ($y = 0,0095x + 0,0092$; $r = 0,9998$). mg RUE/g: equivalente a rutina ($y = 0,03.x + 0,013$; $r = 0,9994$). % AA* a 1000 µg/mL. % AA de Trolox a 100 µg/mL es 91,9. %.

Tabla 5

Actividad antimicrobiana del extracto metanólico de frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P.

Microorganismo	Zona de inhibición (mm)	
	Extracto metanólico	Estándar
<i>S. aureus</i>	7,94	15,29 ^{CP}
<i>Salmonella</i>	X	25,57 ^{CP}
<i>P. aeruginosa</i>	X	15,98 ^{CP}
<i>Bacillus</i>	12,65	22,56 ^{CP}
<i>E. coli</i>	X	27,97 ^{CP}
<i>C. albicans</i>	X	16,67 ^{CL}

Nota: CP (estándar ciprofloxacino), CL (estándar clotrimazol); El extracto metanólico de frutos de *Solanum nitidum* R. & P. mostró actividad antimicrobiana moderada frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus spp.*, con halos de inhibición de 7,94 mm y 12,65 mm, respectivamente. No se observó efecto frente a bacterias Gram negativas ni a *Candida albicans*.

Figura 7

Determinación de CL_{50} del extracto metanólico de frutos de *Solanum nitidum* R. & P. mediante ensayo de toxicidad preliminar con *Artemia salina*.

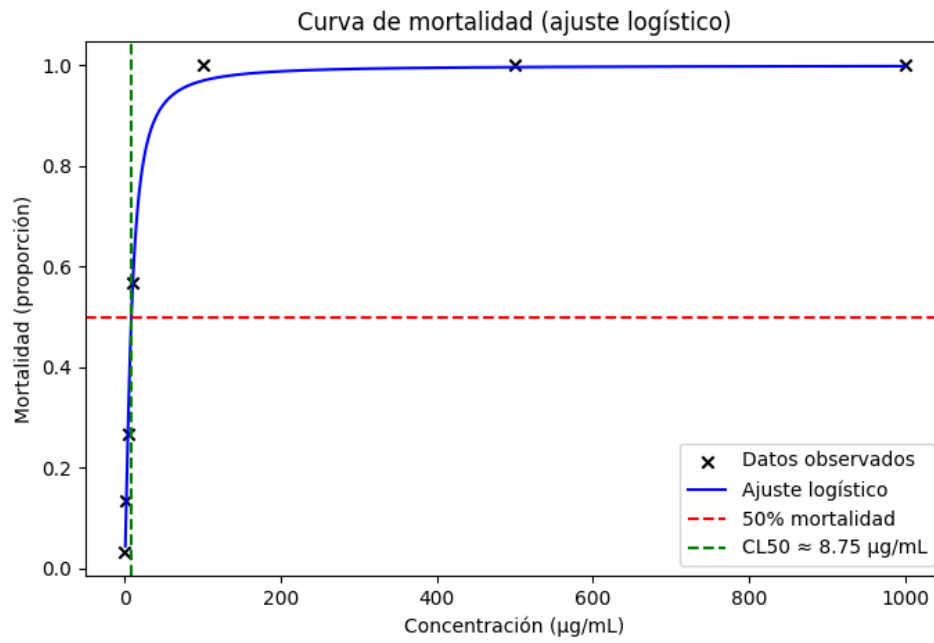


Tabla 6*Bioensayo de toxicidad preliminar con Artemia salina*

C $\mu\text{g/mL}$	Promedio de nauplios muertos	% Letalidad	S (DE)
Blanco	0,33	3,33	0,58
1	1,33	13,33	0,58
5	2,67	26,67	0,58
10	5,67	56,67	0,58
100	10	100	0
500	10	100	0
1000	10	100	0

Nota: A una concentración de aproximadamente de 8,98 $\mu\text{g/mL}$ del extracto liofilizado de los frutos de *Solanum nitidum* R. & P., se espera que muera el 50% de los organismos expuestos, el intervalo de confianza indica que, con un 95% de certeza, la verdadera CL_{50} se encuentra entre 6,94 y 13,58 $\mu\text{g/mL}$. C: concentración, DE: desviación estándar.

Figura 8

Barrido espectral para la evaluación del potencial fotoprotector in vitro del extracto de frutos liofilizados de Solanum nitidum R. & P.

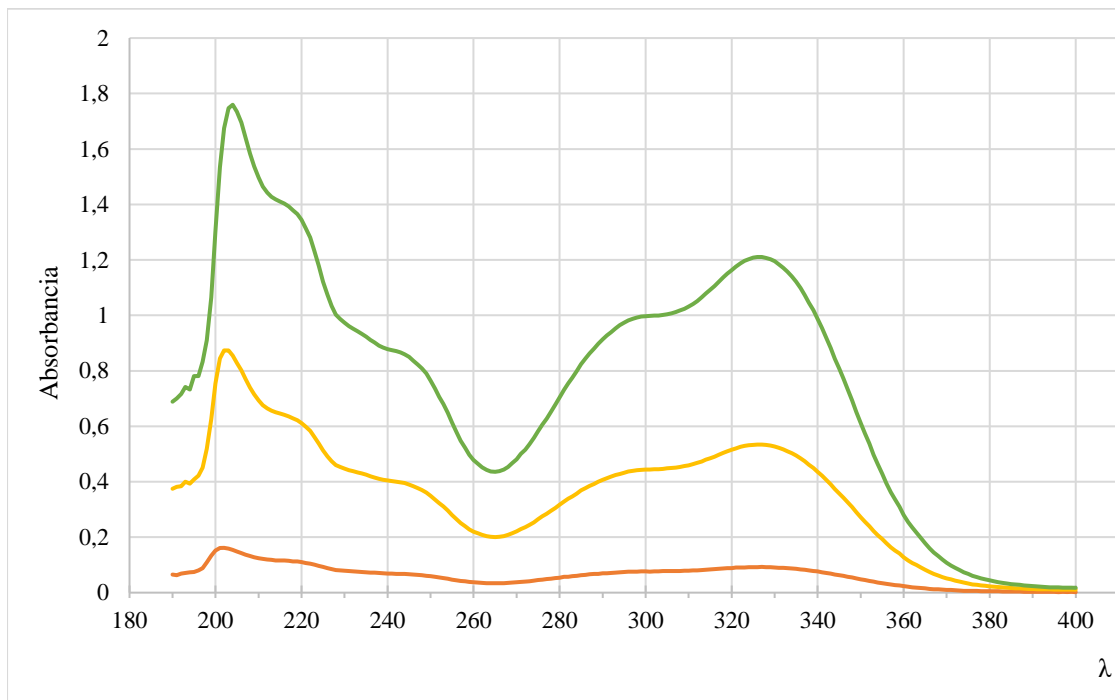


Tabla 7

Factor de Protección Solar (FPS) in vitro calculada con la ecuación desarrollada por Mansur et al.

λ (nm)	EE x I (normaliz.)	<i>Solanum nitidum</i> R. & P.						Himalaya® SFP 30	
		Abs.			FPS			Abs.	FPS
		20c	100c	200c	20c	100c	200c	20c	20c
290	0,015	0,07	0,41	0,91	0,00	0,01	0,01	1,0739	0,02
295	0,0817	0,07	0,43	0,97	0,01	0,04	0,08	1,1871	0,10
300	0,2874	0,08	0,44	1,00	0,02	0,13	0,29	1,2560	0,36
305	0,3278	0,08	0,45	1,00	0,03	0,15	0,33	1,3417	0,44
310	0,1864	0,08	0,46	1,03	0,01	0,09	0,19	1,4043	0,26
315	0,0839	0,08	0,48	1,09	0,01	0,04	0,09	1,3504	0,11
320	0,018	0,09	0,52	1,16	0,00	0,01	0,02	1,1785	0,02
	FC = 10				0,78	4,51	10,14		13,10

Nota: c: (concentración) ($\mu\text{g/mL}$); El extracto de *Solanum nitidum* a $200 \mu\text{g/mL}$ da como FPS = 10,14; Protector solar comercial Himalaya® SPF 30 a $20 \mu\text{g/mL}$ da como FPS = 13,10.

CAPITULO V. DISCUSION

Narváez (2021) señala que la bioprospección es una técnica que integra ciencia y tecnología para identificar y aislar compuestos útiles a partir de conocimientos tradicionales y diversidad vegetal. Esta estrategia promueve el desarrollo sostenible al generar beneficios económicos, conservar la biodiversidad y valorar el saber ancestral de las comunidades locales. Gracias a los avances en biotecnología, etnobotánica y biología molecular, la bioprospección tiene aplicaciones clave en sectores como la agricultura, biomedicina, cosmética, biorremediación e industrias tecnológicas.

En este informe de tesis tratamos de destacar la importancia de la bioprospección como una herramienta esencial en la investigación fitoquímica moderna, al integrar conocimientos tradicionales y técnicas científicas para identificar compuestos bioactivos en plantas como *Solanum nitidum*. Mediante métodos como el tamizaje fitoquímico (detectar la presencia de metabolitos), la espectrofotometría (cuantificación más precisa de metabolitos) y la quimiotaxonomía (optimiza la búsqueda de metabolitos secundarios al relacionar la clasificación botánica con los compuestos químicos presentes), estos enfoques metodológicos validan el uso medicinal tradicional, optimiza la búsqueda de metabolitos secundarios y se promueve la conservación de la biodiversidad y el conocimiento ancestral, impulsando así la innovación y el desarrollo sostenible.

Los radicales libres son compuestos muy reactivos que pueden dañar células y están vinculados a enfermedades crónicas. Según Guija-Guerra y Guija-Poma (2023), su reactividad se debe a un electrón desapareado, lo que les permite atacar proteínas, lípidos y ADN. Se clasifican como especies reactivas de oxígeno, nitrógeno o azufre, y se generan principalmente en la mitocondria, aunque también por otras reacciones. El cuerpo tiene defensas antioxidantes, pero son limitadas. Por eso, se recomienda consumir frutas y verduras con antioxidantes como polifenoles, flavonoides y vitaminas C y E. Cuando los radicales libres superan estas defensas, se produce estrés oxidativo, relacionado con enfermedades como cáncer y diabetes. El equilibrio entre oxidantes y antioxidantes se conoce como “estado estable redox celular”, que incluye también

compuestos no radicalarios como el peróxido de hidrógeno. Por ello se debe mantener este equilibrio mediante una dieta rica en antioxidantes, es clave para proteger la salud celular.

Yongle (2024), en su estudio filogenético de *Solanum pseudocapsicum* reveló que *Solanum betaceum*, *Solanum laciniatum* y *Solanum nitidum* están genéticamente estrechamente relacionados y se agrupan en la misma rama del árbol filogenético lo que puede reflejar en su características morfológicas, bioquímicas o ecológicas de este género.

El estudio de Kaunda y Zhang (2019) destaca la diversidad química y farmacológica del género *Solanum*, con potencial en medicina natural y biotecnología. Se revisaron 65 especies, identificando 670 compuestos agrupados en 16 clases químicas, entre ellas saponinas, alcaloides, terpenos, flavonoides y compuestos fenólicos. Además, se documentaron 66 especies con usos etnofarmacológicos como anticancerígenos, antioxidantes, antidiabéticos, antiinflamatorios, antifúngicos, antiplasmodiales, hepatoprotectores, entre otros. Algunas especies destacadas incluyen *Solanum torvum* (saponinas y flavonoides), *Solanum nigrum* (hepatoprotector y anticancerígeno), *Solanum xanthocarpum* (antioxidante y antidiabético), *Solanum melongena* (antiinflamatorio y antioxidante), y *Solanum lyratum* (sesquiterpenos con actividad anticancerígena). Esto da entender que la riqueza fitoquímica del género *Solanum* respalda su relevancia en el desarrollo de terapias naturales y aplicaciones farmacológicas.

