

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL  
DE HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD**

**ESCUELA PROFESIONAL DE FARMACIA Y BIOQUÍMICA**



**TESIS:**

**Actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la  
cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”,  
Ayacucho 2024.**

Para optar el título profesional de:

**QUÍMICO FARMACÉUTICO**

PRESENTADO POR:

**Bach. Jessica Pamela MEDINA ROJAS**

ASESOR:

**Dr. Q.F. Enrique Javier AGUILAR FELICES**

**AYACUCHO - PERÚ**

**2025**

A Dios, a mis padres, Flavio y Doris, y a mis hermanos, Blanca y Bladimir, por su apoyo incondicional en mi formación personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi *Alma Mater*, la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por haberme acogido en sus aulas y haber sido el pilar de mi formación universitaria.

A la Facultad de Ciencias de la Salud, en especial, a la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica y a sus distinguidos docentes, por compartir generosamente sus conocimientos, los cuales han contribuido de manera cuantiosa a mi desarrollo profesional.

Al Dr. Q.F. Enrique Javier Aguilar Felices, por su dedicada y entusiasta asesoría durante el desarrollo de este trabajo de investigación. Su amplia experiencia fue un aporte fundamental para la realización del presente estudio.

Finalmente, expreso mi más sincero agradecimiento a todas las personas que se involucraron y estuvieron presentes en mi formación universitaria.

## ÍNDICE GENERAL

	Página
AGRADECIMIENTOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA	3
2.1. Marco Referencial	3
2.1.1. Antecedentes Internacionales	3
2.1.2. Antecedentes Nacionales	6
2.1.3. Antecedentes Locales	8
2.2. Marco Teórico	9
2.2.1. <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”	9
2.2.2. Radicales Libres	15
2.2.3. Estrés Oxidativo (EO)	15
2.2.4. Enfermedades Vinculadas al Estrés Oxidativo	16
2.2.5. Antioxidantes	17
2.2.6. Compuestos Fenólicos	18
2.3. Marco Conceptual	26
2.4. Marco Ético y Legal	27
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1. Alcance de Investigación	29
3.2. Diseño de Investigación	29
3.3. Unidad de Análisis	29
3.4. Población de Estudio	29
3.5. Muestra y Tamaño de Muestra	29
3.6. Muestreo	29
3.7. Criterios de Selección	29
3.7.1. Criterios de Inclusión	29
3.7.2. Criterios de Exclusión	29
3.8. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos	29

3.8.1. Selección y Recolección de las Muestras	30
3.8.2. Preparación de la Muestra	30
3.8.3. Obtención de las Muestras Liofilizadas	30
3.8.4. Determinación del Rendimiento de Liofilización	31
3.8.5. Preparación de los Extractos Metanólicos	31
3.8.6. Determinación del Contenido de Fenoles Totales	31
3.8.7. Determinación del Contenido de Flavonoides	31
3.8.8. Ensayos Antioxidantes <i>in vitro</i>	32
3.9. Análisis de Datos	32
3.10. Consideraciones Éticas	32
CAPÍTULO IV. RESULTADOS	33
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN	41
CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES	47
CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES	49
BIBLIOGRAFÍA	51
ANEXOS	59

## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
<b>Tabla 1.</b> Descripción botánica de la planta de <i>Morinda citrifolia</i> L.	9
<b>Tabla 2.</b> Características fisicoquímicas del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	10
<b>Tabla 3.</b> Componentes de valor nutricional del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	11
<b>Tabla 4.</b> Compuestos bioactivos del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	12
<b>Tabla 5.</b> Estudios farmacológicos de la especie <i>Morinda citrifolia</i> L.	13
<b>Tabla 6.</b> Enfermedades vinculadas al estrés oxidativo	16
<b>Tabla 7.</b> Clasificación de los antioxidantes	18
<b>Tabla 8.</b> Clasificación de compuestos fenólicos con base a su número de carbonos	19
<b>Tabla 9.</b> Ácidos fenólicos en el fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	22
<b>Tabla 10.</b> Flavonoides en la especie <i>Morinda citrifolia</i> L.	22
<b>Tabla 11.</b> Ácidos fenólicos y flavonoides en cada parte del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	23
<b>Tabla 12.</b> Lignanos en el fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	24
<b>Tabla 13.</b> Antraquinonas en la especie <i>Morinda citrifolia</i> L.	24
<b>Tabla 14.</b> Derivados de las cumarinas en el fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	25
<b>Tabla 15.</b> Porcentaje del rendimiento de liofilización de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L.	33
<b>Tabla 16.</b> Matriz de correlación entre el contenido de los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de los extractos liofilizados del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
<b>Figura 1.</b> Estructura básica del núcleo de los fenoles.	20
<b>Figura 2.</b> Estructura básica del núcleo flavonoide.	20
<b>Figura 3.</b> Contenido de fenoles totales en los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L.	34
<b>Figura 4.</b> Contenido de flavonoides en los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L.	35
<b>Figura 5.</b> Actividad antioxidante mediante el método DPPH de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L.	36
<b>Figura 6.</b> Actividad antioxidante mediante el método ABTS de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L.	37
<b>Figura 7.</b> Actividad antioxidante mediante el método FRAP de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L.	38
<b>Figura 8.</b> Porcentaje de actividad secuestradora del DPPH y ABTS por los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L.	39

## ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
<b>Anexo 1.</b> Identificación taxonómica de <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”	59
<b>Anexo 2.</b> Lugar y ubicación del lugar de recolección de la muestra.	60
<b>Anexo 3.</b> Preparación de la muestra	60
<b>Anexo 4.</b> Pesado inicial de las muestras	61
<b>Anexo 5.</b> Obtención de las muestras liofilizadas	61
<b>Anexo 6.</b> Preparación de los extractos metanólicos.	62
<b>Anexo 7.</b> Flujograma para la cuantificación de fenoles totales.	63
<b>Anexo 8.</b> Curva de calibración del ácido gálico.	63
<b>Anexo 9.</b> Flujograma para la cuantificación de flavonoides.	64
<b>Anexo 10.</b> Curva de calibración de la quercetina.	64
<b>Anexo 11.</b> Flujograma para la determinación de la actividad secuestradora del DPPH.	65
<b>Anexo 12.</b> Curva de calibración de Trolox para la determinación de la actividad secuestradora del radical libre DPPH	65
<b>Anexo 13.</b> Flujograma para la determinación de la actividad secuestradora del ABTS.	66
<b>Anexo 14.</b> Curva de calibración del Trolox para la determinación de la actividad secuestradora del ABTS.	66
<b>Anexo 15.</b> Flujograma para el ensayo FRAP.	67
<b>Anexo 16.</b> Curva de calibración del Trolox para la determinación del potencial reductor antioxidante del hierro (FRAP).	67
<b>Anexo 17.</b> ANOVA del contenido de fenoles totales en cada parte del fruto	68
<b>Anexo 18.</b> Prueba de Scheffé del contenido de fenoles totales en cada parte del fruto	68
<b>Anexo 19.</b> ANOVA del contenido de flavonoides en cada parte del fruto	68
<b>Anexo 20.</b> Prueba de Scheffé del contenido de flavonoides en cada parte del fruto	69
<b>Anexo 21.</b> ANOVA de la actividad secuestradora del DPPH de cada parte del fruto	69

<b>Anexo 22.</b>	Prueba de Scheffé de la actividad secuestradora del DPPH de cada parte del fruto	69
<b>Anexo 23.</b>	ANOVA de la actividad secuestradora del ABTS de cada parte del fruto	70
<b>Anexo 24.</b>	Prueba de Scheffé de la actividad secuestradora del ABTS de cada parte del fruto.	70
<b>Anexo 25.</b>	ANOVA del poder antioxidante reductor del hierro de cada parte del fruto.	70
<b>Anexo 26.</b>	Prueba de Scheffé del poder antioxidante reductor del hierro de cada parte del fruto.	71
<b>Anexo 27.</b>	ANOVA de la actividad secuestradora del DPPH (%) de cada parte del fruto.	71
<b>Anexo 28.</b>	Prueba de Scheffé de la actividad secuestradora del DPPH (%) de cada parte del fruto.	71
<b>Anexo 29.</b>	ANOVA de la actividad secuestradora del ABTS (%) de cada parte del fruto.	72
<b>Anexo 30.</b>	Prueba de Scheffé de actividad secuestradora del ABTS (%) de cada parte del fruto	72
<b>Anexo 31.</b>	Matriz de definición y operacionalización de variables	73
<b>Anexo 32.</b>	Matriz de consistencia	74

## RESUMEN

El fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni” contiene diversos compuestos bioactivos, destacando su actividad antioxidante, sin embargo, sigue existiendo cierto escepticismo sobre cómo la liofilización puede influir dicha actividad y la distribución de estos compuestos antioxidantes entre cada parte del fruto. Desde ese punto de vista, el presente trabajo de investigación tuvo el objetivo de determinar la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”, recolectadas en el distrito de Samugari, Huamanga - Ayacucho. Para ello, las tres muestras se sometieron a liofilización, posteriormente, se hizo una extracción metanólica; el contenido total de fenoles se determinó mediante el método de Folin – Ciocalteu; mientras que los flavonoides se cuantificaron siguiendo el procedimiento descrito por Zhishen *et al.*; y la actividad antioxidante se evaluó con los métodos de DPPH, ABTS y FRAP. Donde, se demostró que el zumo presentó el mayor contenido de fenoles totales (88,43 mg GAE/g) y una mayor actividad antioxidante: DPPH (254,41  $\mu$ M ET/g de extracto), ABTS (331,14  $\mu$ M ET/g), y FRAP (221,68  $\mu$ M ET/g), no obstante, la cáscara mostró el mayor contenido de flavonoides (6,34 mg QE/g); asimismo, existe una correlación positiva entre los fenoles totales y la actividad antioxidante expresados como (DPPH,  $r = 0,991$ ; ABTS,  $r = 0,897$  y FRAP,  $r = 0,945$ ; respectivamente), mientras que, los flavonoides mostraron una correlación negativa. Se concluye que, el zumo es la parte del fruto con mayor contenido de fenoles totales y mayor actividad antioxidante.

**Palabras clave:** *Morinda citrifolia* L., antioxidantes, compuestos fenólicos, liofilización.

## ABSTRACT

*Morinda citrifolia* L. “noni” fruit contains various bioactive compounds, highlighting its antioxidant activity; however, there is still some skepticism about how freeze-drying can influence this activity and the distribution of these antioxidant compounds between each part of the fruit. From this perspective, the present research aimed to determine the antioxidant activity of freeze-dried extracts of the peel, pulp, and juice of *Morinda citrifolia* L. “noni” fruit, collected in the Samugari district, Huamanga - Ayacucho. To this end, the three samples were subjected to freeze-drying, followed by methanolic extraction; total phenol content was determined using the Folin – Ciocalteu method; while flavonoids were quantified following the procedure described by Zhishen, *et al.*; and antioxidant activity was evaluated using the DPPH, ABTS, and FRAP methods. Where, it was shown that the juice presented the highest content of total phenols (88,43 mg GAE/g) and greater antioxidant activity: DPPH (254,41  $\mu$ M ET/g of extract), ABTS (331,14  $\mu$ M ET/g), and FRAP (221,68  $\mu$ M ET/g), however, the peel showed the highest flavonoid content (6,34 mg QE/g); likewise, there is a positive correlation between total phenols and antioxidant activity expressed as (DPPH,  $r = 0,991$ ; ABTS,  $r = 0,897$  and FRAP,  $r = 0,945$ ; respectively), while flavonoids showed a negative correlation. It is concluded that, the juice is the part of the fruit with the highest content of total phenols and the greatest antioxidant activity.

**Keywords:** *Morinda citrifolia* L., antioxidants, phenolic compounds, freeze-drying.

## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

*Morinda citrifolia* L. “noni”, es una especie que corresponde a la familia Rubiaceae [1], es una planta originaria del sudeste asiático, la cual se extiende desde la Polinesia oriental hasta la India, sin embargo, se ha logrado naturalizar en países como: México, Panamá, Colombia, Venezuela, Brasil, Caribe, los cayos de Florida y Antillas [2]. Puede llegar a desarrollarse en zonas geográficas con costas rocosas o arenosas, barrancos o incluso, en bosques relativamente húmedos [1]; con suelos hostiles, cóncavos, duros, áridos, secos, salinos y húmedos [3]. También, se ha logrado incluir y adaptar en las regiones amazónicas y en la selva alta del Perú [4]. Para desarrollar el presente trabajo de investigación se ha recolectado los frutos maduros del noni que se encuentran ubicados en el distrito de Samugari, provincia La Mar, región Ayacucho.

Tradicionalmente, el fruto de *Morinda citrifolia* L. se utiliza como un complemento alimenticio y para el tratamiento de diversas enfermedades. También, existen reportes de estudios farmacológicos que se han realizado a lo largo del tiempo, concluyendo que el noni tiene las siguientes propiedades: anticancerígeno y antiangiogénico [5,6]; bactericida y fungicida [3,7]; antiviral [8]; antihelmíntico [9]; regenerador óseo y tratamiento del dolor articular [3,10]; actividad sobre el sistema inmunológico [11]; hipotensor [12]; actividad contra los trastornos metabólicos asociados a la obesidad [13]; antiinflamatorio [14,15]; antituberculoso [16], hipoglicemiante [17] y actividad antioxidante [3].

Diversas fuentes de literatura científica sobre este fruto refieren que, cuenta con múltiples propiedades nutricionales y funcionales, debido a que contiene una gran cantidad de compuestos de valor nutricional, por ejemplo: agua [18], proteínas (aminoácidos) [19,20], carbohidratos (azúcares) [21], lípidos (ácidos grasos) [22], vitaminas [22,23] y minerales [24]; además, contiene compuestos bioactivos como: vitamina C, carotenoides [18], y compuestos fenólicos [3] (ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, antraquinonas y derivados de cumarinas), iridoides [25], alcaloides [26] y esteroides [27]; asimismo, contiene polisacáridos y ácido urónico; y en

el zumo de noni se ha encontrado escopoletina y rutina [28]. Estos metabolitos secundarios tienen un impacto prominente cuando el fruto se extrae en la etapa cinco de su maduración [29]. Es por ello que, el noni ha recibido una atención significativa, demostrando que su fruto presenta notables propiedades antioxidantes, atribuibles a la presencia de compuestos bioactivos capaces de inhibir la formación de radicales libres y mitigar el estrés oxidativo [30,31].

Si bien los beneficios antioxidantes del noni están bien documentados, sin embargo, sigue existiendo cierto escepticismo sobre cómo los procesos de secado y almacenamiento, como la liofilización, pueden influir en la actividad antioxidante del noni. Actualmente, no está claramente establecido cómo varía esta actividad entre la cáscara, pulpa y zumo cuando se aplica este método de secado y conservación, lo que limita el aprovechamiento óptimo de sus componentes bioactivos.

En ese contexto, el problema de investigación planteado fue ¿Cuál es la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”?

Desde ese punto de vista, el presente trabajo de investigación tiene el objetivo de determinar la actividad antioxidante entre los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”.

Para ese fin, se planteó los siguientes objetivos específicos:

- (1) Comparar la concentración de compuestos fenólicos totales en los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo.
- (2) Cuantificar la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. utilizando métodos estandarizados (DPPH, ABTS, FRAP).
- (3) Determinar la correlación entre la concentración de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en los extractos liofilizados de cada parte del fruto.

## CAPÍTULO II. DESARROLLO DE LA PERSPECTIVA TEÓRICA

### 2.1. Marco Referencial

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Li, *et al.* [32], en el 2025, realizaron una investigación con la finalidad de comparar el perfil de compuestos fenólicos en la fruta de *Morinda citrifolia* L. mediante diferentes métodos de secado. Con ese fin, se tuvo las siguientes muestras: fruta fresca, frutos secados al aire caliente, frutos secados por microondas y frutos secados por liofilización al vacío. Obteniendo la cuantificación de 27 compuestos fenólicos, asimismo, se demostró que, el secado por liofilización al vacío preservó la mayor cantidad de compuestos fenólicos libres, destacando a la rutina (1809,83 mg/kg) y el ácido quínico (198,72 mg/kg), mientras que, en los fenoles ligados, se encontró en mayor cantidad al ácido benzoico (35,56 mg/kg). Por otro lado, el secado con aire caliente provocó una reducción del 51,59% de los fenoles libres y del 35,55% en los ligados, con una notable degradación de rutina y ácido quínico. El secado por microondas también disminuyó los fenoles libres, aunque aumentó el ácido cafeico a 46,45 mg/kg debido a su estabilidad frente al calor. En cuanto a los fenoles ligados el mayor contenido se encontró en la fruta fresca, con ácido benzoico (220,67 mg/kg) y rutina (77,02 mg/kg). Aunque la liofilización al vacío fue eficaz para conservar los fenoles libres, los métodos térmicos favorecieron la liberación de quercetina y ácido 3,4 – dihidroxibenzoico. Concluyendo que, la composición de los compuestos fenólicos varía según el tipo de secado que se utiliza [32].

Fontes, *et al.* [21] en el 2023, realizaron una investigación con el objetivo de determinar el contenido de bioactivos y la capacidad antioxidante de la pulpa liofilizada de *Morinda citrifolia* L. Para ello, los compuestos fenólicos se determinaron mediante Cromatografía líquida y espectrometría de masas (LC-MS). Obteniendo los siguientes resultados, los bioactivos que se caracterizaron del polvo liofilizado, y el extracto con diferentes disolventes de semillas, cáscara y pulpa fueron: los carotenoides, clorofila, azúcares, ácido ascórbico, flavonoides, fenoles y antioxidantes. La pulpa liofilizada

mostró altos niveles de compuestos fenólicos y flavonoides (7486,38  $\mu\text{g}$  GAE/g y 385,57  $\mu\text{g}$  QE/g, respectivamente); asimismo, presentó una mayor actividad antioxidante para el método FRAP (10360,39 a 467970,40 mmol/100 g), una mayor concentración de ácido ascórbico (336,62 mg/100 g); y, por último, se identificó a los siguientes compuestos: rutina, ácido cafeico, artepilina C, quercetina – 3- glucósido, vainillina y el ácido vainillico. Concluyendo que los cuatros componentes analizados del fruto presentan actividad antioxidante, sin embargo, los resultados fueron mayores en el componente sometido a la liofilización [21].

Kumar, *et al.* [33] en el 2022, evaluaron el impacto de dos métodos de secado (liofilización y secado de aire caliente) en los antioxidantes naturales, fenoles y flavonoides de frutos inmaduros de *Citrus sinensis* L. Osbeck. Con ese fin, utilizaron el HPLC para cuantificar compuestos específicos, el método de Folin – Ciocalteu para fenoles totales, y ensayos DPPH, ABTS y FRAP para medir la capacidad antioxidante. Los resultados mostraron que la liofilización preservó significativamente mayores niveles de compuestos como: hesperidina (22,383%); narirutina/isonaringina (1,343%); diosmina (5,293%); y didimina/neoponcirina (1,187%) en comparación con el secado en horno de aire caliente. De igual forma, la capacidad antioxidante fue mayor en las muestras liofilizadas (7,548 – 11,643 mM ET; 8,164 – 14,710 mM ET y 4,008 – 5,863 mM ET para ensayos de ABTS, DPPH y FRAP, respectivamente). Concluyendo que, existe una correlación significativa entre la actividad antioxidante, el contenido de fenoles y flavonoides, recomendando la liofilización como método preferente para conservar y extraer compuestos bioactivos de los frutos inmaduros [33].

Krishnaiah, *et al.* [34] en el 2015, realizaron una investigación con el propósito de determinar la actividad antioxidante y el contenido fenólico en el extracto metanólico del fruto de *Morinda citrifolia* L. Con ese fin, se empleó el método del separador de membrana de polietersulfona. Los resultados arrojaron que el nivel óptimo de la capacidad antioxidante es de 55,60% y tiene un contenido fenólico total de 43,18 mg GAE/10 g de muestra. Concluyendo de esta forma, que el noni tiene actividad antioxidante y un contenido alto de polifenoles totales [34].

Palioto, *et al.* [35] en el 2015, realizaron un estudio con la finalidad de analizar la pulpa extraída de frutos maduros de *Morinda citrifolia* L. cultivados en Paraná - Brasil. Por tanto, se preparó extractos con diferentes disolventes (agua, etanol, metanol/acetona y metanol), y se determinó el contenido de fenoles y actividad

antioxidante. Obteniendo los siguientes resultados: Componentes de valor nutricional en la pulpa: humedad (89,16%); cenizas (0,75%); proteínas (2,10%); lípidos (2,19%); y carbohidratos (5,81%); y compuestos bioactivos: antocianinas (1,39 mg/100 g); flavonoides (13,01 mg/100 g); carotenoides (0,45 mg/100 g); vitamina C (12,16 mg/100 g) y los fenoles totales en mayor cantidad se encontró en el extracto acuoso (1143,56 mg GAE/100 g); seguido del extracto etanólico (966,96 mg GAE/100 g). Mientras que, la capacidad antioxidante para reducir el 50% del radical DPPH se encontró en el extracto metanol/acetona ( $CE_{50} = 25,18$  mg/ml), la cual fue similar al extracto metanol ( $CE_{50}$  de 25,96 mg/mL); esto sugiere que puede estar relacionada con su contenido de vitamina C, y polifenoles totales. Concluyendo que, el noni tiene actividad antioxidante [35].

Irigoyen, *et al.* [36] en el 2015, realizaron una investigación con el objetivo de determinar la actividad antioxidante del fruto de *Morinda citrifolia* L. y su posible inclusión en una crema exfoliante. Para ello se empleó el método de la reacción espectrofotométrica con una disolución metanólica 0,1 mM del radical libre DPPH. Donde, se obtuvo que, la mayor capacidad antioxidante se encuentra en la cáscara y en la pulpa ( $11,20 \pm 0,69$  y  $14,61 \pm 1,38$  mM/g, respectivamente), y menor capacidad en las semillas, por lo que se podrían utilizar como un subproducto con fines exfoliantes [36].

Costa, *et al.* [18] en el 2013, efectuaron un estudio con el propósito de realizar la caracterización química y evaluar la actividad antioxidante de la pulpa, cáscara y semillas del fruto de *Morinda citrifolia* L. por composición centesimal. Para esto, se prepararon extractos con diferentes disolventes (agua, etanol y acetona). Obteniendo que, el noni posee cantidades considerables de carbohidratos (27,21%; 9,70% y 8,37%) y proteínas (2,64%; 2,23% y 2,24%) en las semillas, cáscara y pulpa, respectivamente. Sin embargo, la pulpa mostró una mayor cantidad de vitamina C (23,1 mg/100 g) y carotenoides totales (3,90 mg/100 g), asimismo en el extracto de acetona de la pulpa se llegó a cuantificar 109,81 mg/100 g de fenoles totales y en menor cantidad en las semillas (28,75 mg/100 g). Todos los extractos analizados mostraron actividad antioxidante, pero el extracto etanólico de la pulpa tuvo mayor actividad sobre DPPH y ABTS; y, el extracto acetónico de la misma, para el ABTS. Concluyendo que, el fruto contiene un gran cantidad de compuestos fenólicos que tiene actividad antioxidante *in vitro* [18].

Correia, *et al.* [37] en el 2011, realizó un estudio con el objetivo de evaluar las propiedades fisicoquímicas de la pulpa de *Morinda citrifolia* L. cultivado en Ceará; con tal efecto, la pulpa se envasó en bolsas de polietileno, se selló y se almacenó a  $-20^{\circ}\text{C}$ . Donde se obtuvo que, la pulpa de noni tiene una composición centesimal de humedad (91,91%); carbohidratos (0,63%); fibra (1,76%); valor energético (30,25 kcal/100 g), en cuanto a sus características fisicoquímicas, se encontró: pH (4,25); sólidos solubles totales (9,2° Brix); acidez total (0,63 g/100 g); azúcares totales (5,45 g/100 g); azúcares reductores (5,32 g/100 g); actividad de agua (0,93); residuo insoluble en alcohol (2,8 g/100 g); pectina (1,14 g/100 g); hemicelulosa (0,25 g/100 g) y celulosa + lignina (0,45 g/100 g). Por otro lado, el fruto de noni cuenta con una concentración de vitamina C (122,54 mg AA/100 g); contenido fenólico (216,67 mg GAE/100 g), antioxidante (6,27  $\mu\text{mol ET/g}$ ). Estos resultados demuestran que la pulpa de noni posee una cantidad significativa de antioxidantes [37].

