



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD INGENIERIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Elaboración de una revisión bibliográfica sobre las propiedades activas del capulí
(*Prunus serotina*) y su potencial aplicación en la agroindustria

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Ortiz Guanulema Fabián Rodrigo

Tutor:

Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.

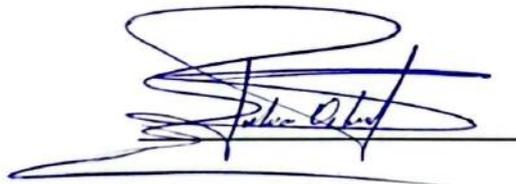
Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Fabián Rodrigo Ortiz Guanulema, con cédula de ciudadanía 0605393818, autor del trabajo de investigación titulado: **Elaboración de una revisión bibliográfica sobre las propiedades activas del capulí (*Prunus serotina*) y su potencial aplicación en la agroindustria**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mi exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 06 de mayo de 2025.



Fabián Rodrigo Ortiz Guanulema

C.I:0605393818

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Cristian Javier Patiño Vidal catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **Elaboración de una revisión bibliográfica sobre las propiedades activas del capulí (*Prunus serotina*) y su potencial aplicación en la agroindustria** bajo la autoría de Fabián Rodrigo Ortiz Guanulema; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 06 días del mes de mayo de 2025.



Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.

C.I: 1003967153

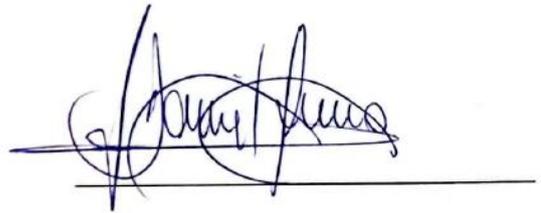
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "Elaboración de una revisión bibliográfica sobre las propiedades activas del capulí (*Prunus serotina*) y su potencial aplicación en la agroindustria", presentado por Fabián Rodrigo Ortiz Guanulema, con cédula de identidad número 0605393818, bajo la tutoría de Ing. Cristian Javier Patiño Vidal; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a los 06 días del mes de mayo de 2025.

Mgs. Daniel Alejandro Luna Velasco

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Daniel Alejandro Luna Velasco in blue ink, written over a horizontal line.

Dra. Ana Hortencia Mejía López

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Ana Hortencia Mejía López in blue ink, written over a horizontal line.

PhD. Paul Stalin Ricaurte Ortiz

MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Handwritten signature of Paul Stalin Ricaurte Ortiz in blue ink, written over a horizontal line.



CERTIFICACIÓN

Que, **FABIAN RODRIGO ORTIZ GUANULEMA** con CC: **0605393818**, estudiante de la Carrera **Agroindustria**, Facultad de **Ingeniería**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Elaboración de una revisión bibliográfica sobre las propiedades activas del capulí (*Prunus serotina*) y su potencial aplicación en la agroindustria**", cumple con el **6%**, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 31 de marzo de 2025



Firmado electrónicamente por:
CRISTIAN JAVIER
PATINO VIDAL

Ing. Cristian Javier Patiño Vidal, PhD.
TUTOR

DEDICATORIA

Esta investigación va dedica a la gracia de Dios que me ha permitido llegar hasta estas instancias en mi formación profesional, a mi abuelito Manuel Guanulema que siempre ha estado orando por su familia y naturalmente sé que en sus oraciones mi formación ha estado presente, a mi abuelita María Cruz allá en el cielo que mientras la tenía conmigo siempre me dio su cariño y afecto para continuar con mis estudios y no rendirme, a mi mami Patricia Guanulema que es la mujer más virtuosa que tengo en mi vida la cual nunca dudo de mi capacidad y me forjo en mí el estudio día con día, a mi papi Manuel Tenemaza quien siempre estuvo a mi lado apoyándome e impulsándome cada día más a lograr ser un gran profesional, a mis hermanos: Sandra, Sebastián y Fausto que son los que evidenciaron mi esfuerzo día con día para lograr llegar a mi meta, a mi familia en general quienes en algún momento tal vez me dieron una palabra de apoyo. Finalmente, allá en el cielo a mi hermano Jhoset Vinicio Tenemaza Guanulema que es un angelito de luz que mora siempre en mi corazón.

Fabián Rodrigo Ortiz Guanulema.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la salud y las fuerzas suficientes para poder haber logrado llegar a mi objetivo más anhelado el ser ingeniero.

A mis padres, hermanos y familia por siempre apoyarme en mis proyectos entre ellos este.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por permitirme formarme como profesional en su modelo educativo y mantenerme siempre en movimiento en la persecución de mis sueños.

A la facultad de Ingeniería por siempre tener el realce de entre una de las mejores facultades que conforman la grandiosa UNACH.

A la carrera de Agroindustria por ser visionarios en la formación profesional.

A toda la planta docente de la carrera de agroindustria por compartir con nosotros sus conocimientos, experiencias y anécdotas durante toda nuestra formación profesional.

A todos mis compañeros y futuros ingenieros con los cuales he compartido momentos memorables.

A mi tutor Ing. Cristian Javier Patiño Vidal por el apoyo incondicional en la elaboración de este trabajo de investigación.

Finalmente, un agradecimiento fraternal a mí por nunca rendirme.

Fabián Rodrigo Ortiz Guanulema.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	14
1.1 Antecedentes.....	14
1.2 Problema.....	15
1.3 Justificación.....	15
1.4 Objetivos.....	16
1.4.1 Objetivo General.....	16
1.4.2 Objetivos Específicos	16
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Marco referencial.....	17
2.2 Marco conceptual	18
2.2.1 Capulí.....	18
2.2.2 Clasificación.	18
2.2.3 Distribución geográfica y hábitat natural.....	19
2.2.4 Variedades y especies relacionadas	19
2.2.5 Análisis de los compuestos químicos presentes en el capulí	20
2.2.6 Valor nutricional y beneficios.....	20
2.2.7 Identificación de las propiedades activas.....	21
2.2.8 Principios activos	22
2.2.9 Clasificación de los principios activos.....	22
2.2.10 Fitoquímicos	24
2.2.11 Propiedades antioxidantes del capulí	25
2.2.12 Antocianinas	26
2.2.13 Fenoles	27
2.2.14 Polifenoles	27
2.2.15 Taninos.....	28
2.2.16 Flavonoides	28
2.2.17 Propiedades antibacterianas del capulí	29

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	30
3.1 Tipo de investigación	30
3.2 Diseño de investigación.....	30
3.3 Técnicas de recolección de datos.....	30
3.4 Población de estudio y tamaño de muestra.....	30
3.5 Métodos de análisis.	31
3.6 Procesamiento de datos.	31
3.7 Método Prisma.....	31
3.7.1 Criterios de inclusión Prisma.....	31
3.7.2 Criterios de exclusión Prisma	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	33
4.1.1 Análisis de la base de datos.	46
4.1.2 Idioma y año de publicación	47
4.1.3 Determinación de componentes bioactivos con capacidad antioxidante	50
4.1.3.1 Determinación de antocianinas.....	50
4.1.3.2 Método de determinación de fenoles en un frutas y vegetales.....	51
4.1.3.3 Método determinación de flavonoides en un frutas y vegetales.....	51
4.1.4 Métodos de evaluación de las propiedades antioxidantes del capulí.....	52
4.1.4.1 DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)	52
4.1.4.2 ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)	53
4.1.4.3 FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)	54
4.1.5 Métodos de evaluación de las propiedades antimicrobianas del capulí.....	54
4.1.5.1 Método de Difusión en Agar (Disco-Difusión).....	54
4.1.5.2 Método de Dilución en Caldo.....	55
4.1.5.3 Método de Contacto Directo.....	55
4.1.6 Análisis de actividad antioxidante mediante método DPPH.	56
4.1.7 Análisis de actividad antioxidante mediante método ABTS.	63
4.1.8 Análisis de actividad antioxidante mediante método FRAP	66
4.1.9 Análisis de la cuantificación de los compuestos activos del capulí.....	68
4.1.10 Análisis de la actividad antimicrobiana de capulí.....	73
4.1.11 Potenciales aplicaciones del capulí.....	78
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	82
5.1 Conclusiones.....	82
5.2 Recomendaciones	82
BIBLIOGRAFÍA	83
ANEXOS	89

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación Taxonómica del Capulí	19
Tabla 2. Composición Químico Proximal del Capulí (Fruto).	20
Tabla 3. Composición Nutricional del Capulí.	21
Tabla 4. Componentes Alimentarios con Actividad Biológica.	23
Tabla 5. Fitoquímicos más Estudiados por sus Propiedades Beneficiosas.....	25
Tabla 6. Estudios de la Capacidad Antioxidante del Capulí de Artículos.....	35
Tabla 7. Estudios de la Capacidad Antioxidante del Capulí de Tesis.	37
Tabla 8. Matriz de Estudios de la Capacidad Antimicrobiana del Capulí.....	44
Tabla 9. Matriz DPPH para la Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos.....	57
Tabla 10. Matriz DPPH para la Actividad Antioxidante del Capulí de Tesis.	59
Tabla 11. Matriz ABTS para la Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos.....	64
Tabla 12 Matriz ABTS para la Actividad Antioxidante del Capulí de Tesis.	65
Tabla 13. Matriz FRAP para la Actividad Antioxidante del Capulí.....	67
Tabla 14. Cuantificación de los Compuestos Activos del Capulí.	69
Tabla 15. Cuantificación de los Compuestos Activos del Capulí.	71
Tabla 16. Matriz Disco-Difusión para Actividad Antimicrobiana del Capulí.....	74
Tabla 17. Matriz Disco-Difusión para Actividad Antimicrobiana del Capulí.....	77
Tabla 18. Potenciales Aplicaciones de los Compuestos Activos del Capulí.....	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama PRISMA para la Actividad Antioxidante del Capulí.	34
Figura 2. Diagrama PRISMA para la Actividad Antimicrobiana del Capulí.....	43
Figura 3. Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos.....	46
Figura 4. Actividad Antioxidante del Capulí de Tesis.	46
Figura 5. Actividad Antimicrobiana del Capulí de Investigaciones.....	47
Figura 6. Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos por Idioma.	47
Figura 7. Artículos Publicados de la Propiedad Antioxidante del Capulí.....	48
Figura 8. Tesis de la Propiedad Antioxidante del Capulí Por Idioma.	48
Figura 9. Tesis Publicadas sobre la Propiedad Antioxidante del Capulí.....	49
Figura 10. Investigaciones de la Actividad Antimicrobiana del Capulí por Idioma.	49
Figura 11. Investigaciones de la Actividad Antimicrobiana del Capulí.....	50
Figura 12. Mecanismo de Reacción del Reactivo Folin-Ciocalteu.	51
Figura 13. Mecanismo de Reacción para Determinar Flavonoides.....	51
Figura 14. Mecanismo Antioxidante del Radical DPPH.....	52
Figura 15. Mecanismo Antioxidante del Radical ABTS*+.	53
Figura 16. Diagrama de flujo PRISMA.....	89

RESUMEN

El capulí es un fruto proveniente de la familia de las *Rosaceae* que se encuentran en países de la región andina como Ecuador, Perú y Bolivia. Los diferentes órganos de esta planta tales como: hojas, flores, cáscara, pulpa y semilla contienen diferentes compuestos activos como: antocianinas, fenoles y flavonoides que atribuyen una capacidad antioxidante y antimicrobiana. En el contexto científico se han realizado varios estudios de cuantificación y evaluación de los compuestos activos ligadas a la propiedad antioxidante y antimicrobiana como una forma de aprovechamiento para la aplicación en diferentes industrias. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue desarrollar una revisión bibliográfica con la información de los estudios más recientes realizados sobre el aprovechamiento del capulí. La metodología utilizada para esta tesis es de tipo investigativo con un diseño descriptivo y un enfoque de recopilación de datos de tipo cualitativo. La técnica de recolección de datos se realizó en base de datos tales como Google Académico, Science Direct, Scielo, PubMed y Web of Science aplicando el método PRISMA. Se seleccionaron 13 de artículos y 15 tesis que se utilizaron en la investigación bibliográfica para su posterior análisis y discusión, mediante la aplicación de los parámetros de exclusión e inclusión. La presente revisión bibliográfica incluye información detallada de los métodos DPPH, ABTS y FRAP utilizados para la determinación de la propiedad antioxidante del capulí. Además, la investigación detalla los métodos utilizados para la determinación de la propiedad antimicrobiana del capulí, siendo el método de disco de difusión el más utilizado. Esta revisión bibliográfica destaca su gran potencial como recurso valioso para la comunidad científica enfocada en la agroindustria. Los estudios analizados sugieren que el capulí podría ser utilizado para desarrollar productos con valor agregado, promoviendo así la diversificación de productos agrícolas y contribuyendo a la sostenibilidad del sector agroindustrial. Además, se recomienda realizar investigaciones más específicas y estudios de aplicación para optimizar el aprovechamiento de sus propiedades y establecer procesos industriales eficientes.

Palabras claves: “Fitoquímicos”, “Propiedades”, “Activas” “Cuantificación” “Capulí” “Antioxidantes”, “Antimicrobianas”, “Aplicaciones”.

ABSTRACT

Capulí, a fruit from the Rosaceae family, is native to Andean countries such as Ecuador, Peru, and Bolivia. The plant's various segments, including its leaves, flowers, peel, pulp, and seeds, are rich in bioactive compounds like anthocyanins, phenols, and flavonoids, which offer potent antioxidants and antimicrobial properties. Numerous scientific studies have been conducted to quantify and evaluate these compounds, focusing on their potential applications in diverse industries. The current research aims to provide a thorough literature review of the most recent studies on the potential uses of capulí. The researcher used the investigative methodology, with a descriptive design and a qualitative data collection approach. Data was gathered from academic databases such as Google Scholar, Science Direct, SciELO, PubMed, and Web of Science, applying the PRISMA method. A total of 13 articles and 15 theses were selected based on specific inclusion and exclusion criteria for further analysis. The review delves into methods for assessing capulí's antioxidant properties, such as DPPH, ABTS, and FRAP assays, as well as its antimicrobial properties, with the disk diffusion method being the most employed. This literature review underscores capulí's promising potential as a valuable resource for the scientific community, particularly in the agroindustry. The studies suggest that capulí could be utilized to create value-added products, fostering agricultural diversification and supporting the sustainability of the agro-industrial sector. Further research focused on specific applications and the optimization of its properties is recommended to establish efficient industrial processes.

Keywords: “Phytochemicals,” “Properties,” “Active,” “Quantification,” “Capulí,” “Antioxidants,” “Antimicrobial,” “Applications.”

Reviewed by

ADRIANA
XIMENA
CUNDAR
RUANO



Firmado
digitalmente por
ADRIANA XIMENA
CUNDAR RUANO
Fecha: 2025.03.25
15:14:28 -05'00'

MsC. Adriana Cundar Ruano, Ph.D.

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 1709268534

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El capulí es una planta perteneciente a la familia de las *Rosaceae* y que en sus diversos órganos como las hojas, flores y frutos contienen compuestos bioactivos como las antocianinas, flavonoides y fenoles. Los compuestos activos más abundantes que se han identificado por medio de los diferentes estudios científicos son principalmente de carácter fenólico, que son valorados en gran medida por la industria alimentaria y farmacéutica por poseer una actividad antioxidante y antimicrobiana (Beltrán, 2016).

El capulí es una fruta introducida en países de la región andina como Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia en el siglo XVII, donde adquirió una relativa importancia comercial como fruta de alta demanda (Guzmán et al., 2020). En Ecuador, la fruta del capulí ha sido una de las más cultivadas por el rol económico y los beneficios que representan para las familias de la zona andina, principalmente de las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo consideradas como centros primordiales para la explotación de esta fruta (Ortiz et al., 2022). Por otra parte, las diferentes partes de la fruta tales como: semillas, cáscara, pulpa y hojas han sido el objetivo de estudio ya que estas contienen la mayor concentración de compuestos activos.

Al existir diversos estudios sobre las propiedades activas de esta planta, este trabajo se enfoca en aquellos trabajos asociados a la evaluación de su actividad antioxidante y antimicrobiana, cuyo enfoque específico se centra en los métodos de análisis y cuantificación. Este trabajo también contribuye a la comunidad científica mediante un documento de fácil acceso que contiene información bibliográfica asociada a los métodos de cuantificación de los principios activos en los diferentes órganos del capulí, las condiciones durante el proceso, datos y principales resultados que podrán ser utilizados para el desarrollo de futuras investigaciones. Además, este trabajo de investigación aportó fundamentalmente en la etapa inicial del proyecto CEDIA I+D+i 42 “Desarrollo de materiales de envase de alimentos con propiedades antioxidantes a partir del extracto del capulí (*Prunus serotina*)”

El presente tema de investigación se centró en la recopilación de datos de estudios asociados a la evaluación de la capacidad antioxidante y antimicrobiana de los diferentes órganos de capulí. Los métodos de evaluación de la capacidad antioxidante más utilizados han sido: DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil), ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). Por otra parte, la evaluación de la capacidad antimicrobiana se ha llevado a cabo mediante el uso de métodos como difusión en agar, dilución en caldo y contacto directo. Otro aspecto fundamental que abordo esta investigación fue el potencial aprovechamiento de las propiedades activas del capulí en las diferentes industrias siendo las más relevantes el área alimentaria y la farmacéutica. El mismo da un enfoque más amplio de las maneras de aprovechamiento de los principios activos del capulí a los futuros investigadores para

generar un rédito con valor agregado, tal es el caso del proyecto CEDIA I+D+i 42 quien busca desarrollar materiales de envase para alimentos con propiedades antioxidantes a partir de extractos de capulí con la finalidad de preservar los alimentos por mayor tiempo alargando así el tiempo de vida útil de los mismos.

1.2 Problema

En el contexto científico de la ciencia y tecnología de alimentos, se han realizado varios estudios sobre las propiedades activas del capulí tales como: propiedades antimicrobianas frente a bacterias Gram negativas, Gram positivas, y propiedades antioxidantes ligadas a compuestos activos como las antocianinas, fenoles y flavonoides entre otros. Además, también se ha evaluado las propiedades antiinflamatorias, caracterización fitoquímica de la planta y caracterización fisicoquímica del fruto donde se ha encontrado un enfoque en los principios activos como posibles aplicaciones en las diversas industrias (Aspilcueta et al., 2023).

En el área de la agroindustria y la ciencia de los alimentos, los estudios de las propiedades activas del capulí se han enfocado mayoritariamente en la evaluación de las propiedades funcionales de diferentes especies de esta planta y sus órganos, mediante diferentes técnicas y procedimientos. La mayoría de estos resultados son positivos en términos de potenciales aplicaciones y desarrollos en el área de alimentos, lo cual motiva a los investigadores a proponer nuevas investigaciones.

Por lo tanto, el desarrollo de una revisión bibliográfica sobre las propiedades activas del capulí marca una necesidad fundamental para la comunidad científica, así como para el proyecto CEDIA I+D+i 42 el cual busca desarrollar materiales de envase de alimentos con propiedades antioxidantes a partir del extracto del capulí (*Prunus serotina*). Al no existir una revisión bibliográfica de este tipo surge la dificultad en la discusión y comparación de datos de futuros trabajos de investigación relacionados. Por lo tanto, esta investigación será de gran aporte a la comunidad científica el mismo que facilitará a los investigadores al acceso en un solo documento a la información asociada a las metodologías, procedimientos, condiciones durante el proceso, datos y resultados obtenidos en la cuantificación de principios activos del capulí, así como su aplicación en la agroindustria.

1.3 Justificación

En los últimos años, ha existido una creciente demanda de investigaciones asociadas a la evaluación de las propiedades activas de diferentes especies vegetales. Este hecho se debe a que los consumidores buscan productos más naturales y saludables para prevenir y tratar enfermedades, optando por alternativas naturales en sus tratamientos. Muchas especies vegetales contienen propiedades activas beneficiosas, como antioxidantes, antiinflamatorios y antimicrobianos, útiles en medicina y en la creación de fármacos con menos químicos. En la agroindustria, estas propiedades se aprovechan para prolongar la vida útil de alimentos al prevenir la oxidación y el deterioro por microorganismos. Además, los principios activos vegetales se incorporan en productos funcionales, biopesticidas, mejoradores de suelos y

conservantes naturales, fomentando así más investigaciones sobre sus beneficios (Ortiz et al., 2022).

En Ecuador, el capulí ha sido una de las principales frutas que se ha venido estudiado en los últimos años esto debido a la accesibilidad de esta fruta en las diversas áreas geográficas de la región sierra. Cada investigación ha detallado la metodología experimental utilizada y los principales resultados obtenidos en la determinación y cuantificación de los principios activos, los cuales han sido positivos en términos de potenciales investigaciones en el área de alimentos. Por lo tanto, el desarrollo de una revisión bibliográfica enfocada en las propiedades activas de esta fruta ayudaría a los investigadores el fácil acceso a la información más destacada para el desarrollo de futuros proyectos de investigación basados en los principios activos de esta especie. Así, esta investigación busca aportar al potencial científico del área de alimentos, cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta de valor para el desarrollo de futuros proyectos de investigación de las propiedades activas del capulí.

Finalmente, es importante resaltar que el presente tema de investigación forma parte del proyecto de investigación CEDIA I+D+i 42 “Desarrollo de materiales de envase de alimentos con propiedades antioxidantes a partir del extracto del capulí (*Prunus serotina*)”. Por lo tanto, la información presentada en esta tesis servirá como base bibliográfica para el análisis y discusión de los resultados obtenidos en el proyecto de investigación.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Generar una revisión bibliográfica sobre investigaciones de la evaluación de las propiedades activas del capulí (*Prunus serotina*) y su potencial aplicación en la agroindustria.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Describir las principales metodologías utilizadas para la evaluación de las propiedades activas del capulí.
- Construir una matriz comparativa de los métodos empleados durante la extracción y cuantificación de las propiedades activas del capulí.
- Establecer las potenciales aplicaciones de los compuestos activos del capulí.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Marco referencial

Un estudio realizado por Freire (2020) sobre la evaluación de la capacidad antioxidante de extractos metanólicos obtenidos a partir de la pulpa y cáscara del capulí determinó que la cáscara de la fruta presentó una mayor inhibición de radicales libres (97,02%) comparado con la pulpa (27,17%). El coeficiente de inhibición (IC_{50}) que indica la cantidad de antioxidante imprescindible para reducir la concentración inicial de radicales libres DPPH al 50% mostró un valor de 333,0 mg GAE/100g en la cáscara y en la pulpa de 581,40 mg GAE/100g. Por otra parte, la capacidad antioxidante de los polifenoles totales contenidos en los extractos metanólicos resultó en 2.003,20 mg GAE/100g en la cáscara y 144,86 mg GAE/100g en la pulpa mediante la técnica de Folin-Ciocalteu.

El estudio llevado a cabo por Gonzales (2019) reportó análisis fisicoquímico y cuantificación de los compuestos fenólicos de la cáscara de capulí utilizando el método de Folin-Ciocalteu en extracto glicólico. Además, se evaluó la actividad antioxidante mediante una técnica de actividad de eliminación de radicales DPPH. El extracto fue un líquido viscoso, de color guinda, con un olor y sabor astringente, soluble en agua e insoluble en cloroformo, con un pH de 6,6. Por otra parte, se identificó la presencia de taninos galotánicos y flavonoides. La cuantificación de compuestos fenólicos reveló un promedio de 0,75 mg GAE/g de extracto, con una IC_{50} de $53,76 \pm 2,68$ para el ácido gálico y $83,97 \pm 1,69$ para el extracto glicólico. El autor concluyó que el extracto glicólico de la cáscara de capulí tenía efectos antioxidantes, sin embargo, su eficacia fue menor comparado con el ácido gálico.

Hernández et al. (2019) evaluaron los cambios de concentración de los compuestos antioxidantes durante la maduración del capulí. La capacidad antioxidante se evaluó mediante métodos espectroscópicos. Se reportaron una disminución significativa en el contenido de fenoles y flavonoides durante la etapa de maduración. Por otro lado, las antocianinas totales aumentaron significativamente, alcanzando un valor de 1,4 mg de Cy-3-glu/g en la etapa de maduración máxima. La máxima capacidad antioxidante de los frutos fue de 63,7 μ mol ET/g de fruta en la etapa de maduración máxima. Los investigadores concluyeron que la capacidad antioxidante de los frutos estaba asociada al contenido total de flavonoides.

En el estudio de Chalán et al. (2019) se analizaron los componentes bioactivos de cáscara, pulpa y semilla del fruto de capulí en frutos recolectados en diferentes momentos de la cosecha y almacenamiento (fresco y congelado). Se evaluó el efecto antimicrobiano de las antocianinas de la cáscara mediante experimentos en placa y el sistema 3MTM. Los resultados no mostraron actividad antimicrobiana en *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* y *Escherichia coli* en los experimentos en placa. Sin embargo, mediante el sistema 3MTM, se evidenció una disminución en el crecimiento de *L. monocytogenes*, y la ausencia de *E. coli*.

Chalán et al. (2019) describieron algunas investigaciones sobre las propiedades antimicrobianas y antifúngicas efectuadas en la familia *Prunus*. Los autores mencionaron que se analizó la actividad antimicrobiana del extracto de *Prunus mahaleb* mediante la técnica de difusión en disco de agar. Los hallazgos indicaron que dicho extracto exhibió actividad antibacteriana frente a *Bacillus anthracis*, *B. subtilis*, *B. pumilus*, *B. licheniformis*, *Brucella melitensis*, *Salmonella typhi*, *Proteus mirabilis* y *P. aeruginosa*. Además, los extractos de *Prunus spinosa* manifestaron actividad antibacteriana contra *S. aureus* y *E. coli*. Asimismo, los extractos de *Prunus salicina* inhibieron el crecimiento de *L. monocytogenes*, *E. coli* y *S. aureus*. Los autores citaron un estudio realizado sobre la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de capulí (pulpa y cáscara). Los resultados fueron positivos contra *S. typhimurium*, *P. mirabilis*, *E. coli* y *P. aeruginosa*.

Reyes et al. (2019) indicaron que los frutos rojos sometidos en cáscara de mortiño y capulí inhibieron el crecimiento de *Streptococcus mutans* a las 24 y 48 horas. Este resultado fue positivo ya que su valor corresponde al 0,12% de gluconato de clorhexidina, un compuesto antimicrobiano utilizado como control.

Cancho et al. (2020) demostraron la presencia de actividad antimicrobiana en extractos hidroalcohólicos de las hojas del capulí, donde evidenciaron el mejor efecto antibacteriano frente a *Staphylococcus aureus* con una concentración al 100% y un halo de inhibición de 18 mm, respecto a una concentración al 75% y un halo de inhibición de 14,6 mm

2.2 Marco conceptual

2.2.1 Capulí

El capulí (*Prunus serotina*) es un árbol originario de América del Norte caracterizado por el consumo de sus frutos, y el uso de sus semillas, hojas y madera desde la época prehispánica (Guzmán et al., 2020). El capulí es un árbol caducifolio de 10 a 16 metros de altura y hasta 1,2 metros de ancho, con copa piramidal. El tronco es grueso, de color gris a marrón oscuro, con ramas alternas, las hojas miden de 6 a 12 cm de largo, son lanceoladas y de color verde claro. El capulí florece en Ecuador en enero con fragantes flores blancas que aparecen en racimos. Los frutos son drupas esféricas, carnosas, de color rojo negruzco, de 12 a 20 mm de diámetro y sus épocas de cosecha va de enero a marzo dependiendo de sus variedades. Las drupas tienen un sabor jugoso, agridulce o ligeramente amargo, y contienen semillas redondas que son dispersadas por aves y pequeños mamíferos (Moncayo, 2017).

2.2.2 Clasificación.

Su clasificación taxonómica a detalle se puede observar en la Tabla 1.

Tabla 1.*Clasificación Taxonómica del Capulí*

Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase	<i>Monocotiledónea</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Género	<i>Prunus</i>

Nota. Adaptado de Usos y conocimientos tradicionales asociados al capulí (*Prunus serotina*) en una zona interandina de Ecuador de Ortiz et al., 2022 <https://llamkasun.unat.edu.pe/index.php/revista/article/view/83>

2.2.3 Distribución geográfica y hábitat natural

El capulí es un árbol de la familia de las rosáceas muy extendido en América. El capulí es originario de América del Norte y crece ampliamente en los bosques caducifolios del este de los Estados Unidos y las regiones áridas del este de México. La especie probablemente se extendió desde México a Centro y Sudamérica después de la conquista española (Moncayo, 2017).

El capulí es una especie que crece bien en zonas con suelos arcillosos y clima templado, con un rango de altitud de 1800 a 3500 m.s.n.m. Esta es una especie probablemente cultivada desde la época precolombina en la zona andina de Perú, Bolivia y Ecuador. Las áreas con mayor potencial de producción y conservación se ubican en la zona montañosa central del país, especialmente en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua y Chimborazo, las cuales son consideradas importantes centros de producción y comercio frutícola (Ortiz et al., 2022).

2.2.4 Variedades y especies relacionadas

Guzmán et al. (2020) en su trabajo de investigación pusieron énfasis en las cinco subespecies propuestas por McVaugh en 1951 el cual propuso la base para la identificación taxonómica y distribución geográfica del capulí (*capulí*, *eximia*, *hirsuta*, *serotina* y *virens*). Por otro lado Castillo (2022a) menciona en su trabajo cuatro especies de capulí siendo estas (*alabamensis*, *capulí*, *rufula* y *serotina*), sugiriendo que las diferencias taxonómicas entre grupos interespecíficos son más sutiles que la sugerencia clásica de McVaugh. Este enfoque fue reforzado por los análisis de variabilidad molecular realizados quienes señalaron que la separación taxonómica de grupos intraespecíficos es difícil y requiere un análisis extenso de datos de diferentes fuentes.

Por otra parte, se presentan un total de cinco variedades de capulí los cuales se puede reconocer mediante la altitud del árbol y el espesor de las hojas. Estas variedades son: *P. serotina* var. *eximia* pequeña; *P. serotina* var. *rufula* McVaugh; *P. serotina* var. *virens*

McVaugh; *P. serotina* var. *salicifolia* (Kunth) Koehne; y *P. serotina* var. *serótina*, siendo la última la variedad más reconocida (Freire, 2020).

2.2.5 Análisis de los compuestos químicos presentes en el capulí

Los ensayos de la composición química proximal del capulí realizados por Falcón & Aguirre (2020) muestra que el capulí tiene un alto nivel de carbohidratos y fibra cruda. El contenido de grasa y proteína es despreciable y exhibe un alto contenido de energía total a 95,5 Kcal/100g en la pasta.

En la Tabla 2 se muestra la composición química proximal del capulí.

Tabla 2.

Composición Químico Proximal del Capulí (Fruto).

Análisis	Valores (g)
Humedad (g/100g)	75,8
Cenizas (g/100g)	0,77
Proteínas ((N*6.25) g/100g)	2,14
Grasa (g/100g)	0,43
Carbohidratos totales por cálculo (g/100g)	20,78
Energía total (kcal/100g)	95,55
Fibra cruda g/100	3,75

Nota. Adaptado de Obtención y caracterización de una bebida fermentada elaborada con capulí (*Prunus serotina*) con maceración prefermentativa, de Falcón & Aguirre [https:// polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2025/html](https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2025/html)

2.2.6 Valor nutricional y beneficios.

El valor nutricional del capulí es muy variado y depende del método de cultivo y las condiciones geográficas (Amable et al., 2020).

En la Tabla 3 se detalla los componentes nutricionales de esta fruta.

Tabla 3.*Composición Nutricional del Capulí.*

Componentes	Valor/Unidad
Valor energético	81 kcal
Humedad	77,2 g
Proteína	1,3 g
Grasa	0,2 g
Hidratos de carbono	20,7 g
Fibra	0,6 g
Calcio	24 mg
Fosforo	24 mg
Hierro	0,8 mg
Vitamina A	45 mg
Tiamina	0,04 mg
Tiamina ácido ascórbico	18 mg

Nota. Adaptado de Compota Nutricional a base de capulí, de Amable et al., pág. 9. <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2d90c4a9-33ce-4182-a3aa-7adc36279422/content>

El capulí posee un alto valor energético debido a su contenido de hidratos de carbono, vitaminas A y C, y minerales como el hierro y fósforo. Esta fruta se reconoce por sus propiedades antioxidantes, diuréticas y facilitadoras de la digestión. Uno de sus usos ha sido mediante la producción de un jarabe que ayuda a aliviar problemas respiratorios, mientras que las hojas cocinadas han sido utilizadas para reducir la fiebre y como antidiarreico. Las hojas también se han utilizado en cremas para aliviar inflamaciones, y la infusión ha sido utilizada como sedante para cólicos, neuralgia y antiespasmódico. Además, se han desarrollado nuevos productos alimenticios con capulí, como licores y mermeladas (Freire, 2020).

2.2.7 Identificación de las propiedades activas

Maldonado et al. (2020) mencionaron que las plantas son uno de los recursos más utilizados para tratar y/o aliviar enfermedades y lesiones físicas. Hasta la fecha, se ha informado que aproximadamente 50.000 especies de plantas tienen valor medicinal conocido, lo que representa aproximadamente el 10% del número total de plantas en el mundo.

El capulí juega un papel económico importante en las comunidades indígenas del altiplano ecuatoriano, ya que su fruta es esencial para la dieta local. Esta fruta no sólo se consume crudo, sino que también se utiliza para elaborar mermeladas, conservas, bebidas y helados. El uso de esta fruta también se ha identificado en la medicina tradicional. Las hojas se utilizan como diurético y expectorante, y las infusiones de las flores se utilizan en combinación con otras plantas para facilitar el parto. Además, a partir de la corteza se elaboran ungüentos que tienen efectos tónicos y calmantes. Estas propiedades medicinales

podrían estar relacionadas con las altas concentraciones de antocianinas y polifenoles de las plantas, compuestos con alta capacidad antioxidante y antibacteriana (Moncayo, 2017).

El capulí es rico en compuestos activos como polifenoles, taninos y flavonoides, que le confieren poder antioxidante (Falcón & Aguirre, 2020). Un estudio realizado por Ortiz et al. (2022) determinó que las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del capulí están asociadas a la presencia de compuestos bioactivos tales como: taninos, antocianinas, fenoles, polifenoles y flavonoides.

2.2.8 Principios activos

Según Romero & Ticona (2021), los principios activos de las plantas son sustancias simples o mezclas complejas que cumplen una función que ayuda a la supervivencia de la planta o a cumplir otras funciones específicas del mismo. Los compuestos más comunes son los azúcares y los heterósidos, que pueden ser glucósidos, galactósidos, entre otros. El primer heteroglucósido descubierto fue la salicina (extraída del sauce blanco). Otros metabolitos secundarios incluyen lípidos, gomas, amargos, taninos, bálsamos, ácidos orgánicos, enzimas y vitaminas.

De acuerdo con lo mencionado por Chalán et al. (2019), las plantas contienen compuestos activos denominados fitoquímicos. Hoy en día, se aíslan e introducen en la práctica médica muchos fitoquímicos en fármacos o complementos dietéticos, caracterizados por ser inocuos y eficaces en el tratamiento o prevención de enfermedades.

En la actualidad, la investigación sobre los componentes bioactivos de los alimentos ha despertado un gran interés. Los científicos e investigadores han enfatizado en el estudio de los terpenos, flavonoides, antocianinas, proteínas, lípidos, saponinas, taninos y carbohidratos. Estos compuestos brindan beneficios a la función celular, previniendo o reduciendo la probabilidad de futuros problemas de salud. Existen varios estudios que ofrecen diferentes enfoques para los principios de diseño estructural detallado de alimentos y nutrientes funcionales, como el comprimido de componentes (Chalán et al., 2019).

2.2.9 Clasificación de los principios activos

La sociedad humana siempre ha creído en los beneficios para la salud de ciertos alimentos y productos. Esta creencia se ha visto reforzada en las últimas décadas por las investigaciones sobre los efectos sobre la salud de determinados componentes de los alimentos, a menudo sin relación con la funcionalidad y nutrición que poseen los compuestos, de dos maneras principales: previniendo la aparición de determinadas patologías y mejorando la función sanitaria del organismo (Beltrán, 2016).

La Tabla 4 resume los diferentes tipos de componentes alimentarios bioactivos. Algunos de ellos provienen de plantas y se denominan fitoquímico (Telichowska et al., 2020).

Tabla 4.*Componentes Alimentarios con Actividad Biológica.*

Componente Bioactivo	Propiedades
ÁCIDOS GRASOS	Anticancerígena
Ácido linoleico conjugado (CLA)	Prevención de enfermedades
Ácidos grasos poliinsaturados ω -3	cardiovasculares
FIBRA DIETÉTICA	Anticancerígena
Soluble	Antihipertensiva
Insoluble	Hipoglucemiante Hipocolesterolemiante
FITOQUÍMICOS	Antihipertensiva
Fitosteroles	Antiinflamatoria
Polifenoles	Antioxidante
Terpenos	Hipocolesterolemiante
Tioles	
PROBIÓTICOS	Anticancerígena Antimicrobiana Mejoran desórdenes gastrointestinales
PREBIÓTICOS	Anticancerígena Regulación del tracto intestinal
PROTEÍNAS Y PÉPTIDOS	Anticancerígena Antioxidante Hipocolesterolemiante Mejora del metabolismo óseo
VITAMINAS Y MINERALES	Anticancerígena Antihipertensiva Antioxidante Mejora del metabolismo óseo

Nota. Polyphenol content and antioxidant activities of *Prunus padus* L. and *Prunus serotina* L. leaves: Electrochemical and spectrophotometric approach and their antimicrobial properties., de Telichowska et al. <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/chem-2020-0121/html>

El capulí es un fruto de alto consumo utilizado principalmente en la preparación de mermeladas, jaleas, helados, dulces, bocadillos, jugos y licores. Sin embargo, la presencia de los principios activos ha promovido que su uso se enfoque en el desarrollo de nuevos productos alimenticios denominados alimentos funcionales (Rios et al., 2024).

Un alimento funcional se define como un alimento que, además de proporcionar nutrientes esenciales, contiene elementos biológicamente activos que generan efectos

beneficiosos para la salud, disminuyendo el riesgo de ciertas enfermedades. En términos prácticos, esto implica que los alimentos funcionales pueden ser naturales o haber sido modificados mediante adiciones, aumentos, eliminaciones de componentes, o alteraciones en la naturaleza y biodisponibilidad de sus elementos, o cualquier combinación de estas acciones (Beltrán, 2016).

Según Beltrán (2016), las características de un alimento funcional son las siguientes:

- Deben estar disponibles en la forma de alimentos que se consumen comúnmente.
- No deben causar efectos perjudiciales al ser consumidos.
- Deben poseer propiedades nutritivas que beneficien al organismo.
- Su ingesta debe reducir y/o prevenir el riesgo de enfermedades, contribuyendo a mejorar la salud del individuo.
- Se debe poder demostrar que sus efectos beneficiosos se manifiestan dentro de las cantidades típicas consumidas en la dieta habitual.
- Los beneficios de un alimento funcional se evidencian al ser consumido regularmente como parte de una dieta balanceada.

2.2.10 Fitoquímicos

Desde el punto de vista de Lopa et al. (2021), los fitoquímicos son un grupo de sustancias biológicamente activas que se encuentran en las plantas. La mayoría de estas sustancias ayudan a las plantas a sobrevivir y actúan como hormonas o enzimas. Estos compuestos también añaden color, olor y/o sabor a la planta. La función principal de los fitoquímicos es ayudar a la planta a defenderse contra los radicales libres, insectos, parásitos y virus, y ayudar a proteger la planta del daño general que puede sufrir a lo largo de su vida.

Según Lopa et al. (2021), los fitoquímicos se clasifican en sus estructuras químicas y actividades biológicas como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5.

Fitoquímicos más Estudiados por sus Propiedades Beneficiosas.

Clasificación	Fitoquímicos	Propiedades
TERPENOS	Iridoides	Amebicida Antiinflamatoria Antimicrobiana
	Saponinas	Anticancerígena Antiinflamatoria Hipocolesterolemiante
	Carotenoides	Antioxidante Prevención de degeneración macular Prevención de enfermedades cardiovasculares
FITOSTEROLES	Esteroles	Hipocolesterolemiante Prevención de enfermedades cardiovasculares
POLIFENOLES	Isoflavonas	Hipocolesterolemiante Prevención de enfermedades cardiovasculares
	Lignanós	Anticancerígena Prevención de enfermedades cardiovasculares
	Flavonoides	Anticancerígena Antioxidante Prevención de enfermedades cardiovasculares
	Antocianinas Catequinas	Antioxidante Antiagregantes Antiinflamatorias Antiulcéricas y Antivirales
	Taninos	Antioxidante
TIOLES	Compuestos organosulfurados	Anticancerígena

Nota. Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de tumbo (*Passiflora mollissima*) y cerezo (*Prunus serotina*), de Lopa et al. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2021000300007&lng=es&nrm=iso&tlng=en

2.2.11 Propiedades antioxidantes del capulí

Desde la antigüedad, el capulí ha sido un agente preventivo contra enfermedades respiratorias e incluso diarreicas debido a su contenido de compuestos fenólicos. Estos

compuestos incluyen flavonoides y taninos, que son conocidos por sus propiedades antioxidantes y antibacterianas (Freire, 2020).

Existen diversos métodos para evaluar o medir el potencial antioxidante, como son los ensayos que utilizan sustancias cromogénicas con carácter de radicales libres, ya que la pérdida de color es proporcional a la concentración. Estos métodos: ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico), DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) y DMPD (Dimethyl-4-phenylenediamine) se utilizan principalmente para la determinación de compuestos fenólicos (Freire, 2020).

Los métodos más utilizados incluyen ABTS y DPPH, ambos exhiben una notable estabilidad en condiciones específicas, aunque presentan distinciones. DPPH, siendo un radical libre, puede obtenerse directamente sin necesidad de preparación previa, mientras que ABTS requiere ser generado mediante una reacción, ya sea química (usando dióxido de manganeso, persulfato de potasio), enzimática (utilizando peroxidasa, mioglobina) o electroquímica. El método ABTS se emplea para evaluar la actividad de compuestos de naturaleza hidrofílica y lipofílica, en contraste con DPPH, que solo puede disolverse en medio orgánico, y DMPD, que solo se disuelve en medio acuoso (Hernández et al., 2019b).

En la pulpa de capulí se ha identificado seis compuestos antioxidantes: ácido cafeico, procianidina, cianidina, catequina, ubiquinona, betacaroteno. Por otro lado, en la cáscara del capulí, se ha identificado ácido ferúlico, ácido cafeico, cianidina, catequina, ubiquinona, betacaroteno, kaempferol procianidina y ácido p-cumarico (Falcón & Aguirre, 2020).

2.2.12 Antocianinas

Las antocianinas pertenecen a uno de los seis grupos de flavonoides conocidos. Para comprender su importancia, primero es necesario definir qué es un flavonoide: se trata de un metabolito secundario de las plantas, es decir, un compuesto que estas producen sin ser esencial para su supervivencia. Además, las antocianinas actúan como colorantes naturales, ya que son pigmentos hidrosolubles responsables de las tonalidades rojas, anaranjadas, azules y púrpuras que caracterizan a frutas como las uvas, manzanas y fresas, entre otras (Abonce et al., 2018).

Las antocianinas se componen de la unión de dos anillos aromáticos conectados por un anillo pirano. Esta configuración da lugar a la estructura básica de seis tipos de antocianinas: pelargonidina, cianidina, delphinidina, peonidina, petunidina y malvanidina. Las variaciones entre ellas surgen debido a la posición del grupo hidroxilo y el grado de metilación. La antocianina predominante, conocida como cianidina, se encuentra en niveles elevados en la cáscara de frutas rojas o con tonalidades magentas. Desde el punto de vista químico, cuando la cianidina se une a un azúcar, forma un enlace β -glucosídico, y a esta estructura se le denomina cianidina 3-glucosidosa, cuyo espectro de absorción es de 510 nm (Chalán et al., 2019).

La estabilidad de las antocianinas está determinada por el tipo de pigmento antocianínico y por diversos factores externos tales como: pH, luz, temperatura, presencia de enzimas, oxígeno y ácido ascórbico. Además, procesos tecnológicos como la extracción y el almacenamiento del maíz morado pueden comprometer su estabilidad, provocando alteraciones en su estructura y color que afectan su calidad en solución (Rabanal & Medina, 2021).

Las propiedades benéficas de las antocianinas se traducen en diversos efectos positivos para la salud humana. A estos compuestos se les atribuye la capacidad de reducir alergias, prevenir enfermedades cardiovasculares y diabetes, así como de poseer propiedades antitumorales, antiinflamatorias y anticancerígenas. Además, se ha observado que mejoran la agudeza visual y el comportamiento cognitivo (Chalán et al., 2019).

2.2.13 Fenoles

Se trata de sustancias cuya estructura contiene un anillo aromático conectado a uno o más sustituyentes del grupo hidroxilo, incluidos diversos derivados funcionales (ésteres, ésteres metílicos, glucósidos). Los compuestos fenólicos conocidos como polifenoles se encuentran en todas las plantas y productos de nuestra dieta. Se han identificado más de 8.000 estructuras fenólicas, que van desde moléculas simples hasta compuestos altamente poliméricos con diversas propiedades (Castillo, 2022).

Los compuestos fenólicos son metabolitos importantes para el crecimiento y la reproducción de las plantas y sirven como agentes de defensa contra patógenos, los cuales se liberan como mecanismo de defensa en respuesta a condiciones de estrés a las que están expuestas en su hábitat, como infecciones, radiación UV, entre otros. Esta síntesis tiene lugar a partir de fenilalanina mediante la vía del shikimato (Castillo, 2022).

Los distintos compuestos fenólicos conforman una extensa categoría de antioxidantes naturales que se encuentran principalmente en frutas, verduras y cereales. Estos compuestos ofrecen efectos saludables para el organismo. Se ha observado, a través de evidencia epidemiológica recopilada a nivel global, que una dieta cotidiana rica en frutas y verduras está asociada a una reducción del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer. Estos fitoquímicos constituyen una variedad de sustancias heterogéneas que demuestran su función protectora en la salud humana, brindando beneficios positivos cuando se consumen (Castillo, 2022).

2.2.14 Polifenoles

Los compuestos fenólicos o polifenoles se clasifican como metabolitos secundarios presentes en las plantas. Comparten la característica de tener un anillo aromático con uno o más grupos hidroxilo y suelen encontrarse en forma de glicósidos, en combinación con unidades de azúcar. Estos compuestos son relativamente polares y tienen una tendencia a disolverse en agua, lo que permite su detección mediante la aparición de colores intensos

como verde, púrpura, azul o negro al añadirles una solución acuosa o alcohólica al 1% de cloruro férrico (Moncayo, 2017).

Los polifenoles provienen principalmente de vegetales, abarcando una diversidad de moléculas con una estructura característica de polifenoles. Estas incluyen moléculas con anillos de fenol, tales como ácidos y alcoholes fenólicos. Dentro de los grupos principales de polifenoles se encuentran los flavonoides, ácidos fenólicos, feniletanoides, estilbenos y lignanos (Castillo, 2022).

2.2.15 Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos presentes en las plantas, se distinguen principalmente por su capacidad para bloquear y precipitar las proteínas, afectando de esta manera el valor nutricional de numerosos alimentos consumidos tanto por humanos como por animales (Olivas et al., 2015).

Dentro de las investigaciones acerca de los componentes polifenólicos (CPF), se abordan especialmente las relacionadas con sus formas poliméricas conocidas como taninos. Estos taninos son extraídos de plantas y algas, y la mayoría se clasifica según su monómero base, que puede ser ácido gálico, ácido elágico, flavan-3-oles o floroglucinol. Estos monómeros se combinan para formar estructuras poliméricas de elevado peso molecular, presentando diversas capacidades de unión a proteínas y otras macromoléculas, así como susceptibilidad a la hidrólisis química o enzimática bajo condiciones *in vitro*. Estas características determinan su categorización como taninos condensados, hidrolizables y complejos (Olivas et al., 2015).

2.2.16 Flavonoides

Los flavonoides son compuestos fenólicos que constan de quince átomos de carbono dispuestos en una estructura ($C_6-C_3-C_6$). Esta estructura comprende dos anillos aromáticos, A y B, unidos a través de tres carbonos que comúnmente forman un heterociclo de oxígeno denominado C, que se corresponde con la estructura 2-fenil-benzopirilio. La estructura básica de un flavonoide puede experimentar múltiples modificaciones y la adición de grupos funcionales, lo que da lugar a una familia muy diversa de compuestos con composición y concentración altamente variables. Estos flavonoides pueden alterarse en respuesta al entorno en el que la planta se encuentra expuesta (Alayo, 2017).

A su vez, los flavonoides se clasifican en distintas categorías como flavonas, flavonoles, flavan-3-ol, flavanonas y antocianinas. También existen flavonoides menos abundantes cuantitativamente, como dihidroflavonoles, flavan-3,4-dioles, cumarinas, chalconas, dihidrochalconas y auronas. Debido a esto, los flavonoides son los polifenoles más prevalentes y ampliamente distribuidos en las plantas, siendo especialmente concentrados en las hojas y la cáscara de los frutos. Cumplen diversas funciones importantes como metabolitos secundarios, participando en procesos como la protección contra la radiación UV, la pigmentación, la defensa contra patógenos, la atracción de polinizadores,

la resistencia a enfermedades, y la estimulación de los nódulos fijadores de nitrógeno, entre otros (Beltrán, 2016).

2.2.17 Propiedades antibacterianas del capulí

Desde hace algunas décadas, el capulí ha sido usado como un preventivo a enfermedades respiratorias e incluso diarreicas. Este hecho ha estado asociado a su contenido de compuestos fenólicos entre los cuales se encuentran los flavonoides y taninos, cuyas características o potenciales antioxidantes y antibacterianas son conocidas (Freire, 2020).

Las propiedades antibacterianas del capulí han sido evaluadas a partir de sus extractos. El extracto etanólico ha presentado una fuerte actividad antimicrobiana contra *S. typhimurium*, *P. mirabilis*, *E. coli*, *P. aeruginosa* y *S. aureus* (Aspilcueta et al., 2023). Estas propiedades pueden ser atribuidas a componentes como antocianinas y polifenoles presentes en el extracto.

Por otra parte, Guzmán et al. (2020) determinaron al capulí como potencial forestal en México ya que es ampliamente conocido por sus propiedades medicinales tales como: expectorante, sedante y antiespasmódico. Por esta razón, tanto sus frutos como sus hojas se utilizan en infusiones para aliviar la tos. También han verificado, que el extracto etanólico de capulí posee una elevada actividad antimicrobiana contra diversas bacterias Gram negativas y Gram positivas.

Es importante tener en cuenta que la eficacia antibacteriana puede variar dependiendo de la concentración del extracto utilizado y la especie bacteriana específica. Además, la investigación continua es necesaria para comprender mejor los mecanismos exactos y las aplicaciones potenciales de estas propiedades antibacterianas del capulí.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo de investigación

En esta investigación se aplicó una revisión bibliográfica o sistemática basado en la búsqueda y revisión de trabajos científicos, relacionados a las propiedades activos del capulí (*Prunus serotina*), posteriormente se analizó críticamente los resultados obtenidos de estas investigaciones.

3.2 Diseño de investigación

La investigación aplicó un diseño descriptivo con un enfoque de recolección de datos de tipo cualitativo. Se analizó investigaciones determinando los parámetros y características aplicadas en un periodo de tiempo de 6 años (2019 a 2024). Se buscó información secundaria que aborde la problemática, utilizando bases de datos indexadas como: “Google Académico”, “Science Direct”, “Web of Science” “Scielo” y “PubMed”.

3.3 Técnicas de recolección de datos

Los datos se recolectaron de la revisión de artículos de “Google Académico”, “Science Direct”, “Scielo”, “PubMed” y “Web of Science” utilizando palabras claves tanto en español como en inglés: “Fitoquímicos”, “Extracción”, “Activas” “Cuantificación” “Capulí” “Propiedades” “Antioxidantes”, “Antimicrobianas”, “Aplicaciones” y “Agroindustria”. Además, se emplearon otras frases como: “Evaluación antioxidante del capulí (*Prunus serotina*)”, “Actividad antioxidante del capulí (*Prunus serotina*)”, “Evaluación antimicrobiana del capulí (*Prunus serotina*)”, “Evaluación antibacteriana del capulí (*Prunus serotina*)”, “Actividad antimicrobiana del capulí (*Prunus serotina*)”, “actividad antibacteriana del capulí (*Prunus serotina*)”, “Aplicaciones de los principios activos del capulí”, “Aplicaciones de los principios activos del capulí de la agroindustria”, “Aplicaciones de los principios activos del capulí de las industria” y “Aplicaciones de los principios activos”. La información recolectada fue clasificada y seleccionada en base a las propiedades antioxidantes, antimicrobianas y de aprovechamiento.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra.

Como resultado para la capacidad antioxidante del capulí se obtuvo información secundaria en 152 documentos entre ellos Artículos Científicos, Investigaciones y Trabajos de Investigación (Tesis) realizadas anteriormente, y aplicando los criterios de inclusión y exclusión fueron descartados 95 registros. De los 57 artículos relevantes al seleccionarlos por el título y por el resumen se eliminaron 23 quedando un total de 34 artículos y tras aplicar los filtros de exclusión y leer sus contenidos se abordaron en esta investigación 22 artículos.

Para la capacidad antimicrobiana del capulí se obtuvo información secundaria en 47 documentos entre ellos Artículos Científicos, Investigaciones y Trabajos de Investigación (Tesis) realizadas anteriormente, luego aplicando los criterios de inclusión y exclusión, fueron descartados 20 registros. De los 27 artículos relevantes al seleccionarlos por el título

y por el resumen se eliminaron 9 quedando un total de 18 artículos y tras aplicar los filtros de exclusión y leer sus contenidos se abordaron en esta investigación 6 artículos.

3.5 Métodos de análisis.

Con las directrices del método PRISMA se analizó la información encontrada, tomando en cuenta varios artículos científicos y tesis relacionados a los métodos de extracción y cuantificación de los principios activos del capulí. Además, se tomó sus resultados para compararlos con el fin de analizar la eficiencia de los métodos más utilizados para la cuantificación de las propiedades activas del capulí. La metodología PRISMA, se implementó con la ayuda de un diagrama de flujo compuesta de 4 fases: identificación, selección, elección e inclusión permitió determinar el número específico de artículos y documentos que se utilizaron en la investigación bibliográfica para su posterior análisis y discusión, mediante la aplicación de los parámetros de exclusión e inclusión. Este proceso se encuentra detallado en la Figura 1.

3.6 Procesamiento de datos.

La información recolectada se organizó y gestionó mediante la plataforma Mendeley organizados por secciones tales como artículos relacionados a la capacidad antioxidante, capacidad antimicrobiana y de aprovechamiento. Los artículos se ordenaron de forma descendente en cuanto al año de publicación juntamente con su ficha de resumen, link de conexión al documento y referencia bibliografía APA séptima edición vinculado a la plataforma Word para la gestión de bibliografía. Los resultados de los datos obtenidos en cuanto a las metodologías implementadas en la cuantificación de propiedades activas se presentaron por secciones secuenciales por métodos previo a su descripción del proceso general de aplicación. Finalmente, para los datos de las condiciones por método, los resultados obtenidos para la capacidad antioxidante, capacidad antimicrobiana y aprovechamiento de las propiedades activas se realizaron tablas comparativas que permitan una discusión más sólida.

3.7 Método Prisma

Dentro de la investigación se utilizó la metodología PRISMA, que con la ayuda de un diagrama de flujo compuesta de 4 fases: identificación, selección, elección e inclusión permitió determinar el número específico de artículos y documentos que se utilizaron en la investigación bibliográfica para su posterior análisis y discusión, mediante la aplicación de los parámetros de exclusión e inclusión.

3.7.1 Criterios de inclusión Prisma

Los criterios de inclusión para los artículos científicos en la presente investigación bibliográfica fueron aquellos que:

- Contengan temas sobre métodos para la obtención de compuestos activos y evaluación de la capacidad antioxidante, antimicrobiana y de aprovechamiento.

- Cumplan con el criterio de 6 años de publicación.
- Tengan como idiomas principales inglés y español.

3.7.2 Criterios de exclusión Prisma

Para los criterios de exclusión se descartó los artículos que:

- No tengan información sobre el estudio de métodos para la obtención de compuestos activos y evaluación de la capacidad antioxidante, antimicrobiana y aprovechamiento.
- No cumplan con el criterio de 6 años de publicación.
- Sean filtrados en base a su resumen y título.
- Estén duplicados.

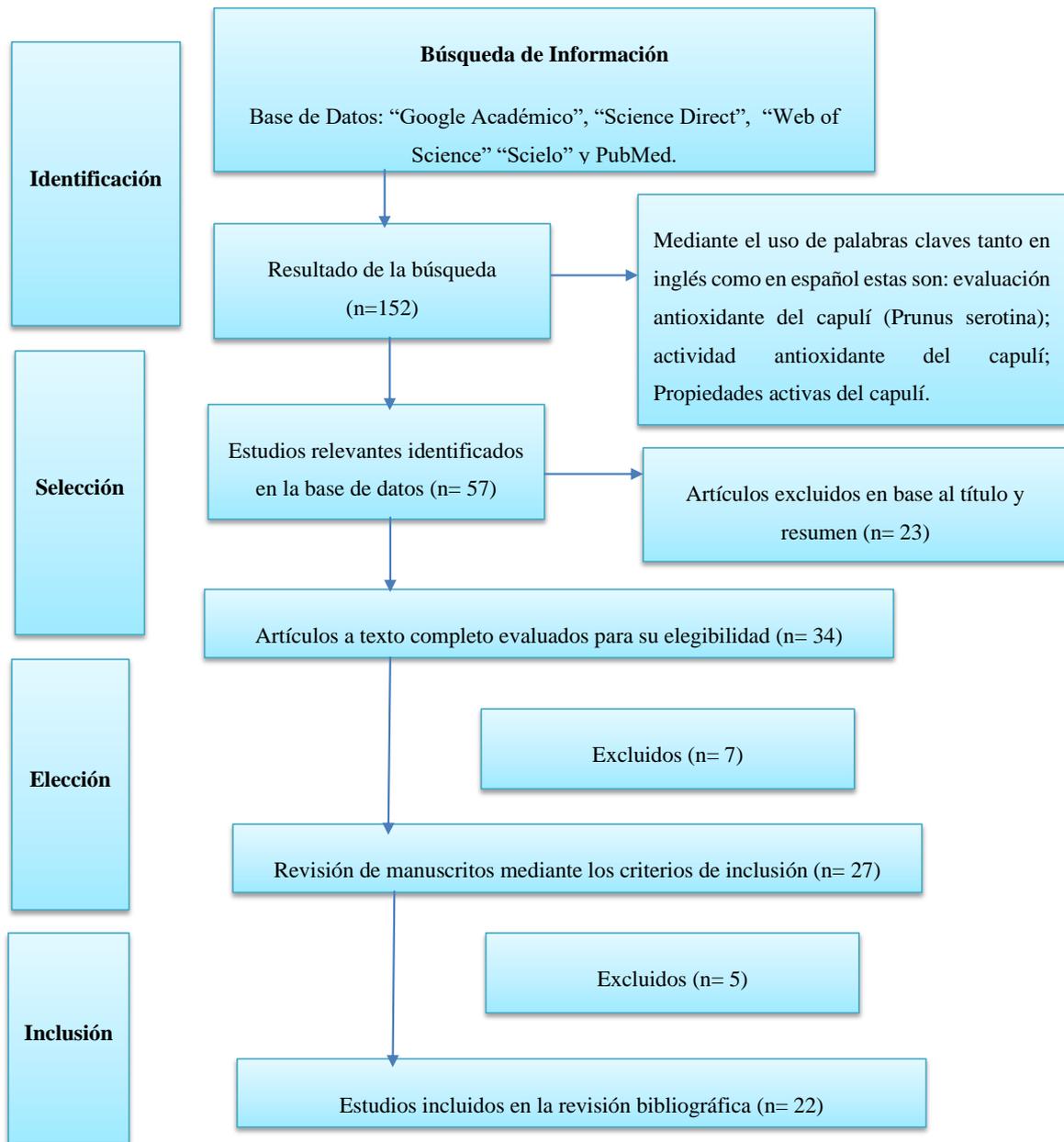
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados

En la búsqueda realizada en la base de datos Google académico, Scielo, ScienceDirect, Web of Science y Pubmed utilizando las palabras claves como: “cuantificación”, “evaluación ”“actividad”, “antioxidante”, “propiedades”, “activas”, “capulí”, “Prunus”, “serotina” AND “antioxidant” se encontraron 152 estudios realizados entre artículos científicos y tesis publicados en los años comprendidos entre 2019 al 2024, que después de un proceso de evaluación crítica 10 artículos científicos y 12 tesis fueron plasmados en las Tablas 6 y 7 por considerarse información relevante para la presente investigación.

Figura 1.

Diagrama PRISMA para la Actividad Antioxidante del Capulí.



Nota. Adaptado de Diagrama de flujo del método PRISMA, en el que se muestra el proceso de recolección de datos y clasificación de información.

Tabla 6.*Estudios de la Capacidad Antioxidante del Capulí de Artículos.*

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Revista
1	(Rios et al., 2024)	High hydrostatic pressure processing of fresh juice and a fermented beverage of black cherry (<i>Prunus serotina</i>)	2024	Inglés	ScienceDirect y Web Of Science	Journal of Agriculture and Food Research
2	(Lu et al., 2021)	Studied of <i>Prunus serotina</i> oil extracted by cold pressing and antioxidant effect of <i>P. longiflora</i> essential oil	2021	Inglés	Google Académico	Journal of Food Science and Technology
3	(Gallardo et al., 2021)	Valorization of Almond (<i>Prunus serotina</i>) by Obtaining Bioactive Compounds	2021	Inglés	PubMed	Frontiers in Nutrition
4	(Brozdowski et al., 2021)	Phenolic composition of leaf and flower extracts of black cherry (<i>Prunus serotina</i> Ehrh.)	2021	Inglés	Google Académico	Annals of Forest Science
5	(Brozdowski et al., 2021)	Composition of Phenolic Compounds, Cyanogenic Glycosides, Organic Acids and Sugars in	2021	Inglés	Google Académico	Forests

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Revista
		Fruits of Black Cherry (<i>Prunus serotina</i> Ehrh.)				
6	(Lopa et al., 2021)	Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de tumbo (<i>Passifloramollissima</i>) y cerezo (<i>Prunus serotina</i>) Physicochemical,	2021	Español	Scielo	Horizonte Médico
7	(Rios & Guerrero, 2020)	Antioxidant and Sensory Characteristics of Black Cherry (<i>Prunus Serotina</i> Subsp. <i>Capuli</i>) Fermented Juice	2020	Inglés	Google Académico	International Journal of Fruit Science
8	(Telichowska et al., 2020)	Polyphenol content and antioxidant activities of <i>Prunus padus</i> L. And <i>Prunus serotina</i> L. Leaves: Electrochemical and spectrophotometric approach and their antimicrobial properties	2020	Inglés	Google Académico	De Gruyter
9	(Reyes et al., 2019)	Antibacterial and antioxidant effect of ecuadorian red fruits on	2019	Inglés	Scielo	Odontología Vital

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Revista
		<i>streptococcus mutans</i> : in vitro study				
10	(Hernández et al., 2019)	Antioxidant capacity of capulin (<i>Prunus serotina</i> subsp. <i>capuli</i> (Cav. McVaugh) fruit at different stages of ripening	2019	Inglés	Scielo	Ecosistemas y recursos agropecuarios

Tabla 7.

Estudios de la Capacidad Antioxidante del Capulí de Tesis.

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Institución de Educación Superior
1	(Núñez & Gavilanes, 2024)	Evaluación de la actividad antioxidante de extractos de <i>Aloysia citrodora</i> (Cedrón) y <i>Prunus serotina</i> (Capulí) en Andamios biológicos	2024	Español	Google Académico	Universidad Técnica de Ambato

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Institución de Educación Superior
2	(Quispe, 2024)	Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de <i>Prunus serotina Ehrhart</i> “guinda” - Ayacucho 2023	2024	Español	Google Académico	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
3	(Cunalata & Jara, 2023)	Evaluación de la actividad antioxidante e hipoglucémica in vitro de extractos de Marco (<i>Ambrosia arborescens</i>), Quishuar (<i>Buddleja incana</i>), Cedrón (<i>Aloysia citrodora</i>) y Capulí (<i>Prunus serotina</i>)	2023	Español	Google Académico	Universidad Técnica de Ambato
4	(Rivera & Neto, 2022)	Cuantificación de compuestos bioactivos y actividad antioxidante de	2022	Español	Google Académico	Universidad Politécnica Salesiana

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Institución de Educación Superior
		cuarenta y siete diferentes especies vegetales comestibles comercializadas en mercados locales del ecuador.				
5	(Castillo, 2022)	Determinación de hierro total, polifenoles y actividad antioxidante, del extracto de <i>Prunus Serotina</i> " Capuli" y <i>Physalis Peruviana</i> " Aguaymanto"	2022	Español	Google Académico	Universidad Católica de Santa María
6	(Romero & Ticona, 2021)	Tamizaje fitoquímico y actividad antioxidante del extracto alcohólico de las hojas de <i>Prunus serotina Ehrh</i> (capulí).	2021	Español	Google Académico	Universidad María Auxiliadora
7	(Quispe, 2021)	“Determinación de fenoles totales y	2021	Español	Google Académico	Universidad Nacional de Huancavelica

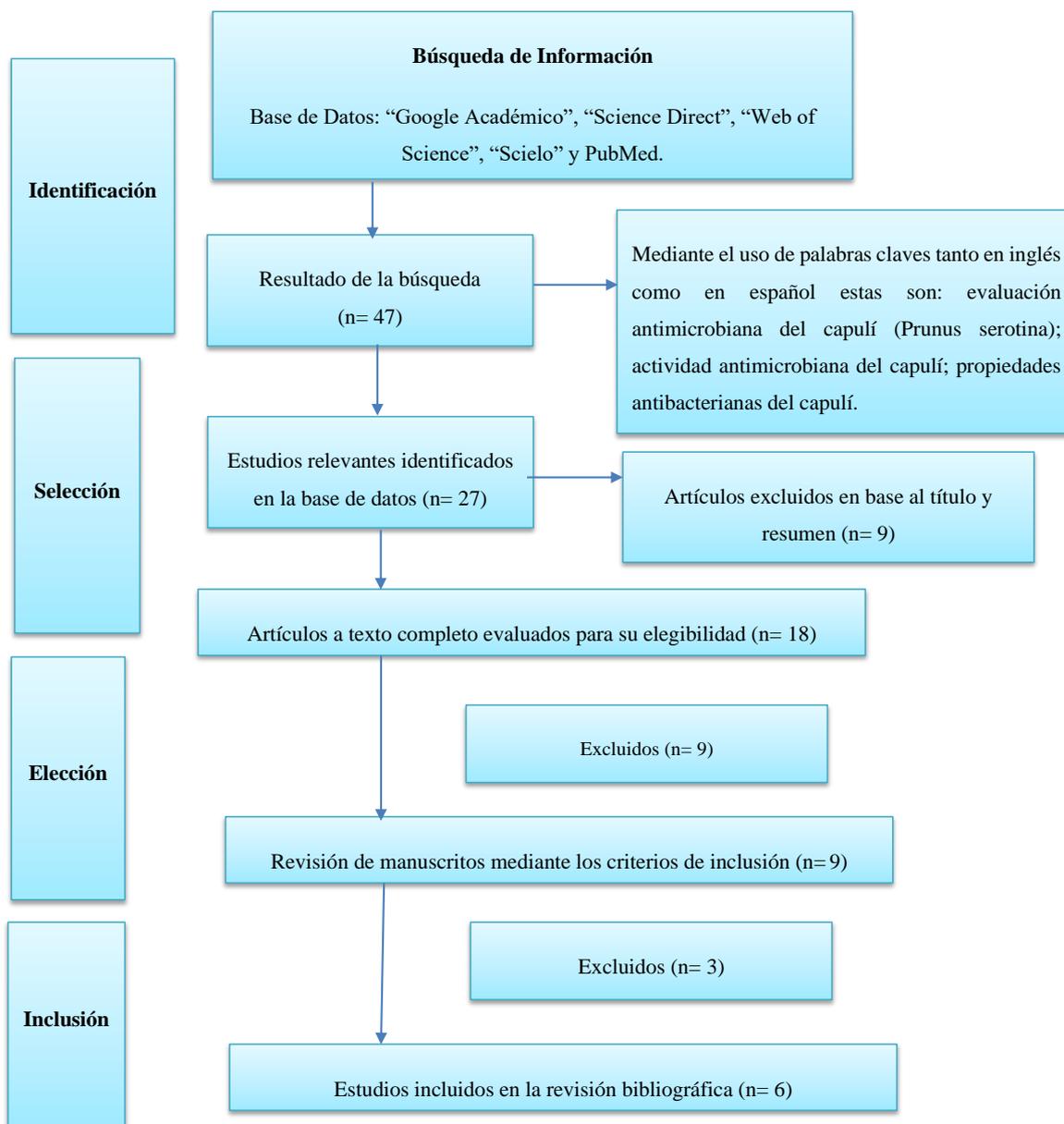
Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Institución de Educación Superior
		capacidad antioxidante en el fruto de guinda (<i>prunus serotina</i> spp) de la provincia de acobamba - huancavelica”				
8	(Chup, 2020)	Comparación de la actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos de los frutos de <i>Hylocereus undatus</i> y <i>Prunus serotina</i>	2020	Español	Google Académico	Universidad César Vallejo
9	(Freire, 2020)	Evaluación del potencial antioxidante de extractos metanólicos a partir de la cáscara y pulpa de capulí (<i>prunus serotina</i> var. <i>salicifolia</i>) proveniente de la ciudad de Ambato	2020	Español	Google Académico	Universidad Agraria del Ecuador

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Institución de Educación Superior
10	(Ramos & Mejía, 2019)	Extracción, microencapsulación y actividad antioxidante del capulí (<i>Prunus serotina</i>)	2019	Español	Google Académico	Universidad Técnica de Ambato
11	(Gonzales, 2019)	Actividad antioxidante del extracto glicólico de la cáscara de <i>Prunus serotina</i> “guinda”. Ayacucho 2018.	2019	Español	Google Académico	Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga
12	(Rengifo & Zavaleta, 2019)	Actividad reductora in vitro del fruto de <i>Prunus serotina</i> frente a 2,2- Difenil-1-picrylhidrazilo y su cuantificación de antocianinas totales	2019	Español	Google Académico	Universidad Nacional de Trujillo

Del mismo modo en las mismas base de datos utilizadas anteriormente se introdujo las palabras claves: “cuantificación”, “evaluación ”“actividad” “antimicrobiana”, “antibacteriana”, “capulí”, “Prunus”, “serotina”, “propiedades”, “activas” AND “antimicrobial” se encontraron 47 estudios realizados entre artículos científicos y tesis publicados en los años comprendidos entre 2019 al 2024, que después de un proceso de evaluación crítica 6 Investigaciones entre artículos científicos y tesis fueron plasmados en la Tabla 8 por considerarse información relevante para la presente investigación.

Figura 2.

Diagrama PRISMA para la Actividad Antimicrobiana del Capulí.



Nota. Adaptado de Diagrama de flujo del método PRISMA, en el que se muestra el proceso de recolección de datos y clasificación de información.

Tabla 8.*Matriz de Estudios de la Capacidad Antimicrobiana del Capulí.*

Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Institución de Educación Superior	Revista
1	(Aspilcueta et al., 2023)	Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de capulí “ <i>Prunus serotina subsp. capulí (Cav.) McVaugh</i> ” sobre cultivos de <i>escherichia coli atcc. 25922</i>	2023	Español	Google Académico	Universidad María Auxiliadora	No Aplica
2	(Cancho et al., 2020)	Efecto antibacteriano in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas del <i>Prunus serotina</i> EHRH (Guinda), frente a <i>Staphylococcus aureus</i> ATTC 25923	2020	Español	Google Académico	Universidad Interamericana	No Aplica
3	(Telichowska et al., 2020)	Polyphenol content and antioxidant activities of <i>Prunus padus L.</i> And <i>Prunus serotina L.</i> Leaves: Electrochemical	2020	Inglés	Google Académico	No Aplica	De Gruyter

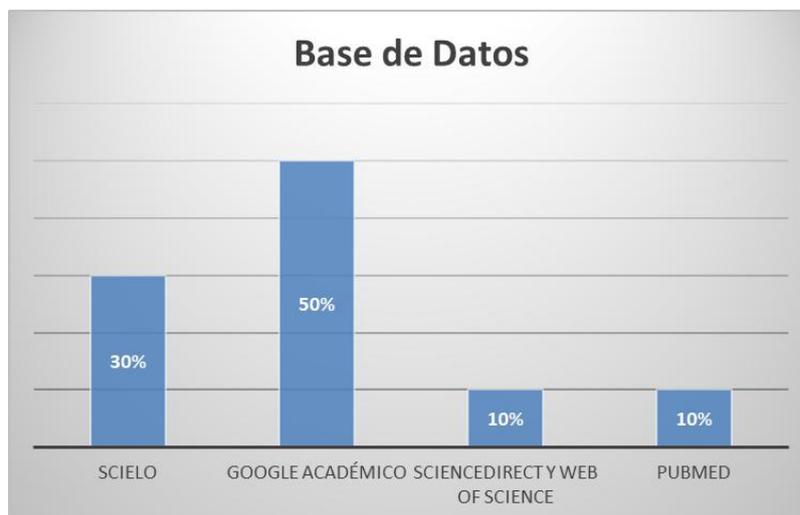
Nº	Autor	Tema	Año	Idioma	Buscador	Institución de Educación Superior	Revista
		and spectrophotometric approach and their antimicrobial properties					
4	(Reyes et al., 2019)	Antibacterial and antioxidant effect of ecuadorian red fruits on <i>streptococcus mutans</i> : in vitro study	2019	Ingles	Scielo	No Aplica	Odontología Vital
5	(Reyes et al., 2019)	Efecto antibacteriano de extractos de <i>Prunus salicifolia</i> (Capulli) y <i>Vaccinium floribundum</i> (Mortiño) sobre cepas de <i>Streptococcus Mutans</i> : Estudio in vitro	2019	Ingles	Google Académico	No Aplica	Portal Revistas Académicas
6	(Chalán & Terán, 2019)	Estudio de las propiedades funcionales de la cáscara, pulpa y semilla del capulí (<i>Rosaceae: Prunus sorotina</i>)	2019	Ingles	Google Académico	Universidad Técnica de Ambato	No Aplica

4.1.1 Análisis de la base de datos.

De acuerdo con los documentos encontrados en la base de datos se construyó las siguientes figuras.

Figura 3.

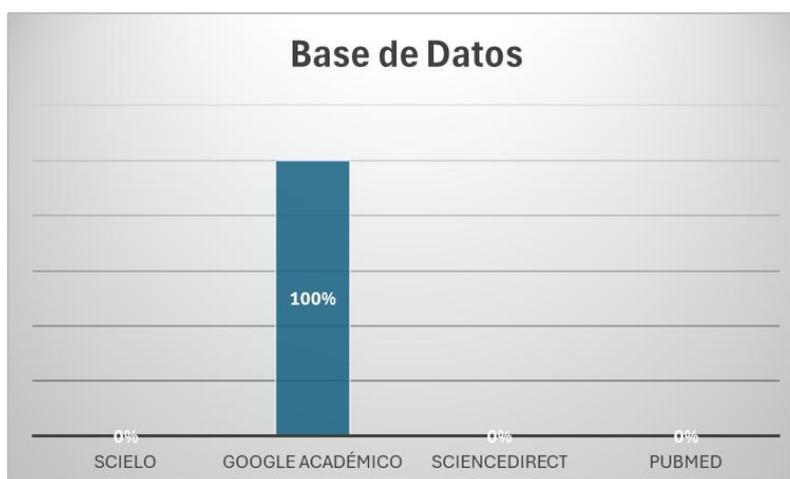
Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos.



Los artículos seleccionados corresponden a diferentes bases de datos de gran impacto relacionadas con estudios sobre las propiedades antioxidantes del capulí de las cuales sobresale Google académico con un 50% de artículos, seguido por la revista Scielo con el 30% y finalmente con un valor porcentual equitativo del 10% para ScienceDirect, Web of Science y Pubmed.

Figura 4.

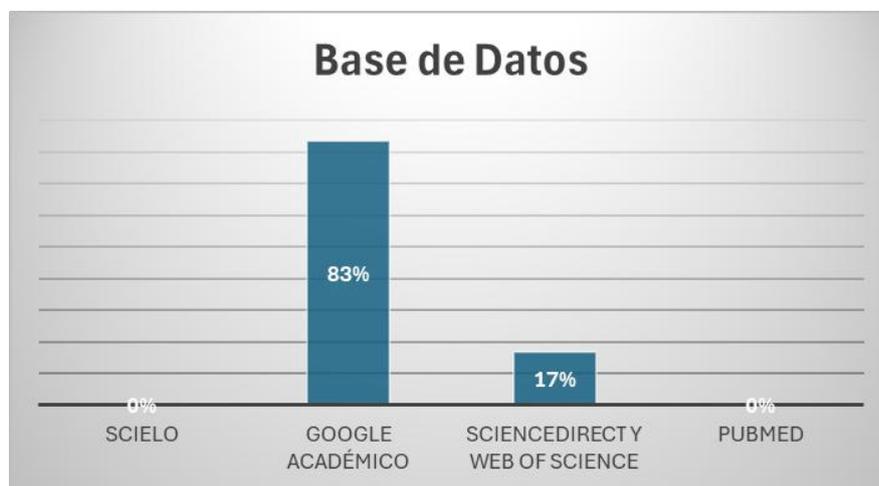
Actividad Antioxidante del Capulí de Tesis.



Para las tesis seleccionadas con relación a estudios realizados sobre la propiedad antioxidante del capulí se encontraron el 100% de los mismo en la base de datos de Google académico.

Figura 5.

Actividad Antimicrobiana del Capulí de Investigaciones.

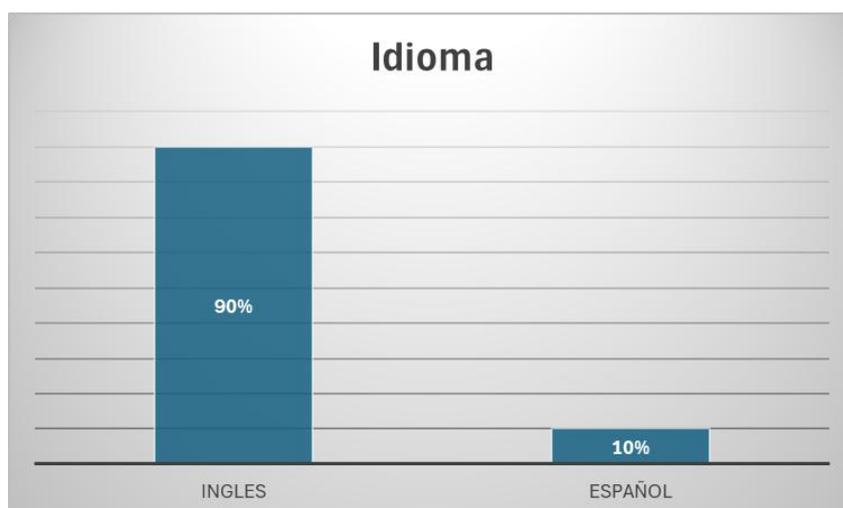


Para la actividad antimicrobiana del capulí las investigaciones se encuentran en un 83% en la base de datos de Google académico y en un 17% de las plataformas de ScienceDirect y Web of Science.

4.1.2 Idioma y año de publicación

Figura 6.

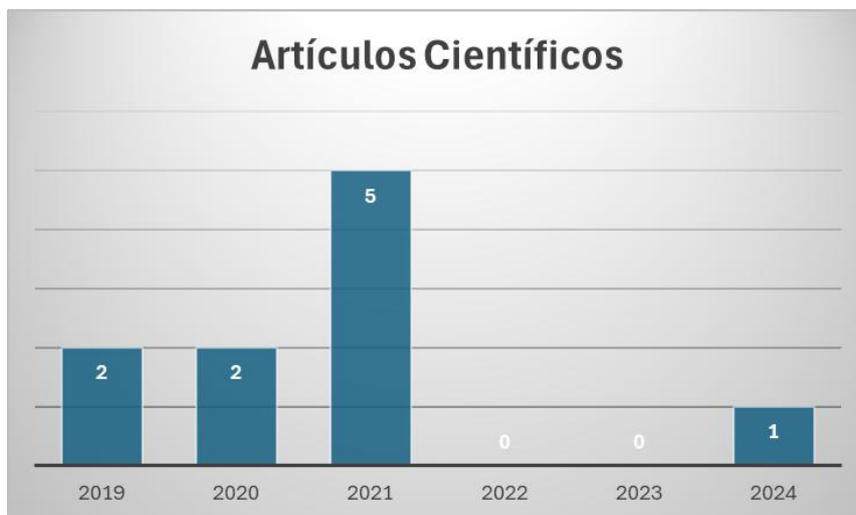
Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos por Idioma.



El 90% de los artículos científicos relacionados al de estudio de la capacidad antioxidante del capulí se encontraron redactados en el idioma inglés mientras que tan solo el 10% se encuentra en el idioma español.

Figura 7.

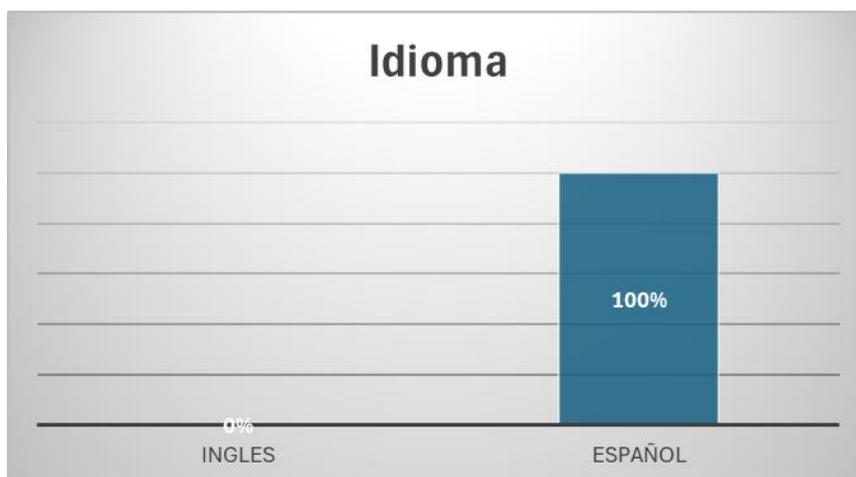
Artículos Publicados de la Propiedad Antioxidante del Capulí.



Los artículos científicos seleccionados corresponden a un intervalo de tiempo prudente de 6 años para los fines de esta investigación. Los mismos se encuentran publicados desde el año 2019 hasta el 2024, y en el 2021 se obtuvo el mayor número de publicaciones referentes a la actividad antioxidante del capulí con un total de 5 artículos publicados. Del mismo modo para los años 2019 y 2020 con 2 artículos publicados de manera equivalente y para el año 2024 se registra 1 publicación reciente.

Figura 8.

Tesis de la Propiedad Antioxidante del Capulí Por Idioma.



En cuanto a las tesis publicadas para la propiedad antioxidante del capulí el 100% de los mismos se encuentran en el idioma español debido a que las investigaciones se realizaron en países latinos donde abunda este fruto y facilita su estudio.

Figura 9.

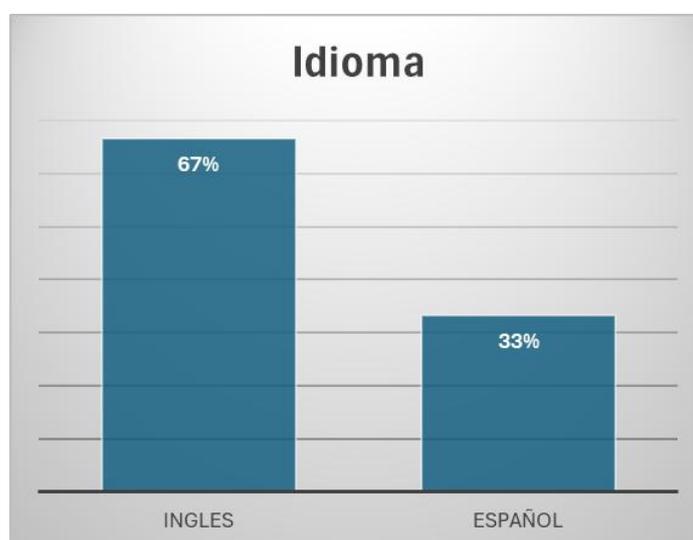
Tesis Publicadas sobre la Propiedad Antioxidante del Capulí.



El periodo de estudio comprendido para los trabajos de investigación abarca desde el año 2019 hasta el 2024 teniendo como resultado el mayor porcentaje de publicaciones en el 2019 con un total de 3. Para los siguientes años el número de publicaciones son equivalentes con un total de 2 publicaciones por cada año transcurrido a excepción del año 2023 donde se publicó 1.

Figura 10.

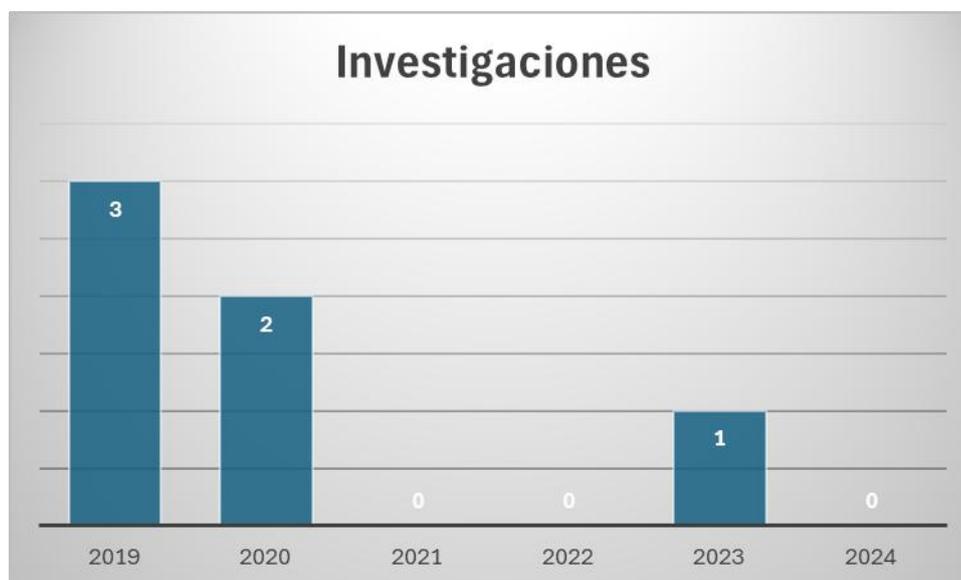
Investigaciones de la Actividad Antimicrobiana del Capulí por Idioma.



En cuanto a las investigaciones realizadas para la actividad antimicrobiana del capulí el 63% se encuentra redactada en el idioma inglés y el 33% en el idioma español.

Figura 11.

Investigaciones de la Actividad Antimicrobiana del Capulí.



En el 2019 se publicaron 3 investigaciones relacionadas a la actividad antimicrobiana del capulí un año más tarde se publicaron 2 y en el 2023 tan solo se registró 1 estudio.

4.1.3 Determinación de componentes bioactivos con capacidad antioxidante

4.1.3.1 Determinación de antocianinas.

Primero, se obtiene el extracto de la muestra de fruta o vegetal mediante maceración con solventes polares, ya que las antocianinas son compuestos hidrofílicos. Los solventes pueden ser: etanol acidificado (etanol + ácido clorhídrico o ácido cítrico), metanol acidificado (metanol + ácido fórmico, ácido acético o ácido clorhídrico), agua acidificada (agua + ácido clorhídrico o ácido cítrico) o acetona acidificada (acetona + ácido acético o ácido clorhídrico) y posteriormente aplicado al proceso de filtración. En caso de ser necesario, diluir el extracto con agua destilada. Se prepara dos soluciones buffer con pH de 1 y 4,5, y se mezcla una alícuota del extracto con cada solución buffer. Se deja reposar las mezclas durante 15 a 30 minutos a temperatura ambiente para asegurar la estabilización de las antocianinas. Seguidamente, se mide la absorbancia de ambas mezclas a 520 nm (donde las antocianinas muestran máxima absorbancia) y a 700 nm (para corregir posibles turbideces). Se calcula la absorbancia diferencial (A) usando la siguiente ecuación:

$$A = (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}}) \cdot \text{pH}1,0 - (A_{520\text{nm}} - A_{700\text{nm}})$$

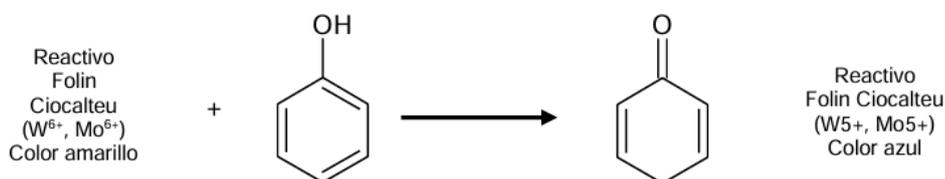
La absorbancia diferencial permite calcular la concentración de antocianinas, aplicando el coeficiente de extinción molar específico para las antocianinas y la dilución realizada en el paso de preparación del extracto. La diferencia en la absorbancia a dos pH diferentes se debe a que las antocianinas cambian de color y absorbancia según el pH. Esta diferencia se utiliza para cuantificar el contenido total de antocianinas en la muestra.

4.1.3.2 Método de determinación de fenoles en un frutas y vegetales.

El método de Folin-Ciocalteu se emplea para cuantificar el contenido de compuestos fenólicos totales en frutas, vegetales, entre otros. Este procedimiento se fundamenta en la reacción del reactivo Folin-Ciocalteu en un medio básico, generando una coloración azul que se mide espectrofotométricamente a 725 nm. El reactivo se compone de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico, que reaccionan con los compuestos fenólicos presentes en las muestras. La reducción de estos compuestos por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad se utiliza para determinar el contenido de polifenoles (Quispe, 2024). La Figura 12 muestra el mecanismo de reacción del reactivo Folin-Ciocalteu.

Figura 12.

Mecanismo de Reacción del Reactivo Folin-Ciocalteu.



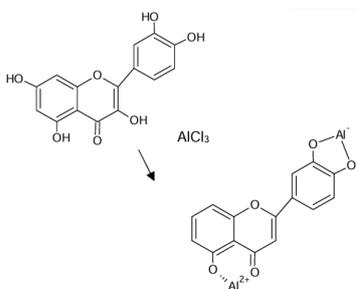
Nota. Adaptado de Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de *Prunus serotina* Ehrhart “guinda” de Quispe. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6471>

4.1.3.3 Método de determinación de flavonoides en un frutas y vegetales.

Este ensayo se basa en la formación de un complejo aluminio-flavonoide en un medio básico, el cual presenta una coloración rosa salmón que se absorbe a 490 nm. La metodología implica la creación de complejos coloridos entre los hidroxilos fenólicos y los flavonoides con el tricloruro de aluminio en un ambiente alcalino, en presencia de nitrito de sodio, resultando en un complejo de color rojo (Quispe, 2024). La Figura 13 muestra el mecanismo de reacción para determinar flavonoides.

Figura 13.

Mecanismo de Reacción para Determinar Flavonoides.



Nota. Adaptado de Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de *Prunus serotina* Ehrhart “guinda” de Quispe, <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6471>

4.1.4 Métodos de evaluación de las propiedades antioxidantes del capulí.

4.1.4.1 DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazil)

La metodología DPPH es una técnica comúnmente utilizada para evaluar la actividad antioxidante de compuestos naturales, incluidos los extractos de frutas como el capulí (*Prunus serotina*). Este método consiste en disolver una cantidad conocida de DPPH en metanol para obtener una solución de 0.1 mM de concentración. Seguidamente se prepara los extractos con diferentes concentraciones de metanol para posteriormente colocarlos en tubos de ensayo o microplacas, mezclando un volumen específico de la solución de DPPH con un volumen específico del extracto de capulí. El tiempo de reposo de la solución oscila entre 30 minutos a 1 hora y se lo realiza en oscuridad a temperatura ambiente. Después del periodo de incubación, se mide la absorbancia de la muestra a una longitud de onda de 517 nm, utilizando un espectrofotómetro. Finalmente se calcula la actividad antioxidante utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Actividad Antioxidante (\%)} = \left(\frac{A_0 - A_1}{A_0} \right) \times 100$$

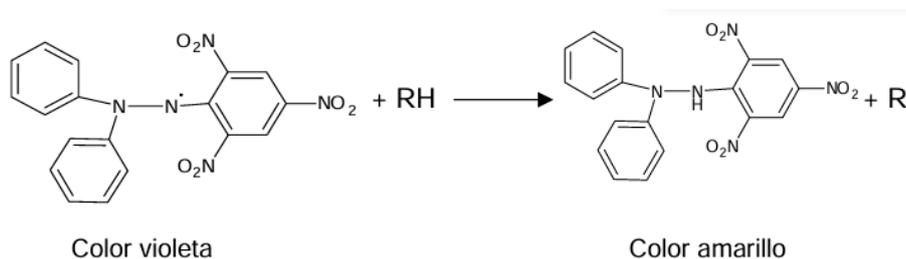
Donde:

- A0 es la absorbancia de la solución de DPPH sin el extracto (control).
- A1 es la absorbancia de la solución de DPPH con el extracto.

Una disminución en la absorbancia del DPPH indica una mayor capacidad antioxidante del extracto, ya que los antioxidantes presentes en el extracto neutralizan los radicales libres de DPPH, reduciendo su color púrpura a amarillo. La Figura 14 muestra el mecanismo de reacción del método DPPH.

Figura 14.

Mecanismo Antioxidante del Radical DPPH.



Nota. Adaptado de Adaptado de Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de *Prunus serotina* Ehrhart “guinda” de Quispe, <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6471>

Además, es importante utilizar un control positivo como el ácido ascórbico (vitamina C), para comparar la actividad antioxidante; así como incluir blancos de solvente y de muestra para corregir posibles interferencias en la medición de la absorbancia.

4.1.4.2 ABTS (ácido 2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico))

La metodología ABTS es otra técnica comúnmente utilizada para evaluar la actividad antioxidante de compuestos naturales. El método consiste en disolver una cantidad conocida de ABTS en agua destilada para obtener una solución de 7 mM del mismo modo se prepara una solución de persulfato de potasio ($K_2S_2O_8$) de 2,45 mM en agua destilada; posteriormente se procede a mezclar las soluciones de ABTS y persulfato de potasio en proporciones iguales y dejar reaccionar en oscuridad a temperatura ambiente durante 12 a 16 horas para formar el radical $ABTS^+$. La mezcla se la deja reposar de entre 5 y 10 minutos a una temperatura ambiente, después de este tiempo se mide la absorbancia de la mezcla a 734 nm utilizando un espectrofotómetro. Finalmente se calcula la actividad antioxidante utilizando la fórmula siguiente:

$$\text{Actividad Antioxidante (\%)} = \left(\frac{A_0 - A_1}{A_0} \right) \times 100$$

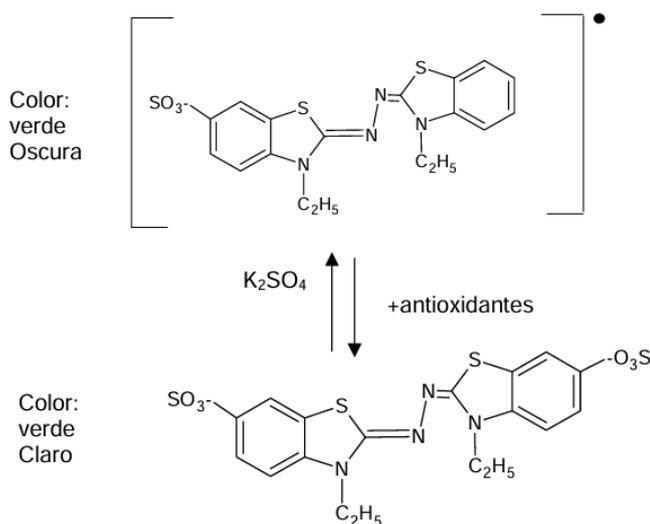
Donde:

- A_0 es la absorbancia de la solución de ABTS sin el extracto (control).
- A_1 es la absorbancia de la solución de ABTS con el extracto.

Una disminución en la absorbancia del $ABTS^+$ indica una mayor capacidad antioxidante del extracto, ya que los antioxidantes presentes en el extracto neutralizan los radicales libres de $ABTS^+$, reduciendo su color verde oscuro a verde claro. La Figura 15 muestra el mecanismo de reacción del reactivo Folin-Ciocalteu.

Figura 15.

Mecanismo Antioxidante del Radical $ABTS^{+}$.*



Nota. Adaptado de Adaptado de Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de *Prunus serotina* Ehrhart “guinda” de Quispe, <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6471>.

Además, es importante utilizar un control positivo como el ácido ascórbico (vitamina C) o el Trolox, para comparar la actividad antioxidante del extracto; así como incluir blancos de solvente y de muestra para corregir posibles interferencias en la medición de la absorbancia.

4.1.4.3 FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power)

La metodología FRAP es una técnica ampliamente utilizada para evaluar la capacidad antioxidante de diversos compuestos y extractos naturales. El método se basa principalmente en mezclar 300 mM de acetato de sodio con un pH de 3,6 con 10 mM de TPTZ (2,4,6-Tris(2-pyridyl)-s-triazine) en HCl (ácido clorhídrico) 40 mM, y 20 mM de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Cloruro férrico) en una proporción de 10:1:1 (v/v/v) esta solución debe ser preparada fresca y utilizada el mismo día. Seguidamente se prepara diferentes concentraciones de los extractos de capulí en un disolvente adecuado ya sea agua, metanol o etanol para posteriormente añadir 50 μL de la muestra a 1,5 ml del reactivo FRAP e incubarlo a 37°C durante 4 a 6 minutos y medir la absorbancia de la mezcla a 593 nm utilizando un espectrofotómetro. Finalmente calculamos la capacidad antioxidante construyendo una curva de calibración utilizando los estándares (ácido ascórbico o Trolox) y sus respectivas absorbancias. Una mayor absorbancia a 593 nm indica una mayor capacidad reductora de los antioxidantes presentes en el extracto, reflejando así una mayor actividad antioxidante.

4.1.5 Métodos de evaluación de las propiedades antimicrobianas del capulí.

4.1.5.1 Método de Difusión en Agar (Disco-Difusión)

El método de difusión en agar, también conocido como método de disco-difusión, es una técnica ampliamente utilizada para evaluar la actividad antimicrobiana. Este método consiste en preparar un medio de cultivo como el agar Mueller-Hinton para bacterias, el medio se esteriliza y se vierte en placas Petri, dejándolo solidificar. Por otra parte, se cultiva el microorganismo de interés en un medio líquido este podría ser en caldo nutritivo hasta alcanzar una fase logarítmica de crecimiento (aproximadamente $1 \text{ a } 2 \times 10^8$ UFC/ml). Para la inoculación se realiza un hisopado del inóculo sobre la superficie del agar solidificado en las placas de Petri posteriormente se preparan discos de papel filtro estériles, los cuales se impregnan con la solución del extracto a diferentes concentraciones para seguidamente colocarlos sobre la superficie del agar inoculado. El proceso de incubación se da a una temperatura de 37°C durante 18 a 24 horas para posteriormente medir el diámetro de las zonas de inhibición alrededor de los discos y registrarlos.

Finalmente, la interpretación de los resultados consiste en que a mayor diámetro de la zona de inhibición indica una mayor actividad antimicrobiana del extracto de capulí. Además, es importante incluir controles positivos (discos impregnados con un antimicrobiano conocido) y negativos (discos impregnados con solvente) para comparar y validar los resultados.

4.1.5.2 Método de Dilución en Caldo

El Método de Dilución en Caldo es una técnica ampliamente utilizada en microbiología para evaluar la capacidad antimicrobiana de extractos de plantas como el capulí. Este método permite determinar la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI), que es la concentración más baja del agente antimicrobiano que inhibe el crecimiento visible de un microorganismo.

El método consiste en preparar un medio de cultivo como el caldo Mueller-Hinton el cual es esterilizado en autoclave para posteriormente cultivar el microorganismo de interés en condiciones adecuadas (incubación en caldo durante 18-24 horas). Se preparan diluciones seriadas del extracto en el medio de cultivo; estas pueden ser a la mitad (1/2), a la cuarta parte (1/4), a la octava parte (1/8), y así sucesivamente. Para la inoculación cada tubo o pozo con las diferentes concentraciones del extracto se le añade un volumen estándar de inóculo microbiano (100 µl de inóculo ajustado) para luego incubarlas a una temperatura adecuada para el microorganismo en estudio (generalmente a 37°C) durante un tiempo de 18 a 24 horas.

Finalmente, la interpretación del resultado está basado en observa el crecimiento microbiano. El crecimiento se puede detectar visualmente (turbidez) o mediante métodos más precisos como la medición de la absorbancia en un espectrofotómetro. Del mismo modo la CMI se determina como la concentración más baja del extracto de capulí que muestra una ausencia visible de crecimiento microbiano.

4.1.5.3 Método de Contacto Directo

El Método de Contacto Directo es una técnica utilizada para evaluar la capacidad antimicrobiana de extractos vegetales. Este método implica la aplicación directa del material en estudio sobre una superficie inoculada con microorganismos. Se prepara una suspensión bacteriana ajustada a la escala de turbidez 0,5 de McFarland y haciendo uso de un hisopo estéril, se toma la suspensión bacteriana y se distribuye uniformemente sobre la superficie del agar en la placa de Petri. Para la aplicación del extracto utilizando una pipeta estéril se coloca una cantidad medida del extracto directamente sobre la superficie del agar inoculado para posteriormente colocar discos de papel filtro con el extracto sobre la superficie del agar. Para incubar las placas se lo realiza a 37°C durante 24 horas. Posterior a la incubación se evalúa la actividad antimicrobiana observando las placas para determinar la presencia de halos de inhibición los cuales son medidos posteriormente utilizando una regla o calibrador y expresadas en unidades milimétricas (mm) y comparadas con los resultados de controles positivos (antibióticos conocidos) y negativos (discos sin tratamiento o con solventes usados para el extracto). Finalmente, los resultados se interpretan con la presencia de un halo claro alrededor del punto de aplicación del extracto el cual indica una actividad antimicrobiana; el tamaño del halo de inhibición puede ser utilizado para comparar la eficacia del extracto frente a diferentes cepas bacterianas y en diferentes concentraciones

4.1.6 Análisis de actividad antioxidante mediante método DPPH.

En la Tabla 9 y 10 se presentan las condiciones y resultados de la evaluación de la actividad antioxidante del capulí mediante el método DPPH reportado en artículos científicos y tesis.

Los resultados muestran que el 94% de los autores referenciados utilizan la especie *Prunus serotina* mientras que el 6% utilizó la especie *Prunus saficifolia* y *Prunus padus* en sus investigaciones. El máximo aprovechamiento en los estudios de la primera especie puede deberse a la accesibilidad que tienen hacia esta fruta por ser una de las más cultivadas en la región andina y también basándose en estudios anteriores que muestren resultados positivos en cuanto a la cuantificación de la actividad antioxidante del capulí (Ortiz et al., 2022).

Por ejemplo, Rios & Guerrero, (2020) evidenciaron que la pulpa de capulí exhibió una capacidad antioxidante de 196,95 mg ET/100 ml capaz de reducir de manera considerable los radicales DPPH. Por otra parte Freire (2020), cuantificó la capacidad antioxidante en la cáscara de esta fruta obteniendo un valor de 333 mg IC50/100ml. Del mismo modo, Telichowska et al. (2020) determinó la capacidad antioxidante en hojas de dos variedades de capulí donde la especie *Prunus padus* obtuvo una capacidad antioxidante de 6,62 mg ET/g mayor a la especie *Prunus serotina* la cual obtuvo 5,43 mg ET/g.

Respecto a la cantidad de extracto utilizado, valores entre 5 µl a los 200.000 µl de extracto se han utilizado para llevar a cabo este método. Por otra parte, el solvente más utilizado ha sido el etanol y metanol en una concentración de 40% al 99,5% para el primer de estos. El uso de estos solventes se debe a su potencial capacidad para extraer los compuestos antioxidantes de esta fruta. Este hecho se ha evidenciado en otros trabajos donde diferentes fuentes vegetales han sido usadas para extraer componentes bioactivos. Este es el caso de Salas et al. (2022) quienes determinaron compuestos bioactivos ligados a la capacidad antioxidante en tres variedades de albahaca (*Ocimum basilicum*) utilizando distintos solventes de extracción: hexano, metanol, éter de petróleo y etanol. El estudio evidenció que los solventes con polaridades distintas influyeron de manera significativa en la evaluación de los principios activos (fenoles y flavonoides) así como de su capacidad antioxidante, y el etanol y metanol fueron los solventes óptimos para este propósito.

Respecto a la cantidad del reactivo DPPH, un rango entre 180 a 10.000 µl de este reactivo se ha sido utilizado para llevar a cabo los análisis. Los trabajos también han considerado condiciones de ensayo específicas para el desarrollo de los experimentos. Por ejemplo, condiciones de reposo de la solución experimental en un ambiente oscuro durante 30 a 90 minutos se ha realizado con la finalidad de evitar pérdida de los compuestos activos que resultan fotosensibles (Rios et al., 2024). Finalmente, la capacidad antioxidante de los extractos mediante la inhibición de los radicales DPPH se ha medido a una longitud de onda de 515 a 520 nm, utilizando TROLOX como compuesto de referencia.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Tabla 9.

Matriz DPPH para la Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos.

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de DPPH	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	10 µl	1.990 µl de etanol al 99,5 %	2.000 µl	Ambiente obscuro por 45 min	517 nm	Trolox	164,95 ± 1,58 mg ET*/100 ml	(Rios et al., 2024)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	20 y 200.000 µl	800 y 980 µl de metanol	1.000 µl	Ambiente obscuro por 30 min	515 nm	-	2,1 ± 0,01 mg IC50*/ml	(Lopa et al., 2021)
<i>Prunus serotina</i>	Cáscara Pulpa	50 µl	etanol al 96%	2.000 µl	Ambiente obscuro por 30 min	517 nm	Trolox	Cáscara: 568,45 ± 22,47 µM ET/g Pulpa: 562,50 ± 49,71 µM ET/g	(Gallardo et al., 2021)
<i>Prunus serotina</i>	Semilla	-	-	-	-	-	Trolox	No Disponible	(Lu et al., 2021)

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de DPPH	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	5 µl	1995 µl de etanol al 99,5%	2.000 µl	-	517 nm	Trolox	196,95 ± 0,18 mg ET/100 ml	(Rios & Guerrero, 2020)
<i>Prunus serótina</i> <i>Prunus padus</i>	Hojas	100 µl	900 µl de etanol al 40 %	1.000 µl	Ambiente obscuro por 90 min	517 nm	Trolox	PS: 5,43 ± 0,07 mg ET/g PP: 6,62 ± 0,06 mg ET/ g	(Telichowska et al., 2020)

ET: Equivalente Trolox. **IC50:** Coeficiente de inhibición. **DPPH:** 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo. **EAA:** Equivalente de ácido ascórbico. **AG:** Acido gálico

TESIS

Tabla 10.

Matriz DPPH para la Actividad Antioxidante del Capulí de Tesis.

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de DPPH	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Hojas	20 µl	100.000 µl metanol-agua	180 µl	Ambiente obscuro de 30 a 40 min	515 nm	Trolox	411,92±5,15 µM ET /l	(Núñez & Gavilanes, 2024)
<i>Prunus serotina Ehrhart</i>	Pulpa	150 µl	100.000 µl con metanol	2850 µl	Ambiente obscuro por 30 min	517 nm	Trolox	Extracto hidroalcohólico: 76,85 ± 0,34 mM ET/g extracto liofilizado: 33,01 ± 0,99 mM ET/g	(Quispe, 2024)
<i>Prunus serotina</i>	Hojas	20 µl	100.000 µl metanol-agua	180 µl	Ambiente obscuro de 30 a 40 min	515 nm	Trolox	Maceración: 448.719 ± 8.014 µM ET/l Infusión: 434.138 ± 4.197 µM ET/l	(Cunalata & Jara, 2023)

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de DPPH	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	1.000 µl	3.000 µl de etanol al 96 %	1.500 µl	Ambiente obscuro por 30 min	515 nm	Trolox	Capulí con pepa: 89,20 ± 1,21 mg DPPH*/l Capulí sin pepa: 97,24 ± 1,15 mg DPPH /l	(Castillo, 2022)
<i>Prunus salicifolia</i>	Pulpa	20 µl	50.000 µl con metanol	10.000 µl	Reposo por 30 min	560 nm	-	32,96 µM EAA*/g	(Rivera & Neto, 2022)
<i>Prunus serotina Ehrh</i>	Hojas	700 µl	1.400 ml de metanol	1.400 µl	Ambiente obscuro por 30 min	517 nm	Trolox	100 ug/ml: 552.700 µM ET 500 ug/ml: 795.663 µM ET 1000 ug/ml: 1011.182 µM ET	(Romero & Ticona, 2021)
<i>Prunus serotina spp</i>	Pulpa	20 y 150 µl	Metanol	500 µl	Ambiente obscuro por 30 min	517 nm	-	450,07 mg IC50/100 g	(Quispe,2021)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	1.000 µl	Etanol	500 µl		517 nm	-	0,41 ± 0,01 µg AG*/ml	(Chup, 2020)

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de DPPH	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i> var. <i>salicifolia</i>	Cascara Pulpa	-	-	-	Reposo por 30 min Ambiente obscuro por 30 min	515 nm	Trolox	Pulpa: 581,40 mg IC50/100g Cascara: 333,0 mg IC50/100ml	(Freire, 2020)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	20 µl	180 µl metanol-agua	180 µl	Reposo por 1 min	517 nm	Trolox	Extracto sin microencapsular: 319.265 µmol ET/ g Maltodextrina: 147.042 µmol ET/ g Maltodextrina con goma arábica: 111,102 µmol ET/ g	(Ramos & Mejía, 2019)

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de DPPH	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Cascara	300 µl	2.700 µl metanol	2.700 µl	Ambiente obscuro por 30 min	515 nm	Trolox	Extracto glicólico: 83,966 ± 1,692 µg EC50/ml Solución de ácido gálico: 53,760 ± 2,682 µg EC50/ml	(Gonzales, 2019)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	100 – 1000 ul	Enatol al 96%	10.000 µl	-	520 nm	-	61,94 µg EC50/ml	(Rengifo & Zavaleta, 2019)

ET: Equivalente Trolox. **IC50:** Coeficiente de inhibición. **DPPH:** 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo. **EAA:** Equivalente de ácido ascórbico. **AG:** Acido gálico

4.1.7 Análisis de actividad antioxidante mediante método ABTS.

En la Tabla 11 y 12 se presentan los resultados de la evaluación de la actividad antioxidante del capulí mediante el método ABTS reportado en artículos científicos y tesis.

Los resultados muestran que el 100% de los autores referenciados utilizan la especie *Prunus serotina* en sus investigaciones. El enfoque en el estudio de esta especie se debe a la accesibilidad con la que cuentan los investigadores hacia esta fruta por ser uno de los productos mayormente producidos en las zonas donde se desarrollaron los estudios. Por otra parte, los órganos más evaluados han sido la pulpa, semilla, cáscara y hojas esto debido a que existen antecedentes ligadas a los principios activos (antocianinas, polifenoles y flavonoides) responsables de la capacidad antioxidante con mayor concentración en estos órganos.

Por ejemplo, Gallardo et al. (2021) evidenciaron que la pulpa de capulí exhibió una capacidad antioxidante de $1.229,17 \pm 587,78 \mu\text{M ET/g}$. Reyes et al. (2019) enfocaron su estudio en la cáscara de la fruta obteniendo una capacidad antioxidante de $10.452,014 \mu\text{g ET/g}$. Telichowska et al. (2020) centraron su investigación en las hojas del capulí de dos especies diferentes obteniendo una capacidad antioxidante de $9,65 \pm 0,09 \text{ mg ET/g}$ para *Prunus padus* y de $8,55 \pm 0,08 \text{ mg ET/g}$ para *Prunus serótina*.

Respecto a la cantidad de extracto utilizado, valores entre 20 μl a los 150 μl de extracto se han utilizado para evaluarse mediante este método. Por otra parte, el solvente más utilizado ha sido el etanol y metanol en una concentración de 40% al 96%. El uso de estos solventes se debe a su polaridad y capacidad para extraer los compuestos antioxidantes presentes en la fruta. Respecto a la cantidad del reactivo ABTS, un rango entre 1.000 a 2.850 μl ha sido utilizado para llevar a cabo los análisis.

Los trabajos también muestran condiciones de ensayo específicas para el desarrollo de los experimentos. Por ejemplo, condiciones de reposo de la solución experimental en un ambiente oscuro durante 6 a 120 minutos se ha realizado con la finalidad de evitar pérdida de los compuestos activos que resultan sensibles a la luz.

Por último, la capacidad antioxidante de los extractos se ha medido por espectrofotometría a una longitud de onda de 734 nm, utilizando TROLOX como compuesto de referencia.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Tabla 11.

Matriz ABTS para la Actividad Antioxidante del Capulí de Artículos.

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de ABTS	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Cáscara Pulpa Semilla	100 µl	etanol al 96 %	2.000 µl	Ambiente oscuro por 7 min	734 nm	Trolox	Cáscara: 1.527,78 ± 268,697 µM ET/g Pulpa: 1.229,17 ± 587,78 µM ET/g Semilla: 18,894.44 ± 1,625.18 µM ET/g	(Gallardo et al., 2021)
<i>Prunus serotina</i>	Semilla (aceite)	-	-	-	-	-	Trolox	No Disponible	(Lu et al., 2021)
<i>Prunus serótina</i> y <i>Pronus padus</i>	Hojas	100 µl	900 µl de etanol al 40 %	1.000 µl	Ambiente obscuro por 90 min	734 nm	Trolox	PS: 8,55 ± 0,08 mg ET/g PP: 9,65 ± 0,09 mg ET/g	(Telichowska et al., 2020)

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de ABTS	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Cascara	20 µl	etanol al 95%	2.000 µl	Ambiente obscuro por 6 min	734 nm	Trolox	10.452,014 ug ET/g	(Reyes et al., 2019)

TESIS

Tabla 12

Matriz ABTS para la Actividad Antioxidante del Capulí de Tesis.

Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad de ABTS	Condiciones y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Compuesto de referencia	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	150 µl	10.000 µl metanol	2.850 µl	Ambiente obscuro por 120 min	734 nm	Trolox	Extracto hidroalcohólico: 102,95 ± 0,34 mM ET/g extracto liofilizado: 70,41 ± 5,56 mM ET/g	(Quispe, 2024)

4.1.8 Análisis de actividad antioxidante mediante método FRAP

En la Tabla 13 se presentan los resultados de la evaluación de la actividad antioxidante del capulí mediante el método FRAP reportado en artículos científicos.

Los resultados muestran que el 100% de los autores referenciados utilizan la especie *Prunus serotina* en sus investigaciones. Los autores referenciados para la evaluación de la capacidad antioxidante mediante el método FRAP utilizaron la especie antes mencionada por la accesibilidad a la cual tuvieron los investigadores.

Del mismo modo el órgano estudiado por los autores fue la pulpa de la fruta por la gran concentración de principios activos (antocianinas, fenoles y polifenoles) que contine (Pérez, 2013). En los estudios referenciados por este método, Lopa et al. (2021) determinaron resultados positivos para la capacidad antioxidante del capulí con un valor de 1,56 mM Fe²⁺/100g. Hernández et al. (2019) evidenciaron la capacidad antioxidante del capulí utilizando el método FRAP obteniendo resultados de 63,7 µM ET/g. Respecto a la cantidad de extracto utilizado, valores entre 20 µl a los 300 µl de extracto se han utilizado para desarrollar este método.

Por otra parte, el solvente más utilizado ha sido agua destilada en una proporción de 60 a 990 µl. Respecto a la cantidad del reactivo FRAN, un rango entre 180 y 1.000 µl ha sido utilizado para llevar a cabo los análisis. Los trabajos también muestran condiciones de ensayo específicas para el desarrollo de los experimentos. Estas condiciones pueden deberse a que se utilizó diferentes técnicas de tratamiento de la solución. Este es el caso de Lopa et al. (2021) quienes introdujeron la muestra a baño maría a 37 °C por 15 minutos y utilizaron una longitud de onda de 593 nm para medir la actividad. Por otra parte, Hernández et al. (2019) aplicaron directamente un lector de microplacas a 595 nm.

Tabla 13.*Matriz FRAP para la Actividad Antioxidante del Capulí.*

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS									
Especie	Órgano de la especie	Cantidad de extracto	Solvente	Cantidad FRAP	Técnica	Temperatura y tiempo de reposo	Absorbancia (longitud de onda)	Actividad antioxidante	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	100 y 300 μ l	970 a 990 μ l de agua destilada	1.000 μ l FRAP	Baño María	A 37 °C por 15 min	593 nm	1,56 mM Fe ²⁺ /100g	(Lopa et al., 2021)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	20 μ l	60 μ l de agua destilada	180 μ l FRAP	Lector de microplacas	-	595 nm	63,7 μ M ET/g	(Hernández et al., 2019)

Fe²⁺: ion Ferroso **ET**: Equivalente Trolox.

4.1.9 Análisis de la cuantificación de los compuestos activos del capulí

En la Tabla 14 y 15 se presentan los resultados de la evaluación de los compuestos activos del capulí reportado en artículos científicos y tesis.

Los resultados muestran que el 86% de los autores referenciados utilizan la especie *Prunus serotina* en sus investigaciones. El uso de la especie con el mayor porcentaje de estudio se debe a la disponibilidad de esta especie en la zona andina en los diferentes países en el que se investiga esta fruta a diferencia de la especie *Prunus salicifolia* y *Prunus padus* (Ortiz et al., 2022).

Por otra parte, los órganos más evaluados por los investigadores en la determinación de los compuestos activos (antocianinas, fenoles y flavonoides) relacionados a la capacidad antioxidante fueron: pulpa, casca, semilla, hojas y flores. El compuesto activo mayormente cuantificado por los investigadores fueron fenoles en distintos órganos de la planta. Por ejemplo, Rios et al. (2024) cuantificaron la concentración de fenoles en la pulpa de la fruta obteniendo un valor de 195,29 mg AG/100g.

Otro de los compuestos activos cuantificados fueron flavonoides. El estudio realizado por Gallardo et al. (2021) determinaron la cantidad de flavonoides presentes en cáscara, pulpa y semilla de esta especie vegetal y obtuvieron los siguientes resultados: 0,37 mg CE/g para la cáscara, 0,78 mg CE/g para la pulpa y 0,34 mg CE/g para la semilla.

Finalmente, el compuesto activo evaluado en menor proporción ha sido la antocianina y que a diferencia de otras fue realizada la determinación solo en la pulpa de la fruta. Tal es el caso de Brozdowski et al. (2021) quienes cuantificaron un total de antocianinas de 402 mg C3G/100 g.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Tabla 14.

Cuantificación de los Compuestos Activos del Capulí.

Especie	Órgano de la especie	Antocianinas	Fenoles	Flavonoides	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	0,78 ± 0,96 mg C3G/100 g	195,29 ± 0,89 mg AG/100g	171,95 ± 0,64 mg CAT/100 ml	(Rios et al., 2024)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	-	181,81 mg AG/100 g	205,18 mg CAT/100 g	(Lopa et al., 2021)
<i>Prunus serotina</i>	Cáscara Pulpa Semilla	-	Cáscara: 1,65 ± 0,06 mg AG/g Pulpa: 1,42 ± 0,14 mg AG/g Semilla: 0,47 ± 0,00 mg AG/g	Cáscara: 0,37 ± 0,05 mg CE/g Pulpa: 0,78 ± 0,02 mg CE/g Semilla: 0,34 ± 0,02 mg CE/g	(Gallardo et al., 2021)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	402 mg C3G/100 g	11.394 mg AG / 1000g	123 mg /1000g	(Brozdowski, et al., 2021)
<i>Prunus serótina</i>	Hojas Flores	-	Hojas: 36.510 mg /1000g Flores: 49.820 mg /1000g	Hojas: 13,480 mg/1000g Flores: 15,980 mg/1000g	(Brozdowski, et al., 2021)
<i>Prunus serótina</i>	Semilla	-			(Lu et al., 2021)

Especie	Órgano de la especie	Antocianinas	Fenoles	Flavonoides	Referencia
			221 ± 15,85 mg AG/1000g	0,77 ± 0,01 mg CAT/1000g	
<i>Prunus serótina</i>	Pulpa	1,64 ± 0,08 mg C3G/100 g	198,40 mg de AG/100 g	171,09 ± 0,02 mg de CAT/100 ml	(Rios & Guerrero, 2020)
<i>Prunus serótina</i>	Hojas	-	505,47 ± 9,48 mg/100 g	1,31 ± 0,02 mg/100 g	(Telichowska et al., 2020)
<i>Pronus padus</i>	Hojas	-	651,77 ± 18,12 mg/100 g	3,85 ± 0,08 mg/100 g	(Telichowska et al., 2020)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	1,4 mg C3G/ g db ⁻¹	26,96 mg AG g db ⁻¹	16,56 mg CE g db ⁻¹	(Hernández et al., 2019b)

C3G: cianidina-3-glucósido. **AG:** ácido gálico. **CAT:** quercetina. **CE:** catequina.

TESIS

Tabla 15.

Cuantificación de los Compuestos Activos del Capulí.

Especie	Órgano de la especie	Antocianinas	Fenoles	Flavonoides	Referencia
<i>Prunus serótina</i>	Hojas	-	93,145±4,918 mg AG/g	30.725±1.973 mg CAT/g PS	(Núñez & Gavilanes, 2024)
<i>Prunus serótina</i>	Pulpa	-	Extracto hidroalcohólico: 29,93 ± 0,81 mg AG/g extracto liofilizado: 16,89 ± 0,39 mg AG/g	Extracto hidroalcohólico: 19,57 ± 0,25 mg CAT/g extracto liofilizado: 7,26 ± 0,43 mg CAT/g	(Quispe, 2024)
<i>Prunus serótina</i>	Hojas	-	Maceración: 82,160 ± 4,192 mg AG/g Infusión: 156,543 ± 7,610 mg AG/g	Maceración: 41,217 ± 1,816 mg CAT/g Infusión: 25,625 ± 0,368 mg CAT/g	(Cunalata & Jara, 2023)
<i>Prunus serótina</i>	Pulpa	-	Capulí con pepa: 98,3 ± 0,12 mg AG/L Capulí sin pepa: 75,0 ± 0,20 mg AG/L	-	(Castillo, 2022a)
<i>Prunus salicifolia</i>	Pulpa	-	0,27 mg AG/g	-	(Rivera & Neto, 2022)

Especie	Órgano de la especie	Antocianinas	Fenoles	Flavonoides	Referencia
<i>Prunus serótina</i>	Pulpa	-	165,20 mg AG/100g	-	(Quispe, 2021)
<i>Prunus serótina</i>	Pulpa	-	Muestra fresca: 24,63 ± 0,66 mg AG/100g Muestra seca: 1,8 ± 0,05 mg AG/ g	-	(Chup, 2020)
<i>Prunus salicifolia</i>	Pulpa Cáscara	-	Pulpa: 144,86 mg AG/100g Cáscara: 2003,20 mg AG/100g	-	(Freire, 2020)
<i>Prunus serótina</i>	Pulpa	32,749 mg/100 g	-	-	(Ramos & Mejía, 2019)
<i>Prunus serotina</i>	Cáscara	-	0,75 ± 0,003 mg AG/g	-	(Gonzales, 2019)
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	16,22 ± 0,24 mg/100g	-	-	(Rengifo & Zavaleta, 2019)

C3G: cianidina-3-glucósido. **AG:** ácido gálico. **CAT:** quercetina. **CE:** catequina.

4.1.10 Análisis de la actividad antimicrobiana de capulí

En la Tabla 16 y 17 se presentan los resultados de la evaluación de la actividad antimicrobiana del capulí mediante el método de disco de difusión reportado en artículos científicos y tesis.

Los resultados muestran que el 83% de los autores referenciados utilizan la especie *Prunus serotina* en sus investigaciones mientras que el 17% utilizaron las especies *Prunus padus* y *Prunus salicifolia*. Las especies incorporadas a estos estudios se debe a la accesibilidad de los investigadores a los mismos.

Por otra parte, los órganos más evaluados por los investigadores en este método han sido la pulpa, cáscara y hojas esto debido a que existen antecedentes ligadas a los principios activos responsables de la capacidad antimicrobianas (Reyes et al., 2019). Del mismo modo se puede apreciar las condiciones utilizadas por los autores para la determinación de la capacidad antimicrobiana del capulí. Los investigadores utilizaron diferentes solventes para obtener los extractos: acuoso, etanólico e hidroalcohólico, y los resultados muestran que la actividad antimicrobiana de los extractos acuoso fue más alta (Telichowska et al., 2020).

Por otra parte, el medio de cultivo más utilizado ha sido el Agar Mueller- Hinton y Agar sangre (Reyes et al., 2019). Respecto al tipo de bacterias evaluadas, las bacterias Gram negativas y bacterias Gram Positivas han sido evaluadas. Además, hongos tales como *Candida utilis*, *Aspergillus*, *fusarium* han sido usados para los ensayos. Los discos de sensibilidad han mantenido un diámetro entre 5 a 6 mm, y el volumen de extracto utilizado ha estado entre 20 a 50 μ l (Chalán & Terán, 2019). Respecto a las condiciones de incubación, temperaturas entre 30 a 37 °C con periodos de incubación entre 18 a 72 horas han sido necesarias para validar la efectividad de los extractos.

En referencia a los resultados obtenidos, las bacterias Gram positivas han sido más susceptibles que las Gram negativas. Esto se puede comprobar en el estudio realizado por Telichowska et al. (2020) quienes evidenciaron que las hojas del capulí poseían una capacidad antimicrobiana muy alta ante *Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* con un halo de inhibición de 24, 20 y 23mm respectivamente en referencia a la especie *P. serotina*. En cambio, para la especie *P. padus* la capacidad antimicrobiana de las hojas ante *E. faecium* y *L. monocytogenes* resultó en un halo de inhibición de 22 y 24mm respectivamente.

Reyes et al. (2019) evidenciaron la capacidad antimicrobiana en la pulpa y la cáscara del capulí en la especie *Prunus salicifolia* obteniendo un halo de inhibición de 15mm respectivamente contra *Streptococcus mutans* a diferencia de la especie *Prunus serotina* que produjo una menor actividad antibacteriana en su pulpa y cáscara contra el mismo microorganismo. Del mismo modo, Cancho et al. (2020) evaluaron la capacidad antimicrobiana en las hojas del capulí en la especie *Prunus serótina* contra *Staphylococcus aureus* obteniendo un halo de inhibición 18mm.

ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Tabla 16.

Matriz Disco-Difusión para Actividad Antimicrobiana del Capulí.

Especie	Órgano de la especie	Extracto	Bacterias	Aplicación del disco	Condiciones de Incubación	Capacidad antimicrobiana	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Hojas	Acuoso	Gram (-)	Discos de 5 mm con 50 µl de extracto	Temperatura entre 30 a 37 ° C durante 24 h.	<i>K. pneumoniae</i> : 18mm (++)	(Telichowska et al., 2020)
			<i>K. pneumoniae, S. enteritidis, P. aeruginosa, A. baumannii.</i>			<i>S. enteritidis</i> : 16mm (++)	
			Gram (+)			<i>P. aeruginosa</i> : 15mm (++)	
			<i>E. faecium, S. aureus, L. fermentum, C. butyricum, L. monocytogenes, B. coagulans.</i>			<i>A. baumannii</i> : 8mm (-)	
			Hongos			<i>E. faecium</i> : 24mm (+++)	
			<i>C. utilis, Aspergillus, Fusarium.</i>			<i>S. aureus</i> : 20mm (+++)	
						<i>L. fermentum</i> : 18mm (++)	
						<i>C. butyricum</i> : 19mm (++)	
						<i>L. monocytogenes</i> : 23mm (+++)	

Especie	Órgano de la especie	Extracto	Bacterias	Aplicación del disco	Condiciones de Incubación	Capacidad antimicrobiana	Referencia
<i>Prunus padus</i>	Hojas	Acuoso	Gram (-)	Discos de 5 mm con 50 µl de extracto	Temperatura entre 30 y 37 °C durante 24 h.	<i>B. coagulans</i> : 17mm (++)	(Telichowska et al., 2020)
			<i>K. pneumoniae</i> , <i>S. enteritidis</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>A. baumannii</i> .			<i>C. utilis</i> : 8mm (-) <i>Aspergillus</i> : 5mm (-) <i>Fusarium</i> : 3mm (-)	
			Gram (+)			<i>K. pneumoniae</i> : 19mm (++)	
			<i>E. faecium</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. fermentum</i> , <i>C. butyricum</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>B. coagulans</i> .			<i>S. enteritidis</i> : 14mm (+)	
			Hongos			<i>P. aeruginosa</i> : 17mm (++)	
			<i>C. utilis</i> , <i>Aspergillus</i> , <i>Fusarium</i> .			<i>A. baumannii</i> : 15mm (++)	
						<i>E. faecium</i> : 22mm (+++)	
						<i>S. aureus</i> : 15mm (++)	
						<i>L. fermentum</i> : 17mm (++)	
						<i>C. butyricum</i> : 16mm (++)	

Especie	Órgano de la especie	Extracto	Bacterias	Aplicación del disco	Condiciones de Incubación	Capacidad antimicrobiana	Referencia
						<i>L. monocytogenes</i> : 24mm (+++)	
						<i>B. coagulans</i> : 19mm (++)	
						<i>C. utilis</i> : 7mm (-)	
						<i>Aspergillus</i> : 3mm (-)	
						<i>Fusarium</i> : 4mm (-)	
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa Cáscara	Etanólico	<i>Streptococcus mutans</i> .	Discos de 6mm con 20 µl de extracto	A 37 °C durante 24 y 48 h.	Pulpa. <i>S. mutans</i> : 12 mm (+) Cáscara. <i>S. mutans</i> : 9mm (+)	(Reyes et al., 2019)
<i>Prunus Salicifolia</i>	Pulpa Cáscara	Etanólico	<i>Streptococcus mutans</i> .	Discos de 5 mm con 20 µl de extracto	A 37 °C durante 24 y 48 h.	Pulpa. <i>S. mutans</i> : 15mm (++) Cáscara. <i>S. mutans</i> : 15mm (++)	(Reyes et al., 2019)

TESIS

Tabla 17.

Matriz Disco-Difusión para Actividad Antimicrobiana del Capulí.

Especie	Órgano de la especie	Extracto	Cepas	Discos de sensibilidad	Condiciones de Incubación	Capacidad antimicrobiana	Referencia
<i>Prunus serotina</i>	Pulpa	Etanólico	<i>Escherichia coli.</i>	Discos de 6 mm con 20 µl de extracto	A 35 °C durante 18 horas	<i>E. coli</i> : 11mm (+)	(Aspilcueta et al., 2023)
<i>Prunus serotina</i>	Hojas	Hidroalcohólico	<i>Staphylococcus aureus.</i>	Discos de 5mm	A 37 °C por 72 horas.	<i>S. aureus</i> : 18mm (++)	(Cancho et al., 2020)
<i>Prunus serotina</i>	Cáscara	Cascara con DMSO 0.1% (diluyente dimetilsulfóxido)	<i>L. monocytogenes, S. aureus, P. aeruginosa, E. coli.</i>	Discos de 6mm con 20 µl de extracto	37°C durante 24 horas	No se registra inhibición en los macroorganismos evaluados.	(Chalán & Terán, 2019)

(-) Nula: Diámetro (< 8 mm). (+) Sensible bajo: Diámetro (9 - 14 mm). (++) Muy sensible: Diámetro (15 - 19 mm). (+++) Sumamente sensible: Diámetro (> 20 mm).

4.1.11 Potenciales aplicaciones del capulí

En la Tabla 18 se puede evidenciar las potenciales aplicaciones del capulí en las diferentes industrias.

El capulí es una fruta altamente investigada por su uso medicinal y terapéutico que ha venido en trascendencia por décadas en la medicina tradicional (Ortiz et al., 2022). Los diferentes órganos de la planta del capulí contienen diversos compuestos bioactivos con capacidad antioxidante y antimicrobiana que pueden ser aprovechados para aplicación industrial (Falcón & Aguirre, 2020).

Una de las industrias con mayor impacto en el aprovechamiento de los compuestos activos del capulí es la farmacéutica en la creación de fármacos, tabletas y medicamentos revolucionarios para el tratamiento de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y gastrointestinales (Gallardo et al., 2021). Según Brozdowski et al. (2021) otra aplicación es la creación de comprimidos para la dieta humana para la prevención de enfermedades cardíacas, diabetes, obesidad, alteraciones metabólicas y ciertos tipos de cáncer.

La segunda industria que está aprovechando los compuestos activos del capulí es la alimentaria con el uso de las frutas de *P. serotina* como colorante natural o como aditivo funcional (Brozdowski et al., 2021). Los compuestos antioxidantes presentes en el capulí pueden usarse como aditivos, complementos y conservantes naturales para prolongar la vida útil de los alimentos (Rengifo & Zavaleta, 2019). En la agroquímica se utiliza los compuestos activos de esta especie para el desarrollo de bioinsecticidas capaces de controlar plagas en cultivos (Freire, 2020).

En la industria de la cosmética, la creación de agentes preventivos de la fragilidad capilar, inmunomoduladores de acción local, antiinflamatorios tópicos, antibacterianos y antivirales (en erupciones, acné, pústulas), filtros solares, reguladores de la síntesis de colágeno y elastina dérmica y estimulantes del crecimiento del cabello han sido desarrollados (Gonzales, 2019).

Tabla 18.*Potenciales Aplicaciones de los Compuestos Activos del Capulí*

Compuestos Activos	Industria	Principales Hallazgos	Referencia
Polifenoles y Flavonoides	Farmacéutica	Tienen un efecto protector en el hígado. Tratamiento de enfermedades cardiovasculares, respiratorias y gastrointestinales.	(Lopa et al., 2021)
Fenólicos y Terpenoides	Farmacéutica	Estudios recientes muestran que las especies <i>Prunus</i> pueden proteger contra el síndrome metabólico, que incluye sensibilidad a la insulina, obesidad visceral, metabolismo desregulado de glucosa y lípidos e hipertensión. También se puede utilizar para tratar el estrés, problemas inmunológicos y anemia, así como para mejorar la función cerebral.	(Gallardo et al., 2021)
Fenólicos y Antocianinas	Alimentaria	Potencial considerable para el uso de las frutas de <i>P. serotina</i> en la industria alimentaria como colorante natural o, gracias a su actividad antioxidante, como aditivo funcional.	(Brozdowski et al., 2021)
Polifenoles	Farmacéutica	Comprimidos para la dieta humana para la prevención de enfermedades relacionadas con el estilo de vida (problemas cardíacos, diabetes, obesidad, alteraciones metabólicas y ciertos tipos de cáncer)	(Brozdowski et al., 2021)

Compuestos Activos	Industria	Principales Hallazgos	Referencia
Polifenoles	Alimentaria	Pueden convertirse en un aditivo alimentario, enriqueciendo los productos con compuestos fenólicos.	(Brozdowski et al.,2021)
Flavonoides	Alimentaria	Puede realizarse complementos alimenticios debido a sus propiedades antioxidantes.	(Rios & Guerrero, 2020)
Polifenoles, Flavonoles, Antocianinas, Flavonoides	Farmacéutica	Contienen componentes que tienen un efecto antidiabético beneficioso que inhibe la actividad de la alfa-glucosidasa. Se confirmó el efecto positivo de la cereza de pájaro sobre la hipertensión.	(Telichowska et al., 2020)
Polifenoles, Antocianinas	Alimentaria	Los compuestos antioxidantes presentes en el capulí pueden usarse como conservantes naturales para prolongar la vida útil de los alimentos.	(Rengifo & Zavaleta, 2019)
Flavonoides	Farmacéutica	Tiene un efecto antibacteriano, eliminando a bacterias y patógenos microscópicos. Asimismo, muchos estudios demuestran que tienen propiedades para disminuir el riesgo de padecer enfermedades cardiacas, cancerígenas y tumores malignos.	(Quispe, 2024)
Taninos	Curtiembre	Los taninos se utilizan dentro de la industria de curtiembre, al tener la capacidad de precipitar alcaloides puede ayudar en caso de una intoxicación de dicha sustancia.	(Quispe, 2024)
Polifenoles y Carotenoides	Farmacéutica	Exhiben una amplia gama de efectos biológicos positivos, que incluyen diversas propiedades como:	(Castillo, 2022)

Compuestos Activos	Industria	Principales Hallazgos	Referencia
Terpenos y Flavonas	Agroquímica	<p>antiinflamatorios, antienvjecimiento, antioxidantes, anti-aterosclerosis y anticancerígenos.</p> <p>Los compuestos activos presentes pueden ser utilizados como bioinsecticidas para el control de plagas en cultivos, ofreciendo una alternativa más ecológica a los pesticidas sintéticos.</p>	(Freire, 2020)
Fenólicos	Farmacéutica	<p>En los últimos tiempos han tomado importancia significativa ya que se ha demostrado pueden inhibir la α-glucosidasa para ralentizar la digestión y absorción de carbohidratos y, por consiguiente, minimizar el grado de glucosa en sangre posprandial.</p>	(Rivera & Neto, 2022)
Antocianinas	Alimentaria	<p>Su papel funcional, las antocianinas como pigmentos naturales son agentes potenciales en la obtención de productos alimentarios benéficos con valor añadido para el consumo humano.</p>	(Quispe, 2021)
Flavonoides	Cosmetología	<p>Agentes preventivos de la fragilidad capilar, inmunomoduladores de acción local, Antiinflamatorios tópicos, Antibacterianos y antivirales.</p>	(Gonzales, 2019)

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Los métodos DPPH, ABTS y FRAP han sido las metodologías más utilizadas para medir la capacidad antioxidante del capulí, mientras que, la técnica de disco de difusión es la más utilizada para analizar su actividad antimicrobiana. La eficiencia de estos métodos ha sido elevada y la confiabilidad de sus datos altamente precisa.
- Se determinó bibliográficamente que los fenoles, flavonoides y antocianinas presentes en el capulí tienen un notable potencial antioxidante, lo cual puede ser potencialmente aprovechado en la formulación de alimentos funcionales y nutracéuticos que ayuden a la dieta del consumidor y preserven las condiciones del organismo.
- La identificación de las propiedades antimicrobianas del capulí da paso a un potencial uso en la preservación de productos alimenticios y como componentes en productos cosméticos naturales. Además, se destacó la capacidad antiinflamatoria y antitumoral de ciertos compuestos, abriendo oportunidades para su aplicación en el desarrollo de medicamentos fitoterapéuticos.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda que al momento de seleccionar un método de cuantificación de las propiedades activas del capulí se trabaje bajo los protocolos del método seleccionado para obtener resultados favorables.
- Se recomienda hacer estudios futuros en la determinación de compuestos activos y sus propiedades en otros órganos no comunes de la planta del capulí tales como la raíz, tallo, flores, los cuales puedan brindar nueva evidencia científica.
- Se sugiere realizar más estudios sobre el aprovechamiento de los compuestos activos presentes en el capulí en la industria alimentaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Alayo, D. (2017). Estudio comparativo de la actividad antioxidante de los frutos de *Prunus serotina* y el *Vaccinium corymbosum*. *Universidad César Vallejo*.
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/11395>
- Amable, J., Janampa, F., Meza, M., Moreno, J., Ruiz, F., & Casavilca, E. (2020). *COMPOTA NUTRICIONAL A BASE DE CAPULÍ*.
<https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2d90c4a9-33ce-4182-a3aa-7adc36279422/content>
- Aspilcueta, E. C., Cerpa, V. O., & Bravo, G. (2023). *Actividad antibacteriana in vitro del extracto etanólico de capulí “Prunus serotina subsp. capulí (Cav.) McVaugh” sobre cultivos de escherichia coli atcc. 25922*. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/1951>
- Beltrán, M. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(3), 12–14.
<https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-articulo-alimentos-funcionales-X0213932416546681>
- Brozdowski, J., Waliszewska, B., Gacnik, S., Hudina, M., Veberic, R., & Mikulic, M. (2021). Phenolic composition of leaf and flower extracts of black cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). *Annals of Forest Science*, 78(3), 1–16. <https://doi.org/10.1007/S13595-021-01089-6/FIGURES/3>
- Brozdowski, J., Waliszewska, B., Loffler, J., Hudina, M., Veberic, R., & Mikulic, M. (2021). Composition of Phenolic Compounds, Cyanogenic Glycosides, Organic Acids and Sugars in Fruits of Black Cherry (*Prunus serotina* Ehrh.). *Forests 2021*, Vol. 12, Page 762, 12(6), 762. <https://doi.org/10.3390/F12060762>
- Cancho, K., Remón, E., & Chavez, J. (2020). *Efecto antibacteriano in vitro del extracto hidroalcohólico de las hojas del Prunus serotina EHRH (Guinda), frente a Staphylococcus aureus ATTC 25923*. <http://repositorio.unid.edu.pe/handle/unid/39>
- Castillo, W. (2022a). *Determinación de hierro total, polifenoles y actividad antioxidante, del extracto de Prunus Serotina “Capuli” y Physalis Peruviana “Aguaymanto.”*
<https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/11874>
- Castillo, W. (2022b). *“DETERMINACION DE HIERRO TOTAL, POLIFENOLES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE, DEL EXTRACTO DE Prunus Serotina “CAPULI” Y Physalis Peruviana “AGUAYMANTO”* [Universidad Católica de Santa María].

<https://repositorio.ucsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12920/11874/65.1652.FB.pdf?sequence=1>

Chalán, L., & Terán, D. (2019). *Estudio de las propiedades funcionales de la cáscara, pulpa y semilla del capulí (Rosaceae: Prunus serotina) en estado fresco y congelado*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/30553>

Chalán, L., Terán, D., & Latorre, M. (2019). *Estudio de las propiedades funcionales de la cáscara, pulpa y semilla del capulí (Rosaceae: Prunus serotina) en estado fresco y congelado* [UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30553/1/AL%20719.pdf>

Chup, S. (2020). Comparación de la actividad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos de los frutos de *Hylocereus undatus* y *Prunus serotina*. In *Repositorio Institucional - UCV*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/51322>

Cunalata, E., & Jara, J. (2023). *Evaluación de la actividad antioxidante e hipoglucémica in vitro de extractos de Marco (Ambrosia arborescens), Quishuar (Buddleja incana), Cedrón (Aloysia citrodora) y Capulí (Prunus serotina)*. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/39259>

Falcón, P., & Aguirre, E. (2020, November 25). Obtención y caracterización de una bebida fermentada elaborada con capulí (*Prunus serotina*) con maceración prefermentativa. *Polo Del Conocimiento*. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/2025/html>

Freire, E. (2020a). *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS METANÓLICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA Y PULPA DE CAPULÍ (Prunus serotina var. salicifolia) PROVENIENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO* [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/FREIRE%20YAGUAL%20EVELYN%20MICHELLE_compressed.pdf, UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]. http://181.198.35.98/Archivos/FREIRE%20YAGUAL%20EVELYN%20MICHELLE_compressed.pdf

Freire, Evelyn. (2020b). *EVALUACIÓN DEL POTENCIAL ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS METANÓLICOS A PARTIR DE LA CÁSCARA Y PULPA DE CAPULÍ (Prunus serotina var. salicifolia) PROVENIENTE DE LA CIUDAD DE AMBATO* [UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/FREIRE%20YAGUAL%20EVELYN%20MICHELLE_compressed.pdf

- Gallardo, C., Lu, A., Treviño, M., García, E., Amaya, C., Aguilera, C., & Báez, J. (2021). Valorization of Almond (*Prunus serotina*) by Obtaining Bioactive Compounds. *Frontiers in Nutrition*, 8, 663953. <https://doi.org/10.3389/FNUT.2021.663953/BIBTEX>
- Gonzales, R. (2019a). *Actividad antioxidante del extracto glicólico de la cáscara de Prunus serotina "guinda". Ayacucho 2018*. <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4427>
- Gonzales, Raúl. (2019b). *Actividad antioxidante del extracto glicólico de la cáscara de Prunus serotina "guinda" [UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA]*. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/4427/1/TESIS%20Far564_Gon.pdf
- Guzmán, F., Segura-Ledesma, D., & Almaguer-Vargas, G. (2020). *El capulín (Prunus serotina Ehrh.): árbol multipropósito con potencial forestal en México Black cherry (Prunus serotina Ehrh.): a multipurpose tree with forestry potential in Mexico*. 26(1). <https://doi.org/10.21829/myb.2020.2611866>
- Hernández, G., Espinosa, T., Pérez, A., Salgado, I., & Guerra, D. (2019a). Antioxidant capacity of capulin (*Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav). McVaugh) fruit at different stages of ripening. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 35–44. <https://doi.org/10.19136/ERA.A6N16.1947>
- Hernández, G., Espinosa, T., Pérez, A., Salgado, I., & Guerra, D. (2019b). Antioxidant capacity of capulin (*Prunus serotina* subsp. *capuli* (Cav). McVaugh) fruit at different stages of ripening. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 6(16), 35–44. <https://doi.org/10.19136/ERA.A6N16.1947>
- Lopa, J., Valderrama, M., León, N., Lazo, L., Llerena, J. P., Ballón, C., Guija-Poma, E., Lopa, J., Valderrama, M., León, N., Lazo, L., Llerena, J. P., Ballón, C., & Guija-Poma, E. (2021). Evaluación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de tumbo (*Passiflora mollissima*) y cerezo (*Prunus serotina*). *Horizonte Médico (Lima)*, 21(3), e1365. <https://doi.org/10.24265/HORIZMED.2021.V21N3.08>
- Lu, A., Báez, J., Castillo, S., Amaya, C., Rodríguez, J., & García, E. (2021). Studied of *Prunus serotina* oil extracted by cold pressing and antioxidant effect of *P. longiflora* essential oil. *Journal of Food Science and Technology*, 58(4), 1420–1429. <https://doi.org/10.1007/S13197-020-04653-6/METRICS>

- Maldonado, C., Paniagua, N., Bussmann, R., Zenteno, F., & Fuentes, A. (2020). La importancia de las plantas medicinales, su taxonomía y la búsqueda de la cura a la enfermedad que causa el coronavirus (COVID-19). *Ecología En Bolivia*, 55(1). http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1605-25282020000100001&script=sci_arttext
- Moncayo, O. (2017). *Análisis de la diversidad genética del capulí (Prunus Serotina), en la región andina del Ecuador, utilizando marcadores moleculares AFLP* [UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO]. <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6555/1/131163.pdf>
- Núñez, L., & Gavilanes, J. (2024). *Evaluación de la actividad antioxidante de extractos de Aloysia citrodora (Cedrón) y Prunus serotina (Capulí) en Andamios biológicos* [Carrera de Biotecnología, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/40692>
- Olivas, F., Wall, A., González, G., López, A., Álvarez, E., De La Rosa, L., & Ramos, A. (2015). Taninos hidrolizables; bioquímica, aspectos nutricionales y analíticos y efectos en la salud. *Nutr Hosp*, 31(1), 55–66. <https://doi.org/10.3305/nh.2015.31.1.7699>
- Ortiz, C., Medina, L. E., & Dilas, J. (2022). Usos y conocimientos tradicionales asociados al capulí (Prunus serotina) en una zona interandina de Ecuador. *Llamkasun*, 3(1), 56–65. <https://doi.org/10.47797/llamkasun.v3i1.83>
- Pérez, M. (2013). *ANÁLISIS QUÍMICO, ESTABILIDAD Y ACTIVIDAD BIOLÓGICA IN VITRO DE LA FRACCIÓN DE POLIENOLES DEL FRUTO DE CAPULI (Prunus serotina Ehrh. var. capulí)* [UNIVERSIDAD DE NARIÑO]. <https://sired.udenar.edu.co/2529/1/89833.pdf>
- Quispe, A. (2021). “*DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE EN EL FRUTO DE GUINDA (Prunus serotina spp) DE LA PROVINCIA DE ACOBAMBA - HUANCAVELICA.*” <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/4099>
- Quispe, B. (2024). *Actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico y extracto liofilizado del fruto de Prunus serotina Ehrhart “guinda” - Ayacucho 2023.* <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/6471>
- Ramos, M., & Mejía, A. (2019). *Extracción, microencapsulación y actividad antioxidante del capulí (Prunus serotina).* <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/30001>

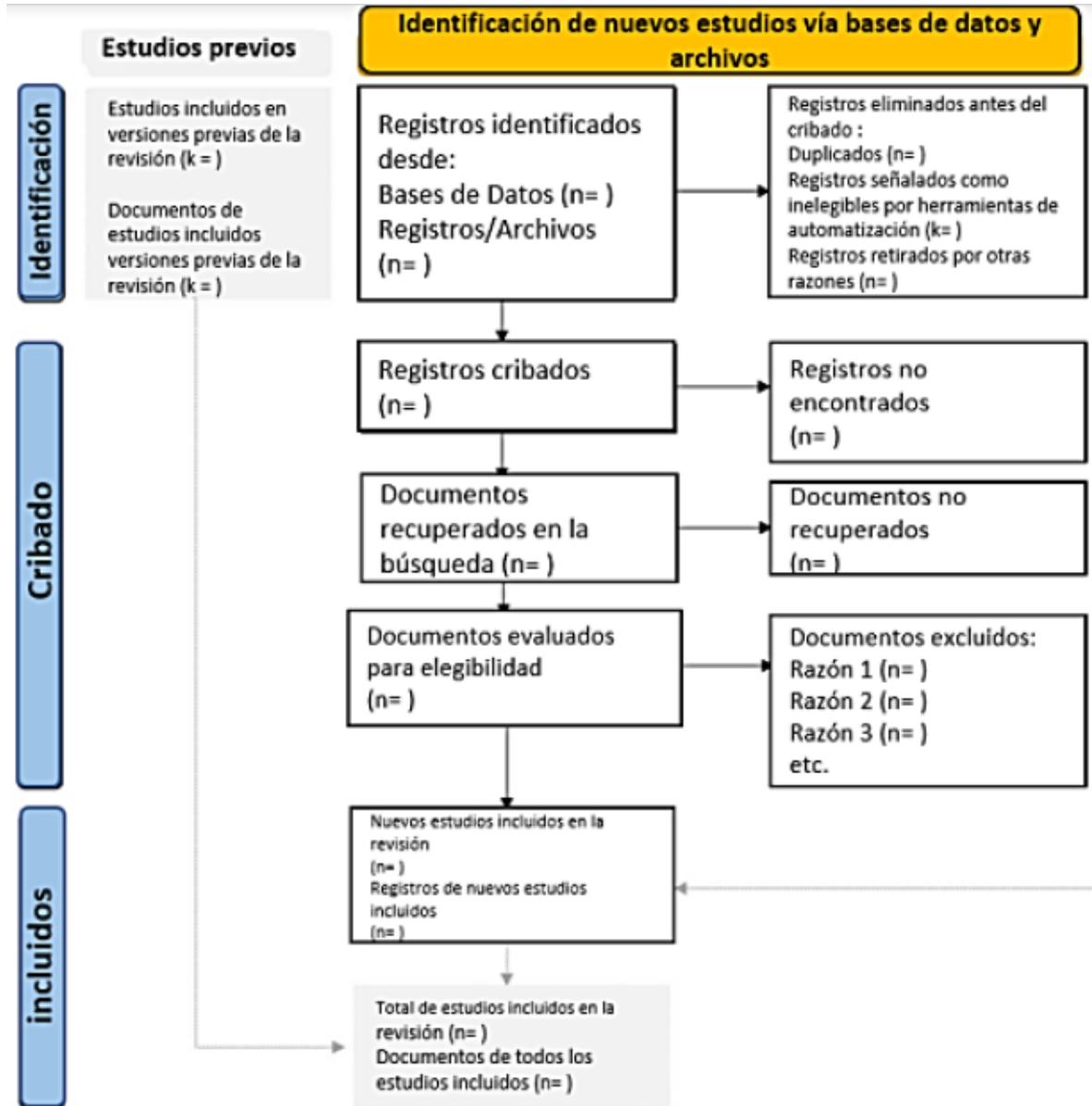
- Rengifo, H., & Zavaleta, D. (2019). *Actividad reductora in vitro del fruto de Prunus serotina frente a 2,2- Difenil-1-picrylhidrazilo y su cuantificación de antocianinas totales*. Universidad Nacional de Trujillo. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/13103>
- Reyes, I., Cruz, V., Castro, M., Santacruz, S., Villacres, C., & Armas, A. (2019). Efecto antibacteriano de extractos de *Prunus salicifolia* (Capulli) y *Vaccinium floribundum* (Mortiño) sobre cepas de *Streptococcus Mutans*: Estudio in vitro. *Kiru*, 16(1), 14–18. <https://doi.org/10.24265/kiru.2019.v16n1.02>
- Reyes, I., Villacres, C., Santacruz, S., Castro, M., Chávez, M., & Armas, A. (2019a). Antibacterial and antioxidant effect of ecuadorian red fruits on streptococcus mutans: in vitro study. *Odontología Vital*, 31, 23–30. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752019000200023&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- Reyes, I., Villacres, C., Santacruz, S., Castro, M., Chávez, M., & Armas, A. (2019b). Efecto antibacteriano y antioxidante de frutos rojos ecuatorianos sobre streptococcus mutans: estudio in vitro. *Odontología Vital*, 31, 23–30. http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1659-07752019000200023&lng=en&nrm=iso&tlng=es
- Rios, G., & Guerrero, J. (2020). Physicochemical, Antioxidant and Sensory Characteristics of Black Cherry (*Prunus Serotina* Subsp. Capuli) Fermented Juice. *International Journal of Fruit Science*, 20(S2), S145–S163. <https://doi.org/10.1080/15538362.2019.1709113>
- Rios, G., Welti, J., Rodríguez, V., & Guerrero, J. (2024). High hydrostatic pressure processing of fresh juice and a fermented beverage of black cherry (*Prunus serotina*). *Journal of Agriculture and Food Research*, 15, 100937. <https://doi.org/10.1016/J.JAFR.2023.100937>
- Rivera, J., & Neto, M. (2022). *CUANTIFICACIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CUARENTA Y SIETE DIFERENTES ESPECIES VEGETALES COMESTIBLES COMERCIALIZADAS EN MERCADOS LOCALES DEL ECUADOR*. [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/26789/1/TTQ802.pdf>
- Romero, M., & Ticona, S. (2021). Tamizaje fitoquímico y actividad antioxidante del extracto alcohólico de las hojas de *Prunus serotina* Ehrh (capulí). In *Repositorio Institucional - UMA*. <https://repositorio.uma.edu.pe/handle/20.500.12970/400>

Salas, L., Moncayo, M. del R., Borroel, V., Guzmán, T., & Ramírez, M. (2022). Composición fitoquímica y actividad antioxidante en tres variedades de albahaca por efecto de distintos solventes. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 13(SPE28), 113–123. <https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V13I28.3267>

Telichowska, A., Kobus-Cisowska, J., Ligaj, M., Stuper-Szablewska, K., Szymanowska, D., Tichoniuk, M., & Szulc, P. (2020). Polyphenol content and antioxidant activities of *Prunus padus* L. and *Prunus serotina* L. leaves: Electrochemical and spectrophotometric approach and their antimicrobial properties. *Open Chemistry*, 18(1), 1125–1135. <https://doi.org/10.1515/CHEM-2020-0121/MACHINEREADABLECITATION/RIS>

ANEXOS

Figura 16.
Diagrama de flujo PRISMA.



Nota. El gráfico representa el diagrama de selección de Prisma Tomado de “declaración PRISMA: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas” (2020)