La patata (*Solanum tuberosum*) contiene glicoalcaloides esteroidales (SGAs) como la α -solanina y α -chaconina, que cumplen funciones defensivas, pero pueden ser tóxicos para humanos. Según Yongming et al. (2024), estos compuestos protegen a la planta frente al estrés biótico, pero en concentraciones superiores a 3 mg/kg pueden causar síntomas como náuseas, vómitos y diarrea, e incluso la muerte. Los SGAs inhiben la acetilcolinesterasa, afectando el sistema nervioso y digestivo. A pesar de su toxicidad, algunos presentan propiedades beneficiosas como efectos anticancerígenos, antimicrobianos, antiinflamatorios y antivirales. Variedades como Lenape y Magnum Bonum fueron retiradas por contener niveles elevados de SGAs, y muchas especies silvestres superan el límite de seguridad. El estudio resalta la importancia de regular los niveles de SGAs en la patata para aprovechar sus beneficios sin comprometer la seguridad alimentaria.

Arones (2022) y Cuadros (2013) nos indican que según la etnobotánica tradicional de *Solanum nitidum* R. & P., esta tiene usos como antiinflamatorios, cicatrizante, analgésicas, antioxidantes, antibacterianos, antifúngicos, antipirético, psicotrópico, antiespasmódico

Diversos estudios han identificado una amplia variedad de metabolitos en los extractos de hojas de *Solanum nitidum* R. & P., evidenciando su riqueza fitoquímica. Berrocal et al. (2018) reportaron flavonoides, fenoles y/o taninos, saponinas, triterpenos y/o esteroides, quinonas, lactonas y/o cumarinas, alcaloides, catequinas y azúcares reductores. Arones et al. (2022) confirmaron la presencia de quinonas, flavonoides, fenoles y/o taninos, saponinas y alcaloides. Pérez et al. (2015), en el desarrollo de una cremigel, verificó metabolitos similares como flavonoides, fenoles y/o taninos, saponinas, triterpenos y/o esteroides, quinonas, alcaloides, catequinas y lactonas y/o cumarinas. Cuadros et al. (2013), en su estudio sobre el efecto cicatrizante, identificó fenoles y/o taninos, flavonoides, saponinas, catequinas, alcaloides, aminoácidos libres y quinonas. Estos hallazgos respaldan el potencial terapéutico de *Solanum nitidum* R. & P. y su aplicación en productos naturales y farmacéuticos.

Nuestra investigación sobre los frutos liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P. revela una diversidad de metabolitos mediante extracciones con solventes de polaridad creciente. Se realizaron tres extracciones consecutivas con éter de petróleo, etanol 96° y agua, además de una con metanol, para optimizar la identificación de compuestos según su polaridad. El extracto acuoso mostró la presencia de saponinas y compuestos fenólicos. El extracto etanólico reveló compuestos piracatecólicos, azúcares reductores, triterpenos y/o esteroides, compuestos lactónicos, catequinas y alcaloides, confirmados mediante las reacciones de Dragendorff, Mayer y Wagner. En el extracto con éter de petróleo se identificaron compuestos grasos, triterpenos y/o esteroides, y compuestos lactónicos. Estos resultados permiten evaluar de forma diferenciada la actividad biológica y química de los metabolitos presentes en los frutos de *Solanum nitidum* R. & P.

Los estudios fitoquímicos sobre *Solanum nitidum* R. & P. revelan diferencias en la identificación de metabolitos según el tipo de extracto y método utilizado. En el extracto hidroalcohólico de Berrocal et al. (2018) identificó flavonoides mediante el ensayo de Shinoda y taninos tipo pirocatecólicos con tricloruro férrico, además de saponinas esteroidales y triterpénicas. El ensayo de Liebermann-Burchard indicó la presencia de esteroides por una coloración verde. En comparación, el informe de tesis

realizó tres extracciones con solventes de polaridad creciente. En el extracto etanólico (96°) se detectaron triterpenos (color rosado azulado), y en el de éter de petróleo, esteroides (color verde azulado). El extracto acuoso mostró saponinas y compuestos fenólicos, pero no quinonas. Cuadros et al. (2013) reportó mayor concentración de alcaloides (precipitado marrón con tres cruces) y fenoles (color verde intenso), además de quinonas (color vino en fase acuosa) y aminoácidos libres (color azul violáceo). Estas variaciones evidencian la importancia del tipo de extracción y ensayo en la caracterización fitoquímica (pruebas químicas para determinar qué sustancias bioactivas) de *Solanum nitidum*, permitiendo una evaluación más precisa de sus metabolitos.

Estudios sobre *Solanum hispidum* y *Solanum radicans* evidencian similitudes químicas y biológicas dentro del género *Solanum*, especialmente en la presencia de alcaloides. Retamozo et al. (2018) realizó una bioprospección química y biológica en hojas y frutos de ambas especies, encontrando alcaloides en todas las muestras. La concentración fue menor en las hojas de *S. hispidum* ($0,95 \pm 0,01$ mg Aes/g) y en los frutos de *S. radicans*, mientras que los frutos de *S. hispidum* ($3,58 \pm 0,09$ mg Aes/g) y las hojas de *S. radicans* ($3,63 \pm 0,01$ mg Aes/g) mostraron concentraciones más altas. El fruto de *S. radicans* presentó la mayor concentración ($3,72 \pm 0,01$ mg Aes/g). El análisis estadístico ANOVA ($p = 2,785E-12$) confirmó diferencias altamente significativas entre hojas y frutos. Estas concentraciones indican una alta toxicidad potencial, debido a la presencia de alcaloides bioactivos como la solanina. Estos hallazgos son relevantes para investigaciones farmacológicas, toxicológicas y sobre el uso tradicional de especies del género *Solanum*.

El estudio de Arones et al. (2022) destaca el perfil fitoquímico de *Solanum nitidum* R. & P. en comparación con otras especies medicinales del Bosque de Piedras de Huaraca. Se evaluó el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de extractos hidroalcohólicos. *Solanum nitidum* presentó un contenido moderado de fenoles totales ($177,0 \pm 0,4$ mg GAE/g) y un alto contenido de flavonoides ($114,0 \pm 0,1$ mg RUE/g), siendo la segunda especie con mayor concentración de estos compuestos. Sin embargo, su actividad antioxidante fue limitada (AA: $19,5 \pm 0,5$ %; CI_{50} : $228,7 \pm 0,3$ μ g/mL), significativamente inferior al estándar Trolox (CI_{50} : $36,6 \pm 0,4$ μ g/mL), lo que sugiere que la eficacia antioxidante puede depender de la naturaleza o estabilidad de sus compuestos activos. La presencia confirmada de flavonoides, taninos y alcaloides respalda su uso tradicional como planta antiinflamatoria y cicatrizante, y

sugiere potencial para aplicaciones nutraceuticas. Aunque *Solanum nitidum* posee una rica composición de metabolitos secundarios, su actividad antioxidante moderada indica que su aplicación debe evaluarse cuidadosamente según el tipo de uso terapéutico.

Venegas et al. (2023) evaluó el perfil antioxidante y fitoquímico del extracto hidroalcohólico atomizado de hojas de *Solanum nitidum* R. & P., destacando su potencial terapéutico. El estudio reportó un contenido elevado de fenoles totales ($162 \pm 1,92$ mg GAE/g), lo que indica una fuente rica en antioxidantes naturales. También se encontró un contenido significativo de flavonoides ($21,8 \pm 0,27$ mg RuE/g), conocidos por sus efectos beneficiosos sobre el estrés oxidativo y la salud cardiovascular. La actividad antioxidante, medida por el método DPPH, mostró valores crecientes según la concentración: desde 16,77 % a 37,74 %, aunque fue moderada en comparación con el estándar Trolox. Esta diferencia podría deberse a la naturaleza de los compuestos presentes o a la eficiencia del método de extracción. Se sugiere realizar la determinación de la CE_{50} para una caracterización más precisa. Los resultados respaldan el uso tradicional de *Solanum nitidum* y sugieren su potencial como fuente nutraceutica, aunque se requiere mayor precisión en la evaluación de su capacidad antioxidante.

Berrocal et al. (2018) determina que el extracto hidroalcohólico de hojas de *Solanum nitidum* R. & P., destacando su riqueza en compuestos fenólicos y flavonoides con potencial bioactivo. El estudio reportó un contenido elevado de fenoles totales (177,0 mg EAG/g ES) y flavonoides (45,59 mg ERu/g ES), indicando una alta concentración de metabolitos secundarios. La proporción significativa de flavonoides sugiere una contribución importante a la capacidad antioxidante del extracto. La actividad antioxidante, medida por el método DPPH, mostró una respuesta dosis-dependiente: 4,51 % (25 μ g/mL), 9,67 % (50 μ g/mL) y 19,58 % (100 μ g/mL), aunque inferior al estándar Trolox en las mismas concentraciones. Los valores de CI_{50} fueron $228,8 \pm 0,36$ μ g/mL (DPPH) y $544,8 \pm 0,57$ μ g/mL (ABTS), frente a $37,0 \pm 0,43$ μ g/mL y $148,1 \pm 0,98$ μ g/mL para Trolox, lo que indica una potencia antioxidante moderada, posiblemente influenciada por la composición química o el método de extracción. Estos resultados respaldan el potencial de *Solanum nitidum* R. & P. como fuente natural de antioxidantes, aunque su eficacia debe considerarse en función de su composición y proceso de obtención.

El perfil fitoquímico y antioxidante de *Solanum nitidum* R. & P. ha sido ampliamente estudiado, revelando diferencias significativas entre hojas y frutos en cuanto a contenido de metabolitos y capacidad antioxidante. Las investigaciones se han centrado principalmente en las hojas, donde se ha reportado un contenido elevado de fenoles totales (TPC: 162–177 mg GAE/g) y flavonoides (TFC: 21,8–114 mg RUE/g), con actividad antioxidante moderada y dosis-dependiente. Estudios como los de Arones et al. (2022) y Berrocal et al. (2018) informaron valores de CI_{50} cercanos a 228 $\mu\text{g/mL}$ (DPPH), superiores al estándar Trolox (36,6 $\mu\text{g/mL}$), lo que indica menor potencia antioxidante. En contraste, los frutos de *Solanum nitidum* R. & P. mostraron menor contenido de compuestos fenólicos (TPC: $50,1 \pm 1,2$ mg GAE/g; TFC: $7,8 \pm 0,3$ mg RUE/g), pero una actividad antioxidante más alta ($77,6 \pm 0,2$ % de inhibición a 100 $\mu\text{g/mL}$), aunque con un CE_{50} elevado ($586,6 \pm 2,5$ $\mu\text{g/mL}$), lo que refleja una eficacia moderada. Este contraste sugiere que los frutos, aunque menos concentrados en fenoles, podrían contener compuestos con mayor eficiencia radicalaria o sinergias que potencian su actividad. Las diferencias entre hojas y frutos podrían estar relacionadas con la polaridad, estabilidad y naturaleza química de los metabolitos presentes. En conjunto, *Solanum nitidum* R. & P. representa una fuente prometedora de antioxidantes naturales, con aplicaciones nutracéuticas potenciales, aunque se recomienda profundizar en la caracterización estructural de sus compuestos activos y optimizar los métodos de extracción para mejorar su eficacia.

El género *Solanum* ha sido ampliamente investigado por su perfil fitoquímico y sus actividades antimicrobianas y antioxidantes, destacando *Solanum nitidum* R. & P. como una especie con evidencia experimental sólida y potencial terapéutico. Heredia et al. (2019) evaluaron extractos alcohólicos de *S. dolichosepalum* frente a bacterias de interés pecuario, observando actividad antibacteriana leve con halos de inhibición de 1 a 4 mm. El extracto etanólico fue más activo frente a *S. aureus* y *Salmonella spp.*, mientras que el metanólico mostró mayor efecto sobre *P. aeruginosa*. Las concentraciones mínimas inhibitorias fueron superiores a 200 mg/mL, indicando baja eficacia. Valderrama et al. (2020) analizó extractos metanólicos de diez especies de *Solanum*, destacando *S. mammosum* y *S. schlechtendalianum* por su alta actividad antioxidante, correlacionada con su contenido fenólico. Sin embargo, la actividad antimicrobiana fue limitada, con inhibición solo frente a *E. coli* en algunas especies. Kaunda y Zhang (2019) realizaron una revisión exhaustiva del género *Solanum*, identificando más de 670 compuestos agrupados en 16 clases químicas. Se destacaron

alcaloides esteroidales como solamargina y solasonina, con actividad frente a bacterias resistentes, hongos y parásitos. También se reportaron saponinas, flavonoides, terpenos y lignanos con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y antitumorales. Especies como *S. torvum*, *S. xanthocarpum*, *S. nigrum* y *S. melongena* mostraron una amplia gama de actividades farmacológicas. Chang *et al.* (2013) confirmó la actividad antibacteriana de *S. nigrum* frente a bacterias Gram positivas como *S. aureus* y *B. subtilis*, con halos de inhibición de hasta 10 mm. Los extractos mostraron presencia de flavonoides, alcaloides, taninos, saponinas y cumarinas, aunque no fueron efectivos contra bacterias Gram negativas.

El presente estudio de tesis evaluó el extracto metanólico de frutos de *S. nitidum* frente a seis microorganismos clínicos. Se observó actividad frente a *S. aureus* y *Bacillus spp.* con halos de inhibición de hasta 7,94 mm y 13,65 mm, mientras que no se detectó efecto frente a *E. coli*, *Salmonella spp.*, *P. aeruginosa* ni *Candida albicans*. No se observó efecto frente a bacterias Gram negativas ni a *Candida albicans*. En comparación, ciprofloxacino y clotrimazol presentaron inhibiciones superiores. Estos resultados sugieren que el extracto posee compuestos activos selectivos contra bacterias Gram positivas. No obstante, se requiere mayor caracterización química de los metabolitos activos y estudios de sinergia para ampliar su aplicabilidad. En conjunto, los estudios revisados confirman que *Solanum nitidum* R. & P. posee un perfil fitoquímico valioso y actividad antimicrobiana selectiva, lo que lo posiciona como una especie prometedora en el desarrollo de alternativas terapéuticas naturales, aunque su eficacia debe ser optimizada mediante investigaciones complementarias.

El bioensayo de letalidad con *Artemia salina* (BSLA) se ha consolidado como una herramienta eficaz, económica y accesible para evaluar la toxicidad general de extractos naturales, especialmente en estudios de plantas del género *Solanum*. Ntungwe *et al.* (2020) destacan la utilidad del BSLA por su simplicidad y capacidad para detectar compuestos citotóxicos, antitumorales e insecticidas, considerando tóxicos los extractos con $CL_{50} < 1000 \mu\text{g/mL}$. Aunque presenta limitaciones como la sensibilidad a solventes y variabilidad entre cepas, es especialmente valioso en contextos de investigación con recursos limitados. Retamozo *et al.* (2018) aplicaron el protocolo CYTED (1995) para evaluar la toxicidad de extractos de *Solanum radicans* y *Solanum hispidum*. Los resultados mostraron una toxicidad significativa: frutos de *S. radicans* (CL_{50} : 6.40 $\mu\text{g/mL}$, extremadamente tóxico), hojas de *S. hispidum* (CL_{50} : 10.42 $\mu\text{g/mL}$) y frutos (CL_{50} : 11.47 $\mu\text{g/mL}$), así como hojas de *S. radicans* (CL_{50} : 14.67 $\mu\text{g/mL}$), todos

clasificados como altamente tóxicos. La mortalidad fue del 100 % a 1000 µg/mL, y entre 40 % y 90 % en concentraciones menores. Esta toxicidad se atribuye a la presencia de glicoalcaloides esteroidales, lo que sugiere aplicaciones farmacológicas en el desarrollo de agentes antiparasitarios, insecticidas o antitumorales, aunque también advierte sobre riesgos para la salud humana. En el estudio de tesis sobre *Solanum nitidum* R. & P. el extracto metanólico de frutos liofilizados mostró una CL₅₀ de 8.98 µg/mL, clasificado como extremadamente tóxico. El análisis estadístico por regresión Probit confirmó la significancia del modelo ($p < 0.001$) y una alta mortalidad proporcional a la concentración. Estos resultados sugieren la presencia de metabolitos secundarios con alta bioactividad, lo que respalda su potencial antimicrobiano y su posible aplicación como agente insecticida, antiparasitario o anticancerígeno. Sin embargo, también se enfatiza la necesidad de evaluar su seguridad en modelos celulares y animales superiores antes de considerar su uso terapéutico. En conjunto, los estudios revisados confirman que el bioensayo con *Artemia salina* es una herramienta útil para identificar extractos naturales con alta toxicidad y potencial bioactivo, siendo especialmente relevante en el análisis preliminar de especies del género *Solanum*, aunque se requiere una evaluación más profunda para garantizar su seguridad y eficacia en aplicaciones farmacológicas.

Diversos estudios han evaluado el potencial fotoprotector de compuestos naturales, incluyendo el extracto de *Solanum nitidum* R. & P., destacando su capacidad para absorber radiación UV y actuar como antioxidante. Hailun et al. (2021) analizó componentes naturales de origen vegetal, marino y fúngico como agentes fotoprotectores en formulaciones tópicas con FPS. Se resalta compuestos como lignina (FPS hasta 195.33), silymarin (FPS 5.5–16.3) y antioxidantes marinos como MAAs y melanina. La nanoencapsulación mejora su eficacia y estabilidad, aunque no reemplazan completamente los filtros sintéticos. Venegas et al. (2023) evaluó *in vitro* el extracto hidroalcohólico de hojas de *Solanum nitidum* R. & P. obteniendo un FPS de 17.82 a 200 µg/mL mediante el método de Mansur, lo que indica una protección moderada a alta frente a radiación UVB (295–320 nm). Esta actividad se atribuye a compuestos fenólicos, especialmente flavonoides, aunque su concentración fue menor que en estudios previos, posiblemente por factores como madurez de la planta y condiciones de recolección. En nuestro estudio, se comparó el FPS *in vitro* del extracto de *Solanum nitidum* R. & P. (FPS = 10.14 a 200 µg/mL) con el protector solar comercial Himalaya® SPF 30 (FPS = 13.10 a 20 µg/mL), mostrando que, aunque el extracto tiene

menor FPS, su origen natural y contenido fenólico lo hacen prometedor. Además, el extracto de *Solanum nitidum* R. & P. superó en FPS a otros extractos vegetales como *Rosa kordesii* (FPS = 5.5) y especies del género *Campomanesia* (FPS < 6), lo que refuerza su potencial como agente fotoprotector natural. Los hallazgos respaldan el uso del extracto de *Solanum nitidum* R. & P. en formulaciones cosméticas, recomendando avanzar hacia estudios de formulación en crema, estabilidad química y evaluaciones clínicas para validar su eficacia y seguridad.

CAPITULO VI. CONCLUSIONES

- a. Se determinó la composición química de los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P. “Ñuñunga”, así como el contenido de compuestos fenólicos, actividad antioxidante, antibacteriana, toxicidad preliminar y el factor de protección solar, evidenciando su potencial bioactivo.
- b. El análisis fitoquímico reveló la presencia de metabolitos secundarios como saponinas, fenoles, alcaloides, triterpenos, catequinas, compuestos grasos y lactónicos; en los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P. “Ñuñunga”
- c. La evaluación de la actividad antioxidante *in vitro* de los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P. “Ñuñunga” mostró un 77.6% de inhibición a 1000 µg/mL y $CE_{50} = 586.6$ µg/mL, indicando una capacidad antioxidante significativa.
- d. El extracto metanólico de los frutos maduros de *Solanum nitidum* R. & P. “Ñuñunga” mostró actividad antibacteriana moderada frente a *Staphylococcus aureus* y *Bacillus spp.*, y no tuvo efecto frente a bacterias Gram negativas.
- e. El bioensayo con *Artemia salina* determino una toxicidad preliminar con un valor de $CL_{50} = 8.98$ µg/mL (clasificado como altamente tóxico), lo que implica la necesidad de estudios adicionales para evaluar su seguridad.
- f. La actividad fotoprotectora de los frutos de *Solanum nitidum* R. & P. “Ñuñunga” alcanzó un factor de protección solar (FPS) de 10.14 (FPS) a 200 µg/mL, comparado con el 13.10 (FPS) de un protector solar comercial lo que evidencia un potencial uso como agente fotoprotector natural.

CAPITULO VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda profundizar en el estudio de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga” mediante el aislamiento, identificación y cuantificación de sus metabolitos secundarios, para determinar con precisión los compuestos responsables de sus efectos farmacológicos como la fotoprotección, actividad antioxidante y antimicrobiana.

Para ello, se sugiere:

- Aplicar métodos de extracción más específicos y eficientes (Soxhlet, ultrasonido, microondas) con solventes como metanol, etanol, acetato de etilo y agua.
- Realizar estudios clínicos y farmacológicos que validen la seguridad y eficacia de los extractos, especialmente en aplicaciones tópicas.
- Formular productos cosméticos (cremas, geles, lociones) y antisépticos, evaluando su FPS, estabilidad química y fotoestabilidad.
- Investigar la sinergia entre los extractos y antibióticos convencionales para mejorar la eficacia terapéutica y combatir la resistencia microbiana.
- Realizar estudios de toxicidad en modelos celulares y microbiológicos.
- Promover el cultivo controlado de la planta en zonas altoandinas para garantizar sostenibilidad.
- Fomentar investigaciones colaborativas entre microbiología, farmacología y fitoquímica.
- Difundir los resultados en espacios académicos y científicos especializados.

BIBLIOGRAFIA

- A. Fernandez-Calienes Valdés, Judith Mendiola Martínez, Lianet Monzote Fidalgo, Marley García Parra, Idalia Sariego Ramos, Deyanira Acuña Rodríguez; Ramón Scull Lizama; Yamilet Gutiérrez Gaitén. 2009. Evaluación de la toxicidad de extractos de plantas cubanas con posible acción antiparasitaria utilizando larvas de *Artemia salina* L. Revista Cubana de Medicina Tropical. Disponible en: <https://acortar.link/JMVv59>
- A. Retamozo y E. Aguilar. 2018. Contenido de glicoalcaloides esteroidales totales en las hojas y frutos de *Solanum hispidum* Pers. y *Solanum radicans* L. y determinación de su bioactividad frente a *Artemia salina*. Ayacucho 2017. Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga. Disponible en: <https://acortar.link/T89LH0>
- Ana Thereza Meireles Araújo, Yenifer Marcela Muñoz Cerón, Rafael Verdival, Caio Lage. 2024. “Análisis de la protección de medicinas tradicionales y saberes ancestrales a la luz de la bioética y el reconocimiento de las comunidades indígenas vulnerables en la Comunidad Andina”. Anuario Antropológico. Disponible en: <https://acortar.link/ChOWeA>
- Anam Naseem, Yan Liu, Adila Nazli, Hai-Xue Kuang, Bing-You Yang. 2023 en su investigación bibliográfica “Una mirada al potencia etnobotánico y farmacológico indígena de la familia *Solanaceae* en Pakistán: una revisión”. Revista de medicina herbaria. Disponible en: <https://acortar.link/BW9A2K>
- Brand-Williams, W.; Cuvelier, M. E.; Berset, C. (1995): Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. En: *LWT-Food science and Technology* 28 (1), pág. 25–30.
- C. Cárdenas *et al.* 2024. “Revisión sistemática de métodos de extracción y técnicas de tamizaje fitoquímico para cinco metabolitos secundarios de especies vegetales”. Universidad Politécnica Salesiana–Ecuador. Disponible en: <https://acortar.link/xo3pOr>
- C. Y. Heredia-Ortíz, M. L. Orozco-Guerrero, Claudia Pérez Rubiano, D. A. Martin G. 2019. Actividad antibacteriana de extractos alcohólicos de hojas de *Solanum dolichosepalum* (Bitter). Informador técnico. Disponible en: <https://acortar.link/Zbc605>

- Catalina Rivas-Morales, María Azucena Oranday-Cárdenas, María Julia Verde-Star. 2016. Investigación en plantas de importancia médica. OmniaScience. Disponible en: <https://acortar.link/Dujako>
- Cristal Danae Mixcan Martinez, Ph. D. Jaime Cárdenas García, Ing. Ladislao Palomino Flores. 2015. “Evaluación de fenoles totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante en diez clones mejorados de papa nativa (*Solanum tuberosum*) de la región de Cuzco”. Universidad Católica de Santa María. Disponible en: <https://acortar.link/IU9Ga4>
- Cristina Alicia Elizalde-Romero, Luis Aurelio Montoya-Inzunza, Laura Aracely Contreras-Angulo, J. Basilio Heredia, Erick Paul Gutiérrez-Grijalva. 2021 en su artículo “Frutos de *Solanum*: Fitoquímicos, bioaccesibilidad y su relación con sus efectos beneficiosos para la salud”. *Frontiers in Nutrition*. Disponible en: <https://acortar.link/Ko24ha>
- D. Wayne; F. León Hernández. 2014 “Bioestadística. Base para el análisis de las ciencias de la salud”. Limusa Wiley.
- Elia Beatriz Pineda, Eva Luz de Alvarado, Francisca H. de Canales. 2008. “Metodología de la investigación”. Organización Panamericana de la Salud. Disponible en: <https://acortar.link/DmGnxO>
- Epole Ntungwe N, Eva M. Domínguez-Martín, Amilcar Roberto, Joana Tavares, Vera M. S. Isca, Paula Pereira, Maria-João Cebola, Patrícia Rijo. 2020. Especies de Artemia: una herramienta importante para detectar muestras de toxicidad general. ResearchGate. Disponible en: <https://acortar.link/9osMzg>
- Francisco Javier Olivas-Aguirre, Abraham Wall-Medrano, Gustavo A. González-Aguilar, Jose Alberto López-Díaz, Emilio Álvarez-Parrilla, Laura A. de la Rosa, Arnulfo Ramos-Jiménez. 2015. “Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud”. *Nutrición Hospitalaria*. Disponible en: <https://acortar.link/AN4V99>
- Francisco José de Abreu Matos. 2009: Introdução à fitoquímica experimental. 3a ed. Fortaleza: Edições UFC. Disponible en: <https://acortar.link/yS4atj>
- Guija-Guerra y Guija-Poma. 2023. Radicales libres y sistema antioxidante. SCIELO Perú–Horizonte Medico. Disponible en: <https://acortar.link/DMa4tR>
- He hailun, Li anqi, Li shiqin, Tang jie, Li, Xiong lidan. 2021. Componentes naturales en protectores solares: Formulaciones tópicas con factor de protección solar

- (FPS). ELSEVIER Biomedicina y Farmacoterapia. Disponible en: <https://acortar.link/FHpxFA>
- I. Pérez Solier, Blgo. Edna León Palomino, Mg. Marco Rolando Arenes Jara, Mg. Edgar Cárdenas Landeo, Mg. Nancy Victoria Castilla Torres, Mg. Edgar Cárdenas Landeo. 2015 en su tesis “Actividad cicatrizante del cremigel elaborado a base de extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P. “Ñuñunga” Ayacucho–2015”. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga–Perú. Disponible en: <https://acortar.link/ijPIA7>
- INaturalist MX *et al.* 2020. “*Solanum nitidum*”. Organización INaturalistMX. Disponible en: <https://acortar.link/5q63W2>
- J. Cuadros, Mg. Enrique Aguilar Felices, Blga. Laura Aucasime Medina, Dr. Edwin Enciso Roca, Mg. Marco Aranés Jara, Dr. Edwin Enciso Roca. 2013 en su tesis “Efectos cicatrizante del extracto atomizado de las hojas de *Solanum nitidum* R. y P. “ñuñunga” en ratas Wistar, Ayacucho 2012”. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga–Perú. Disponible en: <https://acortar.link/vwXCT0>
- J. I. Alós. 2009. “Quinolonas” ELSEVIER DOYMA–España. Disponible en: <https://acortar.link/HNakag>
- J. J. Ñaccha *et al.* 2016 en la tesis para obtener el título de Médico Veterinario “Efecto cicatrizante de la crema de “ñuñunga” (*Solanum nitidum* R&P) en el tratamiento de heridas externas de canes, Ayacucho 2015”. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga–Perú. Disponible en: <https://acortar.link/pfOSwD>
- J. Monedero, Ph. D. Guillermo León Montoya, Ph, D Giovanni Rojas. 2016. “Identificación y caracterización de flavonoides por espectrometría de masas en melazas residuales de un ingenio azucarero”. Universidad ICESI–Colombia. Disponible en: <https://acortar.link/LXS1Mu>
- J. Ramón-Valderrama, P. Galeano-García. 2020. Actividad Antioxidante y antimicrobiana de extractos metanolicos de hojas de planta de genero *Solanum*. Universidad de la Amazonia–Colombia. Disponible en: <https://acortar.link/47nU33>
- Joseph Sakah Kaunda y Ying Jun Zhang. 2019 en su investigación “El género *Solanum*: una revisión etnofarmacologica, fitoquímica y de propiedades biológicas”. Natural Products and Bioprospecting. Disponible en: <https://acortar.link/qP8T0p>

- Kumarappan Chidambaram, Taha Alqahtani, Yahia Alghazwani, Afaf Aldahish, Sivakumar Annadurai, Kumar Venkatesan, Kavitha Dhandapani, Ellappan Thilagam, Krishnaraju Venkatesan, Premalatha Paulsamy, Rajalakshimi Vasudevan, Geetha Kandasamy. 2022 en su artículo “Planta medicinales de especies de Solanum: fuentes prometedoras de compuesto fitoinsecticidas”. Journal of Tropical Medicine. Disponible en: <https://acortar.link/AkR0Eb>
- Lizbeth Sánchez, Adriana Neira. 2005. Bioensayo general de letalidad en *Artemia salina*, a las fracciones del extracto etanólico de *Psidium guayava* L. y *Psidium guineense* Sw. Disponible en: <https://acortar.link/1tP4DD>
- Lorenzo Chang H, América García López, Yeisa Rosabal C., Ángel Espinosa R., Melquíades Ramos E., Harold Remon R. 2013. Caracterización fitoquímica y la evaluación de la actividad antibacteriana *in vitro* de los extractos de hojas y tallos de *Solanum nigrum* L. que crece en Cuba. Revista Mexicana de Ciencias Farmaceuticas. Disponible en: <https://acortar.link/yu4YTE>
- M. Wagner. 2007. “Bioprospección. La búsqueda de sustancia bioactivas”. Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas. Disponible en: <https://acortar.link/EVJIMD>
- Marco Rolando Aronés-Jara, Edgar Cárdenas-Landeo, Hugo Roberto Luna-Molero, Stephany Massiell Barbarán-Vilcatoma, Mónica Gómez-Quispe. 2022 en su artículo “Tamizaje fitoquímico, contenido de compuestos fenólicos y potencial antioxidante de trece plantas medicinales de los afloramientos rocosos del Bosque de Piedras de Huaraca en Perú”. Revista de la Sociedad Química del Perú. Disponible en: <https://acortar.link/VjMwx8>
- Miranda Martínez, Migdalia; Cuéllar Armando. 2000 “Manual de Prácticas de Laboratorio Farmacognosia y Productos Naturales”. Universidad de la Habana.
- Mohasana Afroz, Sanzida Akter, Asif Ahmed, Razina Rouf, Jamil A. Shilpi, Evelin Tiralongo, Satyajit D. Sarker, Ulf Gorasson, Shaikh Jamal Uddin. 2020. “Etnobotánica y péptidos antimicrobianos de plantas de familia Solanaceae: actualización y perspectivas futuras”. Frontiers in Pharmacology. Disponible en: <https://acortar.link/8lxbDt>
- N. Narváez. 2021. La bioprospección: indicador de los vacíos jurídicos en los conocimientos tradicionales agrícolas. Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <https://acortar.link/zsY1H5>

- O. Duarte y L. Velho. 2009. “La bioprospección como un mecanismo de cooperación internacional para fortalecimiento de capacidades en ciencia y tecnología en Colombia”. Scielo Brasil. Disponible en: <https://acortar.link/7THWEz>
- Pratik P. Maske, Sachin G. Lokapure, Dhanashri Nimbalkar, Shobharaj Malavi, Juan I. D'Souza. 2013. “Determinación in vitro del factor de protección solar y la estabilidad química del gel de extracto de *Rosa Kordesii*. Revista de Investigación farmacéutica. Disponible en: <https://acortar.link/L3JbIR>
- R. Hernández Sampieri, C. P. Mendoza Torres. 2018. “Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta”. McGRAW-HILL. INTERAMERICANA EDITORES S.A. Disponible en: <https://acortar.link/nIEptp>
- R. Venegas, Marco Rolando ARONÉS JARA, Juan C. Paniagua Segovia, José A. Yarleque Mujica, Aldo Tingo Jayo. 2023 “Actividad fotoprotectora in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas de *Solanum nitidum* R. & P.”. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga–Perú. Disponible en: <https://acortar.link/LlcFEp>
- Real Academia Española *et al.* 2019. “Prospección” RAE. Disponible en: <https://acortar.link/DcPr0x>
- Republica del Perú. 2009. “Ley que establece el régimen de protección de los conocimientos colectivos de los Pueblos Indígenas vinculados a los Recursos Biológicos. Congreso de la Republica del Perú. Disponible en: <https://acortar.link/7Gdc40>
- S. Berrocal, M. R. Arones Jara. 2018 en su tesis “Contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”, Ayacucho 2018”. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga–Perú. Disponible en: <https://acortar.link/MLWqkv>
- S. Choque *et al.* 2022 en sus tesis “Florula y evaluación etnobotánica de plantas medicinales de Conima Puno–Perú”. Universidad Nacional del Altiplano–Puno. Disponible en: <https://acortar.link/j433LJ>
- S. N Hernández Guance, Marino, L.; Isern, D. M. Coria, I. D., Irurzun, I. 2019. Flavonoides: aplicaciones medicinales e industriales. Universidad del Centro Educativo Latinoamericano Argentina. Disponible en: <https://acortar.link/FIGr8h>

- Sandra Knapp. 2013 en su artículo “Una revisión del clado dulcamaroide de *Solanum* L. (Solanaceae). *PhytoKeys*. Disponible en: <https://acortar.link/XxXea7>
- Solanaceae Source. 2014. *Solanum nitidum*. FeedsNodeProcessor Editorial. Disponible en: <https://acortar.link/VxnK87>
- Tiina Sarkinen, María Baden, Paúl González, Marco Cueva, Leandro L. Giacomini, David M., Reinhard Simón, Henry Juárez, Pamela Niña, Juany Molina, Sandra Knapp. 2015 en su artículo de investigación “Listado anotado de *Solanum* L. (Solanaceae) en el Perú”. *Revista Peruana de Biología*. Disponible en: <https://acortar.link/4kFmOx>
- Tomasz Kowalczyk, Anna Merez-Sadowska, Patricia Rijo, Mattia Mori, Sophia Hatziantoniou, Karol Górski, Janusz Szemraj, Janusz Piekarski, Tomasz Śliwiński, Michał Bijak, Przemysław Sitarek. 2022 en su trabajo de investigación “Oculto en las plantas: una revisión del potencial anticancerígeno de la familia Solanaceae en estudios in vitro e in vivo”. MDPI. Disponible en: <https://acortar.link/ys8Rj1>
- Yongle Liu, Xuan Tan, Aihua Deng, Huan Li, Yulong Xiao, Wenyan Zhao, Lixuan Xiang, Yi Liu, Zui Yao, Xingyu Zeng, Zhitian Du, Rongjie Huang, Hanbin Yin, Kerui Huang. 2024 en su trabajo de investigación “Caracterización y análisis filogenético del genoma del cloroplasto de *Solanum pseudocapsicum* (Solanaceae)”. ADN mitocondrial Parte B. Disponible en: <https://acortar.link/kBu7W0>
- Yongming Liu, Xiao Wei Liu, Yingge L , Yanfei Pe, Abdul Jaleel, Mao Zhi Ren. 2024. Glicoalcaloides esteroides de la patata: propiedades, biosíntesis, regulación y manipulación genética. *Molecular Horticulture*. Disponible en: <https://acortar.link/8cT19C>
- Yusufjon Gafforov, Milena Raseta, Muhammad Zafar, Trobjon Makhkamov, Manzura Yarasheva, Jia-Jia Chen, Moldir Zhumagul, Mengcen Wang, Soumya Ghosh, Arshad Mehmood Abbasi, Akramjon Yuldashev, Oybek Mamarakhimov, Areej Ahmed Alosaimi, Dilfuza Berdieva, Sylvie Rapior. 2024 en su artículo de investigación “Exploración de la biodiversidad y el significado etnobotánico de las especies de *Solanum* en Uzbekistán: desvelando la riqueza cultural y los usos etnofarmacológicos”. *Frontiers in Pharmacology*. Disponible en: <https://acortar.link/MLruMM>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de identificación taxonómica de *Solanum nitidum* R. & P. “ñuñunga”

 EL JEFE DEL HERBARIUM HUAMANGENSIS DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA.

C E R T I F I C A

Que, el Centro de Desarrollo, Análisis y Control de Calidad de Medicamentos y Fito medicamentos “Marco A. Garrido Malo”, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de Investigación.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist, A. 1988, y es como sigue:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	SOLANALES
FAMILIA	:	SOLANACEAE
GENERO	:	Solanum
ESPECIE	:	<i>Solanum nitidum</i> R. & P.
N.V.	:	“ñuñunga”

Se expide la certificación correspondiente a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 07 de Setiembre del 2017


Sigra. Leona Jacqueline Medina
JEFE

Anexo 2

Matriz de Definiciones y Operacionalización de Variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Valoración	Escala de medición	Ítem del Instrumento
Composición química	Se refiere al conjunto de metabolitos presentes en los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. "ñuñunga", evaluados mediante dos enfoques principales: Tamizaje fitoquímico y contenido de compuestos fenólicos.	Los metabolitos se identifican mediante el contenido de compuestos fenólicos por el método de Folin-Ciocalteu y AlCl ₃ .	Metabolitos	Abundancia relativa	Cruces	Razón	Tamizaje químico
			Compuestos fenólicos	Fenoles totales Flavonoides	mg GAE/g mg RUE/g	Razón Razón	Espectrofotómetro UV-VIS
Actividad biológica	Se refiere a los efectos funcionales que los metabolitos presentes en los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. "ñuñunga", ejercen sobre sistemas biológicos específicos, evaluados a través de los siguientes parámetros: actividad antioxidante, actividad antibacteriana y toxicidad.	La actividad antioxidante se evalúa por el método de DPPH, la actividad antibacteriana por el método modificado de pozos en agar frente a inóculos bacterianos y la toxicidad frente a <i>Artemia salina</i> .	Actividad antioxidante	Concentración eficiente	µg/mL	Razón	Espectrofotómetro UV-VIS
			Actividad antibacteriana	Halo de inhibición	mm	Razón	Vernier
			Toxicidad	Concentración letal media	ppm	Razón	Observación

Anexo 3

Matriz de Consistencia

Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema General ¿Qué metabolitos están presentes en los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “Ñuñunga”?</p>	<p>Objetivo General Determinar la composición química, el contenido de compuestos fenólicos, la actividad antioxidante, la antibacteriana y la toxicidad de los frutos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “Ñuñunga”.</p>	<p>Hipótesis General Los metabolitos presentes en los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. presentan actividad antioxidante <i>in vitro</i>, exhiben actividad antibacteriana, y poseen toxicidad moderada.</p>	<p>V. independiente Composición química.</p> <p>Compuestos fenólicos.</p> <p>V. dependiente Actividad antioxidante.</p> <p>Actividad antibacteriana.</p> <p>Toxicidad.</p>	<p>Alcance Descriptivo/Explicativo</p>
<p>Problemas Específicos a) ¿Cuáles son los metabolitos presentes en los frutos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “Ñuñunga”? b) ¿Cuál es el contenido de compuestos fenólicos en los frutos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “Ñuñunga”? c) ¿Presentan los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “Ñuñunga” actividad antioxidante <i>in vitro</i>?</p>	<p>Objetivos Específicos a) Identificar los metabolitos secundarios presentes en los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”. b) Determinar el contenido de compuestos fenólicos en los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”. c) Evaluar la actividad antioxidante <i>in vitro</i> de los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”. d) Determinar la actividad antibacteriana de los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P.</p>	<p>Hipótesis Específicas a) Los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”, contienen metabolitos secundarios detectables mediante el tamizaje fitoquímico b) El contenido de compuestos fenólicos totales en los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”, es significativo y cuantificable mediante métodos espectrofotométricos c) Los extractos de los frutos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”., presentan</p>		<p>Diseño Transeccional descriptivo Preexperimental con posprueba únicamente Experimental puro con posprueba únicamente y grupo control</p> <p>Muestra 50 g. los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”. Recolectados del Bosque de Piedra de Huaraca, ubicado en el distrito de Vinchos, provincia de Huamanga en el departamento de Ayacucho.</p> <p>Técnica e Instrumentos La técnica será la observación. Los instrumentos serán el LC-MSM para la</p>

d) ¿Tienen los frutos de la *Solanum nitidum*

Continuación

<p>“Ñuñunga”, actividad antibacteriana frente a bacterias Gram-positivas y Gram-negativas? e) ¿Son tóxicos los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> “Ñuñunga”, frente a <i>Artemia salina</i> en un bioensayo preliminar?</p>	<p>“ñuñunga” frente a bacterias Gram-positivas y Gram-negativas. e) Evaluar la toxicidad preliminar de los frutos de la <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga” mediante el bioensayo con <i>Artemia salina</i>.</p>	<p>actividad antioxidante in vitro medible mediante el método DPPH f) Los extractos de los frutos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”, presentan actividad antibacteriana frente a bacterias Gram-positivas y Gram-negativas g) Los extractos de los frutos de <i>Solanum nitidum</i> R. & P. “ñuñunga”, presentan toxicidad moderada en el bioensayo con <i>Artemia salina</i>.</p>	<p>identificación de compuestos químicos, el espectrofotómetro UV-VIS para la cuantificación de compuestos fenólicos, el vernier para medir los halos de inhibición y la observación para contar los nauplios. Análisis de datos Se calculará la media y su error estándar. Análisis de varianza y comparaciones múltiples al 95 % de nivel de confianza.</p>
---	--	--	--

Anexo 4

Block de nota digital

Tamizaje fitoquímico de *Solanum nitidum* “ñuñunga”

1^{er} Peso: 22.38g

2^{do} Peso: 22.10g

1. Extracción en éter de Petróleo

Peso de muestra (PM): 3g

Equipo de Soxhlet

100mL de Éter de Petróleo

2. Extracción en Etanol de 96°

Equipo de Soxhlet

100mL de Etanol

3. Extracción en Agua

Equipo de Soxhlet

100mL de Agua destilada

4. Extracción por maceración dinámica con metanol

PM: 19.10g

Solución 190mL de Metanol

Se agrego la muestra en el balón del rotavapor con 190mL del disolvente a 40 RPM por 4 horas.

Se filtro en el embudo de Buchner

Se concentro la muestra a baño maría por 20 minutos

Se vertió la muestra en placa Petri y se dejó secar a temperatura ambiente

Peso de placa Petri	Peso de placa Petri con muestra
33.72g	37.01g
34.19g	37.06g
42.42g	46.54g

5. Tamizaje fitoquímico

5.1. Extracción acuosa

A. Extracción acuosa reacción Dragendorff

1mL de extracto acuoso
3–4 gotas HCl concentrado
Se calentó en baño María
Se dejó enfriar
Se agregó 3 gotas del reactivo
Negativo (–)

Reacción Dragendorff



Blanco Dragendorff



B. Extracción acuosa reacción de Mayer

1mL de extracto acuoso
3–4 gotas HCl concentrado
Se calentó en baño María
Se dejó enfriar
Se agregó cloruro de sodio (NaCl)
Se agregó 3 gotas del reactivo
Negativo (–)

Extracción acuosa
Reacción de Mayer



Blanco Mayer



C. Extracción acuosa reacción de Wagner

1mL de extracto acuoso
3-4 gotas HCl concentrado
Se calentó en baño María
Se dejó enfriar
Se agregó 3 gotas del reactivo
Negativo (-)

Extracción acuosa
Reacción de Wagner



Blanco Wagner



D. Extracción acuosa reacción saponinas

3-4mL del extracto acuoso
Se agitó por 5 minutos
Positivo (+) espuma

Extracción acuosa
Reacción saponinas



Blanco saponinas



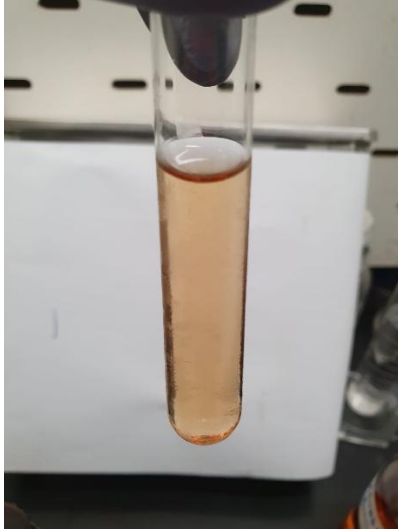
E. Extracción acuosa reacción de mucilagos

3–4mL extracto acuoso

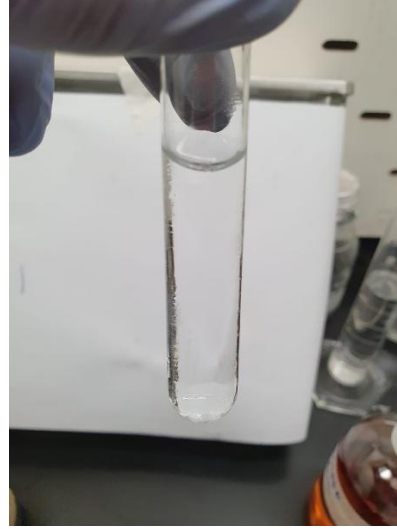
Se refrigero por 3 horas

Negativo (-)

Extracción acuosa
Reacción de mucilagos



Blanco mucilagos



F. Extracción acuosa reacción de Cloruro Férrico

1–2mL Extracción acuosa

Una pizca de acetato de sodio

3–4 gotas del reactivo

Color rojo vino–positiva presencia de
compuestos fenólicos

Extracción acuosa

Reacción de Cloruro Férrico con acetato
de sodio



1–2mL Agua

Una pizca de acetato de sodio

3–4 gotas del reactivo

Blanco Cloruro Férrico



G. Extracción acuosa reacción de Fehling

1-2mL extracto acuosa

1-2mL reactivo

Solución A: sulfato cúprico 0.035%

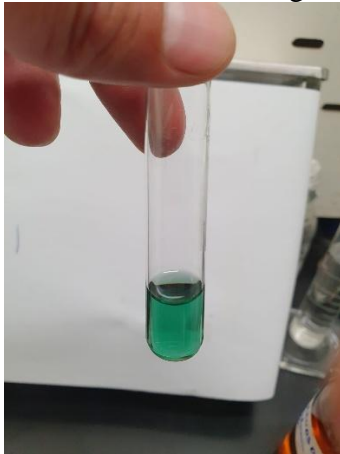
Solución B:

Se calentó en baño María por 10 minutos

Color verde (-) negativo

Extracción acuosa

Reacción de Fehling



1-2mL Agua

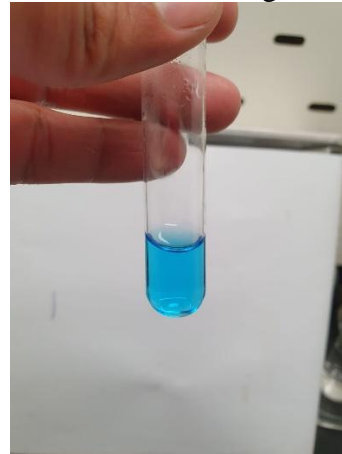
1-2mL reactivo

Solución A: sulfato cúprico 0.035%

Solución B:

Se calentó en baño María por 10 minutos

Blanco Fehling



H. Extracción acuosa reacción de Shinoda

1mL extracto acuoso

5-6 gotas de HCl concentrado

Cinta de magnesio metálico

Después de 5 minutos se agregó 1mL de alcohol amílico

Se mezcló en el vortex

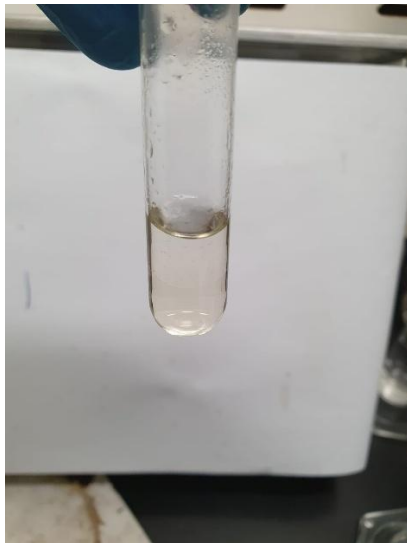
Se dejó que se separen las fases

La parte alcohólica se volvió turbia

Negativo (-)

Extracción acuosa

Reacción de Shinoda



1mL agua destilada

5-6 gotas de HCl concentrado

Cinta de magnesio metálico

Después de 5 minutos se agregó alcohol amílico

Se mezcló en el vortex

Se dejó que se separen las fases

Blanco Shinoda



5.2. Extracción etanólica

A. Extracción etanólica reacción de Dragendorff

1mL de extracto etanolico
Se calentó en baño Maria hasta
concentrar

Se agrego 2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado
Se agrego 3 gotas del reactivo

Positivo (++)

Extracción etanolica
Reacción de Dragendorff



2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado
Se agrego 3 gotas del reactivo

Blanco Dragendorff



B. Extracción etanolica reacción de Mayer

1mL de extracto etanolico
Se calentó en baño Maria hasta
concentrar

Se agrego 2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado
Se agrego cloruro de sodio (NaCl)

Se agrego 3 gotas del reactivo

Positivo (++)

Extracción etanolica
Reacción de Mayer



2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado
Se agrego cloruro de sodio (NaCl)
Se agrego 3 gotas del reactivo

Blanco Mayer



C. Extracción etanolica reacción de Wagner

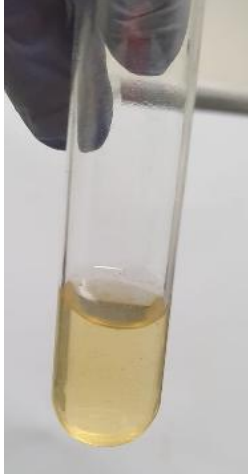
1mL de extracto etanolico
Se calentó en baño Maria hasta
concentrar

Se agrego 2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado

Se agrego 3 gotas del reactivo

Positivo (++)

Extracción etanolica
Reacción de Wagner



2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado
Se agrego 3 gotas del reactivo

Blanco Wagner



D. Extracción etanolica reacción saponinas

3-4mL extracto etanolico
Se agito por 5 minutos

Negativo (-)

Extracción etanolica
Reacción saponinas



3-4mL etanol
Se agito por 5 minutos

Blanco saponinas

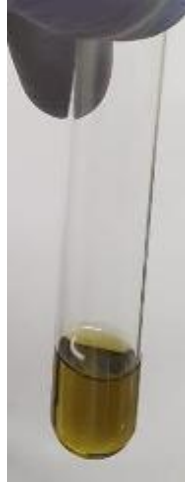


E. Extracción etanolica reacción de Cloruro Férrico

1–2mL extracto etanolico
3–4 gotas del reactivo

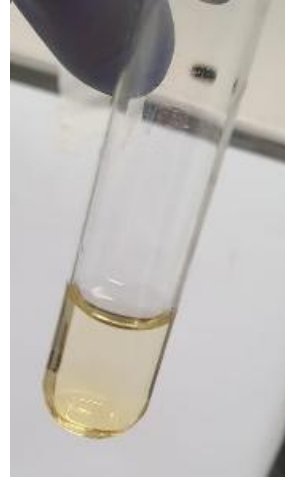
Color verde petróleo–positiva presencia
de compuestos pirocatecólicos

Extracción etanolica
Reacción de Cloruro Férrico



1–2mL etanol
3–4 gotas del reactivo

Blanco Cloruro Férrico



F. Extracción etanolica reacción Fehling

1–2mL extracto etanolico
Se concentro hasta eliminar el
disolvente

Se redisolvió con agua

1–2mL reactivo

Solución A: sulfato cúprico 0.035%

Solución B:

Se calentó en baño Maria por 10
minutos

Color verde con precipitado rojizo (+)
positivo

Extracción etanolica
Reacción Fehling



1–2mL etanol

Se concentro hasta eliminar el disolvente

Se redisolvió con agua

1–2mL reactivo

Solución A: sulfato cúprico 0.035%

Solución B:

Se calentó en baño Maria por 10 minutos

Blanco Fehling



G. Extracción etanolica reacción de Liebermann Burchard

1mL de extracto etanolico
Se calentó a hasta evaporar el
disolvente
Se redisolvió en 1mL de cloroformo
Se adiciono 1 mL de anhídrido acético
2-3 gotas de Ácido sulfúrico
concentrado
Se coloreo un rosado azulado (+)
positivo
Extracción etanolica
Reacción de Liebermann Burchard



1mL de cloroformo
Se adiciono 1 mL de anhídrido acético
2-3 gotas de Ácido sulfúrico concentrado

Blanco Liebermann Burchard



H. Extracción etanolica reacción de resinas

1mL de extracto etanolico
Se agrego 5 mL de agua destilada
Negativo (-)
Extracción etanolica
Reacción de resinas



1mL de etanol
Se agrego 5 mL de agua destilada

Blanco resinas



I. Extracción etanolica reacción de Baljet

1mL de extracto etanolico
1mL de reactivo (solución 1 y solución 2)

Positivo (++) turbidez
Extracción etanolica

Reacción Baljet



1mL de etanol

1mL de reactivo (solución 1 y solución 2)

Blanco Baljet



J. Extracción etanolica reacción Borntrager

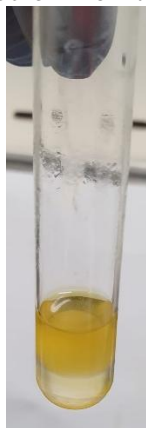
1mL de extracto etanolico
Se calentó en baño maría hasta evaporar el disolvente

Se redisolvió en 1 mL de cloroformo
Se adiciono 1mL de hidróxido de sodio 5% y 1mL de hidróxido de potasio 5%

Se agito en el vortex
Se dejo separa las fases

Negativo (-)

Extracción etanolica
Reacción Borntrager



1 mL de cloroformo

Se adiciono 1mL de hidróxido de sodio 5% y 1mL de hidróxido de potasio 5%

Se agito en el vortex
Se dejo separa las fases

Blanco Borntrager



K. Extracción etanolica reacción Ninhidrina

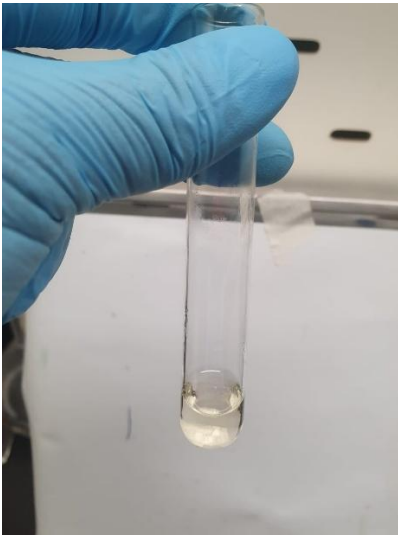
1mL de extracto etanolico
2mL de solución ninhidrina 2%
Se calentó por 10 minutos

Negativo (-)