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales**

Gamarra y Rodríguez [38] en el 2020, realizaron un trabajo de investigación con el objetivo de determinar la influencia del liofilizado y deshidratación al vacío del zumo y pulpa de *Morinda citrifolia* L. obtenido por prensado en frío en la disminución del olor; para lo cual, se empleó tres tratamientos: fruto normal, liofilizado y deshidratación al vacío del zumo y pulpa. Obteniendo que, en el zumo y pulpa del fruto normal se encontró: polifenoles totales (0,55 y 0,36 mg GAE/100 g); taninos (0,05 y 0,18 mg ácido tánico/100 g); vitamina C (19,22 y 19,40 mg AA/100 ml); flavonoides (53,00 y 146,57 mg QE/100 g) y  $\beta$  – caroteno (221,37 y 4,83 mg GAE/100 g), respectivamente. En el zumo y pulpa liofilizado se encontró: polifenoles totales (0,40 y 0,34 mg GAE/100 g); taninos (0,23 y 0,20 mg ácido tánico/100 g); vitamina C (3,44 y 5,59 mg AA/100 ml); flavonoides (70,72 y 78,32 mg QE/100 g) y  $\beta$  – caroteno (7,14 y 10,60 mg GAE/100 g), respectivamente. Por último, en el zumo y pulpa deshidratados al vacío se halló: polifenoles totales (0,69 y 0,73 mg GAE/100 g); taninos (0,36 y 0,48 mg ácido tánico/100 g); vitamina C (8,40 y 8,90 mg AA/100 ml); flavonoides (19,14 y 33,35 mg QE/100 g) y  $\beta$  – caroteno (1,88 y 4,58 mg GAE/100 g), respectivamente. Concluyendo que, la deshidratación al vacío es un tratamiento que ha demostrado conservar en cantidad significativa los componentes bioactivos del noni, sin embargo, la liofilización logró disminuir el olor en la pulpa del noni [38].

Barra [39] en el 2019, en su estudio evaluó las características fisicoquímicas y bromatológicas, determinó la concentración de fenoles totales, vitaminas C y cuantificó la actividad antioxidante del zumo de *Morinda citrifolia* L. Para ello, el zumo se obtuvo por prensado neumático, y los métodos empleados fueron: la Asociación de Químicos Analíticos (AOAC), Folin Ciocalteu, método de Singleton – Rossi, 2-6 diclorofenolindofenol y DPPH, asimismo se analizó dos tipos de muestra: zumo con cáscara y sin cáscara. Obteniendo que, el zumo con cáscara demostró tener un mayor porcentaje de acidez, sólidos solubles, proteínas, grasa, fibra, cenizas y carbohidratos totales; y el zumo sin cáscara presenta un mayor porcentaje de humedad. Además, el zumo sin cáscara expuso una mayor actividad antioxidante (81,54%); y fenoles totales de 83,68 mg de GAE/100 g de zumo. Por otro lado, el zumo con cáscara presentó una concentración mayor de vitamina C (301,88 mg de AA/100 g del zumo), que el zumo sin cáscara. Llegando a la conclusión de que, la actividad antioxidante del zumo de noni es de 76,77% y su porcentaje de inhibición del radical DPPH es 81,54% [39].

Nakamura, *et al.* [17] en el 2019, realizaron un trabajo de investigación con el objetivo determinar la actividad hipoglucemiante y antioxidante del extracto alcohólico del fruto de *Morinda citrifolia* L. en ratas normales e inducidas a diabetes mellitus tipo 2 por aloxano. Para aquello, se empleó el método de inducción de diabetes con dos agentes (glucosa y aloxano) y para la actividad antioxidante se empleó los métodos: DPPH, medición de los niveles de malondialdehído (MDA) y óxido nítrico (NO). En la cual se obtuvo que, el extracto alcohólico ha demostrado una actividad significativa a la dosis de 50 mg/kg; en el test de tolerancia a la glucosa y en el test con ratas inducidas a diabetes. Asimismo, la actividad antioxidante fue de 33,74% a una concentración de 50  $\mu\text{g/ml}$  y los niveles de MDA fue de 1,539  $\mu\text{mol/l}$  y de NO fue de 30,82 mmol/l a una dosis de 250 mg/kg. Concluyendo que, el extracto alcohólico del noni presenta actividades hipoglucemiantes y antioxidantes [17].

Robledo, *et al.* [40] en el 2017, en su investigación tuvieron la finalidad de determinar la capacidad antioxidante y el contenido total de polifenoles *in vitro* del mosto de *Morinda citrifolia* L. fermentado. Con ese propósito, se emplearon los métodos de DPPH y Folin Ciocalteu, respectivamente. Obteniendo que, el contenido total de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante varían durante la fermentación alcohólica, ya que el contenido de polifenoles totales más alto se produjo a la cuarta semana (612 mg GAE/l); y la capacidad antioxidante también se incrementó

aún más a la cuarta semana (18,75%). Concluyendo que, la fermentación alcohólica induce a cambios significativos en la composición de polifenoles totales y la actividad antioxidante [40].

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

Ore [41] en el 2024, realizó un estudio con el propósito de determinar el efecto antibacteriano *in vitro* del fruto de *Morinda citrifolia* L. frente a *Streptococcus mutans*; para ello se preparó los extractos hidroetanólicos e hidrometanólicos de la cáscara y pulpa con semillas del noni; obteniendo la identificación de los siguientes metabolitos secundarios: fenoles y taninos, flavonoides, lactonas y cumarinas, quinonas, flavonas, azúcares reductores, esteroidales y triterpenos, y por último, aminoácidos libres o aminas. Por otro lado, los extractos hidroetanólico e hidrometanólico de la cáscara a 900 mg/ml mostraron halos de inhibición de 11,36 mm y 11,20 mm, respectivamente, mientras que los extractos de la pulpa con semillas a la misma concentración presentaron halos de inhibición de 14,32 mm (hidroetanólico) y 11,14 mm (hidrometanólico). Concluyendo que, el fruto de noni posee la actividad antibacteriana *in vitro* frente a *Streptococcus mutans* [41].

Aguila [42] en el 2023, tuvo el objetivo de evaluar el efecto antiulceroso del extracto hidroalcohólico del fruto de *Morinda citrifolia* L. Con esa finalidad, se empleó el método de úlceras inducidas con etanol en ratas, obteniendo como resultado: el extracto hidroalcohólico del fruto de noni expuso la presencia de estos metabolitos secundarios (flavonoides, saponinas, alcaloides y esteroides); asimismo, el porcentaje de inhibición ulcerogénico fueron estadísticamente similar a la ranitidina (68,52%). Concluyendo que, el extracto hidroalcohólico de dicho fruto presenta efecto antiulceroso [42].

Mendoza y Edison [43] en el 2019, tuvieron el objetivo de determinar el efecto de antiagregante plaquetario *in vivo* del extracto etanólico del fruto de *Morinda citrifolia* L. Empleando los métodos propuestos por Quick y Dacie, para la determinación del tiempo de protrombina y el tiempo de tromboplastina, respectivamente. Obteniendo que, el extracto etanólico del noni mostró la presencia de taninos, flavonoides, saponinas, esteroides y alcaloides, por otro lado, el tiempo de tromboplastina parcial activada resultó mejor a la dosis de 200 mg/kg (73,25 seg.) siendo estadísticamente diferente a la aspirina. Concluyendo que, el extracto mencionado posee efecto de antiagregante plaquetario [43].

## 2.2. Marco Teórico

### 2.2.1. *Morinda citrifolia* L. “noni”

**2.2.1.1. Clasificación Taxonómica.** La *Morinda citrifolia* L. tiene la siguiente clasificación taxonómica:

División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub clase	: Asteridae
Orden	: Rubiales
Familia	: Rubiaceae
Género	: Morinda
Especie	: <i>Morinda citrifolia</i> L.
Nombre vulgar	: “noni”

Fuente: constancia emitida por la bióloga Laura Aucasime Medina. (**Anexo 1**).

**2.2.1.2. Descripción Botánica.** Cabe señalar que, actualmente, existen tres variedades reconocidas de esta especie, las cuales son: *Morinda citrifolia* L. variedad *citrifolia*, *Morinda citrifolia* L. var. *bracteata*, y *Morinda citrifolia* L. var. *potteri*. Donde la variedad *citrifolia*, es la de mayor importancia sanitaria y económica [44]. A continuación, se resume la descripción botánica de esta planta [1–3]. Ver **Tabla 1**.

**Tabla 1**

*Descripción botánica de la planta de Morinda citrifolia L.*

Parte de la planta	Descripción
Porte	Puede tener un tamaño de 3 - 10 m de altura. Es una planta que da frutos durante todo el año.
Hojas	Hojas opuestas, pinnadamente nervadas, limbo membranoso, forma elíptica y ovada, mide de 5 - 17 cm de largo, 10 - 40 cm de ancho, y tiene peciolo robustos.
Flores	Son simétricas y tubulares, de color blanco; con unas 75 – 90 cabezuelas globosas; posee pedúnculos de 10 – 30 mm de longitud; cáliz truncado; corola blanca, con 5 lóbulos y 5 estambres; los peciolo dejan una marca en forma de anillo.
Frutos	Es un sincarpo, su color varía de verde a blanco amarillento, miden de 3 – 10 cm de largo y 3 – 6 cm de ancho, pueden pesar de 100 – 300 g; cuando están maduros tienen la característica de un olor fétido y rancio similar al ácido butírico; es ligeramente arrugado, carnoso y ovalado; está cubierto de pequeños brotes de color marrón rojizo que contiene las semillas.
Semillas	Son albuminosas y tienen una cubierta gruesa, con un alto contenido de lignina, lípidos, proteínas y azúcares solubles.

Los frutos de esta planta tienen un olor muy característico, esto se atribuye a la oxidación lipídica mediada por las enzimas pectinasas, de los compuestos volátiles generados durante la maduración del fruto. Se determinó que el ácido hexanoico, ácido octanoico y sus ésteres metílicos son los principales responsables de ese aroma [45].

**2.2.1.3. Distribución Geográfica.** El noni es una planta nativa del sudeste asiático, la cual se extiende desde la Polinesia oriental hasta la India, sin embargo, se ha logrado naturalizar en países como: México, Panamá, Colombia, Venezuela, Brasil, Caribe, los cayos de Florida y Antillas [2]. *Morinda citrifolia* L. puede llegar a desarrollarse en zonas geográficas, por ejemplo: costas rocosas o arenosas, barrancos, o incluso, en bosques relativamente húmedos [1]; es decir, puede crecer en suelos hostiles, cóncavos, duros, áridos, secos, salinos y húmedos [3]. Por ello el noni se distribuye ampliamente, puesto que, tiene un potencial y una alta tolerancia ambiental para sobrevivir en zonas geográficas con patrones ambientales variados, inclusive puede llegar a resistir periodos de seis meses o más de sequía extrema [1]. También se ha logrado incluir y adaptar en las regiones amazónicas y en la selva alta del Perú [4], creciendo a una altitud que se extiende desde el nivel del mar hasta los 800 msnm [46].

**2.2.1.4. Composición Química.** El fruto de *Morinda citrifolia* L. posee las siguientes características fisicoquímicas (Ver **Tabla 2**). Por otro lado, diversos estudios han logrado determinar que el noni presenta compuestos de valor nutricional (Ver **Tabla 3**) y compuestos bioactivos con propiedades farmacológicas (Ver **Tabla 4**).

**Tabla 2**

*Características fisicoquímicas del fruto de Morinda citrifolia L. [21]*

<b>Características fisicoquímicas</b>	<b>Pulpa</b>	<b>Semilla</b>	<b>Cáscara</b>	<b>Pulpa liofilizada</b>
Ceniza (%)	0,60 ± 0,02	1,09 ± 0,01	0,76 ± 0,05	5,73 ± 0,09
Humedad (%)	88,98 ± 0,38	6,16 ± 0,08	88,22 ± 0,20	14,94 ± 0,21
Proteínas (%)	0,93 ± 0,04	5,80 ± 0,37	0,86 ± 0,08	9,21 ± 0,18
Lípidos (%)	0,14 ± 0,03	7,18 ± 0,23	0,20 ± 0,01	0,29 ± 0,07
pH	5,04 ± 0,03	6,16 ± 0,02	5,11 ± 0,03	3,90 ± 0,01
Acidez (g de ácido cítrico/100 g)	0,04 ± 0,01	0,44 ± 0,02	0,44 ± 0,03	0,35 ± 0,02
Sólidos solubles totales (° Brix)	9,06 ± 0,05	-	8,50 ± 0,00	-
Clorofila a (mg/g)	0,42 ± 0,00	0,40 ± 0,01	0,41 ± 0,00	0,55 ± 0,01
Clorofila b (mg/g)	0,74 ± 0,02	0,67 ± 0,01	0,67 ± 0,01	11,44 ± 0,29

**Tabla 3***Componentes de valor nutricional del fruto de Morinda citrifolia L.*

<b>Clasificación</b>	<b>Composición nutricional</b>	<b>Parte del fruto</b>	<b>Contenido</b>	<b>Ref.</b>
Azúcares	Sacarosa (g/100 g)	Pulpa liofilizada	4,69 ± 0,32	[21]
		Pulpa	3,18 ± 0,29	
		Cáscara	3,30 ± 0,24	
	Fructosa (g/100 g)	Pulpa liofilizada	6,38 ± 0,37	[21]
		Pulpa	3,19 ± 0,23	
		Cáscara	3,14 ± 0,88	
	Glucosa (g/100 g)	Pulpa liofilizada	9,21 ± 0,69	[21]
		Pulpa	4,81 ± 0,48	
		Cáscara	3,92 ± 0,43	
Ácidos orgánicos	Ácido ascórbico (mg/100 g)	Pulpa liofilizada	336,62 ± 0,0	[21]
		Pulpa	130,04 ± 0,0	
		Cáscara	142,44 ± 0,0	
Aminoácidos	Alanina	Fruto	0,45 mg/g	[19,20]
	Arginina	Fruto	0,32 mg/g	
	Ácido aspártico	Fruto	0,80 mg/g	
	Cisteína	Fruto	0,23 mg/g	
	Ácido glutámico	Fruto	0,64 mg/g	
	Glicina	Fruto	0,36 mg/g	
	Isoleucina	Fruto	0,29 mg/g	
	Leucina	Fruto	0,38 mg/g	
	Lisina	Fruto	0,25 mg/g	
	Fenilalanina	Fruto	0,21 mg/g	
	Prolina	Fruto	0,26 mg/g	
	Serina	Fruto	0,27 mg/g	
	Treonina	Fruto	0,27 mg/g	
	Tirosina	Fruto	0,25 mg/g	
Valina	Fruto	0,36 mg/g		
Ácidos grasos	Ácido eicosanoico	Semilla	1,5–4,5 mg/g	[22]
	Ácido láurico	Semilla	4,9–12,5 mg/g	
	Ácido linoleico	Semilla	36,6–39,4 mg/g	
	Ácido oleico	Semilla	19,58–21,82 mg/g	
	Ácido palmitoleico	Semilla	3,5–10,9 mg/g	
	Ácido esteárico	Semilla	20,1–22,9 mg/g	
Vitaminas	Ácido ascórbico	Fruto	149,5 mg/100 g	[22,23]
	Biotina (B <sub>7</sub> )	Fruto	1,5–5,0 mg/100 g	
	Cobalamina (B <sub>12</sub> )	Fruto	0,5–1,0 mg/100 g	
	Ácido fólico (B <sub>9</sub> )	Fruto	7,0–25 mg/100 g	
	Niacina (B <sub>3</sub> )	Fruto	0,1–0,5 mg/100 g	

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.

**Tabla 3.***Continuación...*

Clasificación	Composición nutricional	Parte del fruto	Contenido	Ref.
Vitaminas	Piridoxina (B <sub>6</sub> )	Fruto	0,04–0,13 mg/100g	[22,23]
	Tocoferol (Vit. E)	Fruto	0,1–0,3 mg/100 g	
	Ácido pantoténico (B <sub>5</sub> )	Fruto	< 0,018 mg/100 g	
Minerales	Hierro	Fruto	3,00 µg/g	[24]
	Magnesio	Fruto	12,00 mg/g	
	Potasio	Fruto	3,90 mg/g	
	Zinc	Fruto	1,30 µg/g	
	PAG	Fruto	7,00 mg/g	

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.**Tabla 4***Compuestos bioactivos del fruto de Morinda citrifolia L.*

Clasificación	Compuesto bioactivo	Parte del fruto	Contenido	Ref.
Vitaminas	Vitamina C	Pulpa	23,1 mg/100 g	[18]
		Pulpa liofilizada	336,62 mg/100 g	[21]
		Zumo	301,88 mg /100 g	[39]
Carotenoides	β-caroteno	Pulpa	3,90 mg/100 g	[18]
		Hojas	12,4 mg/g	[3]
Compuestos fenólicos	Fenoles totales	Pulpa	109,81 mg/100 g	[18]
		Semillas	28,75 mg/100 g	[18]
		Pulpa liofilizada	7486,38 µg GAE/g	[21]
	Zumo	83,68 mg GAE/100 g	[39]	
	Flavonoides	Pulpa liofilizada	385,57 µg QE/g	[21]
Antocianinas		Pulpa	13,01 mg/100 g	[35]
		Pulpa	1,39 mg/100 g	[35]
Iridoides	Ácido asperulosídico	Fruto	38,79 mg/g	[25]
	Ácido desacetilasperulosídico	Fruto	137,71 mg/g	
Alcaloides	(9S, 11R)-11-metil-9-hidroxi-8,9,10,11-tetrahidro-β-carbolina	Fruto	5,8 mg/100 g	[26]
	(R)-p-hidroxi-4-(8-hidroxi-m-hidroxifeniletíl) piridinio	Fruto	6,0 mg/100 g	
Esteroles	β-sitosterol	Fruto	58 mg/100 g	[27]
	Estigmasterol	Fruto	2,0 mg/100 g	

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.

**2.2.1.5. Estudios Farmacológicos.** La planta *Morinda citrifolia* L. “noni”, se ha utilizado en la fitoterapia tradicional durante más de 2000 años. Numerosos estudios han demostrado que el fruto de noni tiene propiedades antioxidantes por la presencia de sus compuestos bioactivos [47]. Sin embargo, otros estudios *in vitro* o *in vivo* exhiben que la planta también posee otras actividades farmacológicas. Ver **Tabla 5**.

**Tabla 5**

*Estudios farmacológicos de la especie Morinda citrifolia L.*

<b>Actividad farmacológica</b>	<b>Definición</b>	<b>Metabolitos secundarios</b>	<b>Ref.</b>
Anticancerígeno y antiangiogénico	El zumo de noni induce la apoptosis, detiene el ciclo celular, produce la antiangiogénesis, y reduce los efectos secundarios tóxicos de la quimioterapia.	Polisacáridos sulfatados, damnacantal, morindona.	[5,6]
Bactericida y fungicida	La pulpa del noni tiene acción antimicrobiana contra <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella typhi</i> , <i>Shigella dysenteriae</i> , <i>Bacillus subtilis</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> , <i>Streptococcus mutans</i> [41]. Además, tiene efecto fungicida sobre la <i>Candida albicans</i> .	Aucubina (iridoide), pentacetilo -b-d-glucopiranososa	[3,7,41]
Antiviral	El fruto posee una actividad inhibitoria frente a la enzima integrasa VIH-1.	Damnacantal	[8]
Antihelmíntico	El fruto produce la muerte de <i>Ascaridia galli</i> y <i>Heterakis gallinarum</i> .	Damnacantal, nordamnacantal	[9]
Regenerador óseo y tratamiento del dolor articular	Los frutos y hojas promueven el aumento de la función osteoblástica y reduce la función osteoclástica. Reduce los dolores de la osteoartritis.	Catequinas	[3,10]
Actividad sobre el sistema inmunológico	El zumo debido a que tiene actividad antitumoral, interfiere beneficiosamente en la ruta metabólica del sistema inmune. Es inmunoestimulante (linfocitos) y suprime los factores de transcripción de señales proinflamatorias.	Rutina, escopoletina, damnacantal, morindona.	[11]
Hipotensor	La raíz, hojas y frutos tiene efecto antiespasmódico, vasodilatador y antihipertensivo, ya que bloquean los canales de calcio dependientes de voltaje.	Rutina, escopoletina, fenoles y ácido asperulosídico	[12]

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.

**Tabla 5**

Continuación...

<b>Actividad farmacológica</b>	<b>Definición</b>	<b>Metabolitos secundarios</b>	<b>Ref.</b>
Actividad contra los trastornos metabólicos asociados a la obesidad	Las hojas del noni han demostrado tener efectos en la reducción de la grasa abdominal, así como en la disminución de los niveles de triglicéridos, insulina y leptina.	Fenoles y flavonoides	[13]
Antiinflamatorio	El jugo del noni ha demostrado disminuir el edema y proteger la mucosa gástrica e intestinal contra diversas lesiones, aliviando los síntomas producidos.	Polisacáridos	[14,15]
Antituberculoso	El fruto crudo posee actividad antituberculosa puesto que ha logrado inhibir el crecimiento de la cepa H37Rv de <i>Mycobacterium tuberculosis</i> .	Flavonoides, antraquinonas, alcaloides y cumarina	[16]
Hipoglicemiante	Los metabolitos presentes en el noni han demostrado que disminuye los niveles de glucosa en la diabetes tipo 2.	Polisacáridos, fenoles, flavonoides, iridoides	[17]
Analgésico	El noni tiene acciones terapéuticas para el alivio del dolor muscular y/o articular.	Alcaloides	[48]
Laxante	Estimulan el peristaltismo intestinal, aumentan la absorción del agua al actuar en la mucosa del colon.	Antraquinonas, taninos y mucílagos	[49]
Antiulceroso	La presencia de estos compuestos en el noni ha demostrado tener un porcentaje de inhibición ulcerogénica.	Flavonoides, saponinas y esteroides	[42]
Efecto protector contra el deterioro de la memoria inducido por la ciclofosfamida	La ciclofosfamida es un quimioterápico, y el jugo de noni demostró que puede reducir el riesgo de deterioro de la memoria causado por la ciclofosfamida.	Fenoles, flavonoides y antraquinonas	[50]
Potencial ansiolítico	Los componentes bioactivos tienen una alta biodisponibilidad y penetran la barrera hematoencefálica y tienen afinidad de potencia en las vías de sinapsis glutamatérgicas.	Escopoletina, flavonoides, fenoles e iridoides	[51]

Nota. Ref. = Referencia bibliográfica.

### **2.2.2. Radicales Libres**

Se define como una especie química que tienen una alta reactividad, porque presenta uno o más electrones desapareados ya sea por haber ganado, perdido o por ruptura de sus enlaces covalentes. Este electrón desapareado ocupa un orbital atómico o molecular por sí mismo, por ello, le confiere, la propiedad de atracción paramagnética, por lo que atraen los electrones de otra célula, dejando a este último como un nuevo radical libre, este suceso se repite en cadena generando un estrés oxidativo [52]. De modo que se debe controlar con una adecuada protección antioxidante [53].

Los radicales libres derivan del oxígeno, nitrógeno y azufre, por ello se tiene a tres grupos: a) Especies Reactivas de Oxígeno (EROs), b) Especies Reactivas de Nitrógeno (ERNs), y c) Especies Reactivas de Azufre (RSS). Normalmente estas especies se producen por el metabolismo oxidativo, y son capaces de dañar al contenido celular y pueden ocasionar una inactivación enzimática. Dentro de los EROs se encuentra: el radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}/H_2O^{\cdot}$ ), radical hidroxilo (OH), radical alcoxi ( $RO^*$ ) y peroxilos ( $ROO^*$ ) [52]; en la clasificación de los ERNs, principalmente, se encuentra el óxido nítrico (NO), esta sustancia penetra e ingresa fácilmente por las paredes celulares, tiene diversas funciones como la relajación vascular de los músculos lisos, inhibición de la agregación plaquetaria, fagocitosis, neurotransmisión y regulador de la concentración del anión radical superóxido ( $O_2^{\cdot-}$ ); y por último, en las RSS, se encuentra el sulfuro de hidrógeno ( $H_2S$ ), persulfuro y otros derivados del azufre [52].

Por otro lado, los radicales libres se clasifican de acuerdo a su origen en dos grupos: a) Por vía endógena, donde se genera durante el metabolismo aeróbico normal, las mitocondrias consumen oxígeno molecular y lo reducen hasta producir agua. De la que una pequeña parte de ese oxígeno se metaboliza por una reacción de reducción, formando productos intermedios, como: radical superóxido, el hidroxilo, peróxido de hidrógeno y el óxido nítrico [54]. Y, b) Por vía exógena, se generan como resultado de la exposición a los factores ambientales, tales como: la contaminación del aire, radiación ultravioleta (UV) y oxidantes que se obtienen de la combustión de hidrocarburos y el tabaco [55].

### **2.2.3. Estrés Oxidativo (EO)**

El estrés oxidativo se da cuando los radicales libres por ser altamente reactivos serán capaces de oxidar y dañar a diversas estructuras biológicas (ácidos nucleicos,

lípidos y proteínas), es decir, al estar desapareado atraerá los electrones de otra célula, convirtiendo a esta última en un nuevo radical libre, generando una reacción en cadena [53].

Por tanto, el estrés oxidativo puede aparecer en diversas células y tejidos cuando se dan esas perturbaciones de equilibrio entre la sustancias prooxidantes y antioxidantes, siendo la primera en mayor cantidad. De igual forma, el EO se comprende como el aumento cada vez más negativo o la reducción de la capacidad reductora de los pares redox celulares [56]. Asimismo, se conoce como el desbalance en la producción de EROs y la defensa antioxidante, la cual provocará un daño orgánico llevando a cambios fisiológicos y bioquímicos, conllevando a su vez al deterioro y muerte celular [57].

#### 2.2.4. Enfermedades Vinculadas al Estrés Oxidativo

Debido a que el EO es un ataque masivo a las células y tejidos pueden condicionar el desarrollo de diversas enfermedades. Ver **Tabla 6**.

**Tabla 6**

*Enfermedades vinculadas al estrés oxidativo.*

Enfermedades	Definición	Ref.
Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC)	Tiene una estrecha relación fisiopatológica con el tabaquismo. Las sustancias en la combustión del cigarrillo se libera como oxidantes químicos produciendo irritación del parénquima pulmonar y estimula la quimiotaxis, liberando grandes cantidades de radicales superóxidos, elastasa o peor aún a la mieloperoxidasa.	[58]
Hipertensión arterial (HTA)	Cuando se padece de HTA, hay un aumento de la peroxidación de lípidos tanto en el plasma como en las membranas celulares, disminuyendo la capacidad antioxidante del organismo, por tanto, se da la inducción de estrés oxidativo en los vasos arteriales.	[58].
Aterosclerosis	Es una enfermedad que se caracteriza por la formación de una placa arteriosclerótica por la captación de lipoproteínas tipo LDL. Existe una estrecha relación entre las lipoproteínas LDL y los radicales libres.	[58].
Enfermedad cardiovascular	La presencia de la HTA, Diabetes Mellitus, hiperhomocisteinemia, tabaquismo van a ser factores de riesgo aterosclerótico, los cuales favorecen el ingreso y retención en la íntima de LDL, lo que promueve los procesos oxidativos. Existen evidencias de que en pacientes con insuficiencia cardiaca hay una disminución de la capacidad antioxidante, aumentando el estrés oxidativo.	[58,59]

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.

**Tabla 6***Continuación...*

<b>Enfermedades</b>	<b>Definición</b>	<b>Ref.</b>
Cáncer	Los radicales libres estimulan el crecimiento de las células musculares lisas, sugiriendo el papel del EO en la neovascularización, además, se ha detectado niveles bajos de enzimas antioxidantes en diversos tipos de células tumorales.	[58,60]
Parkinson, Alzheimer y otras demencias	El estrés oxidativo afecta a las células nerviosas, ya que se ha encontrado que existen alteraciones neuroquímicas por el estrés oxidativo	[57]
Cirrosis, insuficiencia hepática y hepatopatía	En la fisiopatología de estas enfermedades se ha propuesto la intervención del 8-iso-PGF2a, la cual es un producto de la peroxidación lipídica por los radicales libres. De igual manera, hay un descenso de la capacidad antioxidante.	[57]
Insuficiencia Renal Aguda (IRA), y crónica (IRC)	En estas enfermedades los radicales libres producen la activación de la enzima xantina – oxidasa, los cuales son mecanismos importantes del daño renal por isquemia. La pérdida de las células renales conduce a una mayor producción de radicales libres.	[58]
Diabetes Mellitus	Se conoce que la oxidación de azúcares produce especies reactivas de oxígeno, hay disminución de la capacidad antioxidante, la activación del glutatión aumenta el estrés oxidativo.	[58]
Otras enfermedades	Tales como: distrofia muscular, artritis e inflamación; enfisema pulmonar; catarata senil; desmielinización; colitis ulcerosa; demencia senil; isquemia cerebral, insuficiencia cardíaca; etc.	[58]

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.

### **2.2.5. Antioxidantes**

Los antioxidantes son moléculas capaces de neutralizar la acción oxidante de los radicales libres, mediante el mecanismo de aceptación o donación de electrones, eliminando de esa forma la condición del electrón desapareado, después este radical libre se convierte en un compuesto menos reactivo, impidiendo la oxidación en cadena de las células; asimismo, los antioxidantes actúan inhibiendo las reacciones enzimáticas de los radicales libres derivados del oxígeno; también fortalecen a las enzimas antioxidantes intracelulares del organismo, tales como: catalasa, glutatión peroxidasa y el superóxido dismutasa [61]. Los antioxidantes se clasifican como se muestra en la

**Tabla 7.**

**Tabla 7***Clasificación de los antioxidantes.*

<b>Clasificación</b>	<b>Tipo</b>	<b>Definición</b>	<b>Ref.</b>
Antioxidantes endógenos	Antioxidantes enzimáticos	Están basados en un complejo enzimático de defensa los cuales son: superóxido dismutasa, catalasa, glutatión peroxidasa, tioredoxina reductasa y el glutatión reductasa.	[61,62]
	Antioxidantes no enzimáticos	Ácido úrico, ácido lipoico, bilirrubina y glutatión.	[62]
Antioxidantes exógenos		Proviene de la dieta, como: vitaminas A, C y E, carotenoides, compuestos fenólicos y flavonoides que tienen actividad antioxidante.	[62]

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.**2.2.6. Compuestos Fenólicos**

Los compuestos fenólicos son metabolitos secundarios aromáticos que tienen uno o más grupos fenólicos libres. Estos compuestos son los más ampliamente distribuidos en las plantas y derivan de la ruta del ácido shikimico y del fenilpropanoide. La cantidad de compuestos fenólicos y polifenoles presentes en la planta dependerá del genotipo, especie, grado de madurez y otros factores [63]. Generalmente, su metabolismo es inducido por el estrés ambiental, por lo que su síntesis está vinculada a diversas funciones relacionadas al estrés, como: protección contra los oxidantes, defensa frente a los herbívoros o depredadores, defensa contra los patógenos, y la protección contra la radiación ultravioleta. Haciendo que estos compuestos en su mayoría sean responsables de la defensa y supervivencia de las plantas. Asimismo, actúan como compuestos señalizadores, por ejemplo, permiten la atracción de polinizadores o animales para la dispersión de sus semillas, y contribuyen al color y características sensoriales de las verduras y frutas [64].

Cabe señalar que, los compuestos fenólicos más importantes dentro de la dieta humana son los ácidos fenólicos, flavonoides y los taninos. Por otro lado, existe una amplia gama de compuestos fenólicos, debido a su diversidad estructural, estas se pueden clasificar de la siguiente forma, donde los principales grupos son los ácido hidroxicinámicos, flavonoides, antocianinas y taninos, distribuidos en las partes superiores de las plantas, mientras que los estilbenos, cumarinas y furanocumarinas poseen una distribución disminuida [63,64]. **Ver Tabla 8.**

**Tabla 8**

*Clasificación de compuestos fenólicos con base a su número de carbonos.*

Esqueleto básico	Clase	Ejemplos
$C_6$	Fenoles simples, benzoquinonas	Catecol, hidroquinona
$C_6 - C_1$	Ácidos fenólicos	Ácido gálico, ácido salicílico
$C_6 - C_2$	Acetofenona, ácido fenilacético y derivados de la tirosina	Ácido p – hidroxifenilacético, tirosol, 3 – acetil – 6 – metoxibenzaldehído
$C_6 - C_3$	Ácido hidroxicinámico, fenilpropeno, cumarina, isocumarina	Ácido ferúlico, ácido cafeico, ácido sináptico, miristicina, eugenol, umbeliferona, esculetina, escopoletina, escopolina.
$C_6 - C_4$	Naftoquinona	Juglona, Plumbagina
$C_6 - C_1 - C_6$	Xantona	Mangiferina
$C_6 - C_2 - C_6$	Estilbeno, antraquinona	Resveratrol, emodina
$C_6 - C_3 - C_6$	Flavonoides, isoflavonoides	Quercetina, cianidina, genisteína
$(C_6 - C_3)_2$	Lignanós, neolignanós	Pinoresinol, eusiderina
$(C_6 - C_3 - C_6)_2$	Biflavonoides	Amentoflavona
$(C_6 - C_3)_n$ ;	Ligninas	
$(C_6)_n$ ;	Catecolmelanina	Polímeros fenólicos
$(C_6 - C_3 - C_6)_n$	Taninos condensados	

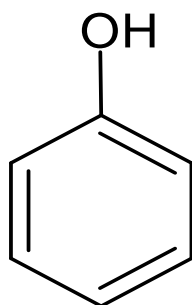
**2.2.6.1. Ácidos Fenólicos.** Son compuestos que se caracterizan por tener uno o más sustituyentes hidroxilo (-OH), unidos a un anillo aromático (grupo fenol) (**Figura 1**). Derivan de moléculas no fenólicas como ácido benzoico y ácido cinámico, donde la sustancia precursora es la L- fenilalanina o L – tirosina. Por tanto, se encuentran dos grupos: ácidos hidroxibenzoicos (ejemplos: ácido p – hidroxibenzoico, ácido protocatético, ácido vanílico, ácido gálico, ácido siríngico, ácido salicílico, ácido gentísico y ácido elágico), y por otro lado, están los ácidos hidroxicinámicos (ejemplos: ácido p – cumárico, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido clorogénico y ácido sináptico), esto se debe a las hidroxilaciones y metoxilaciones que sufre sus anillos aromáticos [64].

**2.2.6.2. Flavonoides.** Constituyen el grupo más amplio de los compuestos fenólicos. La biosíntesis de los flavonoides se da por la vía de los fenilpropanoide y su estructura química está constituida básicamente por dos anillos aromáticos A y B, unidos por un puente de tres carbonos, que generalmente es un anillo heterocíclico oxigenado (anillo C). Donde, el anillo A deriva de la vía acetato/malonato y de la vía shikimiko, el anillo B deriva de la fenilalanina, el anillos C es el principal responsable

de las variedades de la clase flavonoides, encontrando a: flavonoles, flavonas, flavanonas, flavanoles, isoflavonas, flavanonoles y antocianidinas; debido a las sustituciones que sufren por oxigenación, alquilación, glicosilación, sulfatación y acilación [64]. Gran parte de los flavonoides tienen color amarillo a rojo, debido a los cromóforos que posee, siendo a su vez, responsables de los colores de las flores, semillas y frutos [64].

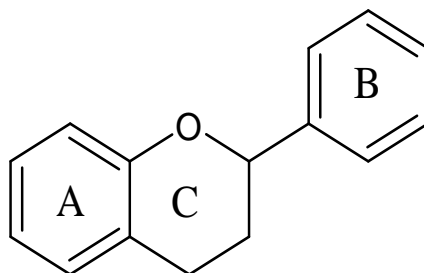
### Figura 1

*Estructura básica del núcleo de los fenoles [64].*



### Figura 2

*Estructura básica del núcleo flavonoide [64].*



**2.2.6.3. Actividad Antioxidante de los Compuestos Fenólicos.** La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos está relacionado a su propiedad reductora, ya que, los grupos hidroxilo donan hidrógenos o electrones, formando radicales más estables [65]; asimismo, poseen la capacidad de quelación de metales como el hierro y cobre, disminuyendo la formación de radicales catalizadas por metales; y captan al oxígeno singulete. Por ello, se establece una relación estructura - actividad de los compuestos fenólicos, la cual incluye, por ejemplo: el número de grupos hidroxilo y su posición en relación al grupo funcional carboxilo; la presencia de dobles enlace ( $C_2 = C_3$ ); la glicosilación y presencia de sustituyentes en los anillos [64].

Donde, se explica que la presencia de dos grupos hidroxilo (-OH) en el anillo, propone un mayor efecto antioxidante, pero, si hay 3 -OH, suprime esta actividad, de

igual forma, existe una relación proporcional del número de hidroxilos y la hidrofiliidad del compuesto fenólico. La existencia de dobles enlace unido a un grupo 4 – carbonilo incrementa significativamente la actividad antioxidante, puesto que, proporciona planitud, expansión electrónica y desplazamiento entre los anillos adyacentes. La glicosilación fenólica tiene muchas formas, donde la C – glucósido ha demostrado tener un mayor efecto antioxidante, en contraste con el O – glucósido, sin embargo, los glicósidos presentan una débil actividad antioxidante, pero presenta una mayor disponibilidad. Y, por último, algunos anillos son más susceptibles a sufrir metilaciones como sustituyentes, lo que disminuye su actividad, porque, genera un obstáculo estérico, afectando a su vez, la planitud, donación de electrones e hidrofiliidad molecular [64].

Además, según su solubilidad y cómo se encuentran estructuralmente en la matriz, se dividen en polifenoles libres (solubles) y polifenoles ligados (insolubles). El primero, se encuentra principalmente, dentro de las vesículas celulares y son fáciles de extraer, mientras que los polifenoles ligados están unidos a los componentes de la pared celular mediante enlaces de esterificación o glicosilación, los cuales, necesitan ser liberados a través de procesos de hidrólisis ácida o enzimática [66]. Ambos describen capacidad antioxidante y antiinflamatoria, sin embargo, difieren considerablemente según su composición molecular, biodisponibilidad, metabolismo y la transformación que sufren por el microbiota intestinal, ya que los compuestos fenólicos libres, tienen bajo peso molecular y son polares, por ello, suelen absorberse rápidamente en el intestino delgado, proporcionando efectos antioxidantes inmediatos [67]. En cambio, los fenólicos ligados necesitan ser procesados por el microbiota del colon para liberar agliconas activas, generando una actividad antioxidante y antiinflamatoria más lenta pero prolongada [68]. Todo ello influye en la capacidad de los compuestos fenólicos para suprimir los radicales libres y mitigar el estrés oxidativo, por tanto, disminuye la formación de diversas enfermedades.

#### **2.2.6.4. Compuestos Fenólicos Presente en la Especie *Morinda citrifolia* L.**

Se ha demostrado que la especie *Morinda citrifolia* L. contiene principalmente a los siguientes compuestos fenólicos: ácidos fenólicos, flavonoides, lignanos, antraquinonas, y derivados de las cumarinas, los cuales se distribuyen en el fruto, hojas y raíces. Ver **Tablas 9, 10, 11, 12, 13 y 14.**

**Tabla 9***Ácidos fenólicos en el fruto de Morinda citrifolia L.*

Nº	Compuesto	Cantidad	Ref.
1	Ácido gálico	1884,29 ± 10,24 (µg/g)	[20,69]
2	Ácido clorogénico	466,99 ± 4,25	[20,69]
3	Ácido p - hidroxibenzoico	173,88 ± 2,20	[20,69]
4	Ácido 2,5 - dihidroxibenzoico	390,63 ± 3,27	[20,69]
5	Ácido cafeico	24,11 ± 0,44	[20,69]
6	Vainillina	11,20 ± 0,50	[20,69]
7	Ácido salicílico	3109,23 ± 7,47	[20,69]
9	Ácido ferúlico	29,69 ± 0,19	[20,69]
10	Ácido 3,4-dihidroxibenzoico	0,40 ± 0,02 (mg/kg)	[32]
11	Ácido siríngico	1,77 ± 0,07	[32]
12	Floroglucinol	2,63 ± 0,10	[32]
13	Ácido quínico	286,55 ± 1,51	[32]
14	Ácido vainílico	14,19 ± 0,60	[32]
15	Ácido p-hidroxicinámico	19,01 ± 0,86	[32]
16	Ácido isoferúlico	13,43 ± 0,39	[32]
17	Ácido benzoico <sup>a</sup>	35,56 ± 0,53	[32]
18	Ácido p-cumárico <sup>a</sup>	20,38 ± 1,01	[32]
19	Ácido cinámico <sup>a</sup>	4,73 ± 0,34	[32]

Nota. Ref. = referencia bibliográfica; a = indica que son ácidos fenólicos insolubles, mientras que el resto, son solubles.

**Tabla 10***Flavonoides en la especie Morinda citrifolia L.*

Nº	Clasificación	Compuesto	Parte de la planta	Cantidad	Ref.
1	Flavonol glucosilado	Quercetina – 3 – O - α - L – ramnopiranosil – β – D - glucopiranósido	Hojas	94,3 ± 1,68 mg/100 g	[20,70]
2		Kaempferol – 3 – O - α - L – ramnopiranosil – β – D - glucopiranósido	Hojas	371,6 ± 2,47 mg/100 g	[20,70]
3	Flavonol	Quercetina <sup>a</sup>	Hojas	1,16 ± 0,036 mg/100 g	[20,70]
4		Kaempferol <sup>a</sup>	Hojas	1,71 ± 0,066 mg/100 g	[20,70]

Nota. Ref. = Referencia bibliográfica; a = indica que se trata de flavonoides insolubles, en cambio, el resto, son solubles.

**Tabla 10***Continuación...*

Nº	Clasificación	Compuesto	Parte de la planta	Cantidad	Ref.
5	Flavonol	Quercetina <sup>a</sup>	Fruto	528,30 ± 1,11 µg/g	[20,71]
6		Rutina	Fruto	389,00 ± 1,47 µg/g	[20,71]
7	Flavonol glucosilado	Isorhamnetina – 3 – O – galactósido	Fruto	246,51 ± 1,22 µg/g	[20,71]
8		Kaempferol – 3 – O – rutinósido	Fruto	94,41 ± 1,75 µg/g	[20,71]
9		Kaempferol – 3 – O – glucósido	Fruto	1230,04 ± 3,12 µg/g	[20,71]
10	Flavanol	D – catequina <sup>a</sup>	Fruto	652,29 ± 6,44 µg/g	[20,71]
11	Flavonol glucosilado	Isorhamnetina – 3 – O - galactósido	Fruto	100,58 ± 1,21 µg/g	[20,71]
12	Quercetina glucosilada	Hiperósido	Fruto	124,55 ± 5,78 mg/kg	[32]
13		Isoquercitrina	Fruto	101,32 ± 0,13	[32]

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica; a = indica que se trata de flavonoides insolubles, en cambio, el resto, son solubles.

**Tabla 11***Ácidos fenólicos y flavonoides en cada parte del fruto de Morinda citrifolia L. [21]*

Nº	Clasificación	Compuesto	Parte de fruto		
			Cáscara	Semilla	Pulpa
1	Isoflavona	Biocanina A	7,0 µg/100 g	0,4 µg/100 g	nd
2	Flavonoide	Eriodictyol	1,0	2,0	nd
3		Isorhamnetina	6,0	Nd	nd
4	Flavonol	Kaempferida	11,0	5,0	6,0
5		Kaempferol	28,0	2,0	3,0
6	Flavonona	Naringenina	0,3	1,0	nd
7	Flavonoide	Pinocembrina	2,0	Nd	nd
8	Flavonol glucosilado	Quercetina-3-glucosido	93,0	3,0	1,0
9	Flavonoide glucosilado	Rutina	4060,0	18,0	1290,00
10		Artepillin C	45,00	3,00	18,00
11	Ácido fenólico	Ácido cafeico	1,00	496,00	nd
12		Ácido ferúlico	3,00	2,00	1,00
13		Vainillina	1,00	36,00	0,10
14		Ácido vanillico	24,00	21,00	0,90

*Nota.* nd = no detectado.

**Tabla 12***Lignanós en el fruto de Morinda citrifolia L.*

Nº	Compuesto	Cantidad	Ref.
1	3,3'- bisdemetilpinoresinol	69 mg/1,3 kg	[20,72]
2	Americanol A	21 mg/1,3 kg	[20,72]
3	Americanina A	12 mg/1,3 kg	[20,72]
4	Ácido americanoico A	39 mg/1,3 kg	[20,72]
5	Morindolina	10 mg/1,3 kg	[20,72]
6	Isoprincepin	14 mg/1,3 kg	[20,72]
7	Trans -(3)E-3- (3,4- dihidroxibencilideno)-5-(3,4-dihidroxifenil) – 4 – (hidroximetil) dihidrofurano – 2(3H)-ona	2,3 mg/1,58 kg	[20,73]
8	(-)- 3,4,3',4' - tetrahidroxi- 9,7'β-epoxilignano – 7β,9' - lactona	20,8 mg/1,58 kg	[20,73]
9	(7R,8R) – 3-metoxi – 1'-carboxi-4',7-epoxi-8,3' - oxineolignan-4,9-diol	2,9 mg/1,58 kg	[20,73]
10	Ácido (7'E), (7R,8S)-3,4,9-trihidroxi-4'7-epoxi-8,3'-oxineolignan-7'-en-8'-oico	4,5 mg/1,58 kg	[20,73]
11	2,6-dicatecol	4,0 mg/1,58 kg	[20,73]
12	(-)-3,3' - bisdemetilpinoresinol	155,0 mg/1,58 kg	[20,73]
13	(-)- pinoresinol	3,7 mg/1,58 kg	[20,73]
14	Lirioresinol B	30,0 mg/1,58 kg	[20,73]
15	Iriioresinol B dimetil éter	7,8 mg/1,58 kg	[20,73]
16	Arteminorina D	2,9 mg/1,58 kg	[20,73]
17	Rel-(7α,8β)-3-metoxi-4',7-epoxi-8,3' - oxineolignan-4,9,9' - triol	20 mg/1,58 kg	[20,73]

Nota. Ref. = Referencia bibliográfica.

**Tabla 13***Antraquinonas en la especie Morinda citrifolia L.*

Nº	Compuesto	Parte de la planta	Cantidad	Ref.
1	2-Formil-1-hidroantraquinona	Raíz	80,2 mg/12 kg	[20,74]
2	1-Hidroxi-2-metilantraquinona	Raíz	95,5 mg/12 kg	[20,74]
3	Nordamnacanthal	Raíz	1,02 g/12 kg	[20,74]
4	Damnacanthal	Raíz	196,40 mg/12 kg	[20,74]
6	Rubiadina	Raíz	143 mg/12 kg	[20,74]
7	Rubiadin-1-metil éter	Raíz	806 mg/12 kg	[20,74]
8	Soranjidiol	Raíz	165 mg/12 kg	[20,74]
9	Morindón	Raíz	10 mg/ 12 kg	[20,74]
10	Éter 5-metílico de morindona	Raíz	65 mg/12 kg	[20,74]
12	5,15-O-dimetilmorindol	Raíz	18,2 mg/89 g	[20,75]
13	Alizarina-1-metiléter	Raíz	6,0 mg/89 g	[20,75]
14	Antragalol-1,3-dimetiléter	Raíz	8,3 mg/89 g	[20,75]
15	Antragalol-2-metiléter	Raíz	8,0 mg/89 g	[20,75]

Nota. Ref. = Referencia bibliográfica.

**Tabla 13***Continuación...*

Nº	Compuesto	Parte de la planta	Cantidad	Ref.
16	6-hidroxi-antragalol-1,3-dimetiléter	Raíz	1,5 mg/89 g	[20,75]
17	Éter 5-metílico de morindona	Raíz	6,3 mg/89 g	[20,75]
18	Morintona	Raíz	8 mg/12 kg	[20,76]
19	Fisicion	Raíz	22 mg/6 kg	[20,76]
20	2-Hidroxi-1-metoxi-antraquinona	Raíz	62 mg/6 kg	[20,76]
21	1,2-dihidroxi-3-metilantraquinona	Raíz	36 mg/6 kg	[20,76]
22	1,3,8-trihidroxi-2-metoxi-antraquinona	Raíz	64 mg/6 kg	[20,76]
23	2-hidroximetil-3-hidroxiantraquinona	Raíz	45 mg/6 kg	[20,76]
24	2-metoxiantraquinona	Raíz	44 mg/6 kg	[20,76]
25	Moricitrifona	Fruto	8,9 mg/17,8 kg	[3]
26	Lucidina	Fruto	4,65 mg/g	[3]

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.**Tabla 14***Derivados de las cumarinas en el fruto de Morinda citrifolia L.*

Nº	Compuesto	Cantidad	Ref.
1	Escopoletina	6,87 mg/g	[3]
2	Esculetina	3,47 ± 0,49 mg/kg	[32]

*Nota.* Ref. = Referencia bibliográfica.

#### 2.2.6.5. Métodos Analíticos Para la Cuantificación de Compuestos Fenólicos

- **Método de Folin – Ciocalteu.** – El método se fundamenta en una reacción de transferencia electrónica donde los compuestos fenólicos donan electrones al reactivo de Folin – Ciocalteu, en un medio alcalino. Este reactivo es una mezcla de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico, generando ácido fosfomolibdotúngstico de color amarillo, que, al ser reducido por los grupos fenólicos, forman un complejo de color azul intenso. Esta reacción es directamente relacionada con la capacidad reductora de los compuestos fenólicos presentes [77].
- **Método para flavonoides.** – El método utiliza tricloruro de aluminio (AlCl<sub>3</sub>) para generar complejos estables con los grupos ceto e hidroxilo de los flavonoides en un

medio ácido. De esta manera el ensayo aprovecha la capacidad de los flavonoides para quelar metales, los complejos formado dan una coloración amarilla [78].

### **2.2.7. Métodos Analíticos Para Evaluar la Actividad Antioxidante**

**2.2.7.1. Método de DPPH.** El radical 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) se mantiene estable debido a la deslocalización de su electrón desapareado en toda la molécula. Esta prueba evalúa la actividad antioxidante a través de la transferencia de átomos de hidrógeno por parte de los antioxidantes, neutralizando el radical DPPH, este proceso ocasiona un cambio de color morado oscuro a amarillo pálido [64].

**2.2.7.2. Método de ABTS.** El 2,2-ácidoazinobis(3-atilbenzotiazolin-6-sulfónico) ( $\text{ABTS}^{\bullet+}$ ), es un catión radical estable, el método se basa en la generación directa del cromóforo  $\text{ABTS}^{\bullet+}$  azul verdoso debido a la reacción entre ABTS y el persulfato de potasio ( $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ), y para medir la actividad antioxidante, este transfiere un átomo de hidrógeno al radical preformado reduciéndolo a ABTS, generando, una disminución de azul verdoso a un azul pálido [64].

**2.2.7.3. Método de FRAP.** El tripiridiltriazina férrico (TPTZ 2,4,6-Tris(2-piridil)-s-triazina), tiene un color amarillo y los antioxidantes lo reducen por medio de la transferencia de electrones a su forma ferrosa ( $\text{Fe}^{2+}$ ), formando un color violeta-azul. Es decir, este ensayo consiste en la reducción de los iones férricos a iónico ferroso a un pH (3,6), formando un complejo coloreado [64].

## **2.3. Marco Conceptual**

**Liofilización.** – Es un proceso que consiste en el secado de las muestras por congelación, donde se elimina el agua en forma de hielo a baja presión de un material por sublimación; es decir transforma el hielo directamente en vapor sin pasar por el estado líquido. Este proceso se utiliza con la finalidad de preservar los componentes de los alimentos, medicamentos u otros productos sensibles a la humedad, para mantenerse mucho más estable [79].

**Rendimiento de liofilización.** – Se refiere a la cantidad de producto final (biomasa) que se obtiene después del proceso de liofilización en relación con la cantidad de material inicial antes de la liofilización [79].

**Fruto.** – Esta parte de la planta corresponde al ovario transformado y maduro, que se da después de la doble fecundación en las angiospermas. Su función principal es proteger las semillas y facilitar su dispersión para la reproducción de la planta. Estos

pueden ser de varios tipos, puesto que, presentan una diversidad de formas, tamaños y características propias de las especies [80].

**Cáscara.** – Constituye la parte externa del fruto de una planta, tienen la función de proteger el interior del fruto y semillas contra daños físicos, plagas o enfermedades. Pueden ser duras o coriácea, asimismo, pueden contener diversos compuestos bioactivos [80].

**Pulpa.** – Es la parte interna, carnosa y comestible de un fruto, generalmente rodea a las semillas, contiene una gran cantidad de agua, azúcares, fibras y otros nutrientes, esta parte es importante debido al sabor, textura y contenido nutricional [80].

**Zumo.** – El zumo o jugo es el líquido extraído de las frutas al presionar las frutas enteras o picadas, el zumo de fruta es un líquido no fermentado pero fermentable extraído de las partes comestibles de las frutas maduras [81]. Para la ejecución de la presente investigación, el zumo se obtendrá de la pulpa del noni, por presión manual.

#### **Significado de las siguientes unidades:**

- mg GAE/g de extracto. – Unidad que indica la cantidad de ácido gálico equivalente (GAE, por sus siglas en inglés, Gallic Acid Equivalent) en miligramos presente en un gramo de extracto [77].
- mg QE/g de extracto. – Unidad que refiere la cantidad de equivalentes de quercetina (QE, por sus siglas en inglés, Quercetin Equivalent) en miligramos presente en un gramo de extracto [78].
- $\mu\text{M}$  ET/g de extracto. – Unidad que indica la cantidad de equivalentes de Trolox (ET) en micromoles ( $\mu\text{M}$ ) por gramo de extracto. Esta unidad se utiliza para expresar la actividad antioxidante de una sustancia en comparación con el estándar Trolox, la cual, es un compuesto sintético derivado hidrosoluble de la vitamina E [64].

#### **2.4. Marco Ético y Legal**

No aplica.

## **CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **3.1. Alcance de Investigación**

Según Hernández, *et al.* [82], el alcance de la investigación es de tipo correlacional.

### **3.2. Diseño de Investigación**

Esta investigación tiene las siguientes características de diseño:

- Comparativo: Las tres partes del fruto (cáscara, pulpa y zumo) se comparó entre sí en cuanto a su actividad antioxidante.
- Transversal: La recolección de datos se realizó en un solo punto en el tiempo.

### **3.3. Unidad de Análisis**

Cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”

### **3.4. Población de Estudio**

Frutos de *Morinda citrifolia* L. “noni” obtenidas de la zona de producción del distrito de Samugari, La Mar – Ayacucho.

### **3.5. Muestra y Tamaño de Muestra**

10 frutos de *Morinda citrifolia* L. “noni”. Se realizó tres réplicas de cada parte del fruto (cáscara, pulpa y zumo).

### **3.6. Muestreo**

El tipo de muestreo fue por conveniencia (muestreo no probabilístico).

### **3.7. Criterios de Selección**

#### **3.7.1. Criterios de Inclusión**

- Frutos maduros (estado de madurez uniforme).
- Frutos libres de daños visibles o signos de descomposición.

#### **3.7.2. Criterios de Exclusión**

- Se evitó muestras en estado de putrefacción o con presencia de contaminantes de tierra u otras sustancias extrañas.

### **3.8. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos**

Para la determinación del contenido de fenoles totales, flavonoides y la actividad antioxidante de los extractos liofilizados (cáscara, pulpa y zumo), se utilizó

la técnica de la observación, donde se vio los cambios de color de las reacciones químicas producidas por la interacción de la muestra y los reactivos, las cuales fueron medidas por un espectrofotómetro UV – Visible, modelo Thermo Scientific Genesys 10S Vis. Y el instrumento de recolección de datos fue una ficha, donde se registraron las absorbancias de cada una de las muestras.

### **3.8.1. Selección y Recolección de las Muestras**

Se recolectó 10 frutos maduros de *Morinda citrifolia* L. “noni” en horas de la mañana del distrito de Samugari, La Mar – Ayacucho (**Anexo 2**), asegurando que los frutos cumplan con las siguientes características (madurez uniforme, ausencia de daños, tamaño similar y libre de contaminantes). Luego, se colocó en unas cajas de cartón con recubiertas de papel de frutas para garantizar la permanencia del buen estado. Seguidamente, se transportó al laboratorio de Farmacognosia para su tratamiento y posterior análisis. La recolección de la muestra para la ejecución de la presente investigación se realizó en el mes de diciembre de 2024.

### **3.8.2. Preparación de la Muestra**

- Limpieza: Se lavó los frutos con agua destilada para eliminar impurezas y residuos superficiales que puedan afectar el análisis.
- Separación de las partes del fruto:
  - Cáscara: Se retiró cuidadosamente la cáscara con una herramienta de corte.
  - Pulpa: Se cortó los frutos, dejando solo la pulpa de las semillas.
  - Zumo: Se extrajo de la pulpa por medio de una presión manual. (**Anexo 3**)
- Pesado inicial: Una vez divididas las partes del fruto (cáscara, pulpa y zumo) se pesó y registró los pesos de las muestras antes de la liofilización. (**Anexo 4**)

### **3.8.3. Obtención de las Muestras Liofilizadas**

- Para este proceso se utilizó el equipo liofilizador, modelo Dathan Scientific del laboratorio de Toxicología.
- Congelación (primera fase): Se colocó las muestras (cáscara, pulpa y zumo) en el primer nivel del equipo liofilizador, donde se congela completamente, esta fase se realizó bajo las siguientes condiciones operativas: 24 horas, – 60 °C y 0,10 Torr de presión.
- Sublimación (segunda fase): Las muestras se pasó del primer, al segundo nivel del equipo liofilizador, donde el agua congelada de las muestras pasa a estado gaseoso,

preservando los compuestos bioactivos. De igual forma, se programó a las mismas condiciones mencionadas en la primera fase.

- Pesado final: Una vez retiradas las muestras del equipo liofilizador, se procedió a pesarlas y registrar su peso posterior a la liofilización.
- Almacenamiento post – liofilización: Las muestras se almacenó en frascos herméticos en refrigeración y en condiciones de oscuridad y humedad controlada para prevenir la oxidación y descomposición. (**Anexo 5**)

#### **3.8.4. Determinación del Rendimiento de Liofilización**

- Se tuvo los pesos de las tres muestras (cáscara, pulpa y zumo) antes y después del proceso de liofilización.
- Los cálculos en porcentaje se realizaron bajo la siguiente ecuación:

$$\text{Rendimiento de liofilización (\%)} = \left( \frac{\text{Peso del material seco liofilizado}}{\text{Peso inicial del material húmedo}} \right) \times 100$$

#### **3.8.5. Preparación de los Extractos Metanólicos**

- Molienda: Se trituró las tres muestras liofilizadas hasta obtener un polvo fino para ello se utilizó un mortero.
- Preparación de extractos:
  - Se pesó 500 mg del polvo de las muestras liofilizadas y se enrasó con 100 mL de metanol como solvente, teniendo una concentración teórica de 5 mg/ml.
  - Se dejó reposar las muestras en el solvente durante 1 hora y 30 minutos en agitación continua, luego, se sonicó estas muestras a fin de lograr una mayor disolución.
  - Finalmente, se filtró las muestras y se almacenó en frascos herméticos de color ámbar. (**Anexo 6**)

#### **3.8.6. Determinación del Contenido de Fenoles Totales**

Se preparó 5 mg/mL del extracto metanólico y se analizó a través del método de Folin – Ciocalteu adaptado de Swain y Hillis [83], los resultados se expresó como mg equivalentes de ácido gálico por g de extracto (mg GAE/g de extracto) (**Anexos 7 y 8**).

#### **3.8.7. Determinación del Contenido de Flavonoides**

Se utilizó los extractos a la misma concentración que **3.8.6.** y se analizó según el protocolo descrito por Zhishen, *et al.* [84], con algunas modificaciones. Los resultados se expresaron como mg equivalentes de quercetina por g de extracto (mg QE/g de extracto) (**Anexos 9 y 10**).

### **3.8.8. Ensayos Antioxidantes in vitro**

**3.8.8.1. Actividad Antioxidante por Método de Secuestro del Radical Libre DPPH.** Se empleó los extractos a la misma concentración que **3.8.6.** y se continuó con el método de Brand – Williams, *et al.*, modificado por Thaipong, *et al.* [83], y ajustada a las condiciones del laboratorio. Los resultados se expresaron en  $\mu\text{M}$  ET/g de extracto ( $\mu\text{M}$  ET/g de extracto). (**Anexos 11 y 12**).

**3.8.8.2. Actividad Antioxidante por Método de Secuestro del Cation Radical ABTS<sup>•+</sup>.** Se utilizó los extractos a la misma concentración que **3.8.6.** y se continuó con el procedimiento descrito por Arnao, *et al.*, modificado por Thaipong, *et al.* [83], los resultados también se expresaron en  $\mu\text{M}$  ET/g de extracto. (**Anexos 13 y 14**).

**3.8.8.3. Actividad Antioxidante por el Método de Reducción de Hierro (FRAP).** Se utilizó los extractos a la misma concentración que **3.8.6.**, luego se analizó mediante el procedimiento descrito por Benzie y Strain modificado por Thaipong, *et al.* [83]. Los resultados también se expresan en  $\mu\text{M}$  ET/g de extracto. (**Anexos 15 y 16**).

Finalmente, cabe precisar que se realizó tres réplicas por cada parte del fruto, de los cuales, se hizo seis repeticiones para cada ensayo, con la finalidad de asegurar la fiabilidad de los datos.

### **3.9. Análisis de Datos**

Para la determinación de compuestos fenólicos (fenoles totales y flavonoides) y actividad antioxidante (DPPH, ABTS y FRAP), se realizó lo siguiente:

- Primero, se registró las lecturas de las absorbancias de los ensayos de fenoles totales, flavonoides, DPPH, ABTS y FRAP.
- Después, se utilizó una curva de calibración de Ácido gálico para fenoles totales, Quercetina para flavonoides, y Trolox para los ensayos antioxidantes, con la cual, se convirtió las absorbancias en valores correspondientes a los ensayos.

Finalmente, para analizar los datos obtenidos y realizar las comparaciones significativas entre las diferentes partes del fruto, se realizó mediante el análisis de varianza (ANOVA), considerando una significancia estadística de  $p < 0,05$  y un intervalo de confianza al 95%, utilizando el software SPSS.

### **3.10. Consideraciones Éticas**

No aplica.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

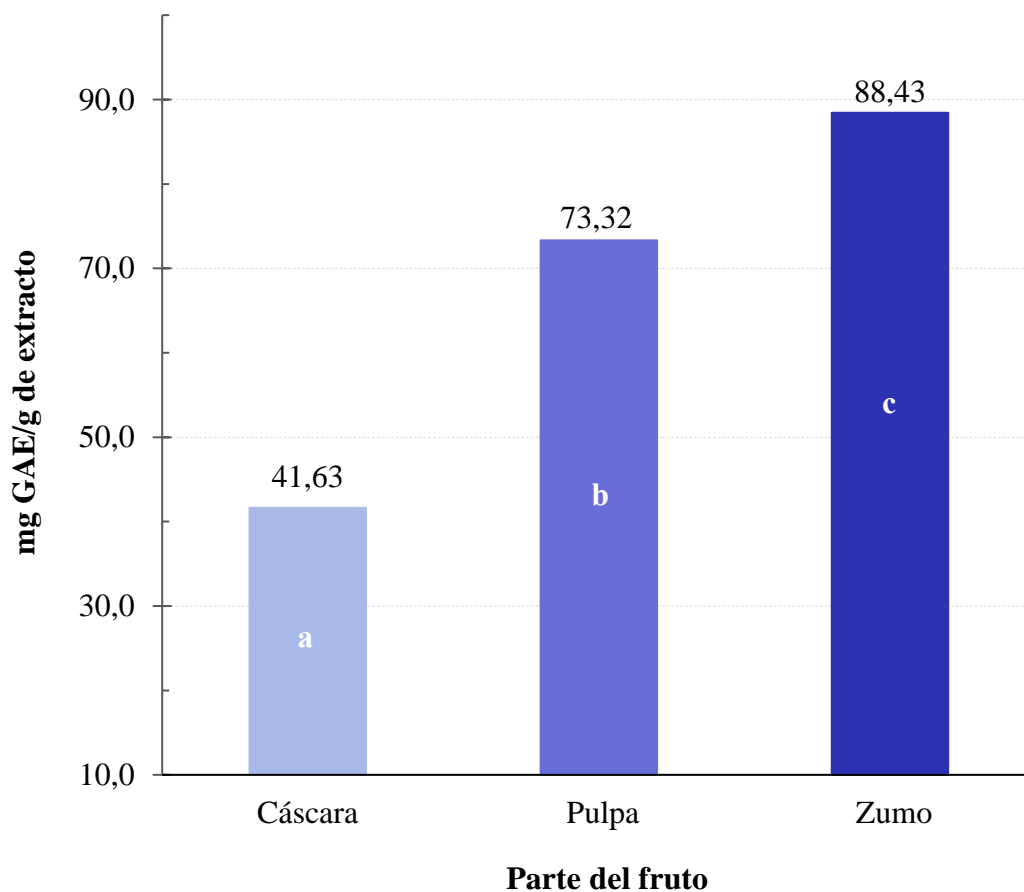
**Tabla 15**

*Porcentaje del rendimiento de liofilización de la cáscara, pulpa y zumo de Morinda citrifolia L.*

<b>Parte del fruto</b>	<b>Rendimiento de liofilización (%)</b>
Cáscara	13,90
Pulpa	11,70
Zumo	10,85

**Figura 3**

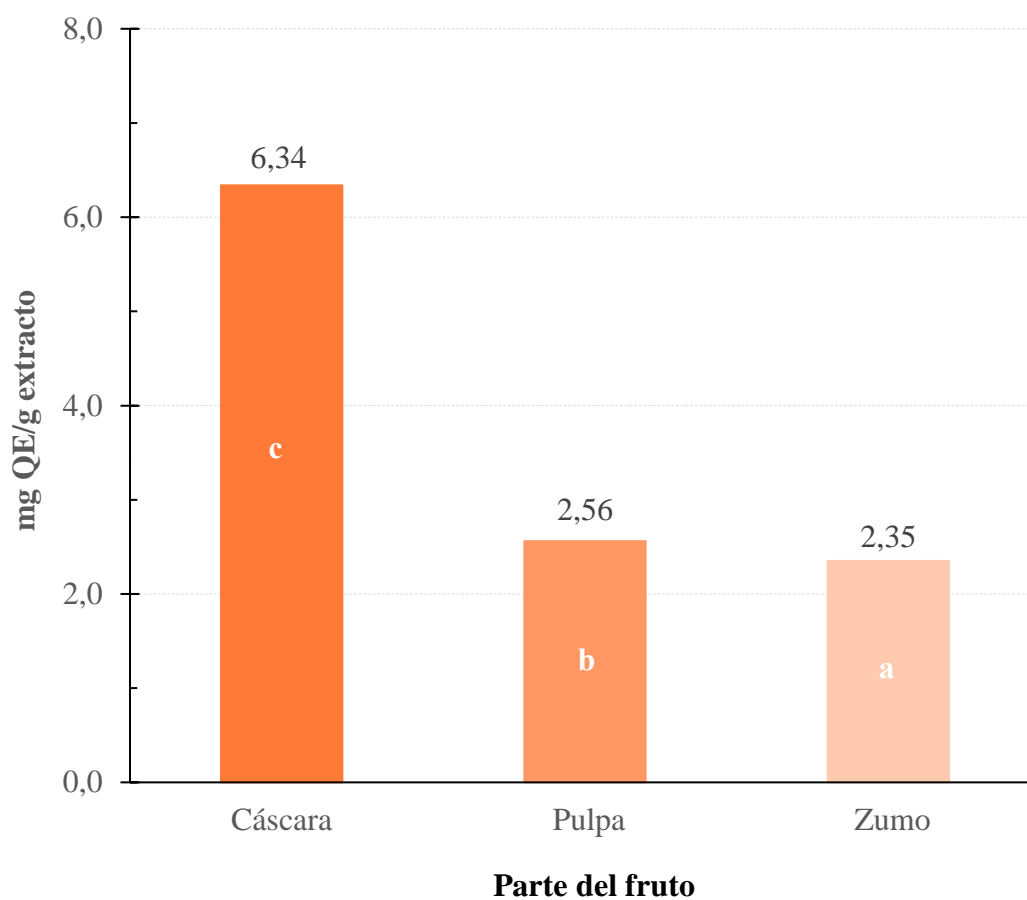
*Contenido de fenoles totales en los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de Morinda citrifolia L.*



*Nota.* Análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) (**Anexo 17**). La prueba de Scheffé indica que existen diferencias significativas entre cada parte del fruto ( $p < 0,05$ ) y las letras a, b y c representan los subconjuntos homogéneos (**Anexo 18**).

**Figura 4**

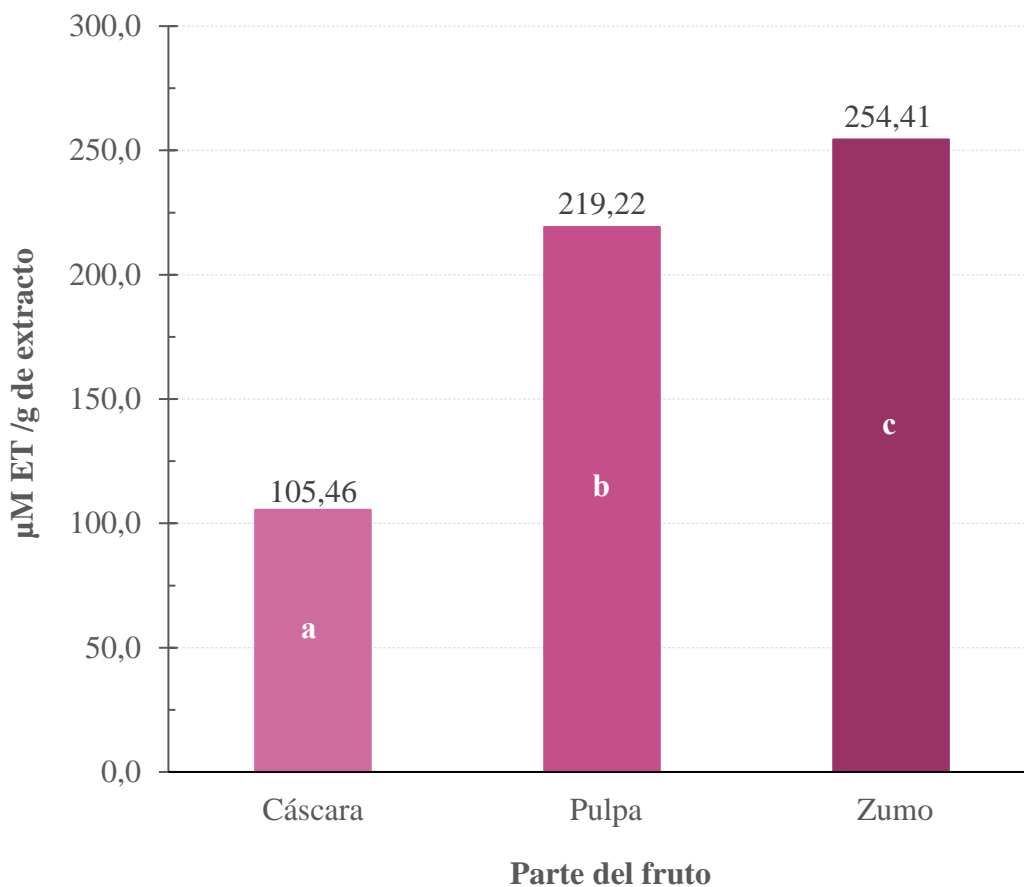
*Contenido de flavonoides en los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de Morinda citrifolia L.*



*Nota.* Análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) (**Anexo 19**). La prueba de Scheffé indica que existen diferencias significativas entre cada parte del fruto ( $p < 0,05$ ) y las letras a, b y c representan los subconjuntos homogéneos (**Anexo 20**).

**Figura 5**

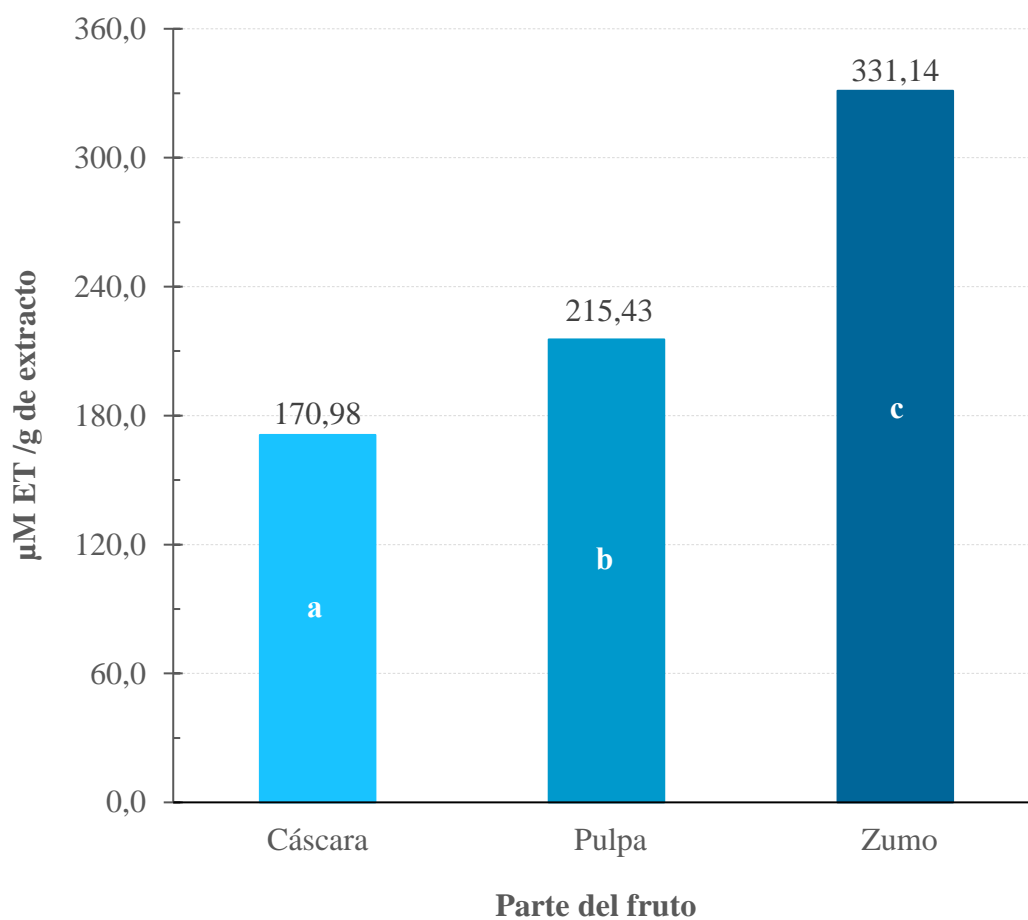
*Actividad antioxidante mediante el método DPPH de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de Morinda citrifolia L.*



*Nota.* Análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) (**Anexo 21**). La prueba de Scheffé indica que existen diferencias significativas entre cada parte del fruto ( $p < 0,05$ ) y las letras a, b y c representan los subconjuntos homogéneos (**Anexo 22**).

**Figura 6**

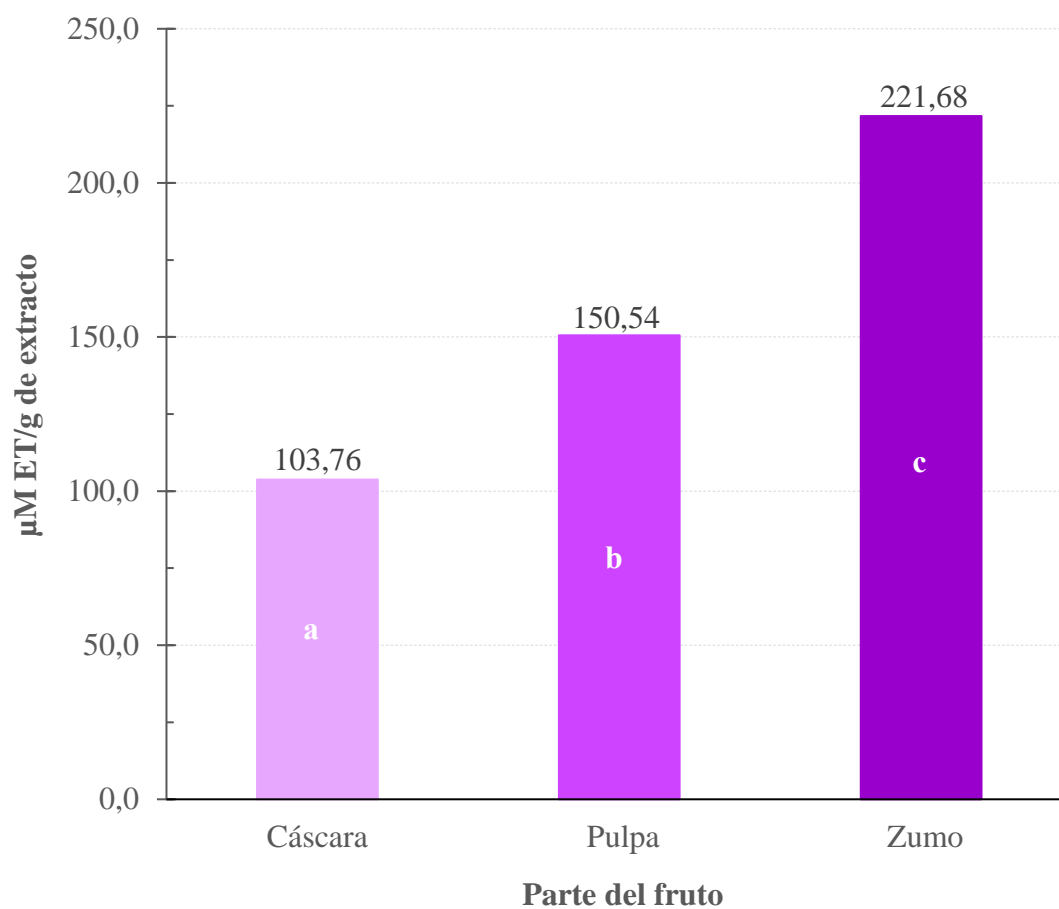
*Actividad antioxidante mediante el método ABTS de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de Morinda citrifolia L.*



*Nota.* Análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) (**Anexo 23**). La prueba de Scheffé indica que existen diferencias significativas entre cada parte del fruto ( $p < 0,05$ ) y las letras a, b y c representan los subconjuntos homogéneos (**Anexo 24**).

**Figura 7**

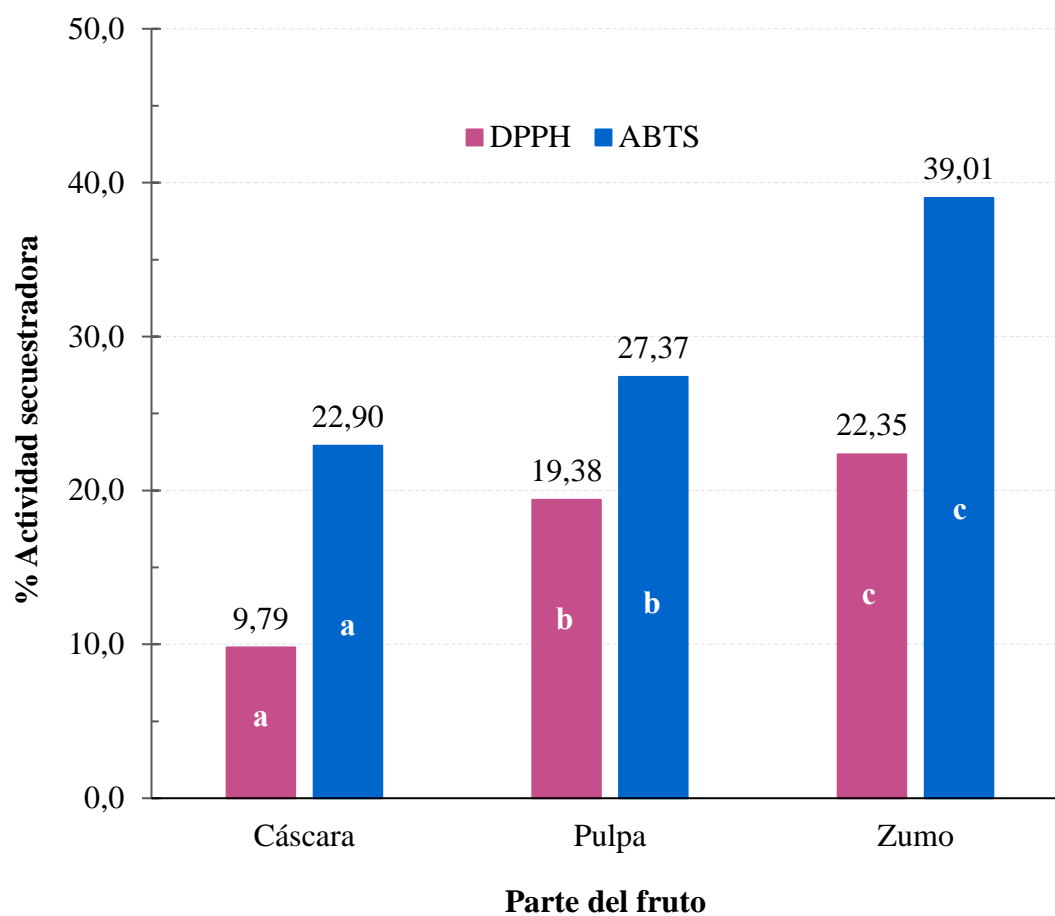
*Actividad antioxidante mediante el método FRAP de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de Morinda citrifolia L.*



*Nota.* Análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) (**Anexo 25**). La prueba de Scheffé indica que existen diferencias significativas entre cada parte del fruto ( $p < 0,05$ ) y las letras a, b y c representan los subconjuntos homogéneos (**Anexo 26**).

**Figura 8**

*Porcentaje de actividad secuestradora del DPPH y ABTS por los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de Morinda citrifolia L.*



*Nota.* Análisis de varianza ( $p < 0,05$ ) (**Anexos 27 y 29**). La prueba de Scheffé indica que existen diferencias significativas entre cada parte del fruto ( $p < 0,05$ ) y las letras a, b y c representan los subconjuntos homogéneos (**Anexos 28 y 30**).

**Tabla 16**

*Matriz de correlación entre el contenido de los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de los extractos liofilizados del fruto de Morinda citrifolia L.*

	<b>FT</b>	<b>FL</b>	<b>DPPH</b>	<b>ABTS</b>	<b>FRAP</b>
<b>FT</b>	1				
<b>FL</b>	-0,957**	1			
<b>DPPH</b>	0,991**	-0,974**	1		
<b>ABTS</b>	0,897**	-0,742**	0,852**	1	
<b>FRAP</b>	0,945**	-0,821**	0,912**	0,988**	1

*Nota.* FT = Fenoles totales, FL= Flavonoides totales. \*\*. La correlación es significativa en el nivel 0,05.

## CAPÍTULO V. DISCUSIÓN

*Morinda citrifolia* L., es una especie nativa del sudeste asiático, sin embargo, se ha logrado naturalizar en algunos países del continente americano; en Sudamérica está presente en: Brasil, Colombia, Venezuela y Perú (regiones amazónicas y en la selva alta). Se caracteriza principalmente por su alta tolerancia ambiental, ya que puede desarrollarse en zonas geográficas muy diversas, por tal razón, desarrolla una capacidad para sintetizar metabolitos secundarios, donde se destaca a los compuestos fenólicos, que junto a otros compuestos bioactivos le confieren al fruto de esta planta la actividad antioxidante. Por otro lado, la liofilización es un método de secado por frío, la cual puede influir en la preservación y conservación de los compuestos antioxidantes distribuidos en cada parte del fruto [79]. Por tal razón, este estudio busca determinar los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del noni.

La cáscara y pulpa han demostrado tener un mayor rendimiento de liofilización (13,90 y 11,70%, respectivamente), mientras que el zumo presentó un menor rendimiento (10,85%). La literatura indica que la liofilización da como resultado productos livianos y secos debido a la eliminación del agua por sublimación, sin dañar los otros componentes de la muestra [79], por tanto, se puede afirmar que, debido a que el zumo contiene una mayor cantidad de agua, durante la liofilización se elimina también, un volumen mayor de líquido, lo que resulta en una disminución del rendimiento de liofilización, en comparación con las muestras de la cáscara y pulpa que tienen un aspecto sólido.

Con respecto a los fenoles totales, el zumo y pulpa liofilizados han demostrado tener mayor contenido de fenoles totales (88,43 y 73,32 mg GAE/g de extracto, respectivamente), y la cáscara liofilizada un menor contenido de fenoles totales (41,63 mg GAE/g de extracto). Gamarra y Rodríguez [38], demostraron que en el zumo y pulpa liofilizado se registró un contenido de polifenoles totales de 0,40 y 0,34 mg GAE/100 g de extracto, respectivamente. De manera similar Fontes, *et al.* [21] hallaron un contenido de fenoles totales de 7486,38 µg GAE/g en la pulpa liofilizada. Por último,

Barra [39] reportó que el zumo sin cáscara presentó un contenido de fenoles totales de 83,68 mg GAE/100 g. Al comparar estos resultados con la presente investigación se observa que los valores obtenidos son mayores a los de la referencia, esta discrepancia puede deberse a varios factores, como: la aplicación de la liofilización, zona geográfica de la planta, entre otros aspectos, además, Li, *et al.* [32], demostraron que el perfil de los compuestos fenólicos varían de acuerdo a los métodos de secado que se emplea, en dicho estudio descubrieron que la liofilización al vacío preservó en mayor cantidad a la rutina, ácido quínico y ácido benzoico, también concluyeron que los métodos térmicos como el secado con aire caliente y el secado por microondas provocaron la reducción del 51,59% de los fenoles libres y del 35,55% de los fenoles ligados; asimismo, la literatura refiere que la concentración de los compuestos bioactivos de *Morinda citrifolia* L, están relacionadas significativamente no solo con la parte de la planta, sino también al país de origen y con la temporada de cosecha [85]. Sin embargo, tanto los resultados de la referencia como los obtenidos confirman que el zumo es la parte del fruto con mayor contenido de fenoles totales; sugiriendo que los fenoles solubles con los que cuenta el fruto de noni, están ampliamente distribuidos en el zumo, en cambio la pulpa al ser un componente interno, también posee una cantidad considerable, pero algo menor que en el zumo, por el contrario, la cáscara presenta un contenido más bajo de fenoles totales, porque esta parte del fruto cumple una función protectora, incluyendo en su contenido a más compuestos estructurales como la celulosa y lignina.

Con referencia a los flavonoides, los resultados también muestran una clara variación entre las diferentes partes del fruto, sin embargo, la cáscara liofilizada presenta un contenido significativamente mayor (6,34 mg QE/g de extracto), en comparación con la pulpa liofilizada (2,56 mg QE/g de extracto) y el zumo liofilizado (2,35 mg QE/g de extracto). Fontes, *et al.* [21], reportaron que los extractos no sometidos a liofilización, como la cáscara, presentó también un contenido mayor de flavonoides (4253,3 µg/100 g de extracto), en contraste con la semilla y pulpa. Comparando los resultados de ambos estudios, se observa que los valores obtenidos son mayores a los de la referencia, esto se puede atribuir a la aplicación del proceso de liofilización en las muestras [32]. No obstante, los resultados presentados por Fontes, *et al.* [21] y los resultados de la presente investigación demuestran consistentemente que la cáscara del noni es la parte del fruto con mayor contenido de flavonoides. Esta diferencia del contenido de flavonoides entre cada parte del fruto, puede explicarse por

la función biológica de estos compuestos en las plantas, ya que suelen concentrarse en las capas externas, como la cáscara, con la finalidad de proteger al fruto frente al daño causado por la radiación UV, patógenos y herbívoros.

Ahora bien, teniendo en cuenta la relación del contenido de fenoles totales y flavonoides en cada parte del fruto, se observa que el zumo tiene un mayor contenido de fenoles totales, pero menor cantidad de flavonoides; en cambio, la cáscara tiene un mayor contenido de flavonoides y menor cantidad de fenoles totales, este fenómeno puede ser atribuido a dos factores, como: la distribución de los compuestos fenólicos en cada parte del fruto, debido a que los ácidos fenólicos solubles son más abundantes en tejidos blandos como la pulpa o el zumo, en cambio los flavonoides tienden a concentrarse más en tejidos protectores como la cáscara, encontrándose en formas glicosiladas; el segundo factor es la aplicación del proceso de liofilización, puesto que, Li, *et al.* [32], determinaron que si bien la liofilización preserva de una manera óptima, evitando la oxidación de los fenoles totales, no obstante, los métodos térmicos son los que favorecen la liberación de la quercetina [32], por lo que se sugiere que en el presente trabajo al no haberse aplicado un método de secado térmico como tal, probablemente, este compuesto no se hayan podido liberar completamente.

En cuanto a la determinación de la actividad antioxidante con el método de DPPH, se revela que existen diferencias significativas entre cada parte del fruto, donde el zumo y pulpa liofilizados han demostrado tener una mayor actividad antioxidante (254,41 y 219,22  $\mu\text{M ET/g}$  de extracto, respectivamente), mientras que la cáscara liofilizada una menor actividad (105,46  $\mu\text{M ET/g}$  de extracto). Irigoyen, *et al.* [36], analizó la pulpa no liofilizada, la cual, demostró tener una actividad antioxidante de  $14,61 \pm 1,38 \text{ mM/mg}$  de muestra, asimismo, Correia, *et al.* [37], concluyeron que la pulpa presentó una actividad antioxidante de  $6,27 \mu\text{mol ET/g}$ ; al comparar estos resultados con los obtenidos en la presente investigación, se observa que los valores obtenidos son superiores a los reportados en las referencias, lo cual puede atribuirse a la aplicación del proceso de liofilización. Por otro lado, en un estudio similar donde se ha utilizado la liofilización como método de secado se ha obtenido que, la pulpa liofilizada del *Myrciaria dubia* (H.B.K) Mc Vaugh “camu camu” ha demostrado tener una capacidad antioxidante de  $52,000 \mu\text{M ET/g}$  frente al DPPH [86], esto deja en claro que, el zumo y la pulpa del noni es de cuatro a cinco veces mayor que la pulpa del camu camu.

Con respecto a la evaluación de la actividad antioxidante mediante el método ABTS se revela que tanto el zumo como la pulpa presentaron una actividad antioxidante mayor (331,14 y 215,43  $\mu\text{M ET/g}$  de extracto, respectivamente), en comparación con la cáscara (170,98  $\mu\text{M ET/g}$  de extracto). Estos hallazgos refuerzan la idea de que el contenido de compuestos fenólicos, tales como, ácidos fenólicos y otros metabolitos bioactivos son más abundantes en el zumo y en la pulpa. Fontes, *et al.* [21], analizó la pulpa liofilizada, donde obtuvieron que registró una actividad antioxidante de  $3381,15 \pm 15,96 \text{ mM ET/100 g}$  de muestra; comparando estos resultados, se muestra que los valores obtenidos en esta investigación son menores a los que indica la referencia, esta discrepancia puede deberse a diversos factores como la metodología, diferente ubicación geográfica del fruto de noni, condiciones de liofilización, entre otros elementos.

Concerniente a la determinación de la actividad antioxidante mediante el método FRAP, se observa que por tercera vez el zumo y la pulpa liofilizado presentan una mayor actividad antioxidante (221,68 y 150,54  $\mu\text{M ET/g}$  de extracto, respectivamente), en contraste con la cáscara (103,76  $\mu\text{M ET/g}$  de extracto). Con ello, nuevamente, se hace alusión de la distribución en mayor cantidad de los ácidos fenólicos en el zumo y en la pulpa. En el estudio de Fontes *et al.* [21], la pulpa liofilizada tuvo una actividad antioxidante de  $10360,39 \text{ mM/100 g}$  de muestra, al igual que en el método del ABTS, los resultados obtenidos en esta investigación fueron menores que los indicados por la referencia, sin embargo, este fenómeno podría deberse a los factores mencionados anteriormente.

El porcentaje de inhibición del radical libre DPPH y del catión radical ABTS es mayor en el zumo liofilizado (22,35 y 39,01%, respectivamente), indicando una actividad antioxidante en la parte líquida del fruto. De manera general frente a los resultados del contenido de fenoles totales, flavonoides y actividad antioxidante, no hay una evidencia clara y precisa de esta actividad distribuidos en cada parte del fruto como tal, sino solo se han reportado la actividad antioxidante del fruto entero, de la pulpa sola, o de la combinación de dos partes del fruto, como zumo con cáscara o sin cáscara del noni, siendo esta investigación un aporte al conocimiento sobre el fruto de *Morinda citrifolia* L.

Por todo lo anterior, se exhibe de manera sólida que el zumo liofilizado tiene una mayor actividad antioxidante frente a los tres métodos, seguido de la pulpa y luego

la cáscara; estos resultados coinciden con el contenido fenólico, sugiriendo que la actividad antioxidante está principalmente asociada al contenido total de fenoles. Esto puede explicarse también por el contenido en mayor número de compuestos antioxidantes hidrosolubles, como la vitamina C [21,39] y los ácidos fenólicos solubles [20,32,69] que son más biodisponibles en el zumo y en la pulpa. Aunque la cáscara haya presentado una mayor cantidad de flavonoides, no necesariamente esto se traduce en una mayor actividad antioxidante, ya que la composición y el tipo de flavonoides influyen en dicha actividad. Puesto que, en la relación estructura y actividad antioxidante de los flavonoides se habla de la glicosilación fenólica, es decir que los flavonoides se encuentren unidos a un glucósido de dos formas, donde la C – glucósido tiene un mayor efecto antioxidante, que la O – glucósido [64], por lo que este tipo de flavonoides tienen una actividad antioxidante que se manifiesta lentamente, pero perdura en el tiempo [68].

Finalmente, en la correlación entre los compuestos fenólicos y los ensayos de su actividad antioxidante, donde el contenido de fenoles totales tiene una mejor correlación con el método de DPPH ( $r = 0,991$ ), en comparación con el ensayo de poder reductor del FRAP ( $r = 0,945$ ) y ABTS ( $r = 0,897$ ), indicando que por la mayor cantidad de fenoles hay una mayor actividad antioxidante. Sin embargo, los flavonoides presentan una correlación negativa con las pruebas antioxidantes, pero con la misma tendencia que los fenoles totales, donde en el ensayo de DPPH se mostró un  $r = - 0,974$ , seguido del FRAP ( $r = - 0,821$ ) y por último ABTS ( $r = - 0,821$ ). Asimismo, los resultados exhiben que existe afinidad entre las pruebas ABTS y FRAP ( $r = 0,988$ ), y entre DPPH y FRAP ( $r = 0,912$ ), respectivamente, lo que sugiere que los flavonoides no contribuyen de forma significativa y que su efecto es distinto, quizá por el tipo o estructura molecular que tiene en la distribución de cada parte del fruto. Por ende, se puede afirmar que los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de *Morinda citrifolia* L. posee fenoles totales que evidencian una gran actividad antioxidante, ya que se refleja en una correlación que se aproxima a 1. En consecuencia, en este trabajo de investigación se confirma la hipótesis de que los compuestos fenólicos, principalmente los fenoles presentes en el fruto de *Morinda citrifolia* L. se correlacionan positivamente con su actividad antioxidante.

## CAPÍTULO VI. CONCLUSIONES

- (1) El zumo liofilizado presentó un mayor contenido de fenoles totales (88,43 mg GAE/g de extracto), pero una menor cantidad de flavonoides (2,35 mg QE/g de extracto). La cáscara presentó una menor cantidad de fenoles totales (41,63 mg GAE/g de extracto) y una mayor cantidad de flavonoides (6,34 mg QE/g de extracto).
- (2) El zumo liofilizado mostró una mayor actividad antioxidante frente a los tres métodos: DPPH (254,41  $\mu$ M ET/g de extracto), ABTS (331,14  $\mu$ M ET/g), y FRAP (221,68  $\mu$ M ET/g), y mayor porcentaje de actividad secuestradora de los radicales libres DPPH y ABTS (22,35% y 39,01%, respectivamente).
- (3) Existe una correlación positiva entre la actividad antioxidante *in vitro* y los fenoles totales (DPPH,  $r = 0,991$ ; ABTS,  $r = 0,897$  y FRAP,  $r = 0,945$ ) y una correlación negativa con los flavonoides (DPPH,  $r = - 0,974$ ; ABTS,  $r = - 0,742$  y FRAP,  $r = - 0,821$ ).

## **CAPÍTULO VII. RECOMENDACIONES**

- Hacer uso de la liofilización como método de secado de manera preferente, puesto que este proceso preserva de manera eficaz a los compuestos fenólicos y actividad antioxidante del fruto de *Morinda citrifolia* L., en la elaboración de extractos, polvos nutracéuticos y suplementos funcionales, principalmente del zumo y la pulpa.
- Asimismo, se recomienda el aprovechamiento de la cáscara como fuente rica en flavonoides, y su posible incorporación en el procesamiento de productos nutracéuticos.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Almeida Lopes MM, Guimarães Sanches A, de Sousa JA, de Oliveira Silva E. Noni—*Morinda citrifolia* L. En: Exotic Fruits Reference Guide. 2018. p. 319-25.
2. Dixon AR, Mcmillen H, Etkin NL. Ferment this: The transformation of Noni, a traditional polynesian medicine (*Morinda citrifolia* L., Rubiaceae). Econ Bot. enero de 1999;53(1):51-68.
3. Almeida ÉS, de Oliveira D, Hotza D. Properties and Applications of *Morinda citrifolia* L. (Noni): A Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2019;18(4):883-909.
4. Paredes-López DM, Robles-Huaynate RA, Beteta-Blas X, Aldava-Pardave U. Effect of *Morinda citrifolia* L. fruit powder on physiological and productive performance of *Cavia porcellus*. Front Vet Sci [Internet]. 13 de octubre de 2023;10. Disponible en: <https://www.frontiersin.orghttps://www.frontiersin.org/journals/veterinary-science/articles/10.3389/fvets.2023.1134138/full>
5. Jang BC. The fruit juice of *Morinda citrifolia* L. (noni) downregulates HIF-1 $\alpha$  protein expression through inhibition of PKB, ERK-1/2, JNK-1 and S6 in manganese-stimulated A549 human lung cancer cells. International Journal of Molecular Medicine. 1 de marzo de 2012;29(3):499-504.
6. Kitic D, Miladinovic B, Randjelovic M, Szopa A, Seidel V, Prasher P, et al. Anticancer and chemopreventive potential of *Morinda citrifolia* L. bioactive compounds: A comprehensive update. Phytotherapy Research. 2024;38(4):1932-50.
7. Medrano-Colmenares SM, Ladera-Castañeda M, Cornejo-Pinto A, Cervantes-Ganoza LA, López-Gurreonero C, Garcia-Luna G, et al. Antifungal Activity of *Morinda citrifolia* L. Methanolic Extract against *Candida albicans*: An *in vitro* Study. Journal of International Society of Preventive and Community Dentistry. junio de 2024;14(3):192.
8. Selvam P, Chandramohan M, Hurst BL, Smee DF. Activity of Isatine-Sulfadimidine Derivatives against 2009 Pandemic H1N1 Influenza Virus in Cell Culture. Antivir Chem Chemother. febrero de 2010;20(3):143-6.
9. Brito DRB, Fernandes RM. Ação anti-helmíntica da *Morinda citrifolia* L. (noni) sobre *Heterakis gallinarum*. Semina: Ciências Agrárias. 30 de agosto de 2013;34(4):1775-82.
10. Wang MY, Lutfiyya MN, Weidenbacher-Hoper V, Peng L, Lipsky MS, Anderson G. *Morinda citrifolia* L. (noni) improves the Quality of Life in adults with Osteoarthritis. Functional Foods in Health and Disease. 20 de febrero de 2011;1(2):75-90.
11. Pratap UP, Priyanka HP, Ramanathan KR, Raman V, Hima L, Thyagarajan S. Noni (*Morinda citrifolia* L.) fruit juice delays immunosenescence in the lymphocytes

- in lymph nodes of old F344 rats. *Journal of Integrative Medicine*. mayo de 2018;16(3):199-207.
12. Wigati D, Anwar K, Sudarsono, Nugroho AE. Hypotensive Activity of Ethanolic Extracts of *Morinda citrifolia* L. Leaves and Fruit in Dexamethasone-Induced Hypertensive Rat. *J Evid Based Complementary Altern Med*. enero de 2017;22(1):107-13.
  13. Soto I, Quintana C. R, Rodríguez A. J, Xicoténcatl R. I. Efectos beneficiosos del extracto de hoja de *Morinda citrifolia* L. (Noni) sobre la obesidad, la dislipidemia y la adiponectinemia en ratas con síndrome metabólico. *Rev Internacional de Ciencias Farmacéuticas e Investigación*. 31 de mayo de 2017;8(6):2496-503.
  14. Jin M, Wang Y, Yang X, Yin H, Nie S, Wu X. Structure characterization of a polysaccharide extracted from noni (*Morinda citrifolia* L.) and its protective effect against DSS-induced bowel disease in mice. *Food Hydrocolloids*. mayo de 2019;90:189-97.
  15. Ali AF, Mufaiduddin M, Agustina L, Armalina D. Noni (*Morinda citrifolia* L.) fruit juice reduces paw edema and protects gastric mucosal injury in rats. *Journal of Advanced Biotechnology and Experimental Therapeutics*. 2024;7(3):498-506.
  16. Mauliku NE, W. H, Saputro SH, Kristina TN. Anti-tubercular activity of extract and compounds of noni (*Morinda citrifolia* L.). *Int J Pharm Pharm Sci*. 1 de diciembre de 2017;9(12):105.
  17. Nakamura CE. Actividades hipoglucemiantes y antioxidantes de la fruta *Morinda citrifolia* L. en ratas con diabetes mellitus inducida por Aloxan. 2019;
  18. Costa AB, de Oliveira AMC, e Silva AMO, Mancini-Filho J, de Lima A. Antioxidant activity of the pulp, skin and seeds of the noni (*Morinda citrifolia* L.). *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2013;35(2):345-54.
  19. West BJ, Deng S, Jensen CJ. Nutrient and phytochemical analyses of processed noni puree. *Food Research International*. 1 de agosto de 2011;44(7):2295-301.
  20. Liu X, Lin X, Hu X, Li C, Wang L, Fei T. Fruto y subproductos del noni (*Morinda citrifolia* L.): una revisión exhaustiva de sus composiciones químicas, efectos beneficiosos para la salud, evaluación de seguridad y aplicaciones industriales. *Trends in Food Science & Technology*. 1 de noviembre de 2024;153:104690.
  21. Fontes RF, Andrade JKS, Rajan M, Narain N. Chemical characterization of different parts of noni (*Morinda citrifolia* L.) fruit and its freeze-dried pulp powder with emphasis on its bioactive compounds and antioxidant activities. *Food Science and Technology (Brazil)*. 2023;43.
  22. Singh DR, Singh S. Phytochemicals in Plant Parts of Noni (*Morinda citrifolia* L.) with Special Reference to Fatty Acid Profiles of Seeds. *Proc Natl Acad Sci, India, Sect B Biol Sci*. septiembre de 2013;83(3):471-8.

23. Ali M, Kenganora M, Manjula S, Manjula S. Health Benefits of *Morinda citrifolia* L. (Noni): A Review. *Pharmacognosy Journal*. 2016;8(4):321-34.
24. Inada AC, Figueiredo PS, Santos-Eichler RA dos, Freitas KDC, Hiane PA, Castro AP de, et al. *Morinda citrifolia* L. (Noni) and Its Potential in Obesity-Related Metabolic Dysfunction. *Nutrients*. junio de 2017;9(6):540.
25. Deng S, West BJ, Palu 'Afa K., Jensen CJ. Determination and comparative analysis of major iridoids in different parts and cultivation sources of *Morinda citrifolia* L. *Phytochemical Analysis*. enero de 2011;22(1):26-30.
26. Zhang B, Yu Z xin, Zhou X ming, Nong X hua, Li X bao, Wang H, et al. New alkaloids from the noni juice with potential  $\alpha$ -glucosidase inhibitory activity. *Fitoterapia*. 1 de septiembre de 2021;153:104946.
27. Lolok N, Sumiwi, Sri Adi, Ramadhan, Dwi Syah Fitra, Levita, Jutti, and Sahidin I. Molecular dynamics study of stigmaterol and beta-sitosterol of *Morinda citrifolia* L. towards  $\alpha$ -amylase and  $\alpha$ -glucosidase. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*. 3 de marzo de 2024;42(4):1952-5.
28. Kim JM, Jo YJ, Hahn D. Physicochemical properties, bioactive composition and antioxidant activities of noni fruit juices from different regions of cultivation. *Korean Journal of Food Preservation*. 2017;24(7):1000-6.
29. Cai J, Liang Z, Li J, Manzoor MF, Liu H, Han Z, et al. Variation in physicochemical properties and bioactivities of *Morinda citrifolia* L. (Noni) polysaccharides at different stages of maturity. *Frontiers in Nutrition*. 2023;9.
30. McClatchey W. From Polynesian Healers to Health Food Stores: Changing Perspectives of *Morinda citrifolia* L. (Rubiaceae). *Integr Cancer Ther*. 1 de junio de 2002;1(2):110-20.
31. Rêgo Farias ET do, dos Santos AF, Lopes MF, Bezerra JM, Gomes da Silva FV. Compostos bioativos e capacidade antioxidante em frutos de noni, *Morinda citrifolia* L. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2020;15(1):6-13.
32. Li Q, Chai J, Deng S, Xu J, Feng Y, Yang R, et al. The Comparison of the Profile of Phenolic Compounds in Noni (*Morinda citrifolia* L.) Fruit by Different Drying Methods. *Foods*. enero de 2025;14(8):1398.
33. Kumar D, Ladaniya MS, Gurjar M, Kumar S. Impact of drying methods on natural antioxidants, phenols and flavanones of immature dropped *Citrus sinensis* L. Osbeck fruits. *Sci Rep*. 23 de abril de 2022;12(1):6684.
34. Krishnaiah D, Bono A, Sarbatly R, Anisuzzaman SM. Antioxidant activity and total phenolic content of an isolated *Morinda citrifolia* L. methanolic extract from Poly-ethersulphone (PES) membrane separator. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*. 1 de enero de 2015;27(1):63-7.

35. Palioto GF, Silva CFG, Mendes MP, Almeida VV, Rocha CLMSC, Tonin LTD. Composição centesimal, compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de *Morinda citrifolia* L. (noni) cultivados no Paraná. Rev bras plantas med. marzo de 2015;17:59-66.
36. Irigoyen EEM, Muñoz RC, Alvarado JLH, Patraca JH, Alvarado HV. Evaluación del potencial antioxidante de *Morinda citrifolia* L. para su aplicación en productos de aplicación tópica. 2015; Disponible en: <https://smbb.mx/congresos%20smbb/guadalajara15/PDF/XVI/trabajos/VIII/VIII-C-11.pdf>
37. Correia AA da S, Gonzaga ML da C, de Aquino AC, de Souza PHM, de Figueiredo RW, Maia GA. Caracterização química e físico-química da polpa do noni (*Morinda citrifolia* L.) cultivado no estado do Ceará. Brazilian Journal of Food & Nutrition / Alimentos e Nutrição. 1 de octubre de 2011;22(4):609-609-15.
38. Gamarra Guzman D, Rodriguez Contreras JV. Influencia del liofilizado y deshidratación al vacío de zumo y pulpa de noni (*Morinda citrifolia* L.) en la disminución del olor. Universidad Nacional del Centro del Perú [Internet]. 2020 [citado 21 de abril de 2025]; Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/5993>
39. Barra Flores JC. Actividad antioxidante, polifenoles totales y vitamina C del zumo de noni (*Morinda citrifolia* L.) obtenido por prensado neumático provenientes de la provincia de Satipo. Universidad Peruana Los Andes [Internet]. 2019 [citado 29 de junio de 2025]; Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1208>
40. Robledo Pérez KP, Buenaño Schol J, Maúrtua Morales S. Efecto de la fermentación alcohólica en el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en el extracto del fruto maduro del noni (*Morinda citrifolia* L.). Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas (UPC) [Internet]. 15 de febrero de 2017 [citado 2 de enero de 2023]; Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621319>
41. Ore Galvez KS. Efecto antibacteriano in vitro de los extractos de *Morinda citrifolia* L. “noni” sobre *Streptococcus mutans* ATCC 25175. 2024 [citado 21 de abril de 2025]; Disponible en: <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7362>
42. Aguila Ogosi ML. Efecto antiulceroso del extracto hidroalcohólico del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni” en ratas Holtzman. Ayacucho 2022. 2023 [citado 23 de octubre de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5962>
43. Mendoza LR, Edison A. Efecto antiagregante plaquetario *in vivo* del extracto etanólico del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”. Ayacucho 2017. 2019 [citado 23 de octubre de 2024]; Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/4403>

44. Pawlus AD, Kinghorn AD. Review of the ethnobotany, chemistry, biological activity and safety of the botanical dietary supplement *Morinda citrifolia* L. (noni). *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 1 de diciembre de 2007;59(12):1587-609.
45. Zhao H, Ren L, Shen R, Guo S, Peng X. Identification of the influential odorants for the unpleasant rancid smell of ripe noni fruit (*Morinda citrifolia* L.). *International Journal of Food Science and Technology*. 1 de abril de 2022;57(4):2277-84.
46. Nelson S. Noni Seed Handling and Seedling Production. *Department of Plant and Environmental Protection Sciences*. 2005;(10):5.
47. Chan-Blanco Y, Vaillant F, Mercedes Perez A, Reynes M, Brillouet JM, Brat P. The noni fruit (*Morinda citrifolia* L.): A review of agricultural research, nutritional and therapeutic properties. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1 de septiembre de 2006;19(6):645-54.
48. Valencia M, Ancona J, Reyes J, García M. Evaluación de los metabolitos del Noni (*Morinda citrifolia* L.). 4(4).
49. Cruzado Alva YE. Efecto laxante del extracto hidroalcohólico del fruto de *Morinda citrifolia* L. (Noni) en *Rattus rattus* var. *Albinus*. Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote [Internet]. 23 de noviembre de 2019 [citado 3 de enero de 2023]; Disponible en: <https://repositorio.uladech.edu.pe/handle/20.500.13032/14903>
50. Ali M, Din Wani SU, Manjula SN, Mruthunjaya K, Shakeel F, DR B, et al. Divine noni's protective impact on Swiss albino mice's short-term memory impairment caused by cyclophosphamide: A behavioral and biochemical approach. *Heliyon*. 2024;10(18).
51. Rivera ZAA, Talubo NDD, Cabrera HS. Network Pharmacology and Molecular Docking Analysis of *Morinda citrifolia* L. Fruit Metabolites Suggest Anxiety Modulation through Glutamatergic Pathways. *Life*. 2024;14(9).
52. Barriga González GE, Azar CO, Emeraldía FM. Estudio de resonancia de espín electrónico y estudio teórico de nuevas nitronas como atrapadores de radicales libres [Internet]. D - Universidad de Chile; 2011 [citado 3 de enero de 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/unsch/86357>
53. Avello M. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección [Internet]. Red Atenea; 2009 [citado 2 de enero de 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/unsch/12118>
54. Córdova Izquierdo A. Estrés oxidativo y antioxidantes en la conservación espermática. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias* Vol. 3, No. 1, 2009: 1-38 [Internet]. *Veterinaria Organización*; 2009 [citado 9 de enero de 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/unsch/26883>

55. Bello-Medina PC, Rodríguez-Martínez E, Prado-Alcalá RA, Rivas-Arancibia S. Contaminación por ozono, estrés oxidativo, plasticidad sináptica y neurodegeneración. *Neurología*. 1 de mayo de 2022;37(4):277-86.
56. Viada Pupo E, Gómez Robles L, Campaña Marrero IR. Estrés oxidativo. *Correo Científico Médico*. marzo de 2017;21(1):171-86.
57. Rodríguez Perón JM, Menéndez López JR, Trujillo López Y. Radicales libres en la biomedicina y estrés oxidativo. *Revista Cubana de Medicina Militar*. marzo de 2001;30(1):15-20.
58. Abascal JBV. Estrés oxidativo en medicina: un acercamiento al tema [Internet]. El Cid Editor | apuntes; 2009 [citado 9 de enero de 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/unsch/28105>
59. José Páramo A, Jesús Orbe M, Rodríguez JA. Papel de los antioxidantes en la prevención de la enfermedad cardiovascular. *Medicina Clínica*. 1 de enero de 2001;116(16):629-35.
60. Llacuna L, Mach N. Papel de los antioxidantes en la prevención del cáncer. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*. 1 de enero de 2012;16(1):16-24.
61. Coronado H M, Vega y León S, Gutiérrez T R, Vázquez F M, Radilla V C. Antioxidants: present perspective for the human health. *Revista chilena de nutrición*. junio de 2015;42(2):206-12.
62. S Z, Diego J. Antioxidants: micronutrients fighting for health. *Revista chilena de nutrición*. marzo de 2007;34(1):17-26.
63. Pratyusha S. Phenolic Compounds in the Plant Development and Defense: An Overview. En: *Plant Stress Physiology - Perspectives in Agriculture* [Internet]. IntechOpen; 2022 [citado 30 de abril de 2025]. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/80846>
64. Vuolo MM, Lima VS, Maróstica Junior MR. Chapter 2 - Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power. En: Campos MRS, editor. *Bioactive Compounds* [Internet]. Woodhead Publishing; 2019. p. 33-50. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128147740000025>
65. Valencia-Avilés E, Ignacio-Figueroa I, Sosa-Martínez E, Bartolomé-Camacho MC, Martínez-Flores HE, García-Pérez ME. Polifenoles: propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*. 31 de enero de 2017;(16):15-29.
66. Alara OR, Abdurahman NH, Ukaegbu CI. Extraction of phenolic compounds: A review. *Current Research in Food Science*. 1 de enero de 2021;4:200-14.

67. Ciupei D, Colișar A, Leopold L, Stănilă A, Diaconeasa ZM. Polyphenols: From Classification to Therapeutic Potential and Bioavailability. *Foods*. enero de 2024;13(24):4131.
68. Rudrapal M, Rakshit G, Singh RP, Garse S, Khan J, Chakraborty S. Dietary Polyphenols: Review on Chemistry/Sources, Bioavailability/Metabolism, Antioxidant Effects, and Their Role in Disease Management. *Antioxidants*. abril de 2024;13(4):429.
69. Lin X, Chen S, Wang R, Li C, Wang L. Fabricación, caracterización y propiedades biológicas de películas a base de pectina y/o quitosano incorporadas con extracto de fruto de noni (*Morinda citrifolia* L.). *Food Hydrocolloids*. 1 de enero de 2023;134:108025.
70. Deng S, West BJ, Jensen CJ. Simultaneous characterisation and quantitation of flavonol glycosides and aglycones in noni leaves using a validated HPLC-UV/MS method. *Food Chemistry*. noviembre de 2008;111(2):526-9.
71. Wang M, Kikuzaki H, Jin Y, Nakatani N, Zhu N, Csiszar K, et al. Novel Glycosides from Noni (*Morinda citrifolia* L.). *J Nat Prod*. 1 de agosto de 2000;63(8):1182-3.
72. Kamiya K, Tanaka Y, Endang H, Umar M, Satake T. Chemical Constituents of *Morinda citrifolia* L. Fruits Inhibit Copper-Induced Low-Density Lipoprotein Oxidation. *J Agric Food Chem*. 1 de septiembre de 2004;52(19):5843-8.
73. Nguyen PH, Yang JL, Uddin MN, Park SL, Lim SI, Jung DW, et al. Protein Tyrosine Phosphatase 1B (PTP1B) Inhibitors from *Morinda citrifolia* L. (Noni) and Their Insulin Mimetic Activity. *J Nat Prod*. 22 de noviembre de 2013;76(11):2080-7.
74. Ismail NH, Ali AM, Aimi N, Kitajima M, Takayama H, Lajis NH. Anthraquinones from *Morinda elliptica*. *Phytochemistry*. agosto de 1997;45(8):1723-5.
75. Kamiya K, Tanaka Y, Endang H, Umar M, Satake T. New Anthraquinone and Iridoid from the Fruits of *Morinda citrifolia* L. *Chem Pharm Bull*. 2005;53(12):1597-9.
76. Wu YB, Zheng CJ, Qin LP, Sun LN, Han T, Jiao L, et al. Antiosteoporotic Activity of Anthraquinones from *Morinda officinalis* on Osteoblasts and Osteoclasts. *Molecules*. 23 de enero de 2009;14(1):573-83.
77. Pérez M, Dominguez-López I, Lamuela-Raventós RM. The Chemistry Behind the Folin–Ciocalteu Method for the Estimation of (Poly)phenol Content in Food: Total Phenolic Intake in a Mediterranean Dietary Pattern. *J Agric Food Chem*. 22 de noviembre de 2023;71(46):17543-53.
78. Sepahpour S, Selamat J, Abdul Manap M, Khatib A, Abdull Razis A. Comparative Analysis of Chemical Composition, Antioxidant Activity and Quantitative Characterization of Some Phenolic Compounds in Selected Herbs and Spices in

- Different Solvent Extraction Systems. *Molecules*. 13 de febrero de 2018;23(2):402.
79. Nowak D, Jakubczyk E. The Freeze-Drying of Foods—The Characteristic of the Process Course and the Effect of Its Parameters on the Physical Properties of Food Materials. *Foods*. 18 de octubre de 2020;9(10):1488.
  80. Simarro JMS. *Biología y biotecnología reproductiva de las plantas* [Internet]. Valencia. Editorial de la Universidad Politécnica de Valencia; 2013. 457 p. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/unsch/54066>
  81. Akhavan-Mahdavi S, Mahdi Jafari S. Chapter One - Principles of extraction processes for the food industry. En: Jafari SM, Akhavan-Mahdavi S, editores. *Extraction Processes in the Food Industry* [Internet]. Woodhead Publishing; 2024 [citado 22 de noviembre de 2024]. p. 1-14. (Unit Operation and Processing Equipment in the Food Industry). Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012819516100003X>
  82. Hernández Sampieri R, Fernández Collado C, Baptista Lucio P. *Metodología de la investigación* [Internet]. McGraw Hill España; 2014 [citado 2 de noviembre de 2024]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=775008>
  83. Thaipong K, Boonprakob U, Crosby K, Cisneros-Zevallos L, Hawkins Byrne D. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1 de septiembre de 2006;19(6):669-75.
  84. Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*. 1 de marzo de 1999;64(4):555-9.
  85. Abou Assi R, Darwis Y, Abdulbaqi IM, Khan AA, Vuanghao L, Laghari MH. *Morinda citrifolia* L. (Noni): Una revisión exhaustiva sobre sus usos industriales, actividades farmacológicas y ensayos clínicos. *Arabian Journal of Chemistry*. 1 de julio de 2017;10(5):691-707.
  86. Aguiar JPL, Souza F das C do A. Antioxidants, Chemical Composition and Minerals in Freeze-Dried Camu-Camu (*Myrciaria dubia* (H.B.K.) Mc Vaugh) Pulp. *Food and Nutrition Sciences*. 8 de julio de 2015;6(10):869-74.

## ANEXOS

### Anexo 1

*Identificación taxonómica de Morinda citrifolia L. "noni".*

### CONSTANCIA

#### **LA BIÓLOGA LAURA AUCASIME MEDINA ESPECIALISTA EN TAXONOMÍA Y SISTEMÁTICA DE PLANTAS DEJA CONSTANCIA:**


Que, la Bachiller en Farmacia y Bioquímica, **Srta. Jessica Pamela, MEDINA ROJAS**, ha solicitado la identificación de una muestra vegetal para trabajo de tesis.

Dicha muestra ha sido estudiada y determinada según el Sistema de Clasificación de Cronquist. A. 1988. Siendo su taxonomía la siguiente:

DIVISIÓN	:	MAGNOLIOPHYTA
CLASE	:	MAGNOLIOPSIDA
SUB CLASE	:	ASTERIDAE
ORDEN	:	RUBIALES
FAMILIA	:	RUBIACEAE
GÉNERO	:	Morinda
ESPECIE	:	<b><i>Morinda citrifolia L.</i></b>
N.V.	:	"noni"

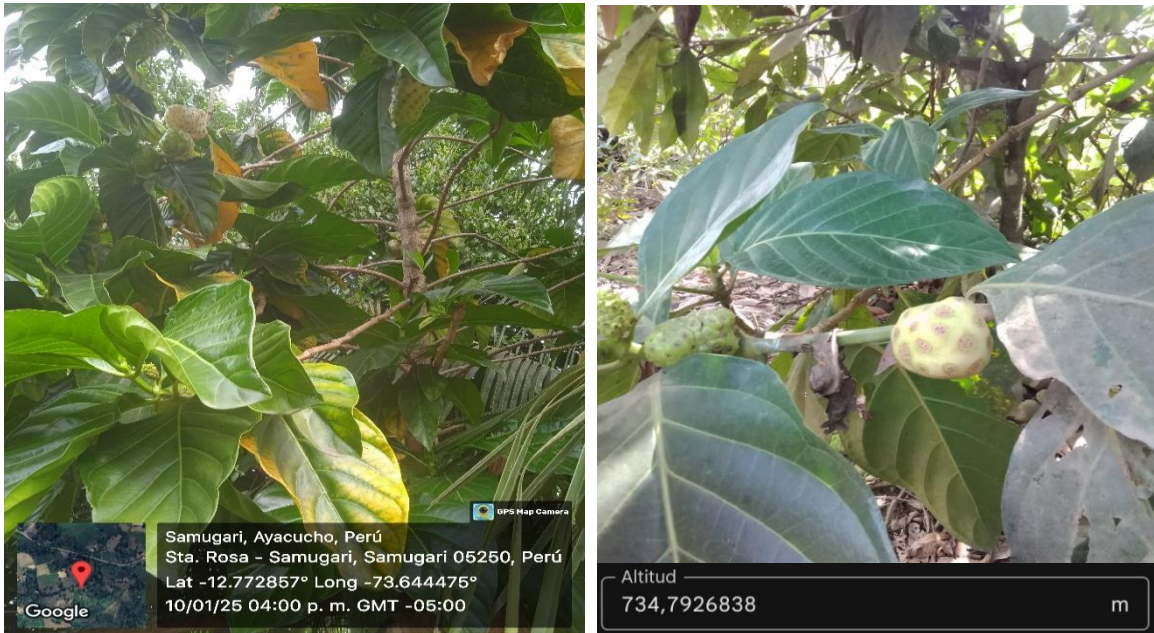
Se expide la certificación correspondiente a solicitud de la interesada para los fines que estime conveniente.

Ayacucho, 14 de noviembre del 2024

  
LAURA AUCASIME MEDINA  
BIÓLOGA  
Reg. C.B.P. N° 583 C.R. - XIII

## Anexo 2

*Lugar y ubicación del lugar de recolección de la muestra.*



## Anexo 3

*Preparación de la muestra.*



a) Lavado



b) Separación

## Anexo 4

*Pesado inicial de las muestras.*



## Anexo 5

*Obtención de las muestras liofilizadas*



a) Primera fase: Congelación

b) Segunda fase: Sublimación



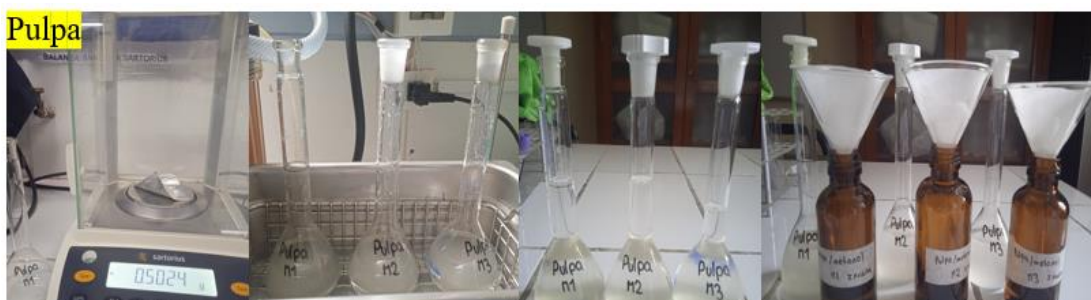
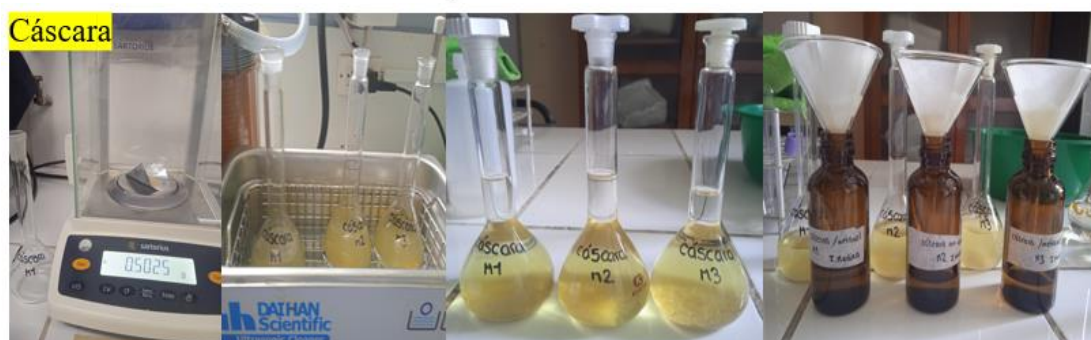
c) Pesado final

## Anexo 6

### Preparación de los extractos metanólicos.

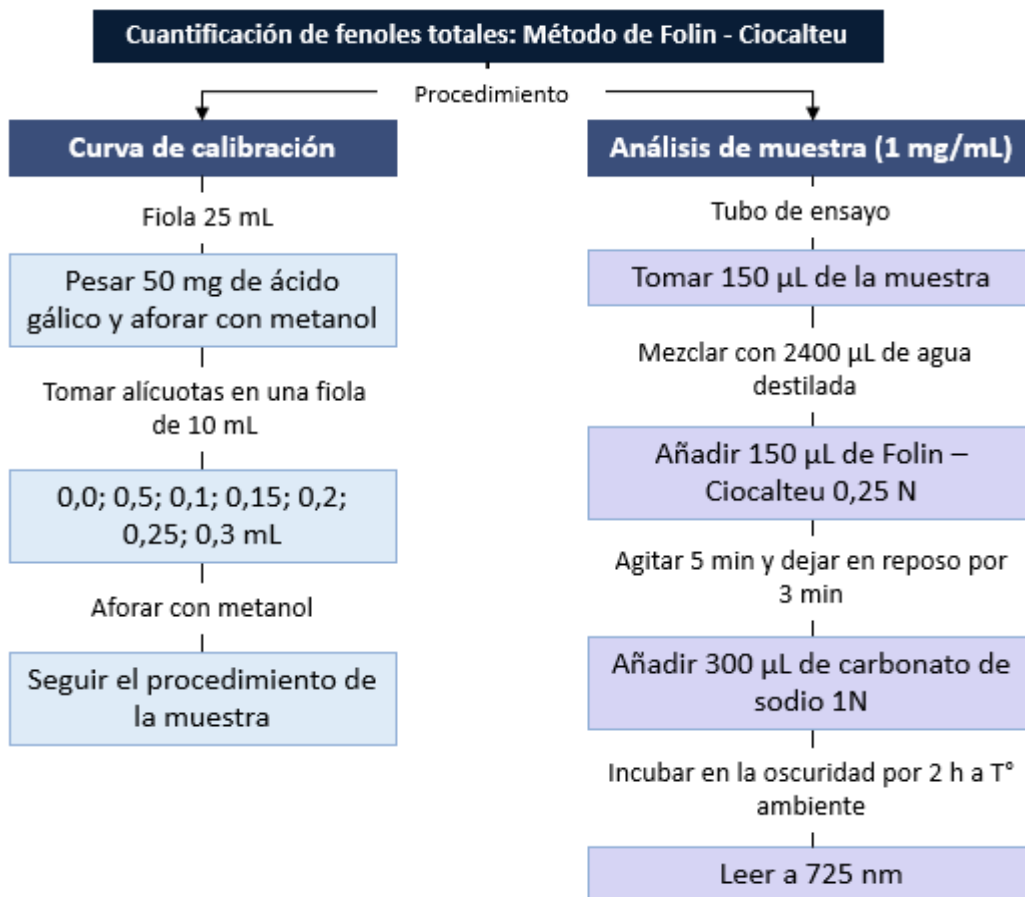


a) Molienda



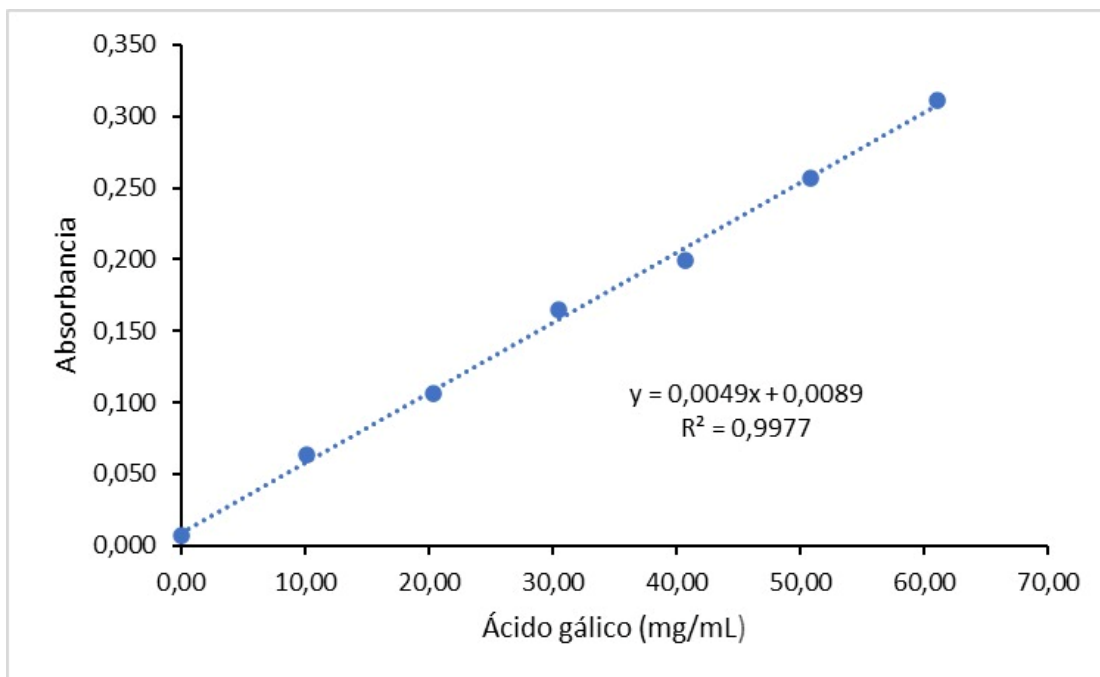
## Anexo 7

Flujograma para la cuantificación de fenoles totales [83].



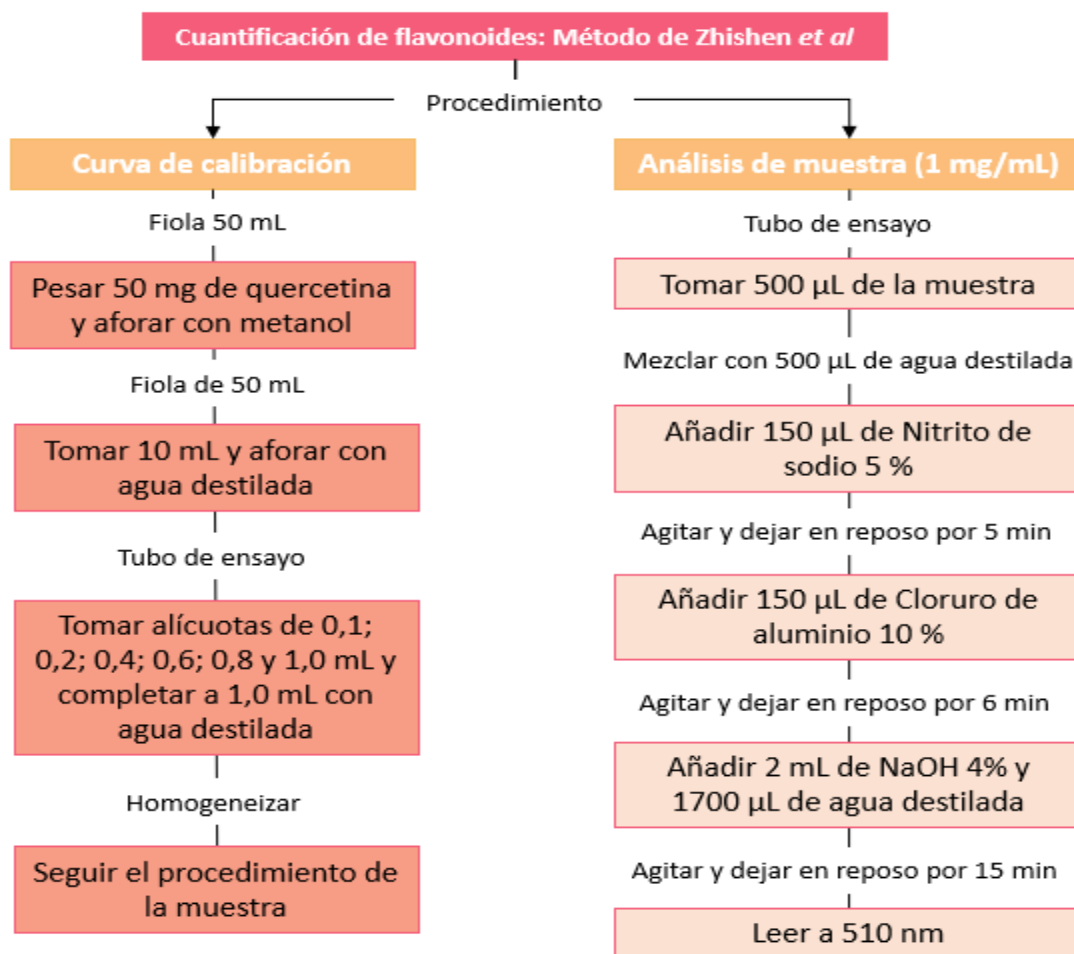
## Anexo 8

Curva de calibración del ácido gálico.



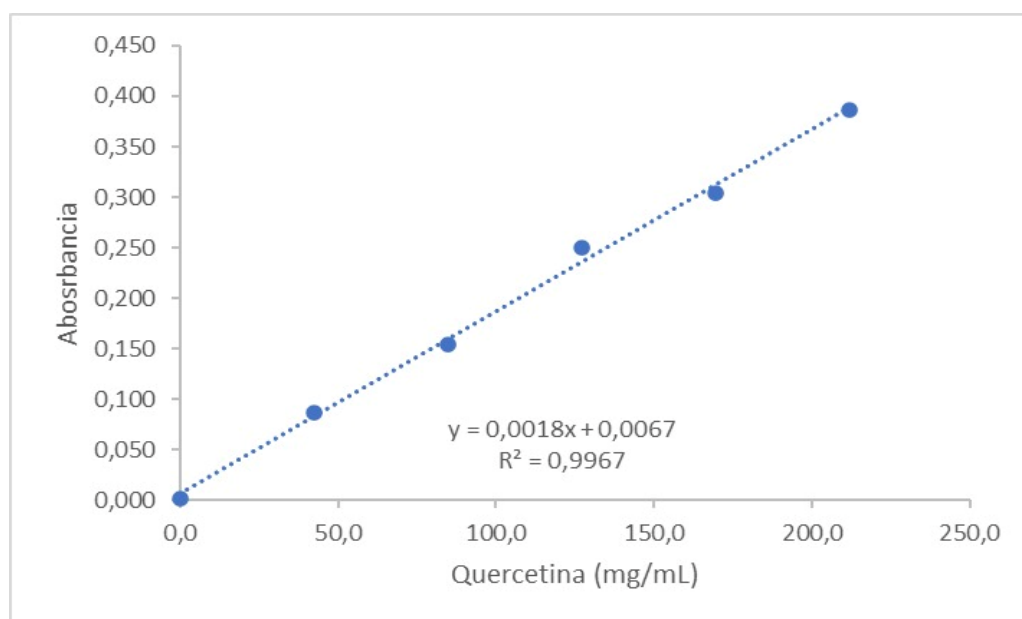
## Anexo 9

Flujograma para la cuantificación de flavonoides [84].



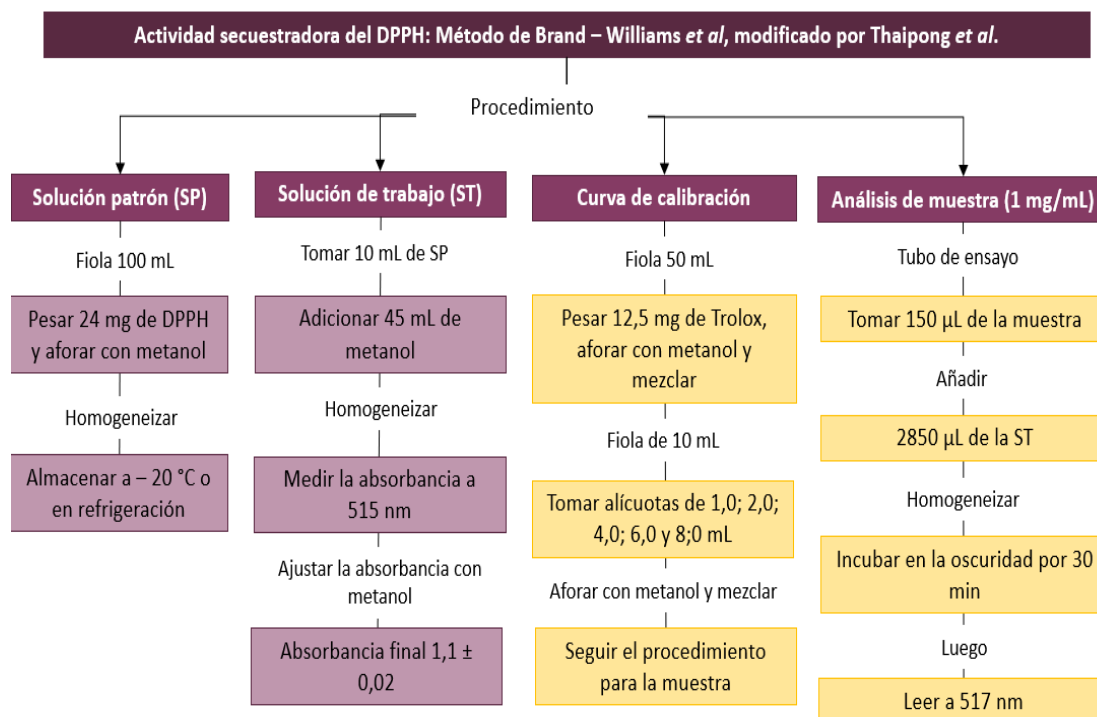
## Anexo 10

Curva de calibración de la quercetina.



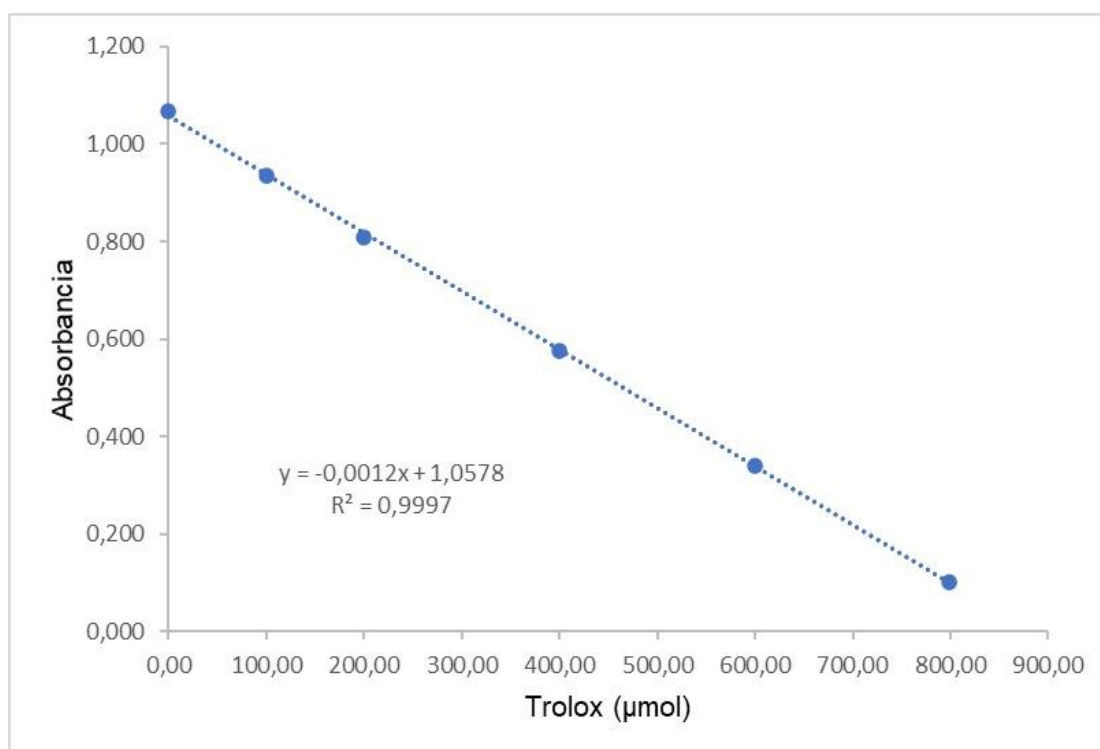
## Anexo 11

Flujograma para la determinación de la actividad secuestradora del DPPH [83].



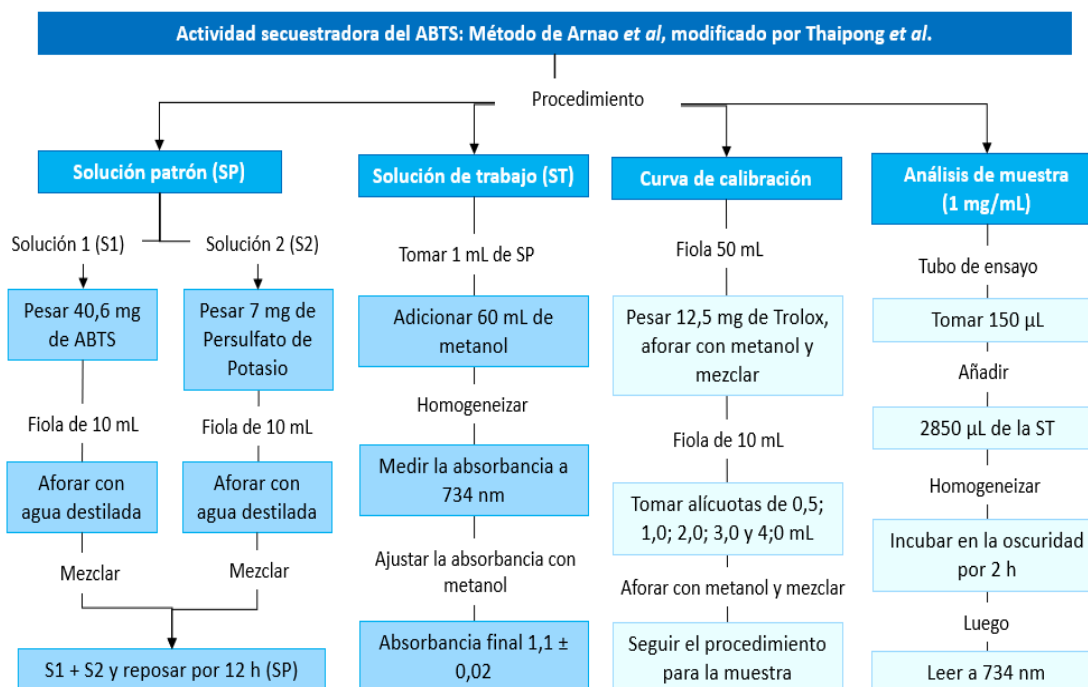
## Anexo 12

Curva de calibración de Trolox para la determinación de la actividad secuestradora del radical libre DPPH.



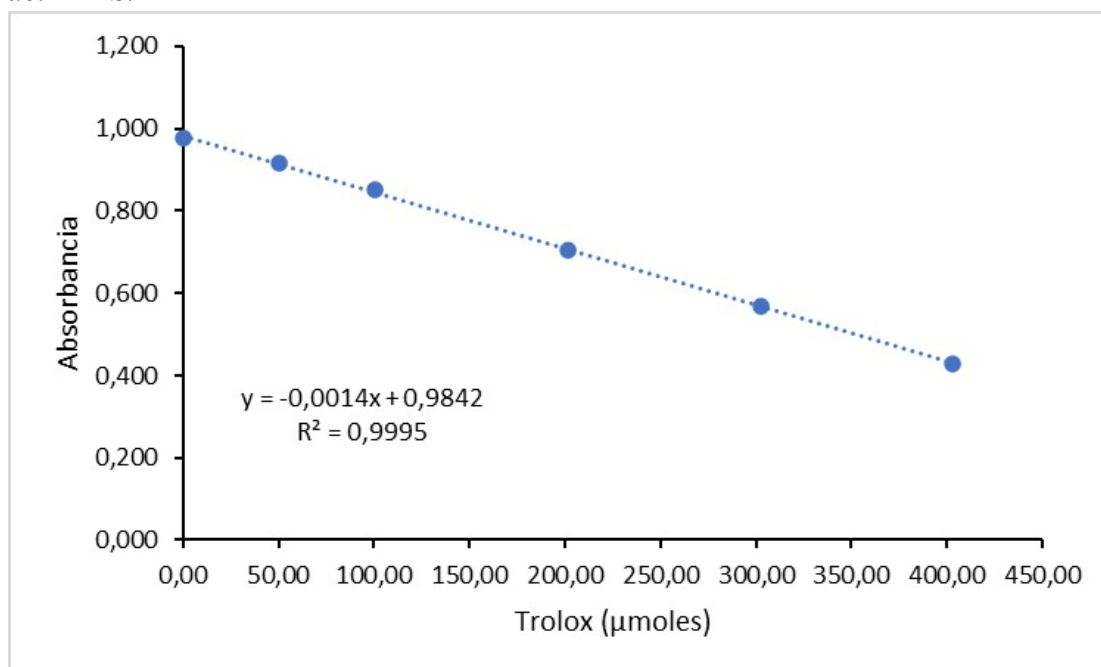
## Anexo 13

Flujograma para la determinación de la actividad secuestradora del ABTS [83].



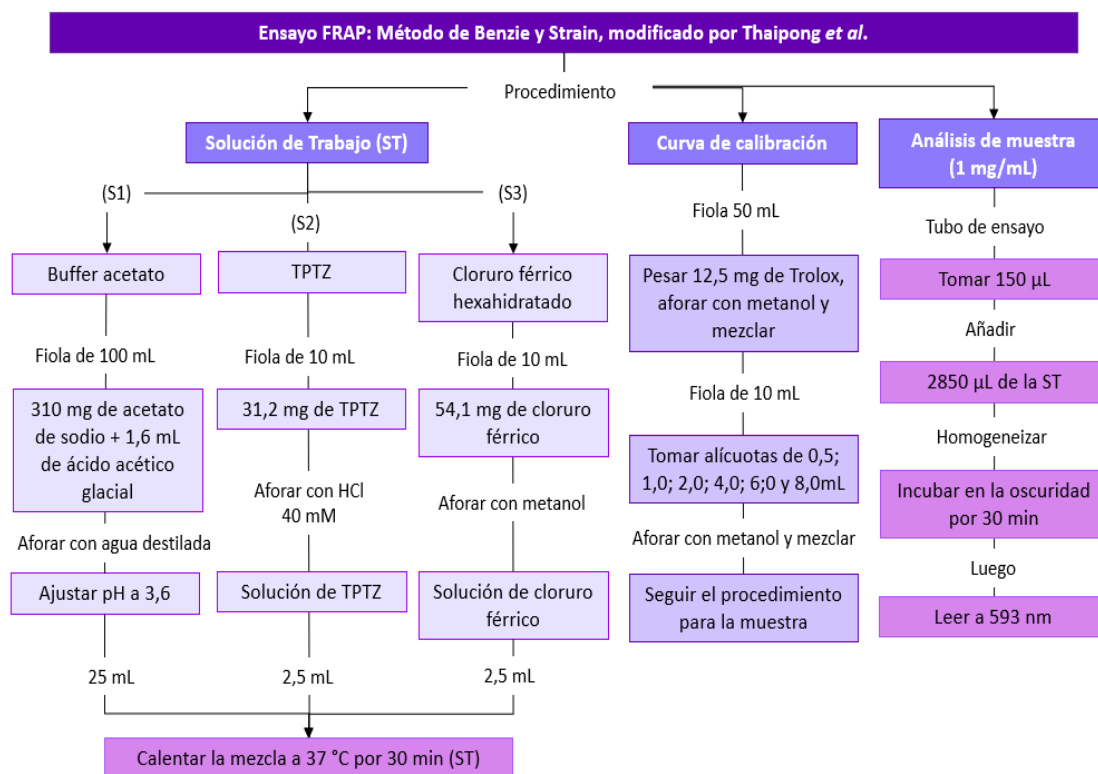
## Anexo 14

Curva de calibración del Trolox para la determinación de la actividad secuestradora del ABTS.



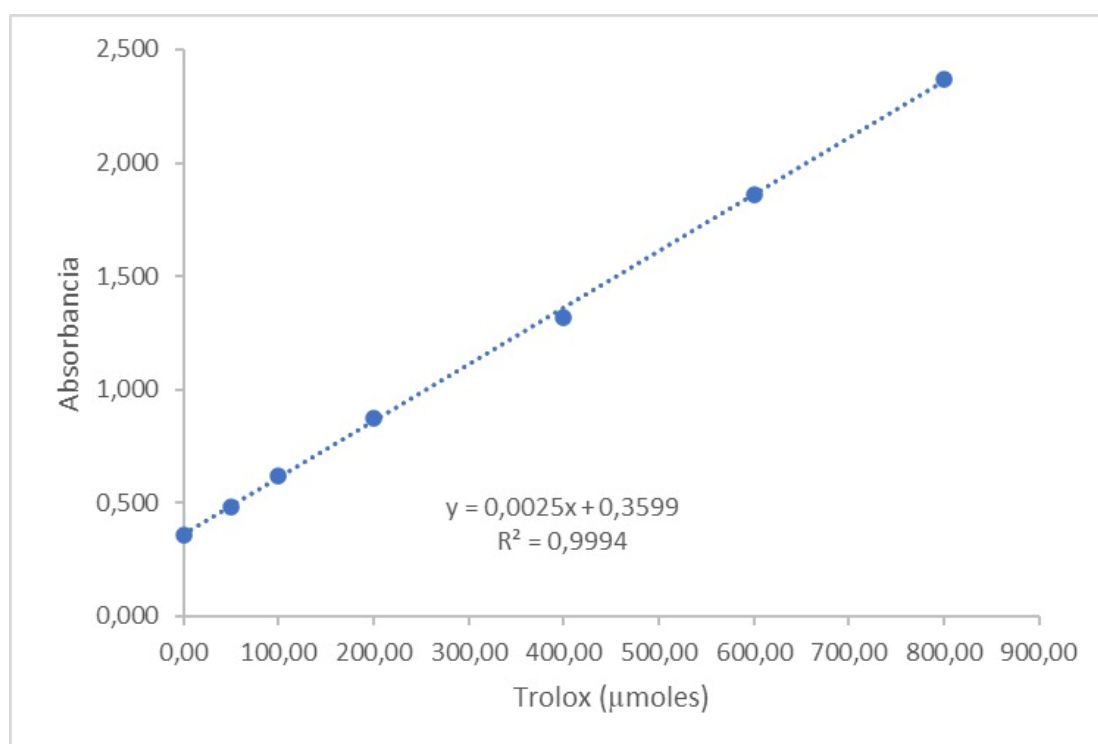
## Anexo 15

Flujograma para el ensayo FRAP [83].



## Anexo 16

Curva de calibración del Trolox para la determinación del potencial reductor antioxidante del hierro (FRAP).



### Anexo 17

*ANOVA del contenido de fenoles totales en cada parte del fruto.*

<b>Fenoles totales (mg GAE/g de extracto)</b>					
	SC	GL	MC	F	Sig.
Entre grupos	20538,66	2	10269,33	4997,84	0,00
Dentro de grupos	104,79	51	2,05		
Total	20643,46	53			

*Nota.* SC: suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC = media cuadrática.

### Anexo 18

*Prueba de Scheffé del contenido de fenoles totales en cada parte del fruto.*

Fenoles totales (mg GAE/g de extracto)

Scheffé<sup>a</sup>

Parte del fruto	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		a	b	c
Cáscara	18	41,63		
Pulpa	18		73,32	
Zumo	18			88,43
Sig.		1,00	1,00	1,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,00.

### Anexo 19

*ANOVA del contenido de flavonoides en cada parte del fruto.*

<b>Flavonoides (mg QE/g de extracto)</b>					
	SC	GL	MC	F	Sig.
Entre grupos	181,40	2	90,70	4010,11	0,00
Dentro de grupos	1,15	51	0,02		
Total	182,56	53			

*Nota.* SC: suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC = media cuadrática.

## Anexo 20

*Prueba de Scheffé del contenido de flavonoides en cada parte del fruto.*

Flavonoides (mg QE/g de extracto)

Scheffe<sup>a</sup>

Parte del fruto	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		a	b	c
Zumo	18	2,35		
Pulpa	18		2,56	
Cáscara	18			6,34
Sig.		1,00	1,00	1,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,00.

## Anexo 21

*ANOVA de la actividad secuestradora del DPPH de cada parte del fruto.*

Actividad secuestradora del DPPH ( $\mu\text{M ET/g de extracto}$ )					
	SC	GL	MC	F	Sig.
Entre grupos	218195,69	2	109097,84	2544,49	0,00
Dentro de grupos	2186,68	51	42,88		
Total	220382,37	53			

*Nota.* SC: suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC = media cuadrática.

## Anexo 22

*Prueba de Scheffé de la actividad secuestradora del DPPH de cada parte del fruto.*

Actividad secuestradora del DPPH ( $\mu\text{M ET/g de extracto}$ )

Scheffe<sup>a</sup>

Parte del fruto	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		a	b	c
Cáscara	18	105,46		
Pulpa	18		219,22	
Zumo	18			254,41
Sig.		1,00	1,00	1,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,00.

### Anexo 23

*ANOVA de la actividad secuestradora del ABTS de cada parte del fruto.*

<b>Actividad secuestradora del ABTS (<math>\mu\text{M ET/g}</math> de extracto)</b>					
	SC	GL	MC	F	Sig.
Entre grupos	246093,28	2	123046,64	6727,95	0,00
Dentro de grupos	932,73	51	18,29		
Total	247026,01	53			

*Nota.* SC: suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC = media cuadrática.

### Anexo 24

*Prueba de Scheffé de la actividad secuestradora del ABTS de cada parte del fruto.*

Actividad secuestradora del ABTS ( $\mu\text{M ET/g}$  de extracto)

Scheffe<sup>a</sup>

Parte del fruto	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		a	b	c
Cáscara	18	170,98		
Pulpa	18		215,43	
Zumo	18			331,14
Sig.		1,00	1,00	1,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,00.

### Anexo 25

*ANOVA del poder antioxidante reductor del hierro de cada parte del fruto.*

<b>Poder antioxidante reductor del hierro (<math>\mu\text{M ET/g}</math> de extracto)</b>					
	SC	GL	MC	F	Sig.
Entre grupos	126936,09	2	63468,04	3607,19	0,00
Dentro de grupos	897,34	51	17,59		
Total	127833,42	53			

*Nota.* SC: suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC = media cuadrática.

## Anexo 26

*Prueba de Scheffé del poder antioxidante reductor del hierro de cada parte del fruto.*

Poder antioxidante reductor del hierro ( $\mu\text{M ET/g}$  de extracto)

Scheffe<sup>a</sup>

Parte del fruto	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		a	b	c
Cáscara	18	103,76		
Pulpa	18		150,54	
Zumo	18			221,68
Sig.		1,00	1,00	1,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,00.

## Anexo 27

*ANOVA de la actividad secuestradora del DPPH (%) de cada parte del fruto.*

	Actividad secuestradora del DPPH (%)				
	SC	GL	MC	F	Sig.
Entre grupos	1551,62	2	775,81	2554,56	0,00
Dentro de grupos	15,49	51	0,30		
Total	1567,11	53			

Nota. SC: suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC = media cuadrática.

## Anexo 28

*Prueba de Scheffé de la actividad secuestradora del DPPH (%) de cada parte del fruto.*

Actividad secuestradora del DPPH (%)

Scheffe<sup>a</sup>

Parte del fruto	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		a	b	c
Cáscara	18	9,79		
Pulpa	18		19,38	
Zumo	18			22,35
Sig.		1,00	1,00	1,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,000.

## Anexo 29

*ANOVA de la actividad secuestradora del ABTS (%) de cada parte del fruto.*

Actividad secuestradora del ABTS (%)					
	SC	GL	MC	F	Sig.
Entre grupos	2490,62	2,00	1245,31	6714,71	0,00
Dentro de grupos	9,46	51	0,19		
Total	2500,08	53			

*Nota.* SC: suma de cuadrados, GL= grados de libertad, MC = media cuadrática.

## Anexo 30

*Prueba de Scheffé de la actividad secuestradora del ABTS (%) de cada parte del fruto.*

Actividad secuestradora del ABTS (%)

Scheffe<sup>a</sup>

Parte del fruto	N	Subconjunto para $\alpha = 0,05$		
		a	b	c
Cáscara	18	22,90		
Pulpa	18		27,37	
Zumo	18			39,01
Sig.		1,00	1,00	1,00

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 18,00.

## Anexo 31

*Matriz de definición y operacionalización de variables.*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Parte del fruto	Diferentes partes del fruto ( <i>Morinda citrifolia</i> L), las cuales son la cáscara, pulpa y zumo	Se trabajará con extractos liofilizados de cáscara, pulpa y zumo obtenidos mediante un proceso estandarizado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido de fenoles totales</li> <li>Contenido de flavonoides</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>mg GAE/g de extracto</li> <li>mg QE/g de extracto</li> </ul>	Categoría nominal (cáscara, pulpa y fruto)
Actividad antioxidante	Capacidad de los extractos de neutralizar radicales libres y prevenir la oxidación celular	Se medirá mediante ensayos como DPPH, ABTS y FRAP. Los resultados serán expresados en términos de actividad antioxidante equivalente a Trolox.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Captación de radical libre DPPH</li> <li>Captación de radical libre ABTS</li> <li>Capacidad reductora de hierro (FRAP)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\mu\text{M}</math> ET /g de extracto</li> <li><math>\mu\text{M}</math> ET /g de extracto</li> <li><math>\mu\text{M}</math> ET/g de extracto</li> </ul>	Cuantitativa continua ( $\mu\text{M}$ ET/g)

*Nota.* Elaboración propia.

## Anexo 32

### Matriz de consistencia

Título: Actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”. Ayacucho, 2024.

Autor: Jessica Pamela, MEDINA ROJAS.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p><b>Problema general</b></p> <p>¿Cuál es la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”?</p>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Determinar la actividad antioxidante entre los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”.</p>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p><b>H1:</b> Existe una diferencia significativa en la actividad antioxidante entre los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”.</p>	<p><b>Variable 1</b></p> <p>Los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo de <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”.</p> <p>Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Contenido de fenoles totales (mg GAE/g de extracto)</li> <li>Contenido de flavonoides (mg QE/g de extracto)</li> </ul>	<p><b>Alcance de investigación</b></p> <p>Es una investigación de tipo correlacional.</p> <p><b>Diseño de investigación</b></p> <p>Comparativo y transversal.</p> <p><b>Población</b></p> <p>Constituida por los frutos de <i>Morinda citrifolia</i> L. obtenidas de la zona de producción del distrito de Samugari, provincia La Mar, región Ayacucho.</p> <p><b>Muestra</b></p> <p>10 frutos de <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”. Se realizó tres réplicas de cada extracto liofilizado (cáscara, pulpa y zumo).</p> <p><b>Muestreo</b></p> <p>El tipo de muestreo fue por conveniencia (muestreo no probabilístico).</p> <p><b>Técnica e instrumentos de recolección de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Selección y recolección de las muestras</li> <li>Preparación de la muestra</li> <li>Obtención de las muestras liofilizadas</li> <li>Determinación del rendimiento de liofilización</li> <li>Preparación de los extractos metanólicos</li> <li>Determinación del contenido de fenoles totales</li> <li>Determinación del contenido de flavonoides</li> <li>Ensayos antioxidantes <i>in vitro</i> (DPPH, ABTS y FRAP).</li> </ul> <p><b>Análisis de datos</b></p> <p>Los resultados fueron procesados mediante el análisis de varianza (ANOVA) considerando una significancia estadística de <math>p &lt; 0,05</math> y un intervalo de confianza que fue evaluada al 95%, para ello se utilizará el software SPSS.</p>
<p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuánto será la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. “noni”?</li> <li>¿Cuál será la concentración de los compuestos fenólicos totales en los extractos liofilizados de las diferentes partes del fruto (cáscara, pulpa y zumo)?</li> <li>¿Existen diferencias significativas en la concentración de compuestos antioxidantes (polifenoles y flavonoides) entre los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Comparar la concentración de compuestos fenólicos totales en los extractos liofilizados de las diferentes partes del fruto (cáscara, pulpa y zumo).</li> <li>Cuantificar la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L. utilizando métodos estandarizados (DPPH, ABTS, FRAP).</li> <li>Determinar la correlación entre la concentración de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante en los extractos liofilizados de cada parte del fruto.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>H1.1:</b> El extracto liofilizado de la cáscara de <i>Morinda citrifolia</i> L. tiene una mayor actividad antioxidante que los extractos liofilizados de la pulpa y el zumo.</li> <li><b>H1.2:</b> Existe una correlación positiva entre la concentración de compuestos fenólicos totales y la actividad antioxidante de los extractos liofilizados de las diferentes partes del fruto de <i>Morinda citrifolia</i> L.</li> <li><b>H1.3:</b> El extracto liofilizado de la pulpa de <i>Morinda citrifolia</i> L. presenta una menor actividad antioxidante en comparación con los extractos liofilizados de la cáscara y el zumo.</li> </ul>	<p><b>Variable 2</b></p> <p>Actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo. Indicadores</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Captación de radical libre DPPH (<math>\mu\text{M ET/g}</math> de extracto)</li> <li>Captación de radical libre ABTS (<math>\mu\text{M ET/g}</math> de extracto)</li> <li>Capacidad reductora de hierro (FRAP) (<math>\mu\text{M ET/g}</math> de extracto)</li> </ul>	

Nota. Elaboración propia

## ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

### RESOLUCIÓN DECANAL N° 513-2025-UNSCH-FCSA-D

**BACHILLER:** JESSICA PAMELA MEDINA ROJAS

En la ciudad de Ayacucho, siendo las once de la mañana del día once del mes de julio del año dos mil veinticinco, se reunieron en el aula J-201 los docentes miembros del jurado evaluador, para el acto de sustentación de trabajo de tesis titulado: **Actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. "noni". Ayacucho 2024.**, presentado por la bachiller JESSICA PAMELA MEDINA ROJAS para optar el título profesional de Químico Farmacéutico.

En tal sentido, el jurado evaluador queda conformado por:

Presidente : Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo

Miembros : Prof. Kirianova Godoy Bautista

: Prof. Roxana León Arones

Asesor : Prof. Enrique Javier Aguilar Felices

Secretario Docente : Prof. Danny Roosvell Cordova De la Cruz

Con el quórum reglamentario, se dio inicio la sustentación de tesis. Como acto inicial, la presidente de la comisión solicita al secretario docente verificar la conformidad del expediente presentado por la sustentante y dar lectura a la resolución. La secretaria indica que los documentos presentados por la recurrente no tienen observaciones, por lo que procede a leer la resolución decanal y proporciona algunas indicaciones a la sustentante.

A continuación, se da inicio a la exposición de la Bachiller: JESSICA PAMELA MEDINA ROJAS. Una vez concluida, el presidente de la comisión solicita a los miembros del jurado evaluador realizar sus respectivas preguntas. Seguidamente se da pase al asesor de tesis, para que pueda aclarar algunas preguntas, interrogantes, aclaraciones.

El presidente invita al sustentante abandonar el auditorium para que pueda proceder con la calificación.

## RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINAL

Bachiller: JESSICA PAMELA MEDINA ROJAS

JURADOS	Texto	Exposición	Preguntas	P. Final
Prof. Johnny Aldo Tinco Jayo	18	19	18	18
Prof. Kirianova Godoy Bautista	17	17	16	17
Prof. Roxana León Arones	18	18	18	18
<b>PROMEDIO FINAL</b>				<b>18</b>

De la evaluación realizada por los miembros del jurado calificador, llegaron al siguiente resultado: Aprobar a la Bachiller JESSICA PAMELA MEDINA ROJAS; quien obtuvo la nota final de dieciocho (18) para la cual los miembros del jurado evaluador firman al pie del presente, siendo la 1:00 de la tarde, se da por concluido el presente acto académico.



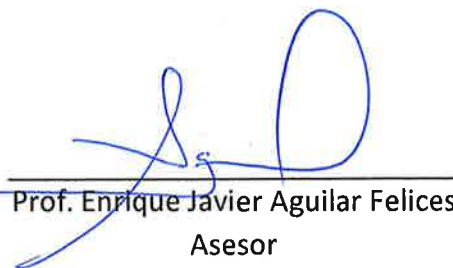
Prof. Kirianova Godoy Bautista  
Jurado



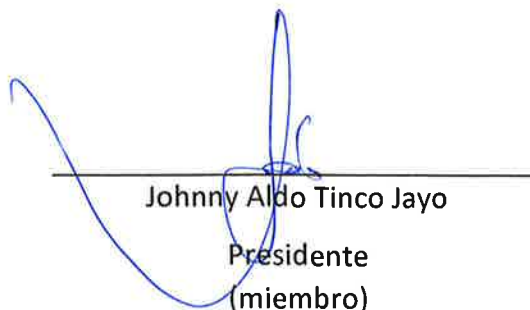
Prof. Roxana León Arones  
Jurado



Prof. Danny Roosevelt Córdova De La Cruz  
Secretario docente



Prof. Enrique Javier Aguilar Felices  
Asesor



Johnny Aldo Tinco Jayo  
Presidente  
(miembro)

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

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

**CONSTANCIA**

**DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN**

A Jessica Pamela MEDINA ROJAS, Bachiller de la Escuela Profesional de Farmacia y Bioquímica de la Facultad de Ciencias de la Salud, en mérito a que la tesis titulada: Actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. "noni", Ayacucho 2024.; ha alcanzado un índice de similitud de 16% (dieciseis); cumpliendo satisfactoriamente lo establecido en el Art. 13 del Reglamento de Originalidad de Trabajos de investigación de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mediante el uso del SOFTWARE TURNITIN.

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

Ayacucho, 30 de junio de 2025.



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



Marco R. Aronés Jara  
DIRECTOR

# Actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de *Morinda citrifolia* L. “noni”, Ayacucho 2024.

*por* Jessica Pamela MEDINA ROJAS

---

**Fecha de entrega:** 30-jun-2025 05:54a.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2708329204

**Nombre del archivo:** RME\_DE\_TESIS\_-\_MEDINA\_ROJAS\_JESSICA\_PAMELA\_2025\_CORREGIDO\_1.pdf (2.44M)

**Total de palabras:** 20311

**Total de caracteres:** 106196

# Actividad antioxidante de los extractos liofilizados de la cáscara, pulpa y zumo del fruto de Morinda citrifolia L. "noni", Ayacucho 2024.

## INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

7%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	5%
2	<a href="http://cybertesis.unmsm.edu.pe">cybertesis.unmsm.edu.pe</a> Fuente de Internet	3%
3	<a href="http://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="http://repositorio.uncp.edu.pe">repositorio.uncp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
5	Xiaoze Liu, Xue Lin, Xiaoping Hu, Congfa Li, Tao Fei, Lu Wang. "Noni (Morinda citrifolia) fruit and by-products: A comprehensive review of its chemical compositions, health-promoting effects, safety assessment and industrial applications", Trends in Food Science & Technology, 2024 Publicación	1%

6	<a href="http://repositorio.uchile.cl">repositorio.uchile.cl</a> Fuente de Internet	1 %
7	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	1 %
8	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
9	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://repositorio.unid.edu.pe">repositorio.unid.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
11	Submitted to Universidad Nacional Mayor de San Marcos Trabajo del estudiante	<1 %
12	<a href="http://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.upct.es">repositorio.upct.es</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Instituto Madrilen0 de Formacion Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://repositorio.unfv.edu.pe:8080">repositorio.unfv.edu.pe:8080</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.ikiam.edu.ec">repositorio.ikiam.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %

17

revistas.sqperu.org.pe

Fuente de Internet

<1 %

18

Submitted to Ohio Christian University

Trabajo del estudiante

<1 %

19

repositorioubasib.uba.ar

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo