

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA



TESIS

EVALUACIÓN DE POLIFENOLES, FLAVONOIDES, ANTOCIANINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocylindropuntia Floccosa* "Huaracco"

PRESENTADA POR:

Br. MAYRA MAYTE TERRAZAS ORTEGA

**PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL
DE QUÍMICO FARMACEÚTICO**

ASESORA:

Dra. LELIA MARIA RODRIGUEZ TORRES

CO-ASESORES:

Dra. YANET CUENTAS ROMAÑA

Mgt. CIRO TOMAYLLA CRUZ

CUSCO – PERÚ

2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, **Asesor** del trabajo de investigación/tesis titulada: Evaluación de polifenoles, flavonoides, antocianinas y actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de Austrocyllindropuntia Floccosa "Huaracco"

presentado por: Mayra Mayte Terrazas Ortega con DNI Nro.: 47645404 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de Químico Farmacéutico

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 1 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 9%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y **adjunto** la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 09 de setiembre de 2025


Firma

Post firma CELIA M. RODRÍGUEZ TORRES

Nro. de DNI 23963486

ORCID del Asesor 0000-0002-8750-6770

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: **oid:** 27259:495944002

MAYRA TERRAZAS

Trabajo de Investigación Mayra 240625.pdf

 Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::27259:495944002

Fecha de entrega

10 sep 2025, 2:13 p.m. GMT-5

Fecha de descarga

10 sep 2025, 2:22 p.m. GMT-5

Nombre del archivo

Trabajo de Investigación Mayra 240625.pdf

Tamaño del archivo

2.0 MB

118 páginas

22.719 palabras

133.253 caracteres

9% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Texto citado
- Texto mencionado
- Coincidencias menores (menos de 15 palabras)

Exclusiones

- N.º de coincidencias excluidas

Fuentes principales

- 9%  Fuentes de Internet
- 0%  Publicaciones
- 3%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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

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

DEDICATORIA

*A Dios y a mi familia, cuyo
esfuerzo y apoyo incondicional han sido fundamentales para la realización de mis sueños.*

TERRAZAS ORTEGA, Mayra

AGRADECIMIENTOS

A mis padres, mi más profundo agradecimiento por su guía, esfuerzo y los sacrificios realizados, que hicieron posible la culminación de mis estudios.

A la Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, por haber sido parte fundamental en mi formación profesional, brindándome conocimientos y valores orientados al desarrollo académico y personal.

A la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica y a sus docentes, por el constante apoyo en mi formación, así como por su orientación en el fortalecimiento de mis actitudes y capacidades académicas.

A mi asesora de tesis Dra. Lelia M. Rodríguez Torres por compartir sus conocimientos, brindar valiosas orientaciones, así como por su paciencia y constante apoyo durante la realización de este proyecto.

A mis coasesores, por su orientación constante y por mostrar predisposición a lo largo de todo el proceso de investigación.

La tesista

ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ABREVIATURAS.....	IX
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
GENERALIDADES.....	3
1.1. Planteamiento del Problema.....	3
1.2. Formulación del Problema.....	4
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5
1.4. Justificación de la investigación.....	5
1.5. Hipótesis.....	7
CAPÍTULO II.....	8
MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	8
2.1. VISIÓN HISTÓRICA.....	8
2.2. Antecedentes de Estudio.....	9
2.2.1. Antecedentes Nacionales.....	9
2.2.2. Antecedentes Internacionales.....	11
2.2.3. Antecedentes Locales.....	14
2.3. Estado de la Cuestión.....	15
2.4. Bases Teórico- Científicas.....	16
2.4.1. Aspectos Botánicos de la Especie Austrocyllindropuntia Floccosa “Huaracco”.....	16
2.4.1.1. Clasificación taxonómica.....	16
2.4.1.2. Localización.....	17
2.4.1.3. Descripción.....	18
2.4.1.4 Propiedades.....	18

2.4.1.5 Fitoquímica.....	19
2.4.1.5.1 Cumarinas.....	19
2.4.1.5.2 Taninos.....	20
2.4.1.5.3 Alcaloides vegetales.....	21
2.4.1.5.4 Quinonas.....	22
2.4.1.5.6 Leucoantocianinas.....	23
2.4.1.6 Polifenoles, compuestos fenólicos, antocianinas y flavonoides.....	23
2.4.1.6.1 Polifenoles.....	23
2.4.1.6.2 Compuestos fenólicos.....	25
2.4.1.6.3 Flavonoides.....	27
2.4.1.6.4 Antocianinas.....	27
2.4.1.7 Antioxidantes.....	29
2.4.1.7.1 Actividad antioxidante.....	30
2.4.1.7.2 Método de Folin-Ciocalteu.....	31
2.4.1.7.3 Método De Woisky y Salatino (Determinación del contenido de Flavonoide)..	32
2.4.1.7.4 Ensayo de DPPH.....	33
2.4.1.7.5 Método de pH Diferencial.....	33
2.4.1.8 Radicales libres.....	34
2.5 Definición de términos.....	34
CAPÍTULO III.....	36
MATERIALES Y MÉTODOS.....	36
3.1. Materiales Biológicos.....	36
3.2. Materiales e Instrumentos de laboratorio.....	36
3.2.1. Materiales de campo.....	36
3.2.2. Materiales de vidrio.....	36
3.2.3. Instrumentos.....	37
3.2.4. Reactivos.....	37
3.3. Diseño metodológico.....	38
3.3.1. Metodología de la investigación.....	38
3.3.2. Ensayo determinación del contenido total de polifenoles.....	39
3.3.3. Ensayo determinación del contenido total de flavonoides.....	40
3.3.4. Ensayo determinación del contenido total de antocianinas.....	41
3.3.5. Ensayo determinación de la actividad antioxidante.....	41

3.4. Identificación, definición y operacionalización de variables.....	42
3.4.1. Identificación de variables.....	42
3.4.2. Definición de variables.....	43
3.4.2.1. Variables Implicadas.....	43
3.4.2.2. Variables no Implicadas.....	46
3.4.3. Criterio de inclusión y exclusión.....	52
3.4.3.1. Criterio de inclusión.....	52
3.4.3.2. Criterio de exclusión.....	52
3.5. Procedimiento: Flujograma de la Investigación.....	53
3.5.1. Preparación de la muestra.....	54
3.5.1.1. Recolección de la Especie <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> “Huaracco”.....	54
3.5.1.2. Selección de la muestra.....	54
3.5.1.3. Obtención del extracto etanólico al 70%.....	54
3.5.1.4. Determinación de la humedad.....	55
3.5.1.5. Pruebas de solubilidad.....	55
3.6. Análisis fitoquímico cualitativo.....	56
3.6.1. Contenido total de polifenoles.....	58
3.6.2. Contenido total de flavonoides.....	58
3.6.3. Contenido total de antocianinas.....	59
3.6.4. Actividad antioxidante.....	60
3.7. Técnicas para el análisis y procesamiento de datos.....	61
CAPÍTULO IV ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	62
4.1. Del porcentaje de rendimiento, humedad, solubilidad y análisis fitoquímico cualitativo.....	62
4.1.1. Prueba de solubilidad.....	62
4.1.2. Porcentaje de humedad.....	64
4.1.3. Porcentaje de rendimiento de extracción.....	65
4.1.4 Análisis fitoquímico cualitativo.....	66
4.2. Cuantificación de polifenoles por espectrofotometría del patrón ácido gálico.....	68
4.2.1. Resultados del contenido total de polifenoles en la muestra.....	69

4.3. Cuantificación de flavonoides por espectrofotometría del patrón rutina.....	71
4.3.1. Resultados del contenido total de flavonoides en la muestra.....	72
4.4. Cuantificación de antocianinas por método pH diferencial.....	74
4.5. Actividad antioxidante por método de DPPH.....	75
4.5.1. Patrón Trolox.....	75
4.5.2. Extracto etanólico.....	77
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIÓN.....	81
BIBLIOGRAFÍA.....	82
ANEXOS.....	88
Anexo 1 Ficha de recolección de Análisis fitoquímico cualitativo.....	88
Anexo 2 Ficha de recolección de determinación de porcentaje de humedad.....	89
Anexo 3 Ficha de recolección de pruebas de solubilidad.....	90
Anexo 4 Ficha de recolección de la marcha fitoquímica del extracto.....	91
Anexo 5 Ficha de recolección del estudio para la capacidad de fenoles totales...	92
Anexo 6 Certificado de determinación taxonómica	93
Anexo 7 Ficha de recolección de la especie vegetal.....	94
Anexo 8 Ficha de recolección del estudio por DPPH.....	95
Anexo 9 Elaboración del extracto etanólico al 70%.....	96
Anexo 10 Análisis fitoquímico del extracto.....	97
Anexo 11 Registro fotográfico.....	98
Anexo 12 Cálculos cuantificación de polifenoles.....	103
Anexo 13 Cálculos cuantificación de flavonoides.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Estructura de las cumarinas	20
Figura 2	Estructura de los taninos	21
Figura 3	Estructura de las quinonas.....	22
Figura 4	Estructura de leucoantocianinas	23
Figura 5	Estructura de fenol	26
Figura 6	Estructura química de los flavonoides naturales	27
Figura 7	Antocianina 3-glucósido	28
Figura 8	Reacción del DPPH con un agente oxidante Extraído de krinsky.....	31
Figura 9	Método de Folin-Ciocalteu.....	32
Figura 10	Estructura del complejo AlCl ₃ -flavonoide.....	32
Figura 11	Curva de calibración del patrón ácido gálico.....	69
Figura 12	Curva de calibración del patrón rutina.....	72
Figura 13	Actividad antioxidante método DPPH- patrón Trolox.....	76
Figura 14	Actividad antioxidante método DPPH- extracto etanólico.....	78

LISTA DE FOTOS

Foto 1	<i>Austrocylindropuntia floccosa</i> (Huaracco).....	17
---------------	--	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Clasificación General de los Polifenoles.....	25
Tabla 2	Variables Implicadas.....	48
Tabla 3	Variables no implicadas.....	51
Tabla 4	Análisis Fitoquímico Cualitativo.....	56

LISTA DE FLUJOGRAMAS

Flujograma 1.	Flujograma de la Investigación.....	53
Flujograma 2.	Obtención del Extracto Etanólico al 70% de <i>Austrocylindropuntia Floccosa</i> "Huaracco".....	57

ABREVIATURAS

AG	: Ácido gálico.
CI50	: Concentración media inhibitoria máxima.
CF	: Compuestos fenólicos.
DE	: Desviación estándar.
DPPH	: 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (2,2-difenil-1-picrilhidrazilo).
EAG	: Equivalente de ácido gálico.
ER	: Equivalentes de rutina.
ERO	: Especies reactivas de oxígeno.
ERN	: Especies reactivas de nitrógeno.
ES	: Extracto Seco.
mL	: Mililitros.
OMS	: Organización Mundial de la Salud.
RL	: Radical libre
TEAC	: Actividad equivalente a Trolox en $\mu\text{g}/\text{mg}$ extracto.
TROLOX	: Ácido 6-hidroxi-2,5,7,8-tetrametilcromano 2-carboxílico
Ug	: Microgramos
μL	: Microlitros.
UV	: Luz Ultravioleta.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas y la actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco". En la metodología utilizada, el fruto en estudio, se recolectó en la provincia de Grau (Apurímac, Perú), el extracto etanólico al 70% se obtuvo por maceración de los frutos secos y pulverizados, seguida de la evaluación cualitativa de los componentes fitoquímicos. La cantidad de polifenoles en el extracto se determinó con el método de Folin-Ciocalteu usando ácido gálico como estándar, y los flavonoides se cuantificaron mediante complejos con $AlCl_3$, empleando rutina como estándar de referencia. Las antocianinas fueron cuantificadas mediante el método de pH diferencial, para evaluar la actividad antioxidante se empleó el método de captación del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH•), usando el Trolox como patrón y se tomó como referencia el IC50. Dentro de los resultados, el total de polifenoles fue de 30ug EAG/mg de extracto, mientras que los flavonoides fueron de 0.01ug equivalentes de rutina/mg de extracto, las antocianinas fueron de 0.000008 equivalente a mg de cianidina-3-glucosido/100g. La IC50 en la evaluación de actividad antioxidante fue 329.7 ug/mL para el radical DPPH y un TEAC de 219 ug de Trolox/mg de extracto. En conclusiones los resultados obtenidos indican que el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco" contiene actividad antioxidante debido a la presencia de compuestos polifenólicos y flavonoides con propiedades antioxidantes en su composición, lo cual confirma el potencial antioxidante del fruto.

Palabras clave: *Austrocyllindropuntia floccosa*, antioxidante, polifenoles, flavonoides, antocianinas.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the polyphenol, flavonoid, and anthocyanin content, and the antioxidant activity of the 70% ethanolic extract of the fruit of *Austrocylindropuntia floccosa* "Huaracco". The methodology used was to collect the fruit under study in the province of Grau (Apurímac, Peru). The 70% ethanolic extract was obtained by maceration of the dried and pulverized fruits, followed by qualitative evaluation of the phytochemical components. The amount of polyphenols in the extract was determined by the Folin-Ciocalteu method using gallic acid as a standard, and flavonoids were quantified by complexing with $AlCl_3$, using rutin as a reference standard. Anthocyanins were quantified using the differential pH method; to evaluate the antioxidant activity, the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH•) free radical scavenging method was used, using Trolox as a standard and the IC50 was taken as a reference. Among the results, the total polyphenols were 30ug EAG/mg of extract, while flavonoids were 0.01ug rutin equivalents/mg of extract, anthocyanins were 0.000008 equivalent to mg of cyanidin-3-glucoside/100g. The IC50 in the evaluation of antioxidant activity was 329.7 ug/mL for the DPPH radical and a TEAC of 219 ug of Trolox/mg of extract. In conclusion, the results obtained indicate that the 70% ethanolic extract of the fruit of *Austrocylindropuntia floccosa* "Huaracco" contains antioxidant activity due to the presence of polyphenolic compounds and flavonoids with antioxidant properties in its composition, which confirms the antioxidant potential of the fruit.

Keywords: *Austrocylindropuntia floccosa*, antioxidant, polyphenols, flavonoids, anthocyanins.

INTRODUCCIÓN

Perú se encuentra dentro de las regiones reconocidas mundialmente como centros de biodiversidad, lo que lo posiciona como un país megadiverso por la gran riqueza de flora y fauna. Destaca la presencia de especies vegetales con beneficios para la salud humana, especialmente aquellas de valor alimenticio y medicinal, utilizadas desde tiempos de los pueblos preincaicos e incas (1).

A lo largo de la historia, las plantas medicinales han constituido una de las principales alternativas para el cuidado del bienestar humano. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), su utilización es considerada como la forma más natural, inocua y efectiva de medicina, además de contar con un costo racional, ser asequible y ser aceptada por la población. La Organización Mundial de la Salud (OMS) señala que el consumo prolongado y excesivo de antioxidantes podría relacionarse con la aparición de distintas enfermedades (2).

Diversas investigaciones científicas confirman que las plantas contienen principios activos responsables de sus propiedades medicinales. Estos principios activos corresponden a metabolitos secundarios por las plantas como parte de su metabolismo habitual (3). Los compuestos fenólicos presentes en las plantas presentan estructuras químicas diversas, entre las que se incluyen ácidos fenólicos, derivados de la cumarina, taninos y flavonoides. Estos compuestos pueden funcionar como agentes reductores, eliminadores de radicales libres, quelantes de metales y neutralizadores de oxígeno singlete (4).

Tales compuestos constituyen una parte significativa de los productos naturales que el hombre consume, y las investigaciones recientes han demostrado que la actividad antioxidante asociada con estos compuestos tiene efectos beneficiosos para la salud (5). La ingesta de antioxidantes exógenos mediante la dieta favorece la defensa del organismo y ayuda a prevenir múltiples enfermedades, entre ellas el cáncer. En este contexto, existe un interés significativo en la identificación de nuevas fuentes naturales ricas en polifenoles, con el fin de optimizar la ingesta de antioxidantes y maximizar sus beneficios para la salud. Por lo expuesto, el estudio de las especies vegetales es

fundamental, ya que en ellas se encuentran compuestos antioxidantes que contribuyen a la eliminación de radicales libres en el organismo (6). El propósito de este trabajo fue analizar el contenido de fenoles totales, flavonoides, antocianinas y la actividad antioxidante del extracto etanólico de *Austrocyllindropuntia floccosa* (7).

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad, la búsqueda de compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes provenientes de fuentes naturales ha adquirido gran importancia en la comunidad científica. Los polifenoles, flavonoides y antocianinas son compuestos ampliamente estudiados debido a sus potenciales beneficios para la salud humana, debido a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y anticancerígenas (8).

La baja ingesta de antioxidantes y las enfermedades producidas por ciertos radicales libres, como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares, la diabetes y la obesidad, representa un problema de salud pública en el Perú. Se ha evidenciado que, entre las enfermedades más prevalentes, la diabetes tipo 2 ocupa el primer lugar, afectando al 95% de los casos de diabetes, mientras que el cáncer se posiciona en segundo lugar, con una incidencia del 80% en la población peruana (34).

Se estima que en el Perú los índices de enfermedades crónico-degenerativas han aumentado de manera alarmante, lo cual está estrechamente relacionado con la falta de una cultura de alimentación saludable. Se informa que el 89% de la población peruana no alcanza el consumo diario de frutas y/o verduras sugerido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para garantizar una ingesta adecuada de antioxidantes, mientras que solo el 10.9% cumple con dichas recomendaciones (35). Estas enfermedades crónico-degenerativas están asociadas a una baja ingesta de antioxidantes en la dieta, dado que está ampliamente documentado que una elevada concentración de radicales libres en el organismo contribuye al desarrollo de desórdenes metabólicos de gran impacto en la salud (35).

En este contexto, el fruto de *Austrocylindropuntia floccosa*, conocido comúnmente como "huaracco", se destaca como una fuente de compuestos bioactivos. Sin

embargo, a pesar de su presencia en la región, existe una escasez de estudios que evalúen de manera cuantitativa el contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas y su actividad antioxidante en esta especie en particular (8).

La falta de información detallada sobre la composición fenólica y la actividad antioxidante de este fruto limita la comprensión de sus potenciales beneficios para la salud y su posible aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica. Por ello, resulta fundamental abordar esta brecha de conocimiento mediante un estudio que evalúe la composición de polifenoles, flavonoides, antocianinas y la actividad antioxidante del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* “Huaracco” (9).

El presente estudio tiene como objetivo cuantificar el contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas y evaluar la actividad antioxidante en el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* “Huaracco”. Para ello, se emplearon los métodos de Folin-Ciocalteu, Woisky y Salatino, pH diferencial y Brand-Williams. Asimismo, se buscó analizar la actividad antioxidante de dicho extracto, con el propósito de generar información valiosa sobre sus potenciales beneficios para la salud y explorar nuevas perspectivas para su aplicación en la industria alimentaria y farmacéutica (9).

1.2. Formulación del Problema

¿Presentará polifenoles, flavonoides, antocianinas y actividad antioxidante el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco”?

1.3. Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Evaluar el contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas y actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Flocosa* "Huaracco".

1.3.2 Objetivos específicos

1. Determinar el porcentaje de rendimiento, humedad, solubilidad y análisis fitoquímico cualitativo.
2. Identificar el contenido de polifenoles del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Flocosa* "Huaracco", de acuerdo al método de Folin Ciocalteau.
3. Identificar el contenido de flavonoides presentes en el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Flocosa* "Huaracco", de acuerdo al método de Woisky y Salatino.
4. Identificar la concentración de antocianinas del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Flocosa* "Huaracco", de acuerdo al método espectrofotométrico de pH diferencial.
5. Determinar la actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% de *Austrocyllindropuntia Flocosa* por el método de Brand-Williams captación de radical libre DPPH.

1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. Justificación social:

En la actualidad, se evidencia un considerable interés a nivel mundial en la investigación de frutos naturales, ya que estos productos albergan infinitas propiedades beneficiosas para la salud humana. Estas propiedades se revelan como cruciales en la prevención y el retraso de enfermedades que afectan cotidianamente a la población, ya sea como consecuencia de una alimentación deficiente, el estrés, la contaminación u otros factores (10).

En este sentido, el consumo de frutos naturales exentos de productos químicos, especialmente aquellos que contienen antioxidantes, se presenta como una estrategia eficaz para neutralizar los radicales libres (9).

La neutralización de los radicales libres resulta fundamental, dado que un radical libre neutralizado deja de ser perjudicial en el organismo. Este proceso contribuye a reducir o retardar la proliferación de células cancerígenas y disminuir el riesgo de enfermedades cardiovasculares, las cuales representan una causa significativa de mortalidad a nivel mundial. En consecuencia, a través de esta investigación, se aportara a la mejora de los hábitos alimenticios y de salud de la población (8).

Específicamente, se aborda el potencial del fruto maduro de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” en términos de concentración de polifenoles, flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante (11).

Con la información generada, se busca incentivar el cultivo del fruto *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” en grandes cantidades, promoviendo así su contribución a la salud y bienestar en general, fomentando prácticas agrícolas sostenibles (12).

1.4.2. Justificación teórica:

La investigación que se llevó a cabo constituye una plataforma fundamental de conocimientos e información para la industria, centrándose específicamente en el estudio de antioxidantes naturales obtenidos a partir del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” (10).

Es importante destacar que, en la actualidad, la industria experimenta un incremento significativo en la utilización de fuentes naturales como alternativas de materia prima, particularmente aquellas originarias del Perú. En este contexto, la presente investigación contribuyó al reconocimiento del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” como una fuente natural de actividad terapéutica (10).

Se espera que los resultados obtenidos no solo consoliden la relevancia del fruto de *Austrocylindropuntia Floccosa* “Huaracco” en este ámbito, sino que también abran nuevas perspectivas para la utilización de recursos naturales locales en la producción de compuestos terapéuticos, promoviendo así la sostenibilidad y la valoración de los recursos autóctonos (9).

1.4.3. Justificación práctica:

El propósito de la presente investigación es contribuir de manera significativa al desarrollo de productos fitoterapéuticos y cosméticos a partir del fruto de *Austrocylindropuntia floccosa* “Huaracco”, los cuales podrán ser utilizados como agentes terapéuticos frente a enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo inducido por radicales libres. Este enfoque confiere relevancia a la investigación por su potencial impacto en la salud de la población (9).

1.5. Hipótesis

Presenta polifenoles, flavonoides, antocianinas y actividad antioxidante el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocylindropuntia Floccosa* “Huaracco”.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

2.1. VISIÓN HISTÓRICA

El término antioxidante se empleó originalmente para designar específicamente a aquellos compuestos químicos que inhiben la reacción con el oxígeno. Entre finales del siglo XIX y principios del siglo XX, se llevaron a cabo investigaciones exhaustivas sobre la aplicación de antioxidantes en procesos industriales, particularmente en la prevención de la corrosión metálica (36). Posteriormente, el interés se desplazó desde los metales hacia la industria alimentaria y, finalmente, hacia el ámbito celular. Como parte de su adaptación evolutiva desde el medio marino, las plantas terrestres comenzaron a sintetizar antioxidantes no marinos, como el ácido ascórbico, los polifenoles y los tocoferoles. La posterior evolución de las angiospermas, ocurrida hace entre 50 y 200 millones de años, especialmente durante el período Jurásico, impulsó la producción de una variedad de pigmentos con actividad antioxidante. Estos compuestos evolucionaron en etapas posteriores como mecanismos de defensa química frente a las especies reactivas de oxígeno generadas durante la fotosíntesis (36). En la actualidad, se están investigando numerosos antioxidantes presentes en los vegetales. Los vestigios del uso de cactáceas en Perú se remontan al Horizonte Pre-agrícola, aproximadamente hace 10,000 años. Estos restos fueron hallados entre los despojos cercanos a la cueva de Pachamachay, próxima al lago de Junín, a una altitud de aproximadamente 4,200 metros sobre el nivel del mar (37). En este sitio se encontraron semillas de una especie de *Opuntia* con una antigüedad superior a 11,800 años, las cuales podrían corresponder a *Austrocyllindropuntia floccosa*, la única especie que crece a tales altitudes. Sus frutos aún son consumidos en las regiones montañosas del centro y sur del país, donde se producen de manera controlada o en forma silvestre. De sabor dulce, estos frutos son comestibles y, cuando se cocinan y espolvorean con azufre, son empleados en la medicina tradicional indígena en forma de cataplasmas para el tratamiento de afecciones pulmonares (37).

2.2. Antecedentes del estudio

2.2.1. Antecedentes nacionales

Pimentel, Sueros, Zegarra (2023) “MICROENCAPSULACIÓN DE BETACIANINA DE OPUNTIA FICUS-INDICA MEDIANTE LIOFILIZACIÓN Y EFECTO EN ESTABILIDAD Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE”- AREQUIPA (13).

La investigación tuvo como objetivo evaluar la estabilidad y la capacidad antioxidante de las betacianinas presentes en la pulpa de *Opuntia ficus-indica*. Para ello, se aplicó la técnica de microencapsulación de la pulpa liofilizada. La estabilidad de las betacianinas se analizó mediante espectroscopía, mientras que su actividad antioxidante se determinó a través del ensayo de inhibición del radical libre DPPH. Los resultados evidenciaron que la adición de goma de tara al 0,1 % p/v incrementó la vida media de las betacianinas en 1,19 veces respecto a la muestra sin encapsulante, mientras que el aislado de proteína de soja al 1,0 % p/v la aumentó en 1,10 veces. Asimismo, se observó que las microcápsulas presentaron una mayor actividad antioxidante que el pigmento no encapsulado, alcanzando una inhibición del 41 % del radical DPPH con la goma de tara al 0,1 % p/v. En cuanto a la microestructura, las cápsulas elaboradas con aislado proteico de soja mostraron una superficie lisa y homogénea, mientras que las obtenidas con goma de tara presentaron una morfología irregular. El análisis estadístico indicó que tanto el tiempo de exposición como la concentración del material de pared influyeron de manera significativa en la concentración de betacianinas. En conclusión, la microencapsulación de betacianinas mediante liofilización, utilizando goma de tara y aislado proteico de soja, mejora sus propiedades y representa una alternativa prometedora para aplicaciones en las industrias alimentaria y farmacéutica (13).

Enciso, Aguilar, Común, Tinco (2021) “ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA Y ANTIOXIDANTE DE TRES VARIEDADES DE *Opuntia ficus-indica* “TUNA””- LIMA (11).

Se evaluó la capacidad antioxidante y antiinflamatoria del extracto hidroalcohólico obtenido de los frutos de *Opuntia ficus-indica* en sus variedades morada, anaranjada

y blanca. Para ello, se determinaron los fenoles totales mediante el método de Folin-Ciocalteu, los flavonoides por el método del cloruro de aluminio y la actividad antioxidante mediante los ensayos DPPH, ABTS y FRAP. Asimismo, la actividad antiinflamatoria in vitro se analizó a través de la estabilización de la membrana de eritrocitos. El contenido de fenoles totales fue de 4,08; 3,87 y 3,69 mg EAG/g de extracto para las variedades anaranjada, blanca y morada, respectivamente ($p>0,05$). En cuanto a los flavonoides, la variedad anaranjada presentó la mayor concentración (2,36 mg EQ/g), seguida de la morada (2,29 mg EQ/g) y la blanca (2,0 mg EQ/g) ($p<0,05$). La capacidad de inhibición del radical DPPH fue más elevada en la variedad anaranjada (6,20 $\mu\text{mol ET/g}$) ($p<0,05$), mientras que la actividad antioxidante determinada por ABTS resultó superior en la variedad morada (25,35 $\mu\text{mol ET/g}$) ($p<0,05$). En el ensayo FRAP no se observaron diferencias significativas entre las variedades ($p>0,05$). Respecto a la actividad antiinflamatoria in vitro, los valores fueron de 60,32 % para la variedad anaranjada, 51,37 % para la morada y 36,01 % para la blanca, siendo menores en comparación con la dexametasona (87,93 %) y el diclofenaco (84,60 %) ($p<0,05$). En conclusión, la pulpa de las tres variedades de *Opuntia ficus-indica** presenta actividad antioxidante y antiinflamatoria (11).

Bernal, Tunqui (2020) “CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO DE LOS FRUTOS LIOFILIZADOS DE LA *Opuntia ficus-indica* “TUNA ROJA, NARANJA Y VERDE””- AREQUIPA (14).

Objetivo: Este estudio tuvo como finalidad determinar y comparar la capacidad antioxidante del mesocarpio de *Opuntia ficus-indica* (tuna) en sus variedades roja, naranja y verde, así como cuantificar su contenido de compuestos fenólicos totales y ácido ascórbico. Metodología: Las muestras fueron sometidas a liofilización mediante sonicación. La capacidad antioxidante se evaluó con el método del radical libre DPPH. El contenido de compuestos fenólicos totales se determinó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu, mientras que el ácido ascórbico se cuantificó por titulación volumétrica con 2,6-diclorofenolindofenol (2,6-DCPIP). Resultados: La capacidad antioxidante fue de 1281,5 mg equivalentes de Trolox (TE)/100 g de fruto liofilizado en la variedad roja, 886,3 mg TE/100 g en la variedad naranja y 853,7 mg TE/100 g en la verde. El

contenido de compuestos fenólicos totales alcanzó 71 mg equivalentes de ácido gálico (GAE)/100 g en la variedad roja, 69 mg GAE/100 g en la naranja y 55 mg GAE/100 g en la verde. En cuanto al ácido ascórbico, se obtuvieron valores de 31,25 mg (AA)/100 g en la variedad roja, 28,75 mg AA/100 g en la naranja y 23,75 mg AA/100 g en la verde. Conclusión: La variedad roja de *Opuntia ficus-indica* presentó la mayor capacidad antioxidante, así como los niveles más altos de compuestos fenólicos totales y ácido ascórbico, en comparación con las variedades naranja y verde, todas procedentes del departamento de Arequipa (14).

2.2.2. Antecedentes internacionales

Herrera, Melero, Zegbe, Cruz (2022) "FUNCIONALIDAD DE LAS CÁSCARAS DE LA TUNA "ROJA LISA": PARTE I (IN VITRO)"- MÉXICO (15).

Se cuantificaron metabolitos secundarios presentes en las cáscaras de tuna, los cuales pueden aprovecharse como compuestos bioactivos funcionales con potencial beneficio para la salud humana. El contenido de fenoles totales se determinó mediante el ensayo de Folin-Ciocalteu, las proantocianidinas con el método vainillina-HCl y los flavonoides totales mediante el ensayo colorimétrico con $AlCl_3$. En 2018 no se evidenció interacción significativa entre los factores sistema de riego y condición de almacenamiento de la fruta en relación con la concentración de compuestos fenólicos ($4,0 \pm 0,7$ a). El riego redujo las concentraciones de flavonoides ($0,45 \pm 0,18$ a), proantocianidinas ($9,3 \pm 1,4$ a) y antocianinas ($0,26 \pm 0,04$ a), independientemente del análisis de separación de medias. En 2019, la capacidad antioxidante de la pulpa se vio afectada por el almacenamiento prolongado, lo que repercutió en la concentración de compuestos fenólicos ($2,2 \pm 0,3$ a), flavonoides ($1,16 \pm 1,04$ a), proantocianidinas ($11,0 \pm 2,9$ a) y antocianinas ($0,19 \pm 0,09$ a). En conjunto, este estudio permitió cuantificar metabolitos secundarios en las cáscaras de tuna, los cuales representan compuestos bioactivos funcionales de interés. A lo largo de los dos años de evaluación, las concentraciones de fenoles totales, flavonoides, antocianinas y proantocianidinas estuvieron influenciadas tanto por el sistema de producción como por el tipo de almacenamiento poscosecha (15).

Manzanares, Ruiz, Cira, Estrada, Del Toro, Suárez (2022) “CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA, ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE FENOLES Y FLAVONOIDES TOTALES DE NOPAL MORADO (OPUNTIA GOSSELINIANA) EN DOS ETAPAS DE COLORACIÓN”- MÉXICO (16).

Objetivo: Se evaluaron las propiedades físico-químicas (color, pH y sólidos solubles totales), la actividad antioxidante mediante los métodos DPPH, ABTS y FRAP, el contenido de fenoles y flavonoides totales, así como la concentración de betalaínas. Además, se analizó la toxicidad de los extractos etanólicos de nopal en dos etapas de coloración (verde y morado) mediante bioensayos con *Artemia salina*. El análisis de color evidenció características diferenciadas en cada etapa, mientras que no se detectaron diferencias significativas en pH ni en sólidos solubles totales. El nopal verde presentó un mayor porcentaje de humedad (81 %) frente al nopal morado (76,65 %). Respecto a la toxicidad, los extractos del nopal morado mostraron menor efecto tóxico en comparación con los del nopal verde. Las muestras de color morado registraron los niveles más altos de fenoles (2,31 mg EAG/gps) y flavonoides totales (3,06 mg EQ/gps), además de presentar mayor actividad antioxidante en los tres ensayos aplicados. Conclusión: Los resultados sugieren que esta especie de cactácea constituye una fuente potencial de antioxidantes y pigmentos de interés para la industria agroalimentaria (16).

Manríquez, Tillaguango (2021) “DETERMINACIÓN DE FLAVONOIDES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE CLADODIOS DE NOPAL (*Opuntia ficus-indica*)”- ECUADOR (31).

Se evaluaron los beneficios del consumo de cladodios de nopal *Opuntia ficus-indica* en la salud humana, además de cuantificar su contenido total de flavonoides mediante análisis físicoquímicos. A través de la técnica colorimétrica con cloruro de aluminio se obtuvo un valor de $1,50 \pm 0,67$ mg EQ/g de muestra seca. Asimismo, la capacidad antioxidante, determinada por el método DPPH, fue de $64,90 \pm 0,51$ %. Este estudio aporta un enfoque distintivo al expresar el contenido de flavonoides en equivalentes de quercetina por gramo de muestra seca. Se concluye que el nopal posee un elevado

contenido de flavonoides y una notable actividad antioxidante, lo que lo posiciona como una alternativa nutricional con potencial para el mercado ecuatoriano (31).

Carrillo (2021) “EVALUACIÓN DEL NOPAL COMO MATERIA PRIMA PARA LA OBTENCIÓN DE BIOPRODUCTOS Y BIOENERGÉTICOS”- MÉXICO (40).

Objetivo: El estudio tuvo como finalidad diseñar un proceso de biorrefinería aplicado a *Opuntia ficus-indica*, orientado a la obtención de extractos antioxidantes, biometano y biohidrógeno como productos principales. Metodología: La concentración de compuestos fenólicos totales se determinó mediante el reactivo de Folin-Ciocalteu; los flavonoides se cuantificaron por el método del cloruro de aluminio; y la actividad antioxidante se evaluó mediante el ensayo DPPH. Los azúcares totales se calcularon siguiendo la metodología de Dubois (1951). Resultados: Los azúcares totales y reductores mostraron tendencias similares. Los extractos con metanol y etanol al 80 % presentaron las mayores concentraciones de azúcares, especialmente en las variedades cultivada y comercial (2,71–3,49 g/L). Los azúcares reductores alcanzaron valores entre 1,37 y 3,33 g/L. En cuanto a compuestos fenólicos totales, la variedad comercial (nopal 41) presentó los niveles más altos: 8,99 mg GAE/g con metanol al 80 % y 7,49 mg GAE/g con etanol al 80 %. La especie cultivada, extraída con metanol al 80 %, alcanzó 6,25 mg GAE/g. El mayor rendimiento de extracción se obtuvo también con metanol al 80 % (14,11–20,49 g/L), mientras que los valores más bajos se registraron con etanol al 100 % (1,36–2,49 g/L). Conclusiones: La variedad comercial destacó en la mayoría de los parámetros, aunque las tres especies mostraron una capacidad antioxidante similar frente al radical DPPH. En la digestión anaerobia, las mayores producciones de metano correspondieron a las variedades comercial (552 mL CH₄/gSV) y nativa (432 mL CH₄/gSV) con una RIS de 2,5. Respecto a la fermentación oscura, las máximas producciones de hidrógeno se registraron en la especie cultivada (435 mL H₂) y en la comercial (369 mL H₂), empleando una RIS de 0,2 (40).

2.2.3. Antecedentes locales

Huamaní (2023) “COMPUESTOS FENÓLICOS, CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y ÁCIDOS ORGÁNICOS DE TRES VARIEDADES DE TUNA (*Opuntia Ficus-Indica*) DE LA COMUNIDAD MUTCA – AYMARAES”- AYMARAES (8).

Objetivo: Evaluar las propiedades fisicoquímicas, el contenido de compuestos fenólicos, la capacidad antioxidante y la concentración de ácidos orgánicos en tres variedades de frutos de *Opuntia ficus-indica** (tuna) procedentes de la comunidad de Mutca, Aymaraes. Metodología: El contenido de fenoles totales se determinó por espectrofotometría, utilizando ácido gálico como estándar. La capacidad antioxidante se analizó mediante los métodos ABTS, DPPH, ORAC y FRAP, empleando Trolox como referencia. Resultados: Se identificaron diferencias significativas tanto en el contenido fenólico como en la capacidad antioxidante, particularmente en el ensayo DPPH. La variedad Morada mostró los valores más altos ($69,10 \pm 1,98$ mg EAG/100 g y $278,38 \pm 5,47$ μ mol ET/100 g), seguida por las variedades Amarilla y Blanca. En cuanto a los ácidos orgánicos, se detectaron en orden decreciente: cítrico, ascórbico, málico e isocítrico, con variaciones significativas entre las variedades. La tuna Blanca presentó la mayor concentración de ácido ascórbico ($257,87 \pm 70,25$ mg/100 g b.h.), mientras que la Morada destacó en ácido cítrico ($342,63 \pm 60,8$ mg/100 g b.h.) y málico ($76,12 \pm 13,25$ mg/100 g b.h.). Conclusiones: El análisis con el reactivo de Folin-Ciocalteu reveló diferencias significativas en el contenido de compuestos fenólicos entre las tres variedades ($P < 0,05$). La Morada presentó la mayor concentración ($69,10 \pm 1,98$ mg EAG/100 g), seguida de la Amarilla ($36,78 \pm 2,09$ mg EAG/100 g) y la Blanca ($28,43 \pm 0,94$ mg EAG/100 g). La actividad antioxidante, evaluada por DPPH, también mostró diferencias significativas ($P < 0,05$), con la Morada como la variedad más destacada ($278,38 \pm 5,47$ μ mol ET/100 g), seguida de la Amarilla ($148,57 \pm 3$ μ mol ET/100 g) y la Blanca ($126,41 \pm 7$ μ mol ET/100 g) (8).

2.3. Estado de la cuestión

A nivel internacional, diversos investigadores y estudios fundamentales han contribuido al creciente interés en los antioxidantes y su relación con la salud entre ellos Martínez (2020) Planteó la teoría de que los radicales libres pueden generar daño oxidativo y que los antioxidantes tienen la capacidad de proteger frente a este proceso, estableciéndose así una relación entre su consumo y la reducción del riesgo de desarrollar enfermedades crónicas (50). La evidencia científica, según lo señalado por Hernán Speisky (2021), respalda de manera contundente los beneficios para la salud asociados al consumo elevado de frutas y verduras, especialmente por su contenido en polifenoles y flavonoides (28). La familia Cactaceae ha sido reconocido a nivel mundial través de algunos estudios por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, cardiovasculares (aterosclerosis), oncológicas (cáncer esofágico, gástrico y colorrectal), metabólicas (diabetes tipo II) y neurodegenerativas (enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson) (50). En México en el estudio de Carrillo (2021) es uno de los cultivos más importantes a nivel mundial, no solo por su volumen de producción, sino también por su versatilidad y valor nutricional (40). En Ecuador en el estudio de Manríquez, Tillaguango (2021), demostró que respecto a las variedades de cactaceae no solo presentan micronutrientes, sino que también contienen antioxidantes naturales como polifenoles, antocianinas, flavonoides (31). En el ámbito nacional, las exportaciones de *Opuntia ficus-indica* provenientes del Perú han registrado un crecimiento considerable en los últimos años. En un estudio realizado por Castro, Aguirre (2022) en la ciudad de Lima, se evaluó la actividad antioxidante de tres variedades de *Opuntia ficus-indica* procedentes de la región de Ayacucho. El análisis se llevó a cabo a partir de extractos hidroalcohólicos obtenidos de la pulpa de frutos frescos de cada variedad. Los análisis revelaron que las variedades anaranjada, morada y blanca de *Opuntia ficus-indica* poseen actividad antioxidante y antiinflamatoria in vitro, asociada a la presencia de compuestos fenólicos totales y flavonoides (11). A nivel local, en la región de Apurímac, el estudio realizado por Huamaní (2023) destaca el potencial aprovechamiento de los recursos naturales, específicamente de *Opuntia ficus-indica*. Esta investigación tuvo como objetivo determinar las características fisicoquímicas, el contenido de compuestos

fenólicos, la capacidad antioxidante y la concentración de ácidos orgánicos en tres variedades de frutos de tuna (*Opuntia ficus-indica*), utilizando como materia prima ejemplares procedentes del departamento de Apurímac, con el fin de maximizar el aprovechamiento de sus propiedades beneficiosas (8).

2.4. Bases teórico- científicas

2.4.1. Aspectos botánicos de la especie *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco”.

2.4.1.1. Clasificación taxonómica

Clase: Equisetopsida C. Agardh

Sub clase: Magnoliidae Novák ex Takht.

Orden: Caryophyllales Juss. ex Bercht. & J. Presl.

Familia: Cactaceae Juss.

Subfamilia: Opuntioideae

Género: *Austrocyllindropuntia* Backeb.

Especie: *Austrocyllindropuntia floccosa* (Salm- Dyck)
F. Ritter

Nombre científico

Austrocylindropuntia floccosa

Nombres comunes

Huaracco, Huarango, Waquru, Waraço, Huaguro, Huacko, Hualau, Hualujo, Millhuash-hualujo (18).



Foto 1. *Austrocylindropuntia floccosa* (Huaracco).
Fuente: Terrazas Ortega M.M. Grau- Apurímac, 2024

2.4.1.2. Localización

Esta planta se distribuye en las regiones de Apurímac, Cajamarca, La Libertad, Junín, Huancavelica, Cusco, Arequipa y Puno, extendiéndose hasta Bolivia, en altitudes que van desde los 3600 hasta los 4300 metros sobre el nivel del mar (msnm). En las gélidas punas de nuestra geografía, la *Austrocylindropuntia floccosa* es el único cactus que prospera, desarrollándose de manera exitosa en hábitats que superan los 4000 msnm (19).

Esta especie, denominada en algunos lugares como “el abuelo” o “huaracco”, tiene su origen en Europa y fue posteriormente introducida y ampliamente difundida en América (19).

En Perú, esta especie se ha naturalizado en la región altoandina, encontrando una presencia destacada en comunidades locales y rurales. Su presencia es notable en

los escombros, en los cultivos de las laderas rocosas y en terrenos de laderas abiertas o pastizales (19).

2.4.1.3 Descripción

Planta de reducido tamaño, escasamente ramificada, con segmentos de proporciones diminutas, de forma globosa a cilíndrica corta, tuberculados, alcanzando una longitud de 6 cm. Presenta areolas notoriamente prominentes y alargadas, provistas de gloquidios y algunos pelos blancos en el margen inferior. En ocasiones, estos últimos pueden adquirir una longitud considerable. Las espinas, en número de 1 a 5, tienen una longitud de 3 cm, son erectas y exhiben tonalidades que varían entre el amarillo y el rojizo (17).

Las flores, con un diámetro de 3.5 cm, presentan tépalos de tonalidad carmín, con la base de un amarillo intenso. El pericarpelo se caracteriza por la presencia de escamas deciduales, así como gloquidios y finas cerdas dobladas en proximidad a la base. Los frutos, de forma esférica y con una superficie pubescente, alcanzan un diámetro de 3 cm y se encuentran ocultos entre los tallos. Esta planta se encuentra en estado silvestre (17).

2.4.1.4 Propiedades

La fruta en cuestión es notable por su agradable sabor dulce y su interior, que guarda similitud con el de la fruta de la tuna. Ambas comparten características tales como el color y tamaño de las pepas, las cuales son comestibles. En la medicina casera indígena, estas pepas, una vez cocidas y espolvoreadas con azufre, se emplean en forma de cataplasmas para tratar diversas afecciones pulmonares (18).

Además de su aplicación medicinal, esta fruta exhibe notables propiedades curativas y es aprovechada para la elaboración de productos como gelatinas e infusiones. Asimismo, se extrae la goma del huaracco. Este fruto alberga una variedad de nutrientes y antioxidantes, incluyendo vitaminas C, E y A, así como hierro y calcio.

Estas sustancias presentan propiedades antiinflamatorias naturales, capaces de modular y disminuir la reacción inflamatoria del cuerpo (20).

El huaracco evidencia su potencial para bloquear la liberación de citoquinas proinflamatorias en el organismo, debido a sus propiedades naturales antiinflamatorias y analgésicas. Este efecto se logra mediante el control de las prostaglandinas. En consecuencia, el consumo de huaracco se presenta como una opción eficaz para mitigar síntomas como calor interno, dolor de cabeza, fiebre y golpes (21).

2.4.1.5 Fitoquímica

La fitoquímica se encarga del estudio y análisis de la composición química de las plantas. Entre las metodologías empleadas, la extracción constituye una de las técnicas más utilizadas para la identificación y caracterización de los principios activos presentes en las plantas mencionadas, mediante la separación de los materiales solubles, es decir, los componentes fitoquímicos, de los tejidos vegetales que son insolubles, todo ello mediado por la acción de disolventes. La extracción sólido-líquido es la modalidad predominante, donde la materia prima y el disolvente se ponen en contacto de manera íntima a través de procesos como la percolación, la maceración y la inmersión (29).

2.4.1.5.1 Cumarinas

Son considerados como principios activos fenólicos que se encuentran en plantas medicinales y vegetales van a compartir una estructura general que va incluir un anillo aromático asociado al anillo de pirano. Estos principios activos se forman biosintéticamente a través de procesos de hidroxilación y lactonización, exhibiendo diversos sustituyentes y propiedades químicas. Se han identificado distintos tipos de cumarinas, clasificadas como simples y complejas, entre las cuales se destacan las furanocumarinas, piranocumarinas y otras variantes. Estas cumarinas son de particular interés debido a sus propiedades farmacológicas y fisiológicas. En términos de propiedades farmacológicas, estas cumarinas presentan una extensa variedad terapéutica al incidir en el efecto de la vitamina P, disminuyendo la permeabilidad capilar y fortaleciendo así los capilares. Además, actúan como tónicos sobre los vasos sanguíneos, si bien algunas pueden tener efectos venenosos. Otros aspectos

relevantes de sus acciones farmacológicas incluyen su función como vasodilatadores e inhibidores, su capacidad fotosensibilizante sobre la piel (especialmente en el caso de las furanocumarinas), y su aplicación en la fotoquimioterapia de condiciones como la psoriasis y otras dermatosis (29).

Estas cumarinas también exhiben propiedades antiinflamatorias y antiespasmódicas, especialmente en el caso de las piranocumarinas. Además, se ha observado su capacidad como vasodilatadores coronarios, sedantes y ligeros agregados hipocíticos. La modulación del anillo cumarínico ha demostrado facilitar la extracción de propiedades antiinflamatorias y antioxidantes, además de poseer propiedades antibacterianas (29).

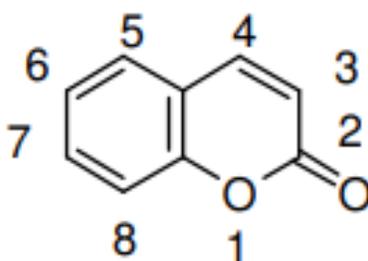


Figura 1. Estructura de las cumarinas (12)

2.4.1.5.2 Taninos

Los compuestos fenólicos son ampliamente distribuidos en el reino vegetal debido a su estructura compleja y presentan masas moleculares elevadas. Estos compuestos tienen la capacidad de catalizar y precipitar macromoléculas, tales como proteínas, celulosa y gelatina, que se encuentran en grandes cantidades en diversas partes de las plantas, como hojas, tallos, frutas y semillas. En los arbustos, estos compuestos suelen ser abundantes en las raíces (29).

Se reconocen tres tipos estructurales de taninos, cuya formación depende de diversas rutas metabólicas. Los taninos hidrolizables se sintetizan a través de la vía del ácido shikímico, en tanto que los florotaninos y condensados surgen de una biosíntesis mixta (29).

En cuanto a sus propiedades farmacológicas, estos compuestos fenólicos exhiben una variedad de efectos biológicos y farmacológicos. Se destacan por sus propiedades antisépticas, terapéuticas, hemostáticas, antiinflamatorias, broncodilatadoras, antifúngicas y citotóxicas. Además, se utilizan con fines analgésicos y como astringentes (29).

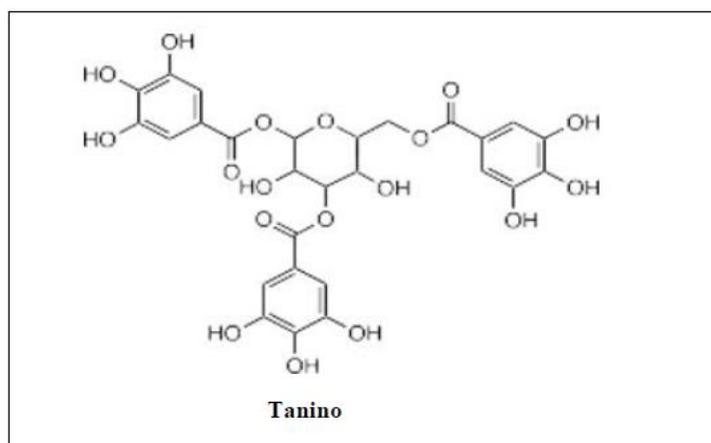


Figura 2. Estructura de los taninos (13)

2.4.1.5.3 Alcaloides vegetales

Los alcaloides vegetales, que constituyen uno de los grupos más extensos de productos naturales, representan una diversidad notable de entidades químicas. Esta categoría engloba una clase enormemente amplia que comprende alrededor de 12,000 productos naturales. El criterio fundamental para clasificar una sustancia como alcaloide radica en la presencia de al menos un átomo de nitrógeno con carácter básico en alguna parte de su estructura molecular, excluyendo aquellos que se encuentran formando parte de enlaces tipo amida o péptido. Debido a la amplitud de esta definición, los alcaloides constituyen un grupo de moléculas con una gran diversidad estructural y sin una relación biogénica común. Además, muchos de estos compuestos poseen efectos farmacológicos significativos. Por ejemplo, dentro de este grupo se encuentran analgésicos narcóticos como la morfina y la codeína, así como la apomorfina, un derivado de la morfina utilizado en el tratamiento del Parkinson. También se incluye la papaverina, empleada como relajante muscular, junto con los

agentes antimicrobianos sanguinarina y berberina. Es importante resaltar que a partir de compuestos vegetales se han desarrollado varios medicamentos altamente eficaces contra el cáncer (29).

2.4.1.5.4 Quinonas

Los compuestos carbonílicos insaturados, conocidos como benzoquinonas, naftoquinonas o antraquinonas, pueden presentar configuraciones estructurales monocíclicas, bicíclicas o tricíclicas. Se encuentran ampliamente distribuidos en diversas especies vegetales, en organismos superiores del reino vegetal, así como en hongos y bacterias. También se encuentran en la corteza y raíces de diversas especies y variedades. La presencia de unidades estructuralmente reactivas les confiere la capacidad de participar en procesos de reducción bioquímica, generando radicales libres intermedios que interactúan con el oxígeno, un mecanismo fundamental en su actividad farmacológica (29).

En el ámbito farmacológico, se manifiesta un interés particular en el desarrollo de diversos compuestos con actividad biológica basados en las quinonas. Estos compuestos exhiben propiedades antiinflamatorias, antivirales, antitumorales y antimicrobianas, aprovechando las variadas propiedades de estas moléculas. Entre las quinonas, las antraquinonas destacan por sus múltiples actividades biológicas, abarcando efectos antifúngicos, antibacterianos, anticancerígenos y antioxidantes. Por otro lado, las naftoquinonas exhiben potentes propiedades analgésicas y antibióticas (29).

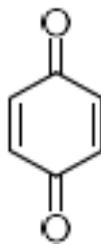


Figura 3. Estructura de las quinonas (12)

2.4.1.5.5 Leucoantocianinas

Los compuestos en cuestión pertenecen al tipo flavanoide y resultarían ser designados como flavan-3,4-cis-dioles, dado que poseen un grupo hidroxilo adicional en la posición 4 del heterociclo C, en contraste con las catequinas. Estos compuestos se encuentran abundantes en diversas plantas y actúan como precursores de otros compuestos, tales como antocianinas, taninos y catequinas. Un ejemplo notable de su presencia se observa en las fresas, donde la leucocianidina desempeña un papel crucial como precursor en la biosíntesis de flavonoides (29).

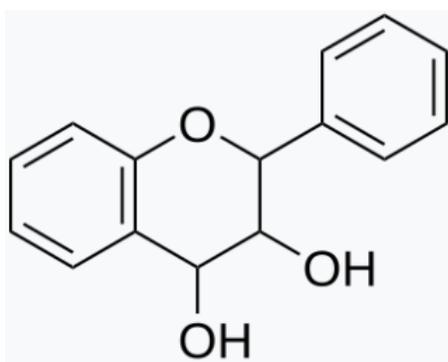


Figura 4. Estructura de leucoantocianinas (13)

2.4.1.6 Polifenoles, compuestos fenólicos, antocianinas y flavonoides

2.4.1.6.1 Polifenoles

Dentro de las categorías de metabolitos, los polifenoles emergen como metabolitos secundarios que desempeñan un papel crucial en la defensa contra la radiación ultravioleta y la proliferación de patógenos. Estos compuestos se encuentran presentes en más de 8000 estructuras químicas en plantas, caracterizadas por la presencia de al menos un anillo aromático, el cual se encuentra enlazado a uno o, en algunos casos, a múltiples grupos hidroxilos derivados de ésteres, éteres o glucósidos (22).

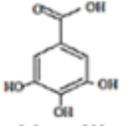
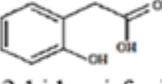
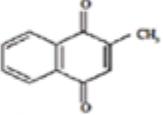
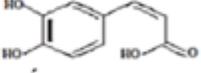
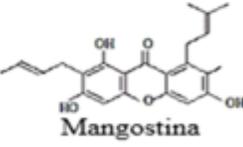
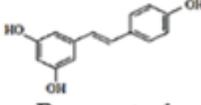
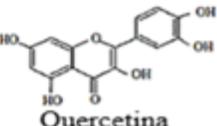
Los polifenoles constituyen una amplia y diversa clase de metabolitos secundarios presentes en múltiples órganos vegetales, abarcando flores, cortezas, raíces, tallos, hojas y frutos, múltiples investigaciones han confirmado que los polifenoles de origen

vegetal presentan distintas bioactividades, estrechamente relacionadas con su estructura química característica. Entre ellas destacan sus propiedades antioxidantes y antimicrobianas, así como su potencial efecto preventivo frente a enfermedades crónicas, cardiovasculares, cáncer, osteoporosis y trastornos neurodegenerativos. Estos compuestos son objeto de intensa investigación debido a su elevada capacidad antioxidante, así como a su potencial antimicrobiano, anticoagulante, anticancerígeno, cardioprotector y vasodilatador, estos efectos se relacionan con la movilidad de los átomos de hidrógeno fenólico, los cuales facilitan la defensa de las células humanas frente al daño inducido por células cancerígenas (22).

Los compuestos polifenólicos (CPF) son considerados sustancias biológicamente activas, respaldadas por evidencia epidemiológica y estudios in vitro, en animales y en seres humanos, que demuestran sus beneficios para el organismo en la prevención de diversas enfermedades (22).

Entre otras funciones, los compuestos polifenólicos protegen contra lesiones celulares y subcelulares, inhiben el crecimiento tumoral, promueven la activación de sistemas de detoxificación hepática y bloquean las vías metabólicas que podrían dar lugar a la carcinogénesis, transformando células sanas en células malignas o cancerígenas (22).

Tabla 1. Clasificación General de los Polifenoles.

Clase	Estructura	Ejemplo
Fenoles simples	C6	 Catecol
Ácidos hidroxibenzoicos	C6-C1	 Ácido gálico
Ácidos fenilacéticos	C6-C2	 Ácido 2-hidroxi-fenilacético
Naftoquinonas	C6-C4	 Menadiona
Ácidos hidroxicinámicos	C6-C3	 Ácido caféico
Xantomas	C6-C1-C6	 Mangostina
Estibenos	C6-C2-C6	 Resveratrol
Flavonoides	C6-C3-C6	 Quercetina

Nota: La tabla representa la clasificación general de los polifenoles. Tomada de Girbés T, Jiménez P. (22).

2.4.1.6.2 Compuestos fenólicos

Representan el grupo de fitoquímicos, presentes en abundancia y con significativa relevancia. Su importancia radica en su participación crucial en la fisiología y el

metabolismo celular, incidiendo en aspectos como la morfología, el crecimiento, la reproducción, la capacidad defensiva contra plagas y depredadores, así como en procesos fundamentales como la germinación, entre otros (23).

Estos compuestos están ampliamente distribuidos en productos naturales consumidos en la dieta humana, y recientemente se ha evidenciado su destacada actividad antioxidante, sugiriendo un potencial impacto positivo en la salud humana. La mayoría de los compuestos fenólicos constituyen un componente esencial de la dieta humana y se encuentran también en diversos preparados medicinales. Sus efectos beneficiosos se atribuyen principalmente a su actividad antioxidante, además de otras propiedades relevantes, como la acción antimicrobiana, antiinflamatoria y anticancerígena (23).

Entre los compuestos fenólicos más conocidos que se encuentran en las plantas se incluyen los ácidos fenólicos, los lignanos, los terpenos y los taninos. Los compuestos fenólicos son metabolitos presentes de forma natural en prácticamente todos los tejidos vegetales, incluidos los productos alimenticios de origen vegetal. Se ha postulado que desempeñan un papel fundamental en la dieta de los seres humanos y de los animales (11).

En gran medida, los antioxidantes naturales se centran en los compuestos fenólicos, siendo los flavonoides, los tocoferoles y los ácidos fenólicos grupos de particular relevancia entre estos antioxidantes naturales (23).

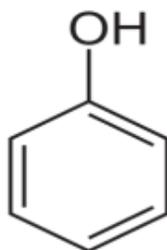


Figura 5. Estructura del fenol (13)

2.4.1.6.3 Flavonoides

Derivado del término latino "flavus", que significa "amarillo", el vocablo "flavonoide" se emplea de manera genérica para describir una variedad de metabolitos secundarios. Los flavonoides han adquirido una relevancia significativa debido a sus efectos beneficiosos para el cuerpo humano, que incluyen propiedades antibacterianas, anticancerígenas y la capacidad de reducir el riesgo de enfermedades cardíacas (12). Estos compuestos orgánicos, conocidos como flavonoides, se encuentran de manera natural en las plantas. Aunque en la naturaleza existen más de 5000 compuestos flavonoides, los presentes en los alimentos se clasifican en seis categorías principales: flavonoles, antocianinas, flavan-3-oles, isoflavonoides, flavanonas y flavonas. Estos compuestos son de especial interés debido a los beneficios que aportan a la salud humana. Se ha observado que el consumo de flavonoides está asociado con un menor riesgo de muerte por enfermedades cardiovasculares. La estructura fundamental del flavonoide se representa en la Figura 6, donde se destaca el núcleo flavano, compuesto por 15 átomos de carbono distribuidos en tres anillos C6–C3–C6, identificados como A, B y C. La presencia de dobles enlaces, así como el carbonilo y el grupo hidroxilo en el anillo de piranilo C, son elementos cruciales que determinan la clasificación de los flavonoides en diversas clases y subclases (12).

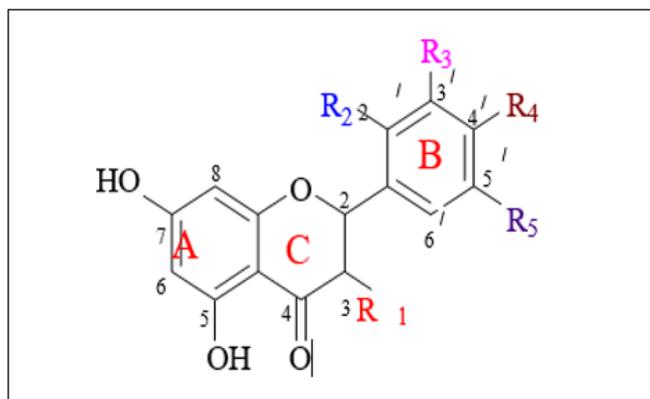


Figura 6. Estructura Química de los Flavonoides Naturales (13).

2.4.1.6.4 Antocianinas

Los compuestos en cuestión son solubles en agua, y su color e intensidad en solución se ven fuertemente influenciados por el pH. Las variaciones cromáticas de las

antocianinas están estrechamente relacionadas con las modificaciones estructurales dependientes del pH. Estas moléculas cumplen una función biológica fundamental como agentes antioxidantes, además de conferir color a las plantas y a los productos de origen vegetal, lo que les otorga una importancia significativa (8).

Las antocianinas pueden actuar tanto como antioxidantes como agentes antibacterianos. Estos compuestos se presentan como glucósidos de las antocianidinas, siendo la glucosa casi invariablemente parte integral de su molécula, ubicada comúnmente en la (posición 3-hidroxilo del anillo C). En casos en los que la antocianina presenta múltiples glucósidos, estos tienden a ubicarse comúnmente en la segunda posición del enlace, específicamente en la posición 5, como se observa en la Figura 7 (24). Cabe destacar que la presencia de antocianinas no se limita únicamente a alimentos de origen vegetal, sino que también las antocianidinas desempeñan un papel significativo en la coloración de frutos y flores. En conjunto con los taninos y los antocianos, contribuyen a conferir el característico color rojo a los vinos añejos. La industria alimentaria aprovecha las propiedades cromáticas de las antocianinas, al emplear estos compuestos como colorantes naturales, estos están clasificados en el Codex Alimentarius bajo el código E169. Dada su actividad antioxidante, las antocianidinas como las antocianinas se vinculan con beneficios para la salud humana. El consumo de estos compuestos está vinculado a la prevención de enfermedades derivadas del estrés oxidativo, tales como enfermedades cardíacas coronarias y el cáncer (24).

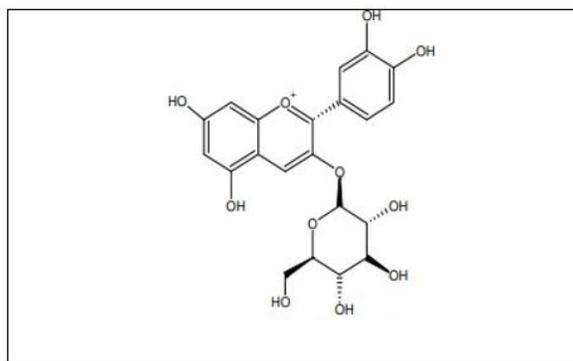


Figura 7. Antocianina 3-Glucosido (24).

2.4.1.7 Antioxidantes

Se denomina antioxidantes a aquellos compuestos capaces de prevenir el daño celular ocasionado por los procesos oxidativos normales que tienen lugar en el organismo. Estos actúan protegiendo a las moléculas sensibles frente a la oxidación inducida por las especies reactivas de oxígeno (EROs), principalmente mediante la cesión de átomos de hidrógeno, lo que evita la formación de radicales libres, reconocidos como promotores de diversas enfermedades. Los organismos aerobios han desarrollado mecanismos de defensa antioxidante frente a las sustancias derivadas del oxígeno capaces de generar daño celular, conocidas como especies reactivas de oxígeno. Sin embargo, cuando la producción de dichas especies es excesiva y supera la capacidad antioxidante endógena del organismo, se produce un desequilibrio denominado estrés oxidativo (9).

El ser humano sintetiza enzimas catalíticas, entre las que destacan la catalasa, glutatión peroxidasa y superóxido dismutasa, las cuales desempeñan un papel fundamental en la supresión de radicales libres y otras especies reactivas. Sin embargo, estos mecanismos endógenos de defensa no resultan suficientes para proteger completamente al organismo. En este sentido, la alimentación adquiere un rol esencial, ya que provee de antioxidantes exógenos, indispensables para mantener una buena salud. Estos compuestos son particularmente relevantes debido a la facilidad con la que pueden incorporarse al organismo a través de una dieta rica en frutas y verduras. Su consumo contribuye al bienestar general y brinda protección frente a diversas patologías, entre las que se incluyen determinados tipos de cáncer, así como enfermedades cerebrovasculares y cardiovasculares. La actividad antioxidante de los vegetales se atribuye principalmente a la presencia de compuestos bioactivos, tales como polifenoles, flavonoides, vitamina C, betacarotenos y vitamina E. En este contexto, resulta fundamental impulsar investigaciones orientadas al estudio de frutas y vegetales poco explorados, que permitan evidenciar su potencial nutricional y medicinal, favoreciendo así la difusión y el aprovechamiento de su valor por parte de la población (9).

Para evaluar la actividad antioxidante de un compuesto o muestra se emplean diversos métodos, los cuales se basan en la generación de radicales libres mediante diferentes sistemas. La muestra interactúa con las especies reactivas de oxígeno, evitando la propagación de radicales libres mediante la acción de los compuestos antioxidantes que contiene. Es importante señalar que la actividad antioxidante no puede establecerse de forma directa; lo que realmente se determina es el efecto antioxidante global de la muestra. En un escenario ideal, lo adecuado sería aislar los distintos compuestos que conforman una matriz natural, como el zumo de frutas, y evaluar de manera individual la capacidad antioxidante de cada uno. No obstante, esta tarea resulta compleja debido a la dificultad de precisar la concentración y el número exacto de las sustancias presentes. Los antioxidantes se caracterizan por su capacidad de donar electrones a los radicales libres, evitando que estos los extraigan de las células circundantes y, con ello, previniendo el daño oxidativo. Un aspecto particularmente relevante es que los antioxidantes naturales conservan su estabilidad electroquímica después de donar electrones. Esta propiedad los convierte en aditivos valiosos para la industria alimentaria, donde son empleados en la formulación de productos procesados, ya que retrasan la formación de compuestos indeseables y previenen fenómenos de rancidez asociados a procesos de oxidación (9).

2.4.1.7.1 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante se entiende como la facultad de una sustancia para impedir los procesos de oxidación degradativa, especialmente la peroxidación de lípidos. En este contexto, un antioxidante ejerce su acción principalmente a través de su capacidad para reaccionar con radicales libres (9). La técnica de DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidrazilo) fue propuesta por Brand-Williams. Esta técnica es fundamentada en la reducción del radical DPPH• por parte de los antioxidantes asistentes o presentes en la muestra. La determinación de la actividad de las sustancias frente al radical libre estable 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH) se lleva a cabo en una solución etanólica de tonalidad violeta intensa. Esta coloración se atenúa progresivamente con la adición de la muestra que posee compuestos antioxidantes, transformándose gradualmente en un matiz amarillo visible (9).

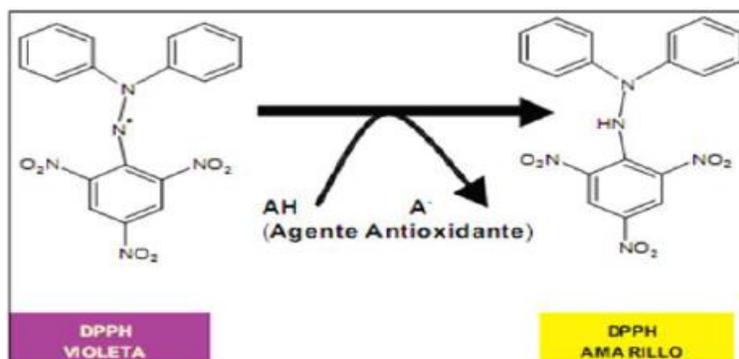


Figura 8. Reacción del DPPH con un agente oxidante Extraído de “Krinsky” (1989) (9).

2.4.1.7.2 Método de Folin-Ciocalteu

La prueba de Folin-Ciocalteu es un método ampliamente reconocido utilizado para determinar el contenido fenólico total (TPC). Inicialmente desarrollada para analizar proteínas, este método ha hallado una aplicación ampliamente prolongada en estudios clínicos y nutricionales con el propósito de cuantificar el contenido total de polifenoles en alimentos de origen vegetal y muestras biológicas. Singleton, Orthofer y Lamuela-Raventos (1999) adaptaron originalmente este método para analizar los componentes fenólicos en el vino, convirtiéndolo posteriormente en una herramienta rutinaria para evaluar la capacidad antioxidante de extractos de alimentos y plantas (8).

En la actualidad, la prueba de Folin-Ciocalteu se encuentra comercialmente disponible a través de diversas entidades comerciales prominentes. Este método se emplea ampliamente para la cuantificación de polifenoles en extractos vegetales, así como en matrices alimentarias y bebidas. Su fundamento radica en la habilidad de los compuestos fenólicos para llevar a cabo la reducción del reactivo de Folin-Ciocalteu en condiciones alcalinas. Aunque la composición química exacta de este reactivo no está completamente definida, se postula la existencia de un complejo de ácido fosfomolibdico/fosfotúngstico que se reduce, dando lugar a un cromóforo azul con una absorción máxima a una longitud de onda de 765 nm (Figura 9) (8).

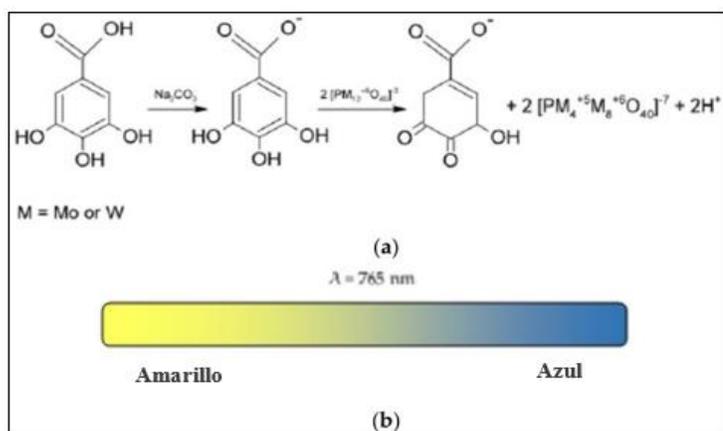


Figura 9. Método de Folin-Ciocalteu (8).

2.4.1.7.3 Método De Woisky y Salatino (determinación del contenido de flavonoides)

La reacción con cloruro de aluminio se emplea para la cuantificación de flavonoides totales, basada en la formación de complejos estables con el carbono 4 y con los grupos hidroxilo localizados en los carbonos 3 y 5 de flavonas y flavonoles. Este procedimiento posibilita la determinación del contenido de flavonoides en la muestra utilizando la rutina como estándar de referencia. La evaluación se realiza mediante la medición de la absorbancia a longitudes de onda elevadas, lo que reduce la interferencia de otras sustancias fenólicas. Este método se distingue por su precisión, proporcionando desviaciones mínimas en comparación con otros ensayos (14).

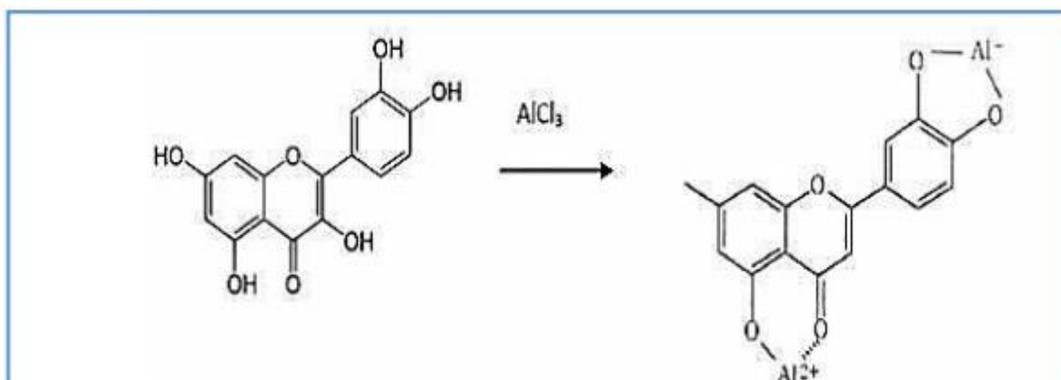


Figura 10. Estructura del complejo AlCl_3 -Flavonoide (14).

2.4.1.7.4 Ensayo de DPPH

El radical DPPH° se presenta como un monómero tanto en estado sólido como en solución. Los primeros estudios estructurales indican que su baja reactividad se debe principalmente al "efectivo resguardo de la estructura hidracilo por las partes circundantes de la molécula", y en menor medida, a la conjugación extendida. Este radical es soluble en varios disolventes orgánicos, con la excepción del agua. Generalmente, se disuelve en metanol, etanol o en mezclas acuosas de estos, siempre que el contenido de agua no supere el 60%, lo que facilita su solubilidad (12).

La prueba de neutralización del DPPH se fundamenta en la capacidad de los antioxidantes para donar electrones, lo que permite la neutralización del radical DPPH. Esta reacción provoca un cambio de color, el cual se mide a una longitud de onda de 517 nm, reflejando su actividad antioxidante (12).

El método DPPH se considera una prueba sencilla que requiere únicamente un espectrofotómetro Vis o un espectrómetro de resonancia paramagnética electrónica (EPR). Sin embargo, es importante señalar que el DPPH• no corresponde a un radical presente de forma natural; no obstante, su mecanismo de reacción con antioxidantes es análogo al de los radicales peroxilo (ROO•) (12).

2.4.1.7.5 Método de pH diferencial

El método fue descrito originalmente por Francis en 1957 y posteriormente por Servadio en 1963, con modificaciones realizadas por Fuleki y Francis en 1968 en el enfoque de pH diferencial. Esta técnica permite estimar el contenido total de antocianinas de manera alternativa, incluso en presencia de pigmentos polimerizados y otras interferencias, la cuantificación puede realizarse mediante el empleo de sistemas tampón y mediciones espectroscópicas en el rango UV-Visible. Como resultado, se obtiene la absorbancia máxima en la región visible (25).

Este método, descrito en 1957 por Francis y después por Servadio en 1963, experimentó modificaciones a través de investigaciones adicionales llevadas a cabo por los científicos Fuleki, T. y Francis, F. en 1968. Estas adaptaciones reformularon el enfoque del método de pH diferencial. Este enfoque permite estimar el contenido total

de antocianinas de manera alternativa, incluso en presencia de pigmentos polimerizados y otras posibles interferencias, el uso de sistemas de amortiguación y la aplicación de espectroscopía UV-Visible permiten una determinación confiable. La cuantificación precisa se obtiene mediante la medición de la absorbancia máxima en la región visible, expresándose los resultados en términos de pigmentos de antocianinas, comúnmente representados como cianidina-3-glucósido. De acuerdo con los estudios de Francis y Fuleki (1968), el cálculo del contenido de antocianinas se fundamenta en el peso molecular y en el coeficiente de extinción molar de la antocianina predominante en la matriz de la muestra (25).

2.4.1.8 Radicales libres

Los radicales libres mantienen una estrecha relación con la salud, dado que los compuestos generados durante el proceso de oxidación de biomoléculas han sido asociados con diversas enfermedades. Principalmente, se han vinculado con procesos degenerativos, tales como la enfermedad cardiovascular y ciertos tipos de cáncer. Esto se atribuye a las mutaciones inducidas en el ADN por los radicales libres y a su capacidad para favorecer la proliferación celular al alterar factores de transcripción. Además, se han identificado patologías relacionadas con el deterioro del sistema cognitivo como resultado de la acción de estos compuestos. En este sentido, un antioxidante se describe como una sustancia que, aun encontrándose en bajas concentraciones respecto al sustrato oxidable, posee la capacidad de impedir o retardar la oxidación de este (9).

2.5 Definición de términos

- **Oxidación:** La oxidación constituye un proceso electroquímico mediante el cual un ion o átomo cede uno o varios electrones. Este fenómeno conduce a la formación de moléculas altamente inestables, identificadas como especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, que poseen electrones susceptibles de interactuar con diversos sustratos orgánicos, entre ellos lípidos, proteínas y ADN (12).

- **Radical libre:** Los átomos que presentan un electrón desapareado exhiben una considerable inestabilidad química, lo que les confiere una notable reactividad oxidante hacia otras especies químicas cercanas, las cuales experimentan reacciones rápidas en presencia de dichos átomos (13).
- **Antocianinas:** Los pigmentos solubles en agua se encuentran en las vacuolas de las células vegetales y son los encargados de aportar tonalidades rojas, azules, violetas o púrpuras a hojas, flores y frutos (9).
- **DPPH:** Este estudio consiste en la evaluación de la actividad antioxidante mediante el empleo del método del radical libre 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (9).
- **Folin-Ciocalteu:** Se trata de un reactivo compuesto por una mezcla de fosfomolibdato y fosfotungstato, empleado en la determinación de polifenoles totales (12).
- **pH diferencial:** A través de este método, se posibilita una medición rápida y precisa de la cantidad total de antocianinas, basándose en la reacción en cuestión (12).
- **pH:** La determinación del grado de acidez o basicidad de una solución se lleva a cabo mediante la medición de la concentración de iones hidrógeno. El pH se expresa en una escala que varía de 0 a 14, donde el valor 7 se considera el punto de referencia neutro (9).
- **Estrés oxidativo:** a la rotura del equilibrio entre la producción de especies oxidantes y las defensas antioxidantes (8).
- **Rutina:** Es un glucósido del flavonol conocido como vitamina P (quercetina-ramnosilglucósido). Se trata de un antioxidante constituido por una molécula de quercetina unida a un residuo glicosídico (10).
- **Trolox:** es un análogo de la vitamina E soluble con actividad antioxidante utilizado para reducir el daño por estrés oxidativo (10).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Materiales biológicos

- **Muestras:**

Se utilizó los frutos de la especie de *Austrocyllindropuntia Floccosa* (Huaracco).

3.2. Materiales e instrumentos de laboratorio

3.2.1. Materiales de campo

- Cutter
- Bolsas herméticas de polietileno
- Bolsas de papel
- Guantes de cuero
- Cámara fotográfica
- Papel kraft
- Marcadores

3.2.2. Materiales de vidrio

- Tubos de ensayo 5,10 y 20 mL
- Tubos de ensayo de 20 mL con tapa rosca
- Vasos de precipitado de 50, 100 y 200 mL.
- Frascos termorresistentes de 250 y 500 mL.
- Placas Petri.
- Pipetas de 1,5 y10 mL
- Baguetas
- Probetas de 10 y 100 mL
- Botella de vidrio color caramelo de 3 litros de capacidad.
- Embudo.
- Matraces de 250 mL.
- Goteros

- Micropipeta
- Pinzas
- Mechero
- Propipeta
- Piseta
- Papel filtro

3.2.3. Instrumentos

- pHmetro HANNA INSTRUMENTS
- Estufa eléctrica MEMMERT ®, con una capacidad de 32 litros y un rango de temperatura desde 5°C (temperatura ambiente) hasta 60°C.
- Balanza analítica KERN® (ABT 320-4M), con una capacidad de 320gr, resolución de 0,1mg y sensibilidad 1mg.
- Refrigerador BOSCH ®, hasta -20°C.
- Espectrofotómetro uv/vis THERMO SCIENTIFIC ® MOD: GENESYS 20, con un rango de medición de 325nm a 1100nm.
- Rota vapor RV 10 control auto Con baño de calentamiento HB 10, bomba controlada por velocidad.

3.2.4. Reactivos

- Etanol
- Metanol Q.P
- Etanol Q.P
- Acetato de etilo Q.P
- Cloroformo Q.P
- Hexano
- Éter etílico Q.P
- Acetato de cobre
- Cloruro férrico al 1%

- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido clorhídrico concentrado
- Ácido clorhídrico al 1%, 5% y 0.5N
- Hidróxido de sodio
- Limaduras de magnesio
- Reactivos de Dragendorff
- Reactivo de Mayer
- Reactivo de Benedict
- Amoniacó concentrado
- Reactivo de Folin Ciocalteu
- Ácido Gálico Q.P
- Carbonato de sodio
- Rutina Q.P
- Tricloruro de aluminio al 10%
- Acetato de sodio
- Reactivo DPPH
- Cloruro de potasio
- Ácido acético glacial
- Ácido clorhídrico 0.1N
- Trolox

3.3. Diseño metodológico

3.3.1 Metodología de la investigación

3.3.1.1. Enfoque investigativo

El estudio se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, ya que se fundamenta en la recolección y análisis de datos numéricos obtenidos a través de técnicas espectrofotométricas, con el fin de cuantificar el contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas y evaluar la actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocylindropuntia floccosa* "Huaracco" (53).

3.3.1.2. Alcance

La investigación es de tipo básica, dado que su finalidad principal es generar conocimiento científico sobre el contenido de polifenoles, flavonoides, antocianinas y la actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyindropuntia floccosa* "Huaracco". No persigue una aplicación práctica inmediata, sino aportar información relevante que sirva de base para futuras investigaciones (53).

3.3.1.3. Tipo de estudio

El presente estudio es de tipo descriptivo, porque implica la recopilación, organización y presentación sistemática de datos cuantitativos y/o cualitativos, con el objetivo de describir de manera objetiva y precisa las características, propiedades o comportamientos de un fenómeno determinado (53).

3.3.1.4. Diseño de la investigación

El presente estudio emplea un diseño cuasiexperimental respecto a la cuantificación de metabolitos de actividad antioxidante, polifenoles, flavonoides y antocianinas, Se manipuló la variable independiente (concentración del extracto) para observar los resultados en las variables dependientes (53).

3.3.2. Ensayo determinación del contenido total de polifenoles

G1	X1	O1
G2	X2	O2
G3	X3	O3
G4	X4	O4
G5	X5	O5
G6	X6	O6
G7	-	O7

Donde:

- **G1, G2, G3, G4, G5, G6 y G7:** Tubo de ensayo con el reactivo de Folin Ciocalteau
- **X1:** Patrón (ácido gálico).
- **X2, X3, X4, X5 y X6:** Concentraciones del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.
- **O1, O2, O3, O4, O5, O6 Y O7:** Lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 765nm.
- -: Ausencia de tratamiento.

3.3.3. Ensayo determinación del contenido total de flavonoides

G1	X1	O1
G2	X2	O2
G3	X3	O3
G4	X4	O4
G5	X5	O5
G6	X6	O6
G7	-	O7

Donde:

- **G1, G2, G3, G4, G5, G6 y G7:** Tubo de ensayo con el reactivo de tricloruro de Aluminio
- **X1:** Patrón (rutina).
- **X2, X3, X4, X5 y X6:** Concentraciones del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.
- **O1, O2, O3, O4, O5, O6 Y O7:** Lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 415nm.
- -: Ausencia de tratamiento.

3.3.4. Ensayo determinación del contenido total de antocianinas

G1	X1	O1
G2	X2	O2
G3	X3	O3
G4	X4	O4
G5	X5	O5
G6	X6	O6
G7	-	O7

Donde:

- **G1, G2, G3, G4, G5, G6 y G7:** Grupos con buffer a pH 1 y 4.5
- **X1, X2, X3, X4, X5 y X6:** Concentraciones del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.
- **O1, O2, O3, O4, O5, O6 Y O7:** Lectura en el espectrofotómetro a longitud de onda de 520nm (pH 1) y 700 nm (pH 4.5)
- -: Ausencia de tratamiento antioxidante.

3.3.5. Ensayo determinación de la actividad antioxidante.

G1	X1	O1
G2	X2	O2
G3	X3	O3
G4	X4	O4
G5	X5	O5
G6	X6	O6
G7	-	O7

Donde:

- **G1, G2, G3, G4, G5, G6 y G7:** Tubo de ensayo con el reactivo DPPH.

- **X1:** Patrón (Trolox).
- **X2, X3, X4, X5 y X6:** Concentraciones del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.
- **O1, O2, O3, O4, O5, O6 Y O7:** Lectura en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm.
- Ausencia de tratamiento.

3.4. Identificación, definición y operacionalización de variables.

3.4.1. Identificación de variables.

Variables implicadas:

- Concentración del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* (26).
- Contenido Total de Polifenoles del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* (26).
- Contenido Total de Flavonoides del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* (27).
- Contenido Total de Antocianinas del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* (27).
- Actividad Antioxidante del Extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* (27).

Variables no implicadas:

- Recolección de la Especie

3.4.2. Definición de variables.

3.4.2.1. Variables implicadas

A.- Concentración del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.

La definición corresponde a la proporción de extracto obtenido mediante la maceración de materia prima secada de origen vegetal en contacto con etanol al 70%, el cual posteriormente se disolverá en agua destilada (26).

Indicador: Peso en mg de extracto/volumen en mL de agua destilada

Definición: La proporción o relación que subsiste entre la cantidad de extracto etanólico (soluto) y la cantidad de agua (disolvente) (26).

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cuantitativa
- **Medición:** Directa
- **Escala:** Razón o proporción
- **Instrumento de medición:** Balanza analítica (Sensibilidad de 0,001g)
- **Proceso de medición:** Se llevo a cabo la medición del extracto etanólico al 70% (mg), posteriormente se llevará a cabo una dilución en agua destilada (mL), y se procederá a tomar la cantidad apropiada (26).
- **Expresión final:** mg/mL

B.- Concentración total de fenoles del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocylandropuntia Floccosa*.

La metodología de Folin-Ciocalteu se fundamenta en la capacidad de los polifenoles para reaccionar con agentes oxidantes, dando lugar a la formación de complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico, los cuales son cromógenos que exhiben un intenso color azul (27).

Indicador: Equivalentes a ug de ácido gálico del extracto/cantidad en ug de extracto.

Definición: Se investigó la relación entre la cantidad de fenoles cuantificados, expresados como equivalentes de sustancia pura y estable (ácido gálico), y la cantidad de extracto (27).

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cuantitativa
- **Medición:** Indirecta
- **Escala:** Razón o proporción
- **Instrumento de medición:** Espectrofotómetro UV-visible

- **Proceso de medición:** Se produjo una coloración azulada al tratar el extracto etanólico al 70% con el reactivo de Folin Ciocalteu, seguido de una incubación a ebullición en baño maría durante un período de treinta minutos. Posteriormente, se procederá a medir la absorbancia utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda de 765 nm (26).
- **Expresión final:** Equivalentes a ug de ácido gálico/100ug de extracto (26).

C.- Concentración total de flavonoides del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.

El catión aluminio establece complejos coloreados con los flavonoides en solución etanólica, los cuales exhiben estabilidad. Esto posibilita la realización de un análisis espectrofotométrico a una longitud de onda de 415 nm (27).

Indicador: Equivalentes a ug de Rutina del extracto/cantidad en ug de extracto (27).

Definición: La relación entre la cantidad de flavonoides cuantificados, expresados como equivalentes de sustancia pura y estable (rutina), y la cantidad de extracto (27).

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cuantitativa
- **Medición:** Indirecta
- **Escala:** Razón o proporción
- **Instrumento de medición:** Espectrofotómetro UV-visible
- **Proceso de medición:** Los tubos de ensayo que contuvieron el extracto etanólico al 70% de *Austrocyllindropuntia floccosa* fueron tratados con el reactivo tricloruro de aluminio al 20% en etanol, seguidos de una incubación durante media hora a temperatura ambiente. Se observó una coloración amarilla, cuya absorbancia se cuantificó en el espectrofotómetro a una longitud de onda de 415 nm (27).
- **Expresión final:** Equivalentes a ug de rutina/500ug de extracto (27).

D.- Concentración total de antocianinas del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.

Se hace referencia a la cantidad de antocianinas cuantificadas, expresadas como equivalentes de una sustancia pura y estable, así como a la cantidad del extracto (11).

Indicador: Equivalentes a mg cianidina-3-glucósido/g muestra (26).

Definición: Se examinó la relación entre la cantidad de antocianinas cuantificadas, expresadas como equivalente de la sustancia pura y estable (cianidina-3-glucósido), y la cantidad del extracto (26).

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cuantitativa
- **Medición:** Indirecta
- **Escala:** Razón
- **Instrumento de medición:** Espectrofotómetro UV-visible
- **Proceso de medición:**

Los tubos de ensayo que contenían el extracto etanólico fueron tratados con una solución tampón ajustada a pH 1,0 (forma oxonio) y pH 4,5 (forma hemiacetal). Posteriormente, se mantuvieron a temperatura ambiente y se registró la absorbancia en un espectrofotómetro a 520 nm (para pH 1,0) y 700 nm (para pH 4,5) (26).

- **Expresión final:** Equivalentes a mg cianidina-3-glucósido/g muestra (9).

E.- Actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa*.

El método se fundamenta en la capacidad de secuestrar el radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), atribuida a la deslocalización de su electrón no apareado. Dicha deslocalización es, además, responsable de su característica coloración violeta (26).

Indicador: Porcentaje de captación de Radical DPPH por el extracto.

Definición: La cantidad que representa la proporcionalidad de una o más partes del radical DPPH captado por el extracto, en relación con un total que se considera dividido en cien partes (27).

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cuantitativa
- **Medición:** Indirecta
- **Escala:** Razón o proporción
- **Instrumento de medición:** Espectrofotómetro UV-visible.
- **Proceso de medición:** Al tratar el extracto etanólico al 70 % con el reactivo DPPH se generó una coloración morada, y las muestras fueron incubadas durante 30 minutos a temperatura ambiente en ausencia de luz. La absorbancia se registró mediante un espectrofotómetro a 517 nm. La disminución del color del DPPH, de morado a amarillo, indica la eficacia del extracto en la captura de radicales libres (26).
- **Expresión final:** Porcentaje de actividad de captación (27).

3.4.2.2. Variables no implicadas

Las plantas medicinales albergan principios activos cuyas características se ven influenciadas por diversos factores. Por lo tanto, comprender que la elección adecuada de la especie a recolectar es tan significativa como determinar el momento y la manera en que llevamos a cabo dicha recolección (27).

Indicador: Procedencia de la especie.

Definición: La denominación asignada al área o región geográfica donde se encuentra y ha sido recolectada la especie vegetal (27).

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cualitativa.
- **Medición:** Directa
- **Escala:** Nominal

- **Proceso de medición:** La planta se recolectó en el Distrito de Chuquibambilla, situada en la Provincia de Grau, Departamento Apurímac a una altitud de 3952 msnm (27).
- **Expresión final:** Chuquibambilla.

Indicador: Temporada de recolección.

Mes y año en el cual se recolectó la planta.

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cualitativa.
- **Medición:** Directa
- **Escala:** Nominal
- **Proceso de medición:** La especie *Austrocylindropuntia Floccosa* fue recolectada el mes de mayo del año 2024 (26).
- **Expresión final:** Mayo.

Indicador: Partes utilizadas.

Definición: Frutos de la especie *Austrocylindropuntia Floccosa* (26).

Definición operacional:

- **Naturaleza:** Cualitativa.
- **Medición:** Directa
- **Escala:** Nominal
- **Proceso de medición:** Se utilizaron los frutos de la especie *Austrocylindropuntia Floccosa* (26).
- **Expresión final:** Frutos.

Tabla 2. VARIABLES IMPLICADAS

VARIABLES IMPLICADAS									
	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	NATURALEZA	FORMA DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	EXPRESIÓN FINAL
	Concentración del extracto etanólico al 70% del fruto de <i>Austrocyliindropuntia Floccosa</i> "Huaracco".	La cantidad utilizada se deriva del extracto obtenido de materia prima desecada de origen vegetal mediante el proceso de maceración en contacto con etanol al 70% (26).	Peso en mg de extracto/volumen en mL de agua destilada.	Cuantitativa	Directa	De Razón	Balanza analítica	Se procedió a pesar el extracto etanólico al 70% en estado seco (mg), posteriormente se llevó a cabo su dilución en agua destilada (mL) y se extrajo la cantidad adecuada de la solución resultante (26).	mg/mL
	Contenido total de polifenoles del extracto etanólico al 70% del fruto de <i>Austrocyliindropuntia Floccosa</i> "Huaracco".	La capacidad de los polifenoles para reaccionar con agentes oxidantes, dando lugar a la formación de complejos fosfomolibdico-fosfotúngstico (26).	Equivalentes a ug de ácido gálico del extracto/cantidad en ug de extracto	Cuantitativa	Indirecta	De Razón	Espectrofotómetro visible	Se manifestó una coloración azulada al someter el extracto etanólico al 70% al reactivo de Folin Ciocalteu. Posteriormente, se procedió a medir la absorbancia de esta solución utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda de 765 nm (26).	Eq. Ácido gálico/100ug de extracto

	<p>Contenido total de flavonoides del extracto etanólico al 70% del fruto de Austrocyllindropuntia Floccosa "Huaracco".</p>	<p>El catión de aluminio establece complejos coloreados y estables con los flavonoides en una solución etanólica (26).</p>	<p>Equivalentes a ug de rutina del extracto/cantidad en ug de extracto.</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>Indirecta</p>	<p>De Razón</p>	<p>Espectrofotómetro visible</p>	<p>Los tubos que contuvieron extracto etanólico al 70% fueron sometidos a tratamiento con el reactivo tricloruro de aluminio al 20% en etanol. Este proceso resulto en una coloración amarilla, cuya absorbancia fue cuantificada mediante espectrofotometría a una longitud de onda de 415 nm (26).</p>	<p>Eq. Rutina/ 500 ug de extracto</p>
	<p>Contenido total de antocianinas del extracto etanólico al 70% del fruto de Austrocyllindropuntia Floccosa "Huaracco".</p>	<p>Se hace referencia a la cantidad de antocianinas cuantificadas, expresadas como equivalentes de una sustancia pura y estable, así como a la cantidad del extracto (27).</p>	<p>Equivalentes a mg cianidina-3-glucósido/g muestra.</p>	<p>Cuantitativa</p>	<p>Indirecta</p>	<p>De Razón</p>	<p>Espectrofotómetro visible</p>	<p>Los tubos que contuvieron el extracto etanólico fueron sometidos a tratamiento con una solución de pH 1 (forma oxonium) y pH 4.5 (forma hemiacetal), y posteriormente incubados a temperatura ambiente. Se procederá a medir la absorbancia utilizando un espectrofotómetro a 520 nm para el pH 1 y a 700 nm para el pH 4.5 (27).</p>	<p>Eq. mg cianidina-3-Glucósido/g muestra.</p>

	Actividad Antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de Austrocyllindropuntia Floccosa "Huaracco".	La capacidad de secuestrar el radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) se atribuye a la deslocalización del electrón no apareado (26).	Porcentaje de captación de Radical DPPH por el extracto.	Cuantitativa	Indirecta	De Razón	Espectrofotómetro visible	Se observó una coloración morada al tratar el extracto etanólico al 70% con el reactivo DPPH. A continuación, se procedió a registrar la absorbancia empleando un espectrofotómetro con una longitud de onda de 517 nm. La medida del grado de decoloración del radical libre DPPH morado al DPPH amarillo sirve como indicador de la eficiencia captadora del extracto (26).	Porcentaje
--	--	---	--	--------------	-----------	----------	---------------------------	---	------------

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3. VARIABLES NO IMPLICADAS.

VARIABLES NO IMPLICADAS									
	VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	INDICADORES	NATURALEZA	FORMA DE MEDICIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO	DEFINICIÓN OPERACIONAL	EXPRESIÓN FINAL
ESPECIE VEGETAL	Recolección de la planta	Las plantas medicinales albergan principios activos cuyas características están condicionadas por diversos factores. Por lo tanto, es fundamental tener en cuenta que la elección de la especie que debemos recolectar es tan crucial como determinar el momento y la manera adecuados para llevar a cabo la recolección (26).	Procedencia de la especie	Cualitativo	Directa	Nominal	-	Se recolectó la planta en la provincia de Grau Apurímac, ubicada a 3952msnm.	Chuquibambilla
			Temporada de recolección	Cualitativo	Directa	Nominal	-	La especie <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> "huaraco" se recolectó en el mes de mayo del año 2024.	Mayo 2024
			Partes utilizadas	Cualitativo	Directa	Nominal	-	Se usaron solo los frutos de la especie <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> "huaraco"	Frutos

Fuente: Elaboración Propia

3.4.3 CRITERIO DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

3.4.3.1 CRITERIOS DE INCLUSIÓN

a) De la especie vegetal

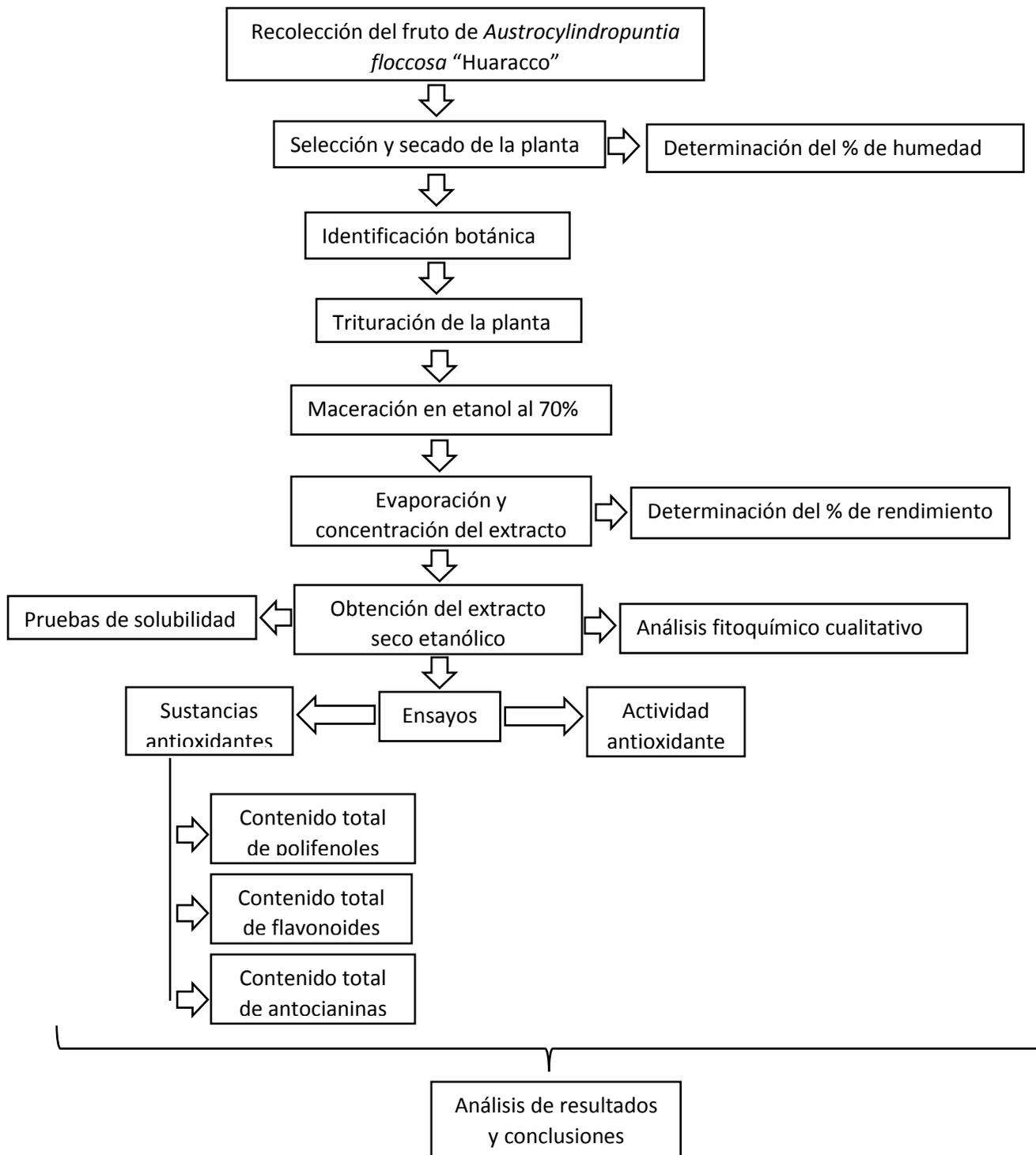
- Se seleccionaron frutos maduros de la planta que no presentaran daños visibles (39).
- La muestra vegetal seleccionada de un mismo lugar en horas de la mañana (39).

3.4.3.2 CRITERIOS DE EXCLUSIÓN

a) De la especie vegetal

- No se consideraron flores, pencas ni raíces, así como tampoco los frutos que estuvieran cortados, dañados o contaminados (13).
- La muestra vegetal durante el proceso de secado al presentar hongueado, fue separado de la ejecución del proyecto (13).

3.5. Procedimiento: Flujograma de la Investigación



Flujograma 1. Flujograma de la Investigación (27).

3.5.2. Preparación de la muestra

3.5.2.1. Recolección de la especie *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco”

Los frutos de la especie *Austrocyllindropuntia floccosa* fueron recolectados en el distrito de Chuquibambilla, provincia de Grau, departamento de Apurímac, ubicado a una altitud de 3952 msnm (26).

3.5.2.2. Selección de la muestra

Se llevo a cabo la selección y limpieza de los especímenes, excluyendo aquellos que presentan daños observables. Una vez seleccionada e identificada la muestra vegetal, se realizaron cortes longitudinales lo suficientemente delgados para ser secados en estufa a 45 °C en el laboratorio de la Escuela Profesional de Química, que se llevó a cabo durante una semana, hasta la obtención del extracto (26).

3.5.2.3. Obtención del extracto etanólico al 70%

El extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco" se obtuvo mediante el proceso de maceración. Se pulverizó la planta seca, hasta obtener un tamaño homogéneo y ser pesado; para esto se utilizó un molino de granos y seguidamente sometida a maceración, resguardada de la luz y mantenida a temperatura ambiente, durante un período de 14 días. El disolvente empleado en este procedimiento fue etanol al 70%. Este solvente fue cuidadosamente vertido en una botella de color caramelo hasta alcanzar y superar en 3 cm el nivel de la planta seca (27).

Se procedió, a la determinación del Porcentaje de rendimiento:

$$\% \text{ de Rendimiento} = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} \times 100$$

Dónde:

- % de Rendimiento: Porcentaje de rendimiento
- Peso Final: Peso del extracto seco

- Peso Inicial: Peso de la planta seca.

3.5.2.4. Determinación de la humedad

La determinación de la humedad se realizó por triplicado.

- Las muestras del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco" fueron separadas en placas Petri vacías (26).
- Posteriormente, se procedió a cortar las muestras en trozos, y se pesaron las placas con la muestra vegetal fresca (26).
- Las placas fueron metidas en una estufa a una T° de 50°C durante 24 horas. Posteriormente, se registraron los pesos respectivos y se calculó el porcentaje de humedad utilizando la siguiente ecuación (26):

$$\%H = \frac{M1 - M2}{M1} \times 100$$

Dónde:

- %H: Porcentaje de humedad.
- M1: Peso de la muestra fresca.
- M2: Peso de la muestra seca

3.5.2.5. Pruebas de solubilidad

Se tomó entre 5 y 10 mg del extracto, los cuales se colocaron en distintos tubos de ensayo. A cada tubo se le añadió 1 mL de solventes con polaridades decrecientes, en el siguiente orden: agua destilada, etanol al 60 %, etanol al 70 %, etanol al 80 %, etanol al 96 %, acetona, acetato de etilo, cloroformo y hexano (27).

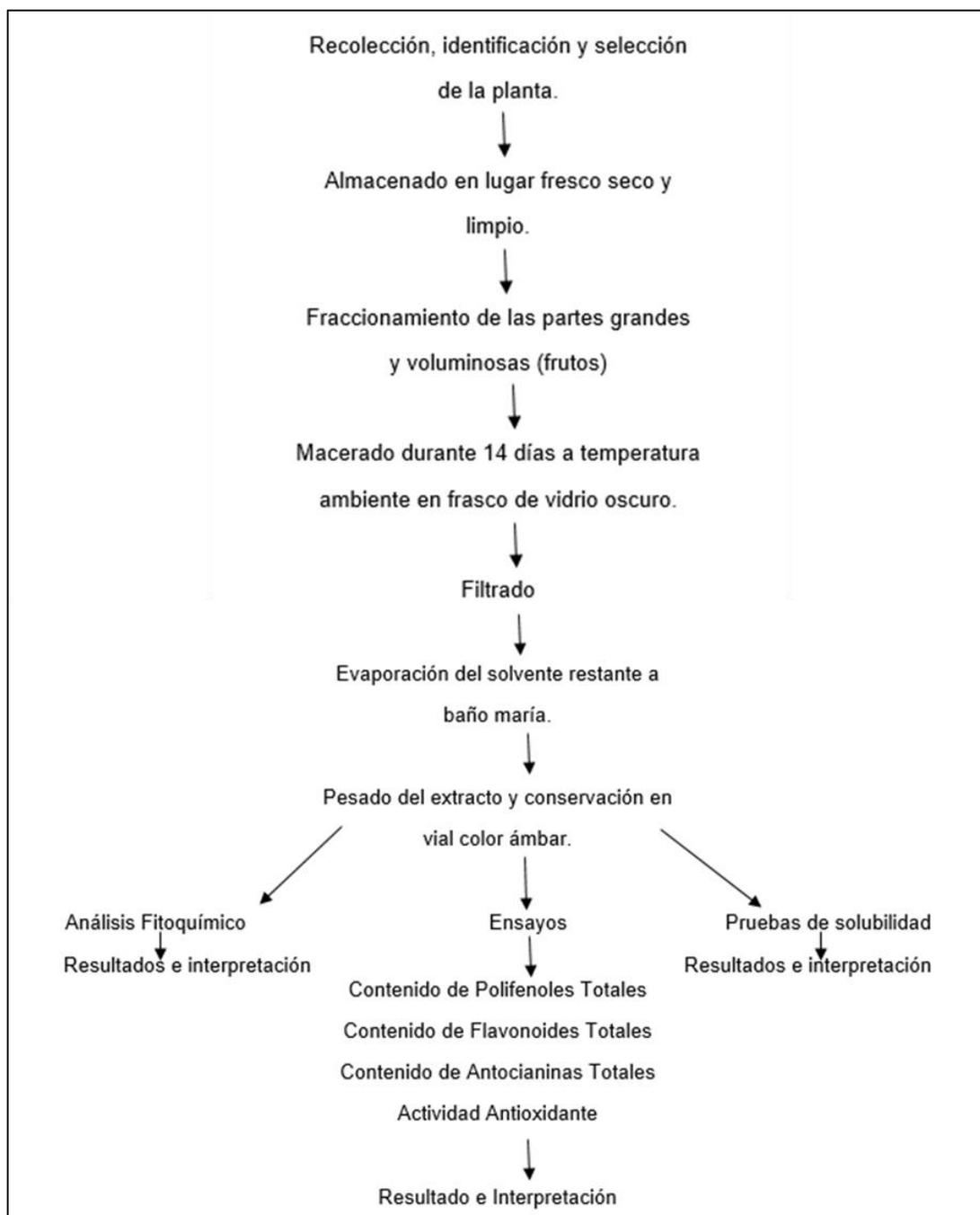
3.6. Análisis fitoquímico cualitativo

Se cogió de 5 a 10 mg del extracto, los cuales se colocaron en diferentes tubos de ensayo. Posteriormente, se llevaron a cabo ensayos de identificación de metabolitos siguiendo el procedimiento establecido para el análisis fitoquímico (27).

Tabla 4. Análisis Fitoquímico Cualitativo.

METABOLITO SECUNDARIO	REACTIVOS
Alcaloides	Dragendorff
Azúcares reductores	Fehling A y B
Fenoles	FeCl ₃
Flavonoides	Shinoda
Glicósidos	Fehling A y B
Quinonas	Borntrager
Saponinas	H ₂ O destilada
Triterpenos y esteroides	Liberman- Burchard
Taninos	FeCl ₃
Lactonas Sesquiterpénicas	Baljet

Nota. Lock de Ugaz, 1994 (27).



Flujograma 2. Obtención del Extracto etanólico al 70% de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco" (26).

3.6.2. Contenido total de polifenoles

La determinación del contenido total de fenoles en el extracto etanólico al 70% obtenido del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* "Huaracco" se llevó a cabo mediante el método espectrofotométrico de Folin Ciocalteau (26).

Procedimiento

1. Se disolvieron 100 mg de ácido gálico en 100 mL de agua. Posteriormente, se diluyeron 10 mL de esta solución en 100 mL de agua, obteniendo una concentración final de 100 µg/mL (27).
2. Para preparar la solución del extracto etanólico al 70 %, se empleó una concentración de 100 µg/mL de etanol al 70 %. A partir de esta solución, se tomaron 0,1 mL del extracto (equivalentes a 100 µg) y se mezclaron con 1 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu y 0,9 mL de agua destilada. La mezcla obtenida se calentó a ebullición en baño maría durante 30 minutos (26).
3. A continuación, se añadieron 5 mL de agua destilada a cada tubo y se registraron las lecturas en el espectrofotómetro a 765 nm. Los resultados se expresaron como equivalentes de ácido gálico por cada 100 µg de extracto etanólico al 70 % (26).

3.6.3. Contenido total de flavonoides

La determinación del contenido total de flavonoides en el extracto etanólico al 70% obtenido del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco" se llevó a cabo mediante el método espectrofotométrico desarrollado por Woisky y Salatino (26).

Procedimiento

1. Se disolvieron 100 mg de rutina dihidratada en 100 mL de etanol al 70 %. Posteriormente, se diluyeron 10 mL de esta solución en 100 mL de etanol al 70 %, obteniendo una concentración final de 100 µg/mL (26).
2. La preparación de la solución del extracto etanólico al 70%, a una concentración de 1 mg/ml de etanol al 70%, el procedimiento se realizó mezclando 0,5 mL de esta solución con 0,1 mL de tricloruro de aluminio al 20 %, 0,1 mL de acetato de

sodio 1 M y 2,8 mL de agua destilada. La mezcla obtenida se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos (26).

3. La lectura se llevó a cabo utilizando un espectrofotómetro a una longitud de onda de 415 nm, y el resultado se expresó en términos de rutina equivalente a 100 µg de extracto etanólico (27).

3.6.4. Contenido total de antocianinas

La metodología utilizada se basó en el enfoque propuesto por Sotero y García (2009). Se observó que la antocianina experimenta una transformación reversible en respuesta a variaciones en el pH, manifestada por un marcado cambio en la absorbancia. Específicamente, la forma oxonio predomina a pH 1,0, mientras que el hemiacetal se encuentra principalmente a pH 4,5. El método de pH diferencial se basa en la detección de pigmentos polimerizados degradables y de otros compuestos que puedan interferir (26).

Procedimiento

1. Para la cuantificación de antocianinas, se procedió a partir del extracto etanólico a una concentración de 100 mg/ml. Este extracto fue filtrado y centrifugado a 10,000 rpm durante 10 minutos a 4°C. Se llevo a cabo tres repeticiones por tratamiento. En una cubeta de poliestireno se adicionaron 200 µL del extracto de *Austrocyllindropuntia floccosa* y 800 µL de buffer ajustado a dos valores de pH (1,0 y 4,5). Para el grupo control se empleó 1 mL de buffer en cada pH (1,0 y 4,5). Las lecturas se realizaron en un espectrofotómetro UV/VIS a longitudes de onda comprendidas entre 520 y 700 nm (27).
2. Las absorbancias obtenidas fueron sustituidas en la fórmula (9) y expresadas en mg de cianidina-3-glucósido por gramo de muestra (27).
3. La concentración de antocianinas se determinó mediante la aplicación de la fórmula (9) utilizando el método de pH diferencial (27).

$$C \text{ (mg)} = (\text{Abs. pH} = 1 - \text{Abs. pH} = 4.5) \times \text{AbM} \times (1000/24825) \times \text{DF} \text{ (9)}$$

Donde:

C (mg/g) = mg de cianidina – 3- glucósido por g de muestra.

PM = 449.2 (masa molecular de la cianidina -3- glucósido)

AbM = 26900 (absorvitudad molar de la cianidina-3- glucósido)

DF = Factor de dilución.

3.6.4. Actividad antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco". Se llevo a cabo mediante el método de Brand-Williams (26).

Procedimiento:

1. Se preparó concentraciones de 0.05, 0.15 y 0.25 mg/mL del extracto etanólico al 70%. El control positivo consistió en una solución trolox con concentraciones de 0.05, 0.15 y 0.25 mg/mL en etanol al 70% (26).
2. La solución de DPPH (0,004 %) se preparó en etanol absoluto, y se mezclaron 5 mL de esta con el mismo volumen del extracto y de la solución estándar, por separado (26).
3. Las soluciones se mantuvieron en oscuridad durante 30 minutos antes de medir su absorbancia a 517 nm. El cambio de color del DPPH, de morado a amarillo, evidenció la capacidad de captación del extracto. Valores bajos de absorbancia en la mezcla de reacción indican una alta actividad de captación de radicales libres. La actividad frente al radical DPPH se calculó mediante la siguiente ecuación (26).

La actividad antioxidante se evaluó a partir de las absorbancias registradas y se expresó como porcentaje de inhibición (%I), que representa la cantidad de radical DPPH• neutralizado por el extracto a una concentración específica, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$\text{Porcentaje de actividad de captación} = 100 - ((A_m - A_b) \times 100 / A_c)$$

Donde:

Am: Absorbancia de la muestra.

Ab: Absorbancia del blanco de la muestra.

Ac: Absorbancia del control.

El coeficiente de inhibición (IC_{50}) se define como la concentración de extracto ($\mu\text{g/mL}$) necesaria para inhibir el 50 % del radical libre DPPH. Este valor se determinó a partir de la gráfica de absorbancia frente a concentración de cada extracto, y corresponde al punto en el que se alcanza una inhibición del 50 % de los radicales libres de DPPH.

El valor de TEAC se define como la concentración de la solución de Trolox que presenta una capacidad captadora de radicales libres equivalente a la del extracto analizado, y se determina mediante la siguiente fórmula (51).

$$\text{TEAC} = \frac{\text{IC50Trolox}}{\text{IC50Muestra}} \times 100$$

3.7. Técnicas para el análisis y procesamiento de datos

El análisis estadístico de los datos en la evaluación del contenido total de polifenoles, flavonoides, antocianinas y actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco", se empleó el programa software (Microsoft office 2021, Microsoft Excel 2021) para elaborar los cuadros, gráficos y las curvas de calibración; y determinar la ecuación que mejor se ajusta a los datos que facilitaron el análisis y procesamiento de datos (26).

CAPÍTULO IV
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. DEL PORCENTAJE DE RENDIMIENTO, HUMEDAD, SOLUBILIDAD Y ANÁLISIS FITOQUÍMICO CUALITATIVO.

4.1.1. PRUEBA DE SOLUBILIDAD

Tabla N°6 PRUEBAS DE SOLUBILIDAD DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *AUSTROCYLINDROPUNTIA FLOCCOSA* “HUARACCO”.

Se utilizaron diferentes solventes de diferente polaridad para determinar la solubilidad del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco”, obteniendo los siguientes resultados.

SOLVENTE	Extracto Etanólico al 70% del fruto de <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> “Huaracco”
Etanol 60%	+++
Etanol 70%	+++
Etanol 80%	+++
Agua destilada	++
Metanol	++
Etanol 96%	-
Acetona	-
Acetato de etilo	-
Cloroformo	-
Hexano	-

Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

Donde:

- Muy soluble: +++
- Parcialmente soluble: ++
- Poco Soluble: +
- Insoluble: -

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

En la tabla N°6 se muestran los resultados de las pruebas de solubilidad del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* "Huaracco", frente a diferentes solventes de polaridad creciente. Dichos resultados evidencian una buena solubilidad con solventes polares

(Etanol al 60%, 70% y 80%) lo cual se representa por tres cruces, una solubilidad parcial en metanol y agua destilada representada por dos cruces e insoluble en solventes apolares (etanol al 96%, acetato de etilo, acetona, cloroformo y hexano) que se representan con una raya.

Según **Carrillo, 2021** (40) en su estudio titulado Evaluación del nopal como materia prima para la obtención de bioproductos y bioenergéticos, el nopal perteneciente a la misma familia botánica que la especie analizada en el presente estudio, demuestra que es muy soluble en éter, éter etílico y es soluble en metanol, etanol, acetona, ácido acético y acetato de etilo. Esta característica coincide con la observada en la especie vegetal *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco", la cual también mostró solubilidad en metanol.

El grado de solubilidad de una sustancia en otra está determinado por la naturaleza química tanto del soluto como del disolvente. En general, los solutos iónicos y polares presentan una alta solubilidad en disolventes polares, mientras que los solutos no polares suelen ser insolubles en medios polares (37).

4.1.2. PORCENTAJE DE HUMEDAD

Tabla N°07 PORCENTAJE DE HUMEDAD DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *AUSTROCYLINDROPUNTIA FLOCCOSA* “HUARACCO”.

N°de Determinaciones	1	2	3
Peso de la muestra fresca	5.24g	3.31g	3.52g
Peso de la muestra seca	3.09g	0.86g	0.97g
Porcentaje de humedad	93.99%	97.61%	98.15%
Promedio del porcentaje de humedad.	96.58%		

Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

En la tabla N°7 se muestran los resultados del porcentaje de humedad para el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocylindropuntia Floccosa* “Huaracco”. Dando como resultado un promedio de 96.58% respectivamente.

Los autores **Manzanares, Ruiz, Cira, Estrada, Del Toro, Suárez, 2022** (16) según su trabajo de investigación refiere que la especie vegetal nopal morado (*Opuntia Gosseliniana*), el porcentaje de humedad fue superior en el nopal verde (81%) en comparación con el nopal morado (76,65%).

Según reportes bibliográficos, el contenido de humedad en *Opuntia ficus-indica* puede variar, situándose generalmente en un rango de 70 % a 93 % (40). Los valores obtenidos en el presente estudio se encuentran dentro de este intervalo. Ambos resultados reflejan un contenido alto de humedad, lo que implica que las muestras de fruto deben ser manipuladas con precaución. Es fundamental garantizar un proceso de secado adecuado y condiciones de almacenamiento óptimas para prevenir la proliferación microbiana durante y después del secado (39).

4.1.3 PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN

Tabla N°8 PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocyllindropuntia floccosa* “Huaracco”.

MUESTRA	DATOS
PESO FINAL DEL EXTRACTO SECO	51.06g
PESO INICIAL DE LA MUESTRA SECA MOLIDA	692.6g
PORCENTAJE DE RENDIMIENTO DEL EXTRACTO	7.372 %

Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

En la Tabla N.º 8 se presentan los resultados del porcentaje de rendimiento de la extracción por maceración del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* “Huaracco” en etanol al 70% es de 7.372%, este resultado es fundamental para llevar a cabo la investigación, ya que el porcentaje de rendimiento permite determinar la cantidad de muestra necesaria para obtener una cantidad específica de extracto. Además, facilita la estimación de la cantidad requerida para realizar los ensayos planificados durante el desarrollo de la investigación.

Cabe destacar que un estudio realizado por Bernal y Tunqui (2020) (14) reportó un rendimiento del fruto de *Opuntia ficus-indica* (tuna roja, naranja y verde) de $13,81 \pm 0,98$ % para la tuna roja, $13,96 \pm 1,03$ % para la tuna naranja y $14,17 \pm 0,74$ % para la tuna verde. Las diferencias en el porcentaje de rendimiento pueden atribuirse a diversos factores, factores nutricionales que afectan la expresión de metabolitos secundarios, así como con las condiciones geográficas en las que se desarrollan las plantas, tales como las variaciones climáticas y la calidad del suelo.

4.1.4. ANÁLISIS FITOQUÍMICO CUALITATIVO

Tabla N°10: ANÁLISIS FITOQUÍMICO CUALITATIVO DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco".

METABOLITO SECUNDARIO	REACTIVOS	RESULTADOS
Azúcares Reductores	Fehling A y B	+++
Flavonoides	Reacción de Shinoda	+++
Glicósidos	Fehling A y B	+++
Alcaloides	Dragendorff Wagner	++ ++
Fenoles	Cloruro Férrico 1%	++
Taninos	Cloruro Férrico 1%	++
Lactonas Serquiterpénicas	Reactivo Baljet	++
Quinonas	Hidróxido de Potasio	+
Saponinas	Prueba de espuma	-
Triterpenos y Esteroides	Lieberman- Burchart	-

Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

Leyenda:

- Abundante Cantidad : +++
- Regular Cantidad : ++
- Poca Cantidad : +
- Ausente : -

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

En la Tabla N.º 10 se presentan los resultados del análisis fitoquímico cualitativo del extracto etanólico al 70 % del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* “Huaracco” identificándose abundante cantidad de Azúcares Reductores, Flavonoides y Glicósidos, mientras que existe regular cantidad de Alcaloides, Fenoles, Taninos y Lactonas Serquiterépicas; poca cantidad de Quinonas y ausencia en Saponinas, Triterpenos y Esteroides.

Según **Enciso, Aguilar, Común y Tinco**, 2021 (11) en su estudio sobre la Actividad Antiinflamatoria y Antioxidante de tres variedades de *Opuntia ficus-indica* “TUNA”, también perteneciente a la misma familia, se identificaron metabolitos secundarios en la pulpa de las variedades anaranjada, morada y blanca. Entre los compuestos detectados se encontraron lactonas y/o cumarinas, azúcares reductores, taninos, fenoles, catequinas y flavonoides. La comparación entre ambos análisis revela discrepancias significativas en la concentración y presencia de ciertos metabolitos secundarios entre el extracto etanólico al 70 % del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* “Huaracco” y el extracto hidroalcohólico de tres variedades de *Opuntia ficus-indica* “Tuna”. Estas diferencias pueden atribuirse a diversos factores, como la parte de la planta analizada, los solventes empleados y las técnicas de extracción aplicadas en cada estudio. Asimismo, los niveles y tipos de compuestos encontrados varían según la solubilidad de los mismos en los diferentes solventes utilizados en la investigación de **Enciso, Aguilar, Común y Tinco**. Esto resalta la importancia de considerar las variaciones en los métodos de extracción y las partes de la planta estudiadas al interpretar los resultados de los perfiles fitoquímicos (11).

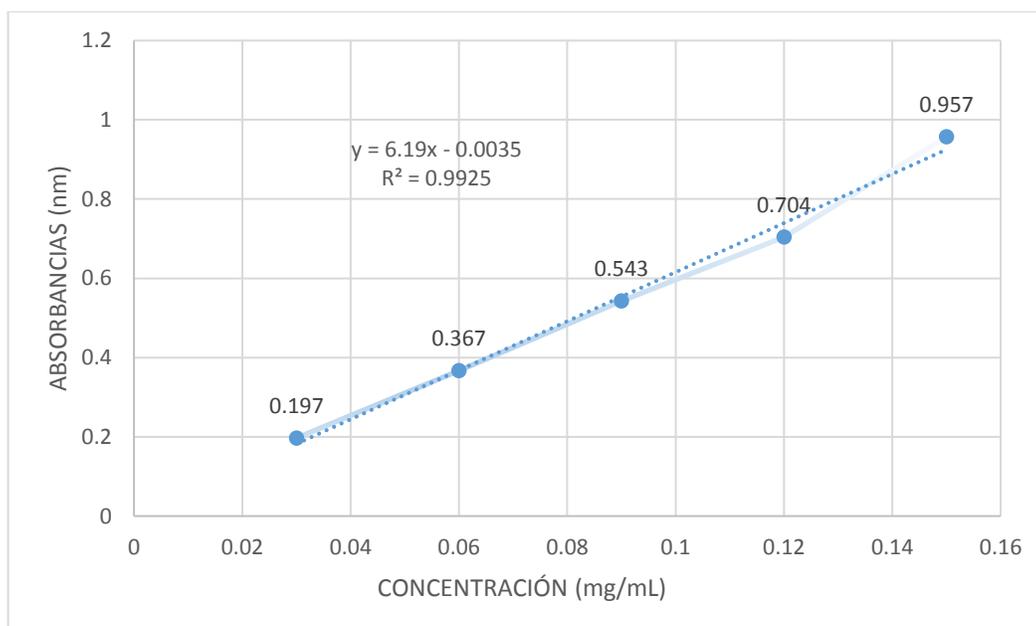
4.2 CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES POR ESPECTROFOTOMETRÍA DEL PATRÓN ÁCIDO GÁLICO

TABLA N°11: CONCENTRACIÓN DE ÁCIDO GÁLICO vs ABSORBANCIA.

CONCENTRACIÓN (mg/mL)	ABSORBANCIA 765 nm
0.03	0.197
0.06	0.367
0.09	0.543
0.12	0.704
0.15	0.957

Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

FIGURA 11: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL PATRÓN ÁCIDO GÁLICO



Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

4.2.1. RESULTADOS DEL CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES EN LA MUESTRA.

TABLA N°12 CONTENIDO TOTAL DE POLIFENOLES PRESENTES EN EL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocylandropuntia floccosa* "HUARACCO".

Muestra	Absorbancia a 765 nm \pm DE*	Contenido Polifenoles
Extracto etanólico fruto de <i>Austrocylandropuntia Floccosa</i> "Huaracco".	0.758 \pm 0.02	30 ug EAG/mg de extracto

* Los valores presentes en la tabla corresponden al promedio de tres lecturas \pm desviación estándar (DE). (Ver anexo N°12)

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Para la cuantificación de polifenoles totales se elaboró una curva estándar utilizando ácido gálico, con concentraciones comprendidas entre 0,03 y 0,15 mg/mL. En este caso, se empleó ácido gálico como compuesto de referencia (52).

Este método se basa en la habilidad de los compuestos fenólicos para interactuar con agentes oxidantes. El reactivo, compuesto por molibdato y tungstato sódico, reacciona con diversos tipos de fenoles, dando lugar a la formación de complejos fosfomolibdico-fosfotúngsticos (52).

En la Tabla N.º 11 se presenta la relación entre las concentraciones y las absorbancias del ácido gálico empleadas para la construcción de la curva de calibración, con el fin de evaluar la linealidad de la recta y calcular el coeficiente de correlación de Pearson (R). Las concentraciones varían entre 0.03 y 0.15 mg/mL, mientras que las absorbancias oscilan entre 0.197 nm y 0.957 nm. Se observa una relación directamente proporcional, ya que un incremento en la concentración resulta en un incremento en las absorbancias.

En la figura N°11, se observa la curva de calibración de polifenoles en función de la concentración versus la absorbancia, utilizando ácido gálico como patrón fenólico, para luego ser linealizado, de modo que la recta de la ecuación $Y = 6.19X - 0.0035$ será la que permita obtener los resultados del contenido total de polifenoles en función de su equivalencia a Ácido Gálico, con una tendencia ascendente en ambos ejes. El coeficiente de Pearson (R) es de $(R^2 = 0.9925)$ en un 99.25 %, lo que demuestra una correlación positiva y un buen ajuste del modelo.

La curva de calibración permite determinar el contenido de polifenoles en una muestra de origen desconocido mediante la medición de su absorbancia y la comparación posterior con la curva estándar. El punto de la curva que corresponde al valor de absorbancia de la muestra indica la concentración de polifenoles presentes en ella.

En la Tabla N°12 se presenta la cuantificación de Polifenoles totales realizado en la muestra de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco". Se encontró 30 ug equivalentes de ácido gálico/mg de extracto, para presentar los resultados de manera más estándar, se expresa como miligramos equivalentes de ácido gálico (mg EAG).

Según **Enciso, Aguilar, Común y Tinco (2021)**, en su investigación sobre la actividad antioxidante del extracto hidroalcohólico de los frutos de las variedades anaranjada, morada y blanca de *Opuntia ficus-indica*, se reportó que el contenido de fenoles totales fue de 4,08, 3,87 y 3,69 mg EAG/g de extracto para las variedades anaranjada, morada y blanca, respectivamente, sin observarse diferencias significativas entre ellas ($p > 0,05$). Estos valores son considerablemente superiores a los obtenidos en el presente estudio, que alcanzaron 0,38 µg equivalentes de ácido gálico por mg de extracto, y en el estudio realizado **Huamani, 2023** (8) reportó que, en los extractos metanólicos, el contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) en las tres variedades de pulpa de tuna oscila entre 28.43 y 69.10 mg AGE/100 g de pulpa fresca, indica que la fracción metanólica presenta una alta concentración de compuestos fenólicos, clasificada con tres cruces. En comparación, la especie analizada en el presente estudio muestra una menor cantidad de estos compuestos.

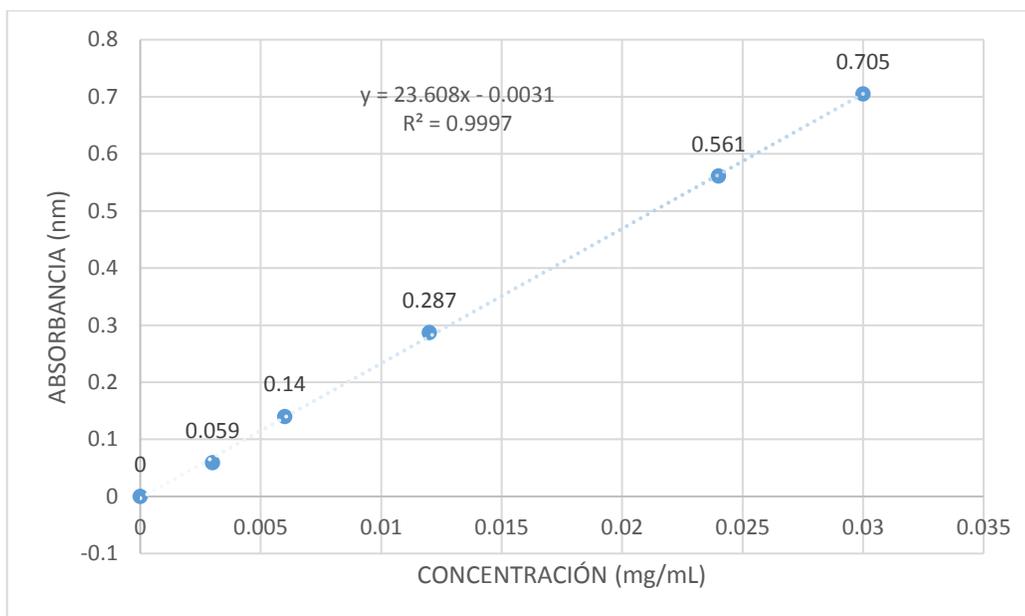
4.3. CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES POR ESPECTROFOTOMETRÍA DEL PATRÓN RUTINA

TABLA N°13. CONCENTRACIÓN DE RUTINA vs ABSORBANCIA

CONCENTRACIÓN (mg/mL)	ABSORBANCIA 765 nm
0.003	0.059
0.006	0.140
0.012	0.287
0.024	0.561
0.030	0.705

Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

FIGURA 12: CURVA DE CALIBRACIÓN DEL PATRÓN DE RUTINA



Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

4.3.1. RESULTADOS DEL CONTENIDO TOTAL DE FLAVONOIDES EN LA MUESTRA.

TABLA N°14 CONTENIDO TOTAL DE FLAVONOIDES PRESENTES EN EL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocylandropuntia Floccosa* "Huaracco".

Muestra	Absorbancia a 415 nm ± DE*	Contenido Flavonoides
Extracto etanólico fruto de <i>Austrocylandropuntia Floccosa</i> "Huaracco".	0.018±0.001	0.01 ug equivalentes de rutina/mg de extracto

* Los valores presentes en la tabla corresponden al promedio de tres lecturas ± desviación estándar (DE). (Ver anexo N°13)

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

Para la cuantificación de flavonoides se elaboró una curva estándar utilizando rutina, con concentraciones comprendidas entre 0,003 y 0,030 mg/mL. La determinación del contenido de flavonoides se realizó en la especie *Austrocylandropuntia floccosa* "Huaracco".

En la Tabla N°13. presenta los resultados obtenidos mediante la estandarización para la cuantificación de flavonoides totales, utilizando como patrón rutina. Los datos se obtuvieron mediante espectrofotómetro UV-visible y se realizaron por triplicado. Las concentraciones utilizadas oscilan entre 0.003 y 0.030 mg/mL en un orden creciente. Las absorbancias también aumentaron en una relación directamente proporcional a medida que aumenta la concentración, siendo la absorbancia mínima 0.059 nm y la máxima 0.705 nm.

En la figura N°12, muestra la curva de calibración del patrón rutina, se observan las lecturas de absorbancias y sus concentraciones, se ubican en una curva de dispersión, para luego ser linealizado, de modo que la recta de la ecuación $Y = 23.608X - 0.0031$ será la que permita obtener los resultados del contenido total de flavonoides en función equivalentes de rutina. El gráfico muestra el valor del

coeficiente (R^2), indica el porcentaje de ajuste logrado por el modelo lineal. Este valor ($R^2 = 0.9996$), muy cercano a 1, refleja un alto grado de ajuste, explicando el **99.96 %** de las variaciones en la absorbancia en función de las concentraciones de rutina. Esto demuestra la alta confiabilidad del modelo en describir la relación entre estas variables.

Esta gráfica se utiliza para ubicar el punto de la absorbancia obtenida de la muestra, el cual nos ayudará a interpolar la absorbancia en relación a la concentración de la muestra de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco".

En la Tabla N°14, se presentan los valores de absorbancia obtenidos a partir de la muestra de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco". Estos valores serán utilizados para reemplazar en la ecuación lineal obtenida en la curva de calibración de rutina. Se encontró 0.01 ug de equivalentes de rutina/mg de extracto, para presentar los resultados de manera más estándar, se expresa como ug de equivalentes de rutina/mg de extracto.

Los autores **Manzanares, Ruiz, Cira, Estrada, Del Toro, Suárez, 2022** (16) reportan que existe la presencia de flavonoides totales en la especie vegetal nopal morado (*Opuntia Gosseliniana*) en cantidad de 3.06 mg EQ/gps, así mismo los autores Enciso, **Aguilar, Común, Tinco, 2021** (11) refiere en su trabajo de investigación la presencia de flavonoides dando como resultado, la variedad anaranjada presentó la mayor concentración (2,36 mg EQ/g), la morada (2,29 mg EQ/g) y la blanca (2,0 mg EQ/g) de la especie vegetal *Opuntia ficus-indica*; por otro lado el autor **Manríquez, Tillaguango, 2021** (31) reporta que existe la presencia de flavonoides, se obtuvo un valor de $1,50 \pm 0,67$ mg EQ/g de muestra seca (*Opuntia ficus-indica*).

Al comparar los datos obtenidos en el presente estudio, se observa que el valor registrado 0.01 μ g equivalentes de rutina por mg de extracto es considerablemente inferior, lo que indica que la especie analizada presenta un menor contenido total de flavonoides. Esta diferencia puede atribuirse a que el género *Opuntia spp.* posee una composición química más rica y versátil, lo que la hace valiosa no solo para la alimentación humana y animal, sino también por su potencial en aplicaciones farmacológicas e industriales (38).

4.4. CUANTIFICACIÓN DE ANTOCIANINAS POR MÉTODO pH DIFERENCIAL
TABLA N°15 CUANTIFICACION DE ANTOCIANINAS EN EL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco".

Muestra	Absorbancia ± DE*	Contenido Antocianinas
Extracto etanólico fruto de <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> ("Huaracco").	0.006±0.002	0.000008 mg de cianidina-3-glucosido/100g

* Los valores presentes en la tabla corresponden al promedio de tres lecturas ± desviación estándar (DE).

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

En la tabla N°15 se muestran los resultados de las absorbancias para el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco". La muestra registró una absorbancia promedio de (0.006±0.002), correspondiente a un contenido total de antocianinas de 0.000008 mg de cianidina-3-glucosido/100g.

Herrera, Melero, Zegbe y Cruz, 2022 (15) en su estudio sobre Funcionalidad de las cascaras de la tuna "Roja Lisa" (*in vitro*), encontraron un contenido de antocianinas de 0.19 ±0.09 mg de antocianinas/g muestra en el año 2019 y de 0.26 ± 0.04 mg de antocianinas/g muestra en el año 2018. En ambos casos, los valores reportados fueron superiores a los obtenidos en la presente investigación, lo que sugiere que la cantidad de antocianinas presentes depende de diversos factores ambientales, tales como la disponibilidad de luz, oxígeno, entre otros.

Asimismo, se ha señalado que las frutas pueden contener flavonoides en la pulpa, en la piel o en ambas estructuras, mientras que en algunos casos acumulan antocianinas exclusivamente en la capa externa como respuesta a la exposición lumínica. Por lo tanto, la metodología de extracción debe seleccionarse en función de la naturaleza de la muestra, con el fin de maximizar el rendimiento y minimizar la degradación de las antocianinas (24).

4.5. ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR MÉTODO DE DPPH.

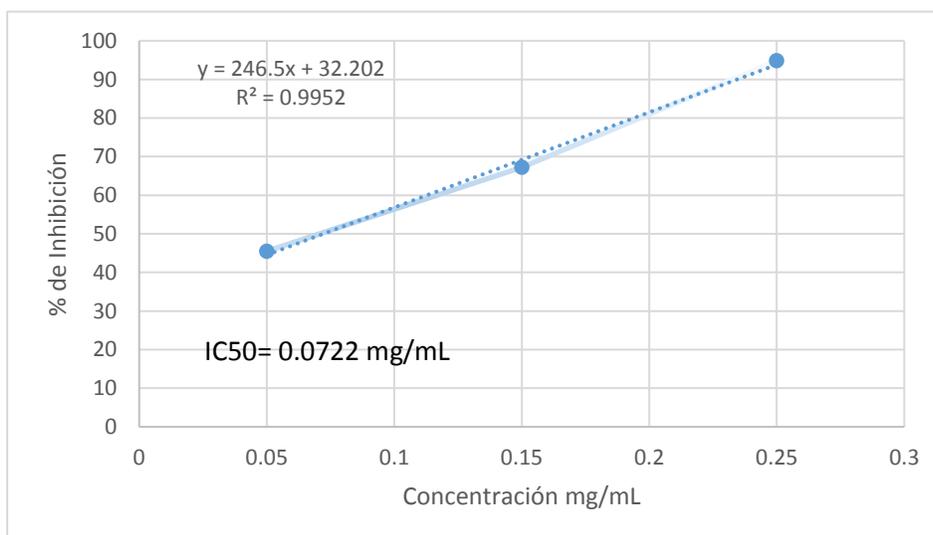
4.5.1. PATRÓN TROLOX

TABLA N°16. RESULTADOS DEL PATRON TROLOX.

Concentración mg/mL	Absorbancia 517 nm ± DE*	% de Inhibición
0.05	0.437±0.001	45.51
0.15	0.263±0.002	67.21
0.25	0.052±0.003	94.81
IC_{50} (mg/mL) = 0.0722		

* Los valores presentes en la tabla corresponden al promedio de tres lecturas ± desviación estándar (DE).

FIGURA 13: ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE METODO DPPH – PATRON TROLOX.



Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

El ensayo antioxidante con DPPH se fundamenta en la capacidad de este radical libre para volverse incoloro en presencia de extractos vegetales. El radical DPPH posee un electrón no apareado, responsable tanto de su absorbancia a 517 nm como de su característico color púrpura. Cuando el DPPH acepta un electrón donado por un compuesto con actividad antioxidante, experimenta una decoloración que puede ser cuantificada a través de la disminución de la absorbancia (52).

Se utiliza como patrón el reactivo trolox por su alta capacidad antioxidante, que se refleja en la reducción del estrés o daño oxidativo. El trolox permite evaluar los compuestos para actuar como antioxidantes y para estudiar los mecanismos por los que los antioxidantes protegen contra el daño celular y la oxidación.

En la tabla N°16, presenta los datos obtenidos para la curva de calibración del patrón trolox, se muestran los datos de absorbancias y porcentaje de inhibición (% I) obtenidas en las pruebas realizadas, en función de las diferentes concentraciones del patrón de Trolox con el radical DPPH• (1,1-difenil-2-picrihidrazil), que van desde la concentración 0.05 mg/mL hasta 0.25 mg/mL; se usa concentraciones determinadas de manera creciente porque a mayores concentraciones hay más moléculas de trolox presente en la solución; de estas concentraciones se obtienen absorbancias que van disminuyendo; indicando que es una relación inversamente proporcional, porque a mayor concentración disminuye la absorbancia.

En la figura N°13, se observan los porcentajes de inhibición del patrón trolox y sus concentraciones se ubican en una curva de dispersión, para luego ser linealizado, de modo que la recta de la ecuación $Y = 246.5X + 32.202$ será la que permita obtener los resultados del IC₅₀. En la Figura N.º 13 se muestra la dispersión de los datos, donde el análisis estadístico evidencia una relación directa entre el porcentaje de inhibición y la concentración del patrón Trolox, porque a mayores concentraciones el porcentaje de inhibición también se ve incrementado en cantidades considerables, se obtiene un coeficiente de correlación ($R^2 = 0.9952$) en un 99.52 %, cercano a la unidad.

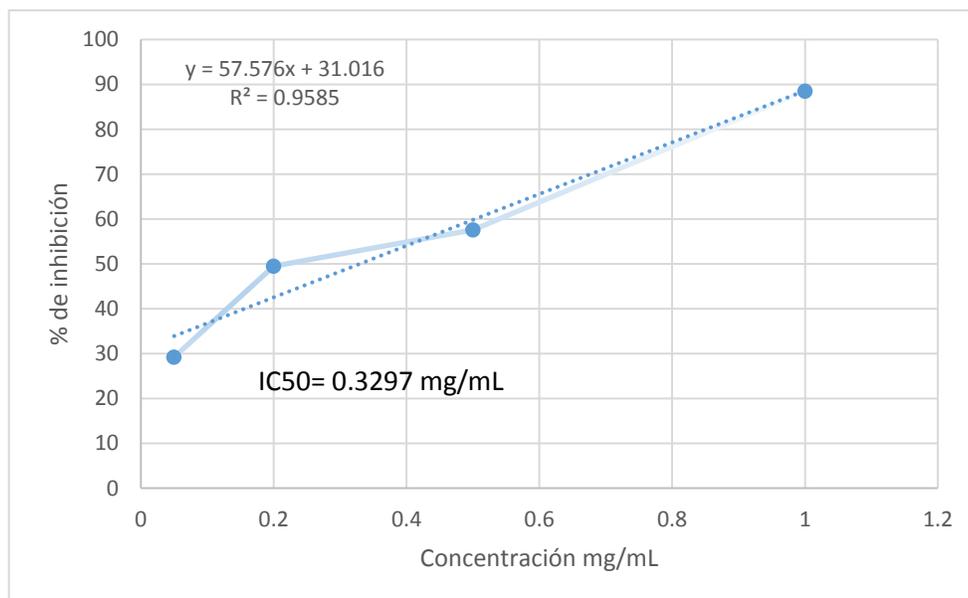
4.5.2. EXTRACTO ETANÓLICO

TABLA N°17. RESULTADOS DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco".

Concentración mg/mL	Absorbancia 517 nm ± DE*	% de Inhibición
0.05	0.568±0.001	29.18
0.2	0.405±0.002	49.50
0.5	0.340±0.001	57.61
1	0.092±0.003	88.53
IC50= 0.3297		

* Los valores presentes en la tabla corresponden al promedio de tres lecturas ± desviación estándar (DE).

FIGURA 14: ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE METODO DPPH – EXTRACTO ETANÓLICO.



Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales

TABLA N°18. RESULTADOS EXPRESADOS EN IC50 Y TEAC POR EL MÉTODO DE DPPH.

Muestras	IC50 (ug/mL)	TEAC (ug trolox/mg extracto)
Extracto etanolico <i>Austrocyllindropuntia floccosa</i> "Huaracco"	329.7	219
Trolox	72.2	

Fuente: Elaboración propia de los datos experimentales.

ANÁLISIS, INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN

En la tabla N°17 se muestran los datos de absorbancias y porcentaje de inhibición (%) obtenidas en las pruebas realizadas, en función de las diferentes concentraciones del extracto etanolico con el radical DPPH• (1,1-difenil-2-picrihidrazil).

En la figura N°14, se observan los porcentajes de inhibición del extracto etanólico y sus concentraciones se ubican en una curva de dispersión, para luego ser linealizado, de modo que la recta de la ecuación $Y = 57.576X + 31.016$ será la que permita obtener los resultados del IC₅₀. En la Figura N.º 14 se presenta la dispersión de los datos, donde el análisis estadístico muestra una relación directa entre el porcentaje de inhibición y la concentración del patrón Trolox, con un nivel de correlación del 95,85 % ($R^2 = 0.9585$).

En la tabla N° 16 y N° 17, Se representan los resultados del coeficiente de inhibición (IC₅₀) contra el radical 1,1 diphenyl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) del patrón trolox y extracto etanolico de *Austrocyllindropuntia floccosa* "Huaracco", de los resultados podemos indicar que las eficiencias para inhibir el radical DPPH fueron 0.0722 mg/mL y 0.3297 mg/mL respectivamente.

Al evaluar la actividad antioxidante del extracto etanólico a una concentración de 1 mg/mL, se observó una inhibición del 88,53 % del radical DPPH. Al contrastar la

solución patrón con el extracto etanólico, se evidencia que el porcentaje de captación de radicales libres es menor en este último.

Según **Enciso, Aguilar, Común y Tinco, 2021** (11) en su artículo titulado *Actividad Antiinflamatoria y Actividad Antioxidante de tres variedades de Opuntia ficus-indica "Tuna"*, compararon la capacidad antioxidante de los extractos. Los autores concluyeron que la capacidad secuestradora de radicales libres DPPH de la variedad blanca fue de $3.39 \pm 0.76 \mu\text{mol ET/g}$, lo que demuestra que la pulpa del fruto de esta variedad posee actividad antioxidante, esto demuestra que los datos conseguidos en el presente trabajo investigativo no son similares.

Los valores de IC_{50} obtenidos se expresaron como equivalentes de Trolox (TEAC, por sus siglas en inglés *Trolox Equivalent Antioxidant Capacity*). En la investigación realizada en el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocylindropuntia floccosa* "Huaracco", el valor de TEAC encontrado fue de 219 $\mu\text{g Trolox/mg}$ de extracto.

CONCLUSIONES

1. El extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” presenta actividad antioxidante, polifenoles, flavonoides y antocianinas.
2. El porcentaje de humedad del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” 96.58%. El extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” se obtuvo mediante el método de maceración con un rendimiento de 7.372%. En cuanto a la prueba de solubilidad del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” es muy soluble en etanol al 60%, 70% y 80%, una solubilidad parcial en metanol y agua destilada e insoluble en solventes apolares (etanol al 90%, acetato de etilo, acetona, cloroformo y hexano). En el análisis fitoquímico cualitativo, se determinó que existe abundante cantidad de azúcares reductores, flavonoides y glicósidos, regular cantidad de alcaloides, fenoles, taninos y lactonas serquiterpénicas, poca cantidad de quinonas y ausencia de saponinas y triterpenos y esteroides.
3. La cantidad de polifenoles totales que se encuentran presente en el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” fue: 30 ug EAG/mg de extracto respectivamente.
4. La cantidad de flavonoides que se encuentran presente en el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” fue: 0.01 ug equivalentes de rutina/mg de extracto respectivamente.
5. La cantidad de antocianinas que se encuentran presente en el extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” fue: 0.000008 mg de cianidina-3-glucosido/100g.
6. La actividad antioxidante del extracto etanólico al 70% del fruto de *Austrocyllindropuntia Floccosa* “Huaracco” muestra una concentración inhibitoria al 50 % (IC₅₀) = 0.3297 mg/mL y TEAC (capacidad antioxidante equivalente de Trolox) de 219 ug Trolox/mg de extracto.

RECOMENDACIONES

A las autoridades de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco

- A la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco se recomienda promover la adquisición de equipos para la innovación en técnicas de extracción, análisis de compuestos bioactivos y desarrollo de métodos de aplicación, con el objetivo de maximizar el potencial terapéutico de las plantas.

A los estudiantes de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica

- A los estudiantes de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica, se sugiere la realización de estudios futuros sobre el fruto *Austrocyllindropuntia floccosa* (Huaracco) bajo diversas condiciones experimentales. Con objetivo de evaluar si dichas modificaciones influyen en su potencial antioxidante.
- A los estudiantes de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica se insta a realizar investigaciones comparativas sobre los compuestos con potencial actividad antioxidante, como taninos, fenoles, flavonoides y otros metabolitos secundarios presentes en los diferentes géneros de *Austrocyllindropuntia floccosa*.
- A los estudiantes de la escuela profesional de Farmacia y Bioquímica se recomienda complementar la investigación sobre la capacidad antioxidante mediante estudios *in vivo*, con el fin de confirmar su efectividad, dado que el presente estudio se realizó *in vitro*.

BIBLIOGRAFÍA

1. Echegaray N, Pateiro M, Munekata P, Lorenzo J, Chabani Z, Farg M, Domínguez R. (2021). Measurement of Antioxidant Capacity of Met and Meat Products: Methods and Applications, *Molecules*. 2021; 26(3380), pp. 2-21. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/molecules-26-03880.pdf>
2. León M. Optimización de la producción de metabolitos secundarios tipo flavonoides en cultivos en suspensión de células de *Thevetia peruviana*. [Tesis de Maestría.]. Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2020. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78225>
3. Galvez R, Zaldaña B. Determinación de la actividad antioxidante por el método DPPH en diez frutos de especies vegetales pertenecientes a la flora salvadoreña. [Tesis de licenciatura]. El Salvador: Universidad de El Salvador; 2020. Disponible en: <repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/ebf11de1-dd91-4368-a290-3808029a18d0/content>
4. Yabar E, Chirinos R. Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante en tres ecotipos de maca (*Lepidium meyenii* Walp.) durante la pre-cosecha, cosecha y secado natural post-cosecha. Scielo Perú. 2019 Marzo; 10(1). Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S207799172019000100010&script=sci_abstract
5. Pacheco F. Determinación de actividad antioxidante de extractos y fracciones de hoja de *Chromolaena*. Revista Científica FAV-UNRC Ab Intus. 2019 Abril 2;: p. 1-7.
6. Srivastava A, Srivastava P, Pandey A, Khanna V. Phytomedicine: a potential alternative medicine in controlling neurological disorders. Rev. To Phytomedicine. Academic Press, pp. 625–655. 2019. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/330051293_Phytomedicine
7. Slamanca G. Actividad Antioxidante De *Gentianella Nitida* Griseb [Tesis de Licenciatura]. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/8061>
8. Huamani F. Compuestos Fenólicos, Capacidad Antioxidante y Ácidos Orgánicos de tres variedades de Tuna (*Opuntia Ficus-Indica*) de la comunidad Mutca – Aymaraes [Tesis de Licenciatura]. Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac; 2023. Disponible en : <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1279>
9. Aiquipa R. Características Físicoquímicas Y Determinación De Antocianinas, Polifenoles Totales Y Capacidad Antioxidante Del Fruto *Condorusa* (*Monnina vargasii* F.). 2022. Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/1157>
10. Cahuana L, Cuello G. Caracterización Fitoquímica, Cuantificación De Fenoles Totales, Flavonoide Y Actividad Antioxidante Del Extracto Etanólico De Las Hojas Pos Cosecha De *Lycopersicum Esculentum* L. 2019. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.13028/3476>

11. Enciso E, Aguilar E, Común P, Tinco J. Actividad Antiinflamatoria y Antioxidante de Tres Variedades de *Opuntia ficus-indica* "tuna". Rev. Soc. Quím. Perú. 2021 sep; V87;3:348.doi: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2021000300207
12. Quiñones C. Determinación de Polifenoles Totales, Antocianinas Y Capacidad Antioxidante del Ungurahui Y Huasai. 2018. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1601>
13. Pimentel J, Sueros F, Zegarra P, Miranda L, Sarmiento P, Jiménez H. Microencapsulación de Betacianina de Opuntia Ficus-Indica mediante Liofilización y Efecto en Estabilidad y Actividad Antioxidante.eCIMED.2023;56(1):e847.doi: <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/847>
14. Bernal C, Tunqui M. Capacidad Antioxidante del Extracto de los frutos Liofilizados de la Opuntia ficus-indica "tuna roja, naranja y verde" [Tesis de Licenciatura]. Arequipa: Universidad Católica de Santa María; 2020. Disponible en: <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/9934>
15. Herrera M, Melero V, Zegbe J, Cruz R. (2022). Funcionalidad de las cascaras de tuna " Roja Lisa" parte I (in vitro). Centro de investigación regional norte centro campo experimental Zacatecas. Disponible en: http://zacatecas.inifap.gob.mx/publicaciones/Funcionalidad_seg.pdf
16. Manzanarez L, Ruiz S, Cira L, Estrada M, Márquez E, Del Toro C, Suáres G. Caracterización Fisicoquímica, Actividad Antioxidante y Contenido de Fenoles y Flavonoides Totales de Nopal Morado (*Opuntia Gosseliniana*) en dos etapas de coloración. Biotecnia. 2023 junio 19; vol.24. doi: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-14562022000300101
17. Ostolaza C. Todos Los Cactus Del Perú. 2014 Diciembre; 1: p. 538. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/181>
18. Bussmann R, Douglas S. Plantas Nativas. Plantas Medicinales Del Perú. [Online]. [cited 2023 Diciembre 10. Available from: <https://plantasnativas24.blogspot.com/2021/06/waraqo-planta-medicinal.html>
19. Ostolaza C. 101 Cactus Del Perú. 101 Cactus Del Perú. 2011 Abril; 1: p. 257. Disponible en: <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/335>
20. Herrera FL. Cactaceae Cuzcoense. Revista De Ciencia. 1936;(417): p. 3-20. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/363694617/Cactaceae-Cuzcoense-Herrera>
21. Lan S, Stiefel M, Huamán M. "Qora Hampiyku" Nuestras Plantas Medicinales. Centre for Development and Environment. 2018;: p. 60. Disponible en: file:///C:/Users/User/Downloads/LibritoPitumarcaA5_reduced_2018.pdf

22. Seck A, Hosu C, Cimpoi S, Sall M. Contenido de fitoquímicos, detección y actividades antioxidantes/prooxidantes de Carapa procera (corteza) (Meliaceae), Revista Sudafricana de Botánica. 137, 369-376. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.11.019>
23. Oreopoulou A, Tsimogiannis D, Oreopoulou V. Extraction of Polyphenols from Aromatic and Medicinal Plants. In book: Polyphenols in Plants (pp.243-259). 2019. Disponible en: [10.1016/B978-0-12-813768-0.00025-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813768-0.00025-6)
24. Aguilera M, Reza MDC, Chew R, Meza J. Propiedades Funcionales De Las Antocianinas. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud. ; XIII. 2021. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/admin,+16-BIO-11-DPA-02.pdf>
25. Sadeer N, Llorent E, Bene K. Estudios de perfilación química, antioxidantes, inhibidores de enzimas y modelado molecular en extractos de hojas y corteza de tallo de tres plantas medicinales africanas, 174,19-33.2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2019.05.041>
26. Munteanu I, Apetrei C. Métodos analíticos utilizados para determinar la actividad antioxidante: una revisión. Revista internacional de ciencias moleculares, 22(7), 3380. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijms22073380>
27. Auccaylle R, Quin F. Valor Nutracéutico Y Evaluación De La Actividad Antioxidante In Vitro Del Extracto Metanólico De Auricularia Fuscosuccinea "Linli". 2021. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6323>
28. Speisky, H. (2021) Polifenoles: Moléculas con beneficios para la salud asociadas al consumo de frutas y verduras. Chile; (2021). Disponible en: <https://inta.uchile.cl/noticias/191143/polifenoles-moleculas-con-beneficios-para-la-salud->
29. Raza R. Caracterización Fitoquímica, Determinación de Polifenoles Totales, Antocianinas, Flavonoides Y Capacidad Antioxidante en Extractos de Corteza de Mururé [Tesis De Licenciatura]. Perú: Universidad Nacional Agraria de la Selva; 2023. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14292/2516>
30. Cárdenas C, Castañeda J, Hernández M. Especialización en Terapéuticas Alternativas y Farmacología Vegetal [Tesis De Licenciatura]. Bogotá: Fundación Universitaria Juan N. Corpas; 2020. Disponible en: <https://repositorio.juanncorpas.edu.co/handle/001/22>
31. Pérez S. Determinación de Flavonoides y Actividad Antioxidante de Cladodios de Nopal (*Opuntia ficus-indica*). [tesis de licenciatura]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil; 2021. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/19453>
32. Navarro A. Correlación Del Contenido De Polifenoles y Su Capacidad Antioxidante en Diferentes Matrices Alimentarias [Tesis De Licenciatura]. México: Universidad Nacional

- Autónoma De México; 2023. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.14330/TES01000838035>
33. Dávalos D. Determinación de Parámetros Óptimos de Extracción de Antocianinas en Mashua Negra (*Tropaeolum Tuberosum*) y Evaluación de la Actividad Antioxidante y Polifenoles Totales. Abancay: Universidad Nacional Micaela Bastidas De Apurímac; 2019. Disponible en: <http://repositorio.unamba.edu.pe/handle/UNAMBA/829>
 34. Ministerio de Salud. Boletín Epidemiológico. [Online].; 2023. Available from: <https://www.hrdt.gob.pe/site/index.php/servicios-linea/publicaciones/boletines/epidemiologicos>
 35. Ministerio de Salud. gob.pe. [Online].; 2018. Available from: <https://www.gob.pe/institucion/minsa/noticias/20027-89-de-peruanos-no-consume-suficientes-frutas-y-verduras>
 36. Pérez R. Historia de los Antioxidantes en Alimentación. [Online].; 2018. Available from: <https://medium.com/@rp7529632/historia-de-los-antioxidantes-en-alimentacio%CC%81n-4d3aecd6278f>
 37. Gulcin I. Antioxidantes y métodos antioxidantes: una visión general actualizada. Archivos de Toxicología, 94, 651–715. 2020. Disponible en: <10.1007/s00204-020-02689-3>
 38. Contreras D. Determinación de Capacidad Antioxidante y Fenoles Totales en Semillas de *Vitis Vinifera* L. “Vid”, del Valle de Cañete [Tesis De Licenciatura]. Huacho: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión; 2019. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/3069>
 39. Gutiérrez D, Ortiz de Orue J. Evaluación de la Actividad Antimicótica in Vitro frente a *Malassezia Furfur* Cepa ATCC 14521 y Determinación de la Capacidad de Coloración Capilar del Extracto Hidroalcohólico y del Tinte Shampoo Elaborado a partir del Fruto de *Genipa Americana* L. (Huito). [Tesis De Licenciatura]. Cusco: Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. 2022. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6747>
 40. Carrillo K. Evaluación del nopal como materia prima para la obtención de bioproductos y bioenergéticos [Tesis De Maestría]. México: Universidad Autónoma de Nuevo León; 2021. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/22392/1/1080315398.pdf#:~:text=de%20metanol%20y%20etano>

[l%20al%2080%20%,resultados%20var%C3%ADan%20entre%201.37%20y%203.33%20g/L](#)

41. Aziz N, Mhd J. Compuestos bioactivos, valor nutricional y posibles beneficios para la salud del durian autóctono. (Durio Zibethinus Murr). A Review Food. 2019; 8(3). Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6463093/>
42. Flieger J, Baj J, Maciejewski R. Antioxidants: Classification, Natural Sources, Activity/Capacity Measurements, and Usefulness for the Synthesis of Nanoparticles. *Materials*, 4(15), pp. 1-54. DOI: 10.3390/ma14154135. 2021. Disponible en: [file:///C:/Users/User/Downloads/materials-14-04135-v2%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/User/Downloads/materials-14-04135-v2%20(1).pdf)
43. Venereo J. Daño oxidativo, radicales libres y antioxidantes. *Revista Cubana de medicina militar*. 2022. 31(2), 126-133. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S013865572002000200009&script=sci_abstract
44. Kędziora K, Mądra K, Gackowski M. Anemia. Reference Module in Biomedical Sciences. Elsevier; 2019. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/referencework/9780128012383/biomedical-sciences>
45. Olascuaga K, Rubio S, Blanco C, Valdiviezo J. *Desmodium molliculum* (Kunth) DC (Fabaceae); Perfil etnobotánico, fitoquímico y farmacológico de una planta andina peruana. *Investigación y aplicaciones de etnobotánica*, 19(1), pp.1-13. 2020. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/339537552_Desmodium_molliculum_Kunth_DC_Fabaceae_Perfil_etnobotanico_fitoquimico_y_farmacologico_de_una_planta_andina_peruana
46. Martínez E, Fernández I, Fuentes Ana. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. *Revista de la Universidad Politécnica de Valencia*. 2020. Disponible en: <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/af9f94fb-a13c-4e00-82a1-deda62eac0e3/content>
47. Kim S, Bisson J, Brent J, Pauli G, Simmler C. Método de eliminación selectiva de clorofila para desverdizar los extractos botánicos. *Revista de Productos Naturales*, 83(6), pp. 1846-1858. 2020. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7398693/pdf/nihms-1608465.pdf>

48. Madankumar et al. - In-vitro Antioxidant and Anticancer Activity from pdf. 2021. Disponible en: <https://jespublication.com/upload/2020-110341>
49. Mathez, S. L., & Huamán, M. (2018). " Qora Hampiyku": Nuestras plantas medicinales en las comunidades de Pitumarca, Cusco, Perú. Disponible en: https://issuu.com/cde.unibe.ch/docs/plantas_medicinales_pitumarca_cusco
50. Vallejo Y, Barrios L, Anaya J. Revista Química. Obtenido de Cromatografía en Capa Fina. 2021. Disponible en: <https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/23788>
51. Hidayat R, Wulandari P. Métodos de extracción: Maceración, percolación y decocción. Revista Eureka Herba Indonesia, 2(1), pp. 68-74. DOI: 10.37275/ehi.v2i1.15. 2021. Disponible en: <https://eurekabiomedical.com/index.php/EHI/article/view/15>
52. Munteanu G, Apetrei C. Analytical Methods Used in Determining Antioxidant Activity: A review. International Journal of Molecular Sciences, 22(7), pp. 1-30.2021. Disponible en: <file:///C:/Users/User/Downloads/ijms-22-03380-v2.pdf>
53. Arias J, Covinos M, Enfoques consulting EIRL: Diseño y metodología de la investigación [internet]. Perú. 2021 [citado 2021 junio 5]. Disponible en: https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf

Anexo N°1

FICHA DE RECOLECCIÓN DE DATOS ANÁLISIS FITOQUÍMICO CUALITATIVO

Lugar:

Temperatura ambiente:

Fecha:

Hora: N°

Especie: *Austrocyllindropuntia Floccosa* "Huaracco"

Tipo de Prueba	Extracto Etanólico al 70% de <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> (Huaracco)
ALCALOIDES	
CUMARINAS	
QUINONAS	
COMPUESTOS FENÓLICOS	
FLAVONOIDES	
SAPONINAS	
AZUCARES REDUCTORES	
GLICÓSIDOS	

LEYENDA:

- Abundante cantidad ++++
- Regular cantidad +++
- Poca cantidad ++
- Ausencia -

Observaciones: _____

Anexo N°2

DETERMINACIÓN DE PORCENTAJE DE HUMEDAD

Peso del fruto <i>Austrocylindropuntia</i> <i>Floccosa</i> "Huaracco"	TIEMPO								
	24h	48h	72h	96h	120h	144h	168h	192h	Porcentaje de humedad (%)
PESO 1									
PESO 2									
PESO 3									

Promedio de % de humedad del fruto *Austrocylindropuntia Floccosa* "Huaracco"

Fuente: Elaboración propia.

Anexo N°3

PRUEBAS DE SOLUBILIDAD

Lugar: _____

Temperatura ambiente: _____

Fecha: ____ / ____ / ____ Hora: _____

Especie: *Austrocyllindropuntia Floccosa* "Huaracco"

SOLVENTE	Extracto Etanólico de <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> "Huaracco"
AGUA DESTILADA	
ETANOL AL 96%	
ETANOL AL 70%	
ETANOL AL 60%	
ETANOL AL 80%	
ACETONA	
ACETATO DE ETILO	
CLOROFORMO	
HEXANO	

LEYENDA:

- Muy soluble +++++
- Soluble +++
- Poco soluble ++
- Insoluble +

Observaciones: _____

Anexo N°04

FICHA DE RECOLECCIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO PARA LA MARCHA
FITOQUIMICA DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% de *Austrocyllindropuntia Floccosa*
(Huaracco)

METABOLITO SECUNDARIO	REACTIVOS	RESULTADOS
Alcaloides		
Azucares Reductores		
Fenoles		
Flavonoides		
Glicósidos		
Quinonas		
Saponinas		
Triterpenos y Esteroides		
Taninos		
Lactonas Serquiterpénicas		

Leyenda:

- Abundante Cantidad : +++
- Regular Cantidad : ++
- Poca Cantidad : +
- Ausente : -

Observaciones: _____

Anexo N°05

**FICHA DE RECOLECCIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO PARA LA
CAPACIDAD DE FENOLES TOTALES *Austrocyllindropuntia
Floccosa* (Huaracco)**

CURVA DE CALIBRACIÓN CON ÁCIDO GÁLICO

fecha: / /

Concentración:

N°	Concentración (mg/mL)	Volumen (µL)	FOLIN C. µL	NA2CO3 µL	H2O µL	VOLUMEN TOTAL µL	Absorbancia	
							E1	Promedio
1								
2								
3								
4								
5								

**E: estándar*

CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES

fecha: / /

Concentración:

N°	Concentración (mg/mL)	Volumen (µL)	FOLIN C. µL	NA2CO3 µL	H2O µL	VOLUMEN TOTAL µL	Absorbancia	
							M1	Promedio
1								

**M: Muestra*

1:.....

2:.....

Anexo N°06

CERTIFICADO DE DETERMINACIÓN TAXONÓMICA DE LA ESPECIE VEGETAL



INSTITUTO CIENTIFICO MICHAEL OWEN DILLON (IMOD)
Investigación, Conservación, Educación y Transformación de Recursos
Reconocido por Resolución de Dirección General Nro. 140-2016-SERFOR/DGSPFFS



"Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana"

CONSTANCIA DE DETERMINACIÓN N° 005-2025

El Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD).

HACE CONSTAR:

Que la muestra presentada por **Mayra Mayte Terrazas Ortega**, recolectada en el distrito de Chuquibambilla, provincia Grau, departamento de Apurímac, en las coordenadas de ubicación: S 14°06'50" y O 72°42'54", a 3952 m de elevación, para la realización de la tesis titulada: "EVALUACIÓN DE POLIFENOLES FLAVONOIDES, ANTOCIANINAS Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocylindropuntia floccosa* 'Huaracco'". Fue determinada taxonómicamente en las instalaciones del Herbario Sur Peruano (HSP), del Instituto Científico Michael Owen Dillon; corresponde a:

Clase: Equisetopsida C. Agardh
Subclase: Magnoliidae Novák ex Takht.
Orden: Caryophyllales Juss. ex Bercht. & J. Presl.
Familia: Cactaceae Juss.
Género: *Austrocylindropuntia* Backeb.
Especie: *Austrocylindropuntia floccosa* (Salm-Dyck) F. Ritter

La clasificación se ha realizado según la propuesta por: *Angiosperm Phylogeny Group (APG) IV* en: "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG IV" (2016).

Se expide la presente a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Arequipa, 17 de febrero de 2025.



Blgo. Daniel Fernando Ramos Araníza
C. B. P. N° 9552
Director del Instituto Científico Michael Owen Dillon (IMOD)
Herbario Sur Peruano (HSP)
danferamos@gmail.com



Dirección: Av. Jorge Chávez No. 610 Cercado, Arequipa - Perú
Página web: <http://www.imod.org.pe/>
Correo: imod.per@gmail.com

Anexo N°07

FICHA DE RECOLECCIÓN DE LA ESPECIE VEGETAL

Especie vegetal: <i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> (Huaracco)	
Fecha:/...../.....	
Hora:/...../.....	
Características:	Detalles
Nombre científico:	<i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i>
Nombre común:	Huaracco
Familia:	Cactaceae Juss
Especie:	<i>Austrocyllindropuntia Floccosa</i> (Salm-Dyck) F. Ritter
Lugar de recolección de la planta:	- Región: Apurímac - Provincia: Grau - Distrito: Chuquibambilla
Partes usadas de la planta:	- Tallo () - Hojas () - Frutos (x) - Raíz ()
Recolector:	
Observaciones:	

Fuente: Elaboración propia

Anexo N°08

FICHA DE RECOLECIÓN DE LA ESPECIE EN ESTUDIO PARA LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE POR DPPH DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocyllindropuntia Floccosa* (Huaracco)

PARA LA CURVA DE CALIBRACIÓN

CONCENTRACION DE TROLOX ug/mL	ABSORBANCIA 517 nm	PROMEDIO DE LAS LECTURAS
0.05		
0.15		
0.25		

FUENTE: Elaboración propia

PARA EL EXTRACTO ETANÓLICO DE *Austrocyllindropuntia Floccosa* (Huaracco)

CONCENTRACION DE EXTRACTO ETANÓLICO ug/mL	ABSORBANCIA 517 nm	PROMEDIO DE LAS LECTURAS
0.05		
0.2		
0.5		

FUENTE: Elaboración propia

Anexo N°09 ELABORACIÓN DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocyllindropuntia Floccosa* (Huaracco)



FUENTE: Elaboración propia

Activar Windows
Ir a Configuración de PC par

Anexo N°10

ANÁLISIS FITOQUÍMICO DEL EXTRACTO ETANÓLICO AL 70% DEL FRUTO DE *Austrocylindropuntia Floccosa* (Huaracco)

Dragendorff	Wagner
	
Fehling	Shinoda
	
FeCl3	Agua destilada
	
Liebermann-Burchard	Baljet
	

FUENTE: Elaboración propia

Anexo N°11
REGISTRO FOTOGRÁFICO



Fotografía N°01: Recolección de los frutos de *Austrocylindropuntia floccosa*
(Huaracco)



Fotografía N°02: Selección y secado del fruto de *Austrocylindropuntia floccosa*
(Huaracco)



Fotografía N°03: Molienda de los de los frutos de *Austrocyclopuntia floccosa* (Huaracco).



Fotografía N°04: Filtrado del extracto etanólico al 70% de de *Austrocyclopuntia floccosa* (Huaracco).



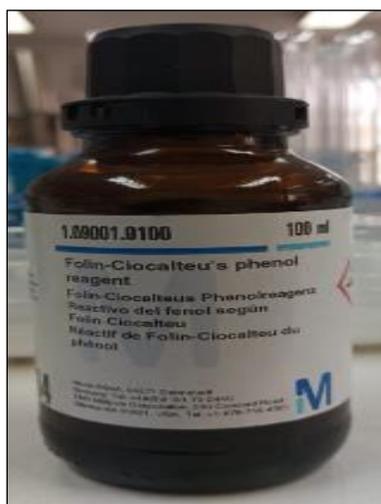
Figura N°07: Prueba de solubilidad.



Fotografía N°06: Determinación del porcentaje de humedad.



Fotografía N°05: Reactivos de análisis fitoquímico



Fotografía N°05: Reactivo Folin- Ciocalteu



Figura N°08: Reactivo DPPH y Trolox.



Figura N°09: Medición de la absorbancia a 517nm en el espectrofotómetro UV-Visible.

Anexo N°12

CÁLCULOS CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES

$$\text{Abs} = 0.758$$

$$Y = 6.19x - 0.0035$$

$$X = \frac{Y + 0.0035}{6.19}$$

$$x = \frac{0.758 + 0.0035}{6.19}$$

$$X = 120 \text{ ug eq-AG /mL}$$

Extracto



0.1gr de extracto disuelto en 25mL

1) 120 ug/mL eq-A.G.....1 mL
extracto

X25 mL de extracto

$$X = 3000 \text{ ug eq-AG}$$

2) Relacionar con el peso de la muestra

$$X = \frac{3000 \text{ ug eq-AG}}{100 \text{ mg muestra}}$$

$$X = 30 \text{ ug EAG/mg de extracto}$$



120 ug eq-AG/mL (en 25mL de solución de una muestra de 100mg equivalente a 30 ug EAG/mg de extracto).

Anexo N°13

CÁLCULOS CUANTIFICACIÓN DE FLAVONOIDES

$$\text{Abs} = 0.018$$

$$Y = 23.608x - 0.0031$$

$$X = \frac{Y + 0.0031}{23.608}$$

$$x = \frac{0.018 + 0.0031}{23.608}$$

$$X = 0.88 \text{ ug eq-rutina /mL}$$

Extracto



1.2810gr de extracto disuelto en 25mL

1) 0.88 ug eq-rutina1 mL
extracto

X25 mL de extracto

$$X = 22 \text{ ug eq-rutina}$$

2) Relacionar con el peso de la muestra

$$X = \frac{22 \text{ ug eq-rutina}}{1281 \text{ mg muestra}}$$

$$X = 0.01 \text{ ug eq-rutina /mg de extracto}$$



0.88 ug eq-rutina /mL (en 25mL de solución de una muestra de 1281mg equivalente a 0.01 ug eq-rutina /mg de extracto).