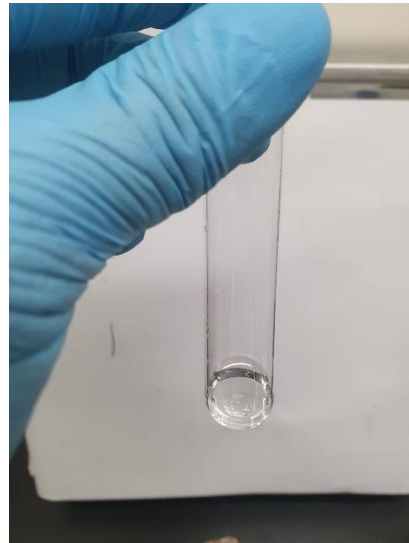
1mL etanol

1mL de solución ninhidrina 2%
Se calentó por 10 minutos

Extracción etanólica
Reacción Ninhidrina



Blanco Ninhidrina



L. Extracción etanólica reacción Catequinas

Con un capilar se tomó unas gotas del extracto etanólico y se aplicó al papel filtro

Se leyó la gota en la cámara de luz UV

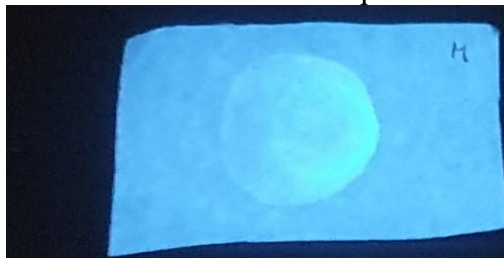
Positivo (+)

Con un capilar se tomó unas gotas del etanol y se aplicó al papel filtro

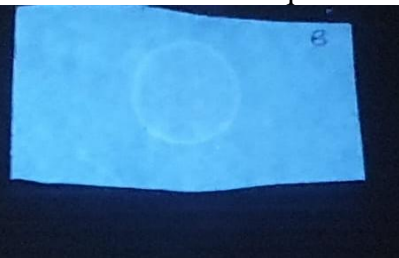
Se leyó la gota en la cámara de luz UV

Extracción etanólica

Reacción Catequinas



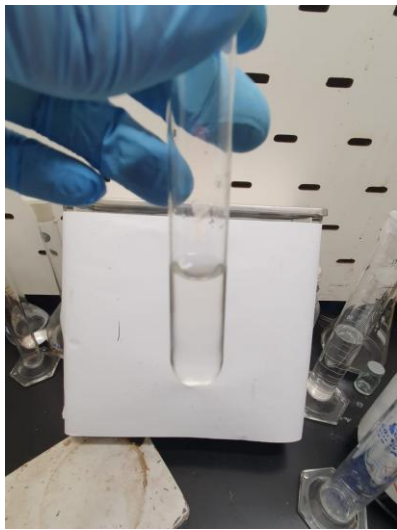
Blanco Catequinas



M. Extracción etanolica reacción Shinoda

1mL extracto etanolico
5-6 gotas de HCl concentrado
Cinta de magnesio metálico
Después de 5 minutos se agregó alcohol
amílico
Después de 5 minutos se agregó agua
destilada para observar las fases
Se mezcló en el vortex
Se dejó que se separen las fases
La parte alcohólica se volvió turbia

Negativo (-)
Extracción etanolica
Reacción Shinoda



1mL etanol
5-6 gotas de HCl concentrado
Cinta de magnesio metálico
Después de 5 minutos se agregó alcohol
amílico
Después de 5 minutos se agregó agua
destilada para observar las fases
Se mezcló en el vortex
Se dejó que se separen las fases

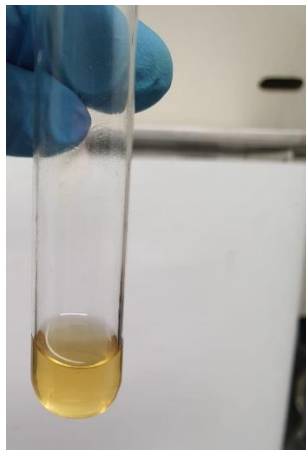
Blanco Shinoda



N. Extracción etanolica reacción de Kedde

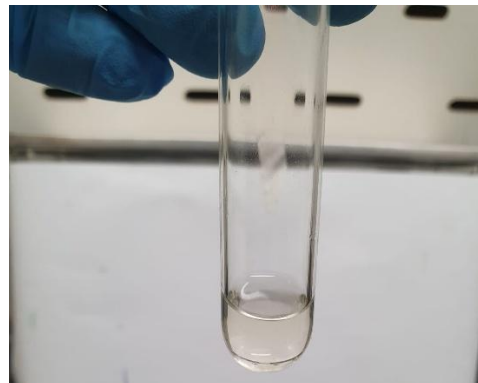
1mL de extracto etanolico
1mL de reactivo
Se dejó reposar por 10 minutos
Negativo (-)

Extracción etanolica
Reacción Kedde



1mL de etanol
1mL de reactivo
Se dejó reposar por 10 minutos

Blanco Kedde



5.3. Extracción en Éter de petróleo

A. Extracción en éter de petróleo reacción Dragendorff

1mL de extracto eterico

Se calentó en baño Maria hasta
concentrar

Se agrego 2mL de agua destilada

3-4 gotas de HCl concentrado

Se agrego 3 gotas del reactivo

Negativo (-)

Extracción en éter de petróleo

Reacción dragendorff



2mL de agua destilada

3-4 gotas de HCl concentrado

Se agrego 3 gotas del reactivo

Blanco Dragendorff



B. Extracción en éter de petróleo reacción de Mayer

1mL de extracto eterico

Se calentó en baño Maria hasta
concentrar

Se agrego 2mL de agua destilada

3-4 gotas de HCl concentrado

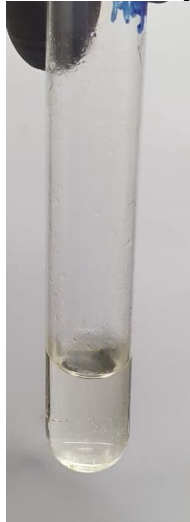
Se agrego cloruro de sodio (NaCl)

Se agrego 3 gotas del reactivo

Negativo (-)

Extracción en éter de petróleo

Reacción de Mayer



2mL de agua destilada

3-4 gotas de HCl concentrado

Se agrego cloruro de sodio (NaCl)

Se agrego 3 gotas del reactivo

Blanco mayer



C. Extracción en éter de petróleo reacción de Wagner

1mL de extracto eterico
Se calentó en baño Maria hasta
concentrar
Se agrego 2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado
Se agrego 3 gotas del reactivo
Negativo (-)
Extracción en éter de petróleo
Reacción de Wagner



2mL de agua destilada
3-4 gotas de HCl concentrado
Se agrego 3 gotas del reactivo

Blanco Wagner



D. Extracción en éter de petróleo reacción de Sudan

1mL de extracto eterico
1mL de reactivo de Sudan
Se calentó hasta eliminar el éter
Positivo (+) película de color rojo vino
Extracción en éter de petróleo
Reacción de Sudan



1mL éter
1mL de reactivo de Sudan
Se calentó hasta eliminar el éter

Blanco Sudan



E. Extracción eterica reacción de Liebermann Burchard

1mL de extracto eterico
Se calentó a hasta evaporar el disolvente
Se redisolvió en 1mL de cloroformo
Se adiciono 1 mL de anhídrido acético
2-3 gotas de Ácido sulfúrico concentrado
Se coloreo un verde intenso (+) positivo
Extracción eterica

Reacción de Liebermann Burchard



1mL de cloroformo
Se adiciono 1 mL de anhídrido acético
2 – 3 gotas de Ácido sulfúrico concentrado

Blanco Liebermann Burchard

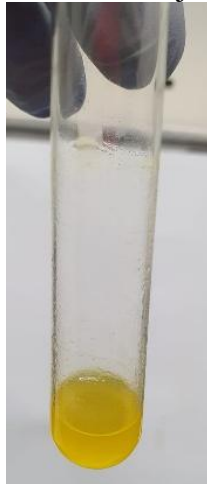


F. Extracción eterica reacción Baljet

1mL de extracto etanolico
1mL de reactivo (solución 1 y solución 2)
Positivo (++) turbidez

Extracción eterica

Reacción Baljet



1mL de etanol
1mL de reactivo (solución 1 y solución 2)

Blanco Baljet



Cuantificación de Fenoles Totales

Muestra de extracción metanólica seca

Solución 1

Peso de muestra: 25mg

Disolvente: 25mL de metanol

Concentración de la solución 1 es de 1mg/mL

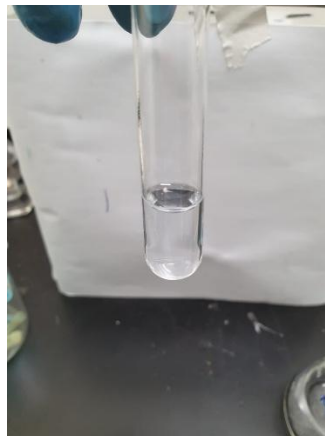
Solución 2

Verter 8mL de solución 2 en fiola de 10mL y enrazar con metanol

Concentración de la solución 2 es de 0.32mg/mL

	Muestra
Muestra ul	300
Folin (1:10) ul	1500
Na ₂ CO ₃ 7.5%	1200

En un tubo se agregó la muestra para leer su absorbancia, pero antes se dejó reposar 30 minutos y leyó su absorbancia a 765nm



Muestra	Absorbancia
M1	0.381
M2	0.353
M3	0.380

Determinación de la actividad antioxidante de la muestra

Muestra de extracción metanólica seca

Solución 1

Peso de muestra: 100mg

Disolvente: 10mL de metanol

Concentración de la solución 1 es de 10mg/mL

Solución 2

Verter 0.025mL de solución 1 en fiola de 10mL y enrazar con metanol. Concentración de la solución 2 es de 25ug/mL.

Solución 3

Verter 0.1mL de solución 1 en fiola de 10mL y enrazar con metanol. Concentración de la solución 3 es de 100ug/mL

Solución 4

Verter 0.25mL de solución 1 en fiola de 10mL y enrazar con metanol. Concentración de la solución 4 es de 250ug/mL

Solución 5

Verter 0.50mL de solución 1 en fiola de 10mL y enrazar con metanol. Concentración de la solución 5 es de 500ug/mL

Solución 6

Verter 1mL de solución 1 en fiola de 10mL y enrazar con metanol. Concentración de la solución 6 es de 1000ug/mL

En un tubo se agregó la muestra para leer su absorbancia, pero antes se dejó reposar 30 minutos con el reactivo DPPH y leyó su absorbancia a 515nm

Muestra	Absorbancia	Absorbancia	Absorbancia
Control	1.004		
25ug/mL	0.978	0.974	0.976
100ug/mL	0.927	0.923	0.921
250ug/mL	0.836	0.829	0.836
500ug/mL	0.614	0.628	0.603
1000ug/mL	0.239	0.230	0.231

Cuantificación de Flavonoides

Muestra de extracción metanolica seca

Solución 1

Peso de muestra: 100mg

Disolvente: 10mL de metanol

Concentración de la solución 1 es de 1mg/mL

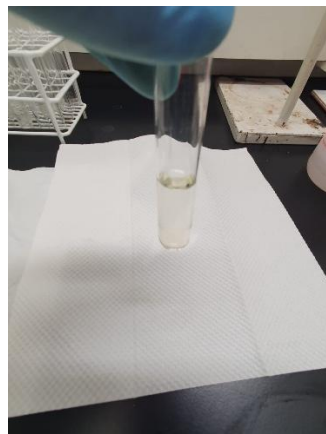
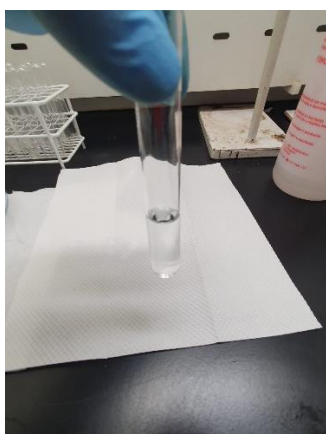
Solución 2

Verter 2mL de solución 1 en fiola de 25mL y enrazar con metanol

Concentración de la solución 2 es de 0.8mg/mL

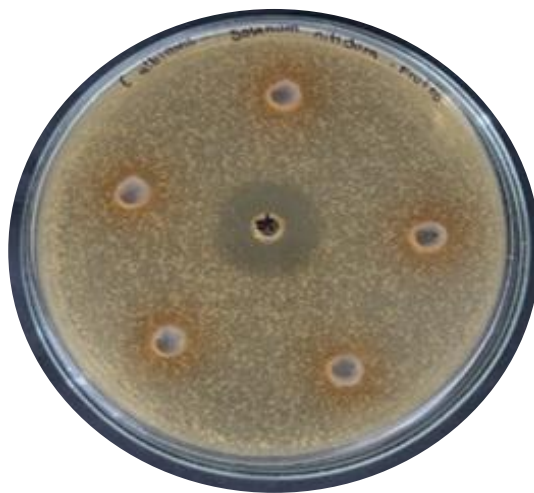
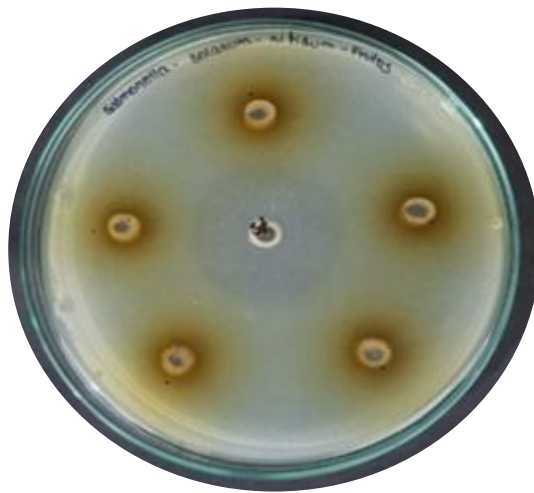
	Muestra
Muestra mL	2.0
AlCl ₃ mL	0.50
Metanol mL	2.5

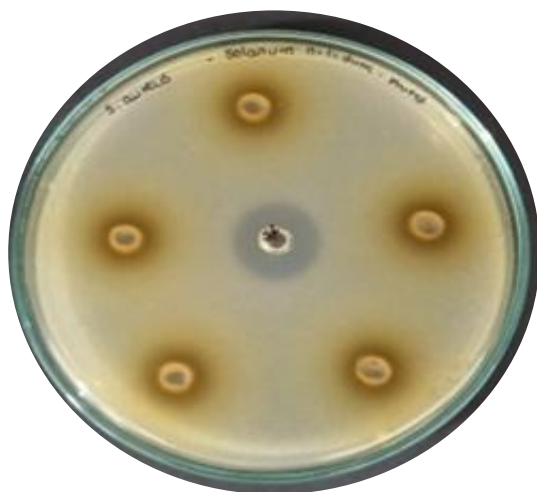
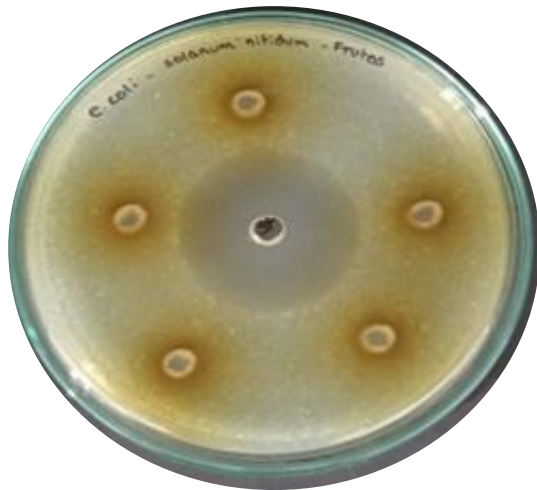
En un tubo se agregó la muestra para leer su absorbancia, pero antes se dejó reposar 30 minutos con los reactivos y se leyó su absorbancia a 415nm



Muestra	Absorbancia
M1	0.105
M2	0.104
M3	0.110
M4	0.113
M5	0.120
DESCONTAR	0.038

Actividad antimicrobiana





ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

RESOLUCIÓN DECANAL N° 962-2025-UNSC-FCSA-D

BACHILLER: Alejandro Eduardo PEREZ NINAHUANCA

En la ciudad de Ayacucho, siendo nueve y quince de la mañana del día veintinueve del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, se reunieron en el aula J-201 los docentes miembros del jurado evaluador, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: **“Tamizaje fitoquímico y prospección biológica de los frutos liofilizados de Solanum nitidum R. & P., Ayacucho 2025”**, presentando por el Bachiller **Alejandro Eduardo PEREZ NINAHUANCA**, para optar el título profesional de Químico Farmacéutico. El jurado evaluador está conformado por:

Presidente: Prof. Maricela López Sierralta (delegada por el Decano)

Miembros: Prof. Kirianova Godoy Bautista
Prof. Juan Clímaco Paniagua Segovia

4to jurado: Prof. Tania Mendoza Almeida

Asesor: Prof. Marco Rolando Aronés Jara

Secretaria Docente: Prof. Cinthia Gavilán Zamora

Con el quorum de reglamento se dio inicio la sustentación de tesis, la presidente de la comisión pide a la secretaria docente dar lectura a los documentos presentados por la recurrente, resolución decanal y algunas indicaciones a la sustentante.

Da inicio a la exposición el Bachiller: Alejandro Eduardo PEREZ NINAHUANCA, una vez concluida, la presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas, seguidamente se da pase al asesor de tesis, para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes, aclaraciones.

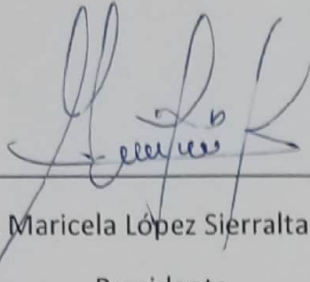
La presidente invita a la sustentante abandonar el aula para que pueda proceder con la calificación.

RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

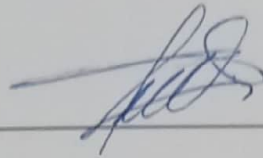
Bachiller: Alejandro Eduardo PEREZ NINAHUANCA

JURADOS	TEXTO	EXPOSICIÓN	PREGUNTAS	P. FINAL
Prof. Kirianova Godoy Bautista	16	15	15	15
Prof. Juan Clímaco Paniagua Segovia	16	16	16	16
Prof. Tania Mendoza Almeida	16	15	15	15
PROMEDIO FINAL				15

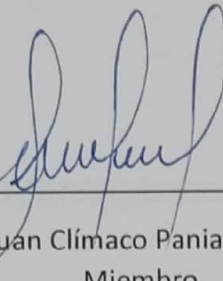
De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: **Aprobar** al Bachiller Alejandro Eduardo PEREZ NINAHUANCA; quien obtuvo la nota final de quince (15) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo las 10:40 de la mañana, se da por concluido el presente acto académico.



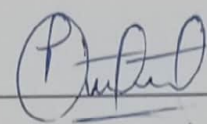
Prof. Maricela López Sierralta
Presidente



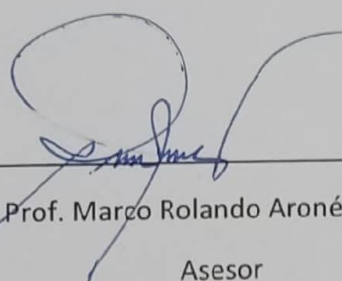
Prof. Kirianova Godoy Bautista
Miembro



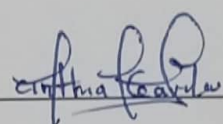
Prof. Juan Clímaco Paniagua Segovia
Miembro



Prof. Tania Mendoza Almeida
4to jurado



Prof. Marco Rolando Aronés Jara
Asesor



Prof. Cinthia Gavilán Zamora
Secretaria docente

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

El Instructor en Segunda Instancia, en virtud de la RCU N.° 039-2021-UNSCH-CU, y en calidad de director de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica, emite la presente

CONSTANCIA

DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

A Alejandro Eduardo PEREZ NINAHUANCA, Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en mérito a que la tesis titulada: Tamizaje fitoquímico y prospección biológica de los frutos liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P., Ayacucho 2025; ha alcanzado un índice de similitud de 27% (veintisiete); cumpliendo satisfactoriamente lo establecido en el Art. 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mediante el uso del SOFTWARE TURNITIN.

En ese sentido, se emite la presente constancia en señal de conformidad.

Ayacucho, 15 de diciembre de 2025.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN
CRISTÓBAL DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA

Marco R. Aronés Jara
DIRECTOR

Tamizaje fitoquímico y prospección biológica de los frutos liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P., Ayacucho 2025

por Alejandro Eduardo Perez Ninahuanca

Fecha de entrega: 15-dic-2025 05:04a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2846683230

Nombre del archivo: Tesis_Solanum_nitidum_AEPN_1.pdf (1.87M)

Total de palabras: 21075

Total de caracteres: 122569

Tamizaje fitoquímico y prospección biológica de los frutos liofilizados de *Solanum nitidum* R. & P., Ayacucho 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

27%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

9%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	9%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	journals.openedition.org Fuente de Internet	2%
4	revistas.sqperu.org.pe Fuente de Internet	1%
5	dspace.ups.edu.ec Fuente de Internet	1%
6	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	1%
7	docplayer.es Fuente de Internet	1%
8	www.scielo.cl Fuente de Internet	1%

9	www.elsevier.es Fuente de Internet	1 %
10	doczz.es Fuente de Internet	1 %
11	www.repositorio.unicamp.br Fuente de Internet	1 %
12	www.researchgate.net Fuente de Internet	1 %
13	tesis.unap.edu.pe Fuente de Internet	1 %
14	www.aqa.org.ar Fuente de Internet	1 %
15	www.flavonoides.org Fuente de Internet	<1 %
16	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
17	docs.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
18	Gloria Holguín Martínez. "Memorias del XI Congreso Colombiano de Fitoquímica", Vitae, 2011 Publicación	<1 %
19	repositorio.chapingo.edu.mx Fuente de Internet	<1 %

20

www.yumpu.com

Fuente de Internet

<1 %

21

ri.uaemex.mx

Fuente de Internet

<1 %

22

Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD

Trabajo del estudiante

<1 %

23

Submitted to BENEMERITA UNIVERSIDAD AUTONOMA DE PUEBLA BIBLIOTECA

Trabajo del estudiante

<1 %

24

www.oas.org

Fuente de Internet

<1 %

25

Submitted to Universidad San Francisco de Quito

Trabajo del estudiante

<1 %

26

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

<1 %

27

www.dspace.uce.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

28

ANA CAROLINA LÓPEZ DE DICASTILLO BERGAMO. "DESARROLLO Y CARACTERIZACIÓN DE POLÍMEROS ACTIVOS HIDROFÍLICOS PARA EL ENVASADO DE

<1 %

ALIMENTOS", 'Universitat Politecnica de Valencia', 2015

Fuente de Internet

29

Submitted to Universidad Anahuac México Sur

Trabajo del estudiante

<1 %

30

eprints.uanl.mx

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo