

Caracterización fitoquímica y actividad antioxidante de extractos de diferentes partes de *Moringa oleifera*

Phytochemical Characterization and Antioxidant Activity of Extracts from Different Parts of Moringa oleifera

Yanelys Hill-Esquivel^I, Lirialis García-Mesa^{I*}, Ernesto Almora-Hernández^{II},
 Vivian Lago-Abascal^{II}, Liz Bárbara Pereira-Cuní^{III} and Efraín Rodríguez-Jiménez^{II}

^ICentro de Investigaciones Pesqueras (CIP), Departamento Sanidad Acuícola, Municipio Playa, La Habana, Cuba.

^{II}Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB),

Departamento Sanidad Acuícola, Municipio Playa, La Habana, Cuba.

^{III}Instituto de Ciencias del Mar, Departamento de Química, Departamento de Química, Municipio Plaza, La Habana, Cuba.

*Autora para correspondencia: Lirialis García-Mesa, e-mail: lirialisgarciamesa@gmail.com

RESUMEN: Los beneficios multifacéticos de *Moringa oleifera* la posicionan no solo como un producto agrícola prometedor sino también como un recurso versátil con implicaciones para la salud, la biodiversidad y el crecimiento económico. Moringa tiene una rica historia de uso tradicional para el tratamiento de diversas dolencias y nutrición. Más allá de sus usos tradicionales, las propiedades antioxidantes de la planta sugieren aplicaciones potenciales para combatir las condiciones relacionadas con el estrés oxidativo. Por este motivo, el objetivo del presente trabajo fue obtener y caracterizar extractos hidroalcohólicos de diferentes partes de la planta (apical, hojuelas, cáscara y torta de semillas). Se prepararon extractos hidroalcohólicos al 30 y 70% de etanol, a una proporción 1/10 y 1/30 p/v, a partir de las diferentes partes de la planta. Se determinó la concentración de sólidos extraíbles totales, polifenoles, flavonoides y actividad antioxidante mediante 1,1-difenilpicrilhidracina. De acuerdo al análisis fitoquímico, todos los extractos presentaron niveles aceptables de los metabolitos estudiados. El extracto hidroalcohólico 70% de la parte apical de *Moringa oleifera* presentó el mayor contenido fenólico total ($512,48 \pm 1,08$ mg EAG/g MS), así como de flavonoides ($56,86 \pm 0,77$ mg EQ/g MS). En consecuencia, el extracto hidroalcohólico 30% de cáscara de semillas exhibió la mayor actividad antioxidante ($74,05 \pm 0,14\%$). Este hallazgo es fundamental para la utilización de *Moringa oleifera* como fuente potente de antioxidantes que pudiera ser utilizada como agente antimicrobiano.

Palabras clave: fitoquímica, contenido fenólico, flavonoides, beneficios multifacéticos.

ABSTRACT: The multifaceted benefits of *Moringa oleifera* position it not only as a promising agricultural product but also as a versatile resource with implications for health, biodiversity and economic growth. Moringa has a rich history of traditional use for the treatment of various ailments and nutrition. Beyond its traditional uses, the plant's antioxidant properties suggest potential applications to combat conditions related to oxidative stress. For this reason, the objective of this work was to obtain and characterize hydroalcoholic extracts from different parts of the plant (apical, flakes, peel and seed cake). Hydroalcoholic extracts at 30 and 70% ethanol were prepared at a proportion of 1/10 and 1/30 w/v from the different parts of the plant. The concentration of total extractable solids, polyphenols, flavonoids and antioxidant activity was determined using 1,1-diphenylpicrylhydrazine. According to the phytochemical analysis, all extracts presented acceptable levels of the studied metabolites. The hydroalcoholic extract 70% of the apical part of *Moringa oleifera* presented the highest total phenolic content ($512,48 \pm 1,08$ mg EAG/g DM), as well as flavonoids ($56,86 \pm 0,77$ mg EQ/g DM). Consequently, the hydroalcoholic extract 30% of seed husk exhibited the highest antioxidant activity ($74,05 \pm 0,14\%$). This finding is fundamental for the use of *Moringa oleifera* as a potent source of antioxidants that could be used as an antimicrobial agent.

Keywords: Phytochemistry, Phenolic Content, Flavonoid, Multifaceted Benefits.

INTRODUCCIÓN

A través de la historia el hombre viene haciendo uso de las plantas medicinales, muchas veces por ser el recurso natural que más tenía a su disposición, para tratar sus distintas dolencias, hasta el punto de ir convirtiéndola en medicina tradicional. Aunque en sus inicios estuvo enfocado en curar al hombre, también se vienen empleando en la prevención y tratamiento de enfermedades en algunas

especies domésticas como bovinos, cerdos, aves y peces. En nuestro país, en la década de los 40, el botánico cubano Dr. Juan Tomás Roig, identificó 595 especies herbario, que eran empleadas por la población para diferentes usos curativos. Sin embargo, son pocos los investigadores que han utilizado estas plantas en las especies acuícolas en terapia natural que permita también llevar un tratamiento alternativo (Prieto et al., 2005).

Recibido: 20/10/2024

Aceptado: 05/03/2025

Los autores de este trabajo declaran no presentar conflicto de intereses.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: **Conceptualization:** Yanelys Hill Esquivel, Lirialis García Mesa. **Data curation:** Lirialis García Mesa, Ernesto Almora Hernández, Vivian Lago Abascal, Liz Bárbara Pereira. **Funding acquisition:** Lirialis García Mesa. **Investigation:** Yanelys Hill Esquivel Lirialis García Mesa, Ernesto Almora Hernández, Vivian Lago Abascal, Efraín Rodríguez Jiménez, Liz Bárbara Pereira.

Methodology: Yanelys Hill Esquivel, Ernesto Almora Hernández, Vivian Lago Abascal, Efraín Rodríguez Jiménez. **Project administration, Resources, Software:** Yanelys Hill Esquivel, Ernesto Almora Hernández. **Supervision:** Lirialis García Mesa, Efraín Rodríguez Jiménez. **Validation, Visualization, Writing - original draft:** Lirialis García Mesa, Ernesto Almora Hernández, Liz Bárbara Pereira. **Writing - review & editing:** Efraín Rodríguez Jiménez.



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



Existen algunas investigaciones nutricionales en crecimiento de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en base a una dieta de moringa como proteína vegetal de reemplazo. En estos ensayos se determinó que es recomendable su inclusión hasta en un 10% para no afectar el balance nutricional en la dieta (Ritcher et al., 2003). Otro estudio demuestra que Moringa presenta una elevada proporción proteica, cantidad de aminoácidos y ácidos grasos, de gran relevancia en el desarrollo de moluscos, que podría ser usada como fitonutriente en dietas para cultivos de moluscos y otros organismos bioacuáticos (Estay et al., 2021).

Moringa oleifera Lam. 1783, es un árbol de talla media perteneciente al Reino: Plantae, División: Magnoliophyta, Subclase: Rosidae, Orden: Brassicales, Familia: Moringaceae, Género: *Moringa* (Aaser et al., 2024). *Moringa oleifera* presenta una fuente importante de fitoquímicos naturales que manifiesta un creciente interés internacional, tanto en el ámbito de la alimentación, como en el de la medicina y la cosmética (Kumar et al., 2019). Además, posee aproximadamente 46 compuestos antioxidantes, es una de las fuentes naturales más poderosas de éstos y suministra los átomos libres necesarios para ayudar en el cuerpo humano a neutralizar el efecto de los radicales libres (Umar et al., 2018).

En Cuba, hace algunos años se han comenzado a investigar las potencialidades de esta planta en diversos fines biológicos, por sus cualidades nutricionales y composición química. Su cultivo se encuentra distribuido a lo largo del territorio nacional y es reconocida por los habitantes por las propiedades nutritivas y medicinales que ofrece. Una de las características distintivas de la planta es que acumulan altos contenidos de metabolitos secundarios con aplicaciones biológicas demostradas (Lago et al., 2021).

Todas las partes de la planta Moringa presentan principios bioactivos de importancia alimenticia y medicinal (Kurniawan, 2021). Estas se pueden utilizar frescas, secas o pulverizadas como fuente alimenticia, principalmente para combatir la malnutrición infantil, así como con propósitos medicinales e industriales. La mayoría de estos estudios están enfocados a la salud humana, sin embargo, poco se ha evaluado referente a sus potencialidades como antimicrobianos en acuicultura, aunque existen estudios que refieren su actividad como potenciadora del sistema inmune en peces en cultivo (Estay et al., 2021).

En los últimos años se han desarrollado ensayos espectrofotométricos para medir la capacidad antioxidante de muestras biológicas, alimentos y extractos vegetales. Generalmente los ensayos antioxidantes in vitro utilizan un captador de radicales libres y son relativamente sencillos de realizar. Entre los ensayos de captación de radicales libres, el método DPPH (siglas en inglés del radical 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo) es el más rápido, no incluye muchos pasos, aporta resultados confiables y es de menor costo en comparación con otros modelos (Bofiel, 2018).

La acuicultura es un sistema controlado que utiliza la harina de pescado como fuente principal proteica para alimentar los peces de cultivo, y balancear los aminoácidos y ácidos grasos esenciales necesarios para su desarrollo. La proteína es el principal nutriente de los alimentos acuáticos y un factor clave para determinar el costo de la acuicultura (Marval et al., 2007).

Al considerar la importancia de contrarrestar la sobrepesca y los altos costos de producción de harina de pescado, diversos autores proponen utilizar subproductos e ingredientes vegetales para complementar la alimentación en sistemas de cultivo (Alburqueque & Minuche, 2021; Barragán et al., 2017). En este sentido las plantas proteicas como *Moringa oleifera* juegan un rol primordial como fuentes potenciales alternativas de proteínas. Bbole et al. (2016) demostraron que la adición de Moringa a las dietas para peces resultó extremadamente beneficiosa ya que provoca incrementos en la cantidad de glóbulos blancos lo que eventualmente mejora la capacidad del organismo para combatir infecciones y enfermedades.

Por lo anterior, en esta investigación se caracterizó extractos hidroalcohólicos de diferentes partes de *Moringa oleifera* (apical, hojuelas, cáscara y torta de semillas) cultivada en Cuba, como posible producto natural para el manejo de la salud de especies de interés acuáticas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Material vegetal

El material vegetal que se utilizó (parte apical y hojas secas) de *Moringa oleifera* Lam. correspondió al ecotipo Criolla, cosechada en el mes de junio del año 2022 en la Unidad Productiva Finca “Futuro Lechero”, municipio Playa, perteneciente al Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales, con ubicación geográfica 23° 04' 20" N y 82° 29' 20" E. Las semillas de este ecotipo se encuentran conservadas en el Banco Nacional de Germoplasmas de la Unidad Básica Productiva “El Pitirre”, Los Palacios, Pinar del Río, perteneciente también al Centro de Investigaciones en Plantas Proteicas y Productos Bionaturales. Las partes de las semillas de *Moringa oleifera* Lam. evaluadas (cáscara de semilla y torta de semilla), correspondieron a semillas procedentes de la India en 2016, adquiridas para la producción de aceite en instalaciones del CIPB.

Obtención y caracterización cualitativa del extracto hidroalcohólico

A partir de cada parte de la planta de Moringa se prepararon los extractos hidroalcohólicos al 30 y al 70% (v/v) de etanol. Las muestras se molinaron a un tamiz de 2 mm para realizar la extracción por el método de maceración a una proporción de 1/10 y 1/30 (p/v) durante seis días a temperatura entre 25 y 28 °C (Miranda & Cuellar, 2012). Los extractos se filtraron por papel de filtro Whatman Nº 1 y se concentraron diez veces al vacío en un rotovapilador Buchi modelo R-205,

a temperatura menor de 50 °C. Los extractos se dispensaron en bulbos previamente identificados, a razón de 2 mL y se conservaron a temperatura -20 °C.

Determinación de sólidos extraíbles totales

Para esto se tomó cápsulas decerámicas vacías y se colocaron en una estufa (Binder, modelo ED-240), a 105 °C durante una hora. Luego se ubicaron en una desecadora hasta su enfriamiento a temperatura ambiente. Seguidamente se pesaron en una balanza analítica (Kern, modelo 770), se añadió a cada cápsula 1 mL de los extractos y se pesaron nuevamente. Posteriormente se colocaron en baño de María (Ovan, modelo B112-DE), a temperatura 98 °C y se evaporó las muestras hasta casi sequedad. Luego las muestras evaporadas se llevaron a una estufa a 105 °C, durante 1h. Pasado el tiempo, se enfrió en la desecadora para su pesada final. La determinación se realizó por triplicado para cada extracto. Se calculó los sólidos extraíbles totales (SET) de la siguiente manera:

$$SET = \left(\frac{S - V}{LL - V} \right) * 100 \quad (1)$$

donde:

S: masa de la cápsula con la muestra de ensayo desecada (g);

V: masa de la cápsula vacía (g);

LL: masa de la cápsula con la muestra líquida (g).

Determinación del contenido de polifenoles totales

Se realizó por el método de Folin-Ciocalteu en medio básico (Farmacopea Británica 2014). La curva patrón donde se utilizó el ácido gálico (Merck) se preparó a una concentración de 0,5 mg/mL, a partir de la cual se realizaron diluciones para obtener concentraciones de 0,005 mg/mL y 0,050 mg/mL. Se tomaron 96 µL de cada concentración de los extractos, se mezclaron con 480 µL de agua destilada, 48 µL del reactivo ácido fosfomolibídico-fosfotungstico (Folin-Ciocalteu) y 576 µL de Na₂CO₃ 29% (p/v). Se utilizó como blanco agua destilada. La mezcla se incubó a temperatura ambiente, durante 30 minutos, protegida de la luz y se midió la absorbancia a 760 nm en espectrofotómetro (Shimadzu, modelo UV160-A). Los ensayos se realizaron por triplicado. El resultado se expresó como miligramos equivalentes de ácido gálico por gramos de extracto seco (mg EAG/g MS).

Determinación del contenido de flavonoides totales

Se determinó por el método colorimétrico del cloruro de aluminio (Woisky & Salatino, 1998). Se empleó como patrón de referencia la quercitina, a razón de 10 mg disueltos en etanol 80% (v/v) para preparar concentraciones de 0,025 mg/mL y 0,100 mg/mL. Se tomó 0,5 mL de cada muestra y se trató con 1,5 mL de etanol 95% (v/v), 0,1 mL de cloruro de aluminio (10% p/v), 0,1 mL de acetato de potasio (1 M) y 2,8 mL de agua destilada. La mezcla se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos y se leyó la absorbancia a 415 nm en espectrofotómetro (Shimadzu,

modelo UV160-A). El contenido de flavonoides totales se expresó como miligramos equivalentes de quercitina por gramo de extracto seco (mg EQ/g MS). El ensayo se realizó por triplicado.

Determinación de la actividad antioxidante mediante el secuestro del DPPH

Se llevó a cabo mediante una modificación del método descrito por Tabart *et al.* (2009). Se prepararon cinco muestras con concentraciones diferentes de cada extracto a evaluar, de éstas se tomó 750 µL y se mezclaron con 1500 µL del reactivo DPPH (0,075 mg/mL). Como blanco se utilizó etanol 95% y como referencia 750 µL de etanol 95% más 1500 µL del reactivo DPPH. La reacción se dejó en la oscuridad durante 30 minutos y posteriormente se leyó la absorbancia de las muestras a una longitud de onda de 517 nm en espectrofotómetro Shimadzu, modelo UV 1201. El porcentaje de inhibición se calculó mediante la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Inhibición DPPH} = \frac{(Abs \text{ Control} - Abs \text{ Muestra})}{Abs \text{ Control}} * 100 \quad (2)$$

donde:

Abs Control: Abs de etanol + DPPH;

Abs Muestra: Abs de extracto + DPPH.

Análisis estadísticos

Se usó el Microsoft Excel 2018 para calcular la media y su desviación estándar (DS) de las mediciones por triplicado (n=3). El procesamiento estadístico de la determinación de Polifenoles, flavonoide y DPPH se realizó mediante el programa SPSS para Windows versión 26.0 (SPSS, Inc., Chicago, IL, USA). Se llevó a cabo un análisis de varianza de clasificación simple a través de ANOVA, para un nivel de significación del 95% y para la comparación de las medias se utilizó el test de Rangos Múltiples de Duncan y Kruskal-Wallis de muestras no pareadas para comparación de los extractos, la significación estadística se consideró para p<0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Sólidos extraíbles totales

Los resultados fitoquímicos de los extractos de las diferentes partes de *Moringa oleifera* se presentan en la Tabla 1. Los resultados obtenidos en el contenido de SET entre las proporciones de las partes de la planta utilizadas y los solventes no se comportaron de la misma manera.

Se pudo observar que los mayores valores se obtuvieron para los extractos de las hojas secas, mientras que los menores para la parte apical de la planta. El contenido de SET en la parte apical con proporción 1/10 se observó que aumentó a medida que se incrementó el etanol en la extracción. Igual mostró el extracto de hojas secas tanto para la proporción 1/10 como para 1/30. Sin embargo, en los casos de los extractos de cáscara y torta de semillas disminuyó la concentración de los SET con el incremento de la concentración del disolvente.

TABLA 1. Resultados fitoquímicos de los extractos de las diferentes partes de *Moringa oleifera*

Extracto de cada parte de la planta	SET		Polifenoles (mg EAG/g MS)	Flavonoides (mg EQ/g MS)
	mg/ml	%		
Apical 1/10 30%	19,5	1,99	137,30	15,94
Apical 1/30 30%	6,7	0,70	377,38	44,57
Apical 1/10 70%	22,1	2,31	111,57	13,00
Apical 1/30 70%	4,4	0,47	512,48	56,86
Hojas Secas 1/10 30%	399,1	23,58	78,40	9,93
Hojas Secas 1/30 30%	154,1	10,09	175,93	26,32
Hojas Secas 1/10 70%	1280,1	53,33	23,51	2,49
Hojas Secas 1/30 70%	1063,5	43,38	29,48	0,70
Cáscara 1/10 30%	64,7	4,10	21,08	3,93
Cáscara 1/30 30%	43,0	2,97	39,43	4,13
Cáscara 1/10 70%	36,1	2,51	25,06	8,11
Cáscara 1/30 70%	22,9	1,37	26,89	32,76
Torta Semilla 1/10 30%	279,0	17,10	25,22	0,99
Torta Semilla 1/30 30%	157,0	10,09	4,64	2,00
Torta Semilla 1/10 70%	213,0	13,50	3,90	8,30
Torta Semilla 1/30 70%	121,0	8,08	4,37	5,71

El contenido de sólidos totales brinda información sobre la cantidad de compuestos no volátiles presentes en un extracto determinado. La determinación de los SET resulta de gran importancia cuando de una planta se pretende extraer la mayor cantidad de metabolitos presentes en la misma. Los extractos obtenidos a partir de hojas de *Moringa* presentaron mayor cantidad de SET, lo que se traduce en una mayor presencia de metabolitos que pudieran presentar actividad antimicrobiana y específicamente ante cepas patógenas a peces.

Las desigualdades de los valores de SET en los extractos de distintas partes de la planta y la utilización del solvente a diferentes concentraciones sustentan de forma cuantitativa que las soluciones de solventes más polares son capaces de extraer una mayor cantidad de compuestos. Por otra parte, todos los extractos al disminuir la proporción del material vegetal/solvente se pudo observar que existió una disminución en el contenido de SET.

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar que el contenido de SET presentó variaciones significativas ($p<0,05$) dependiendo de la proporción de material vegetal y del solvente utilizado.

Los resultados logrados son similares a los publicados por Owusu *et al.* (2011), quien planteó que las soluciones etanólicas presentan un mayor poder extractivo de sólidos extraíbles en *Moringa oleifera*. Es conocido que las disoluciones de etanol/agua ejercen notable influencia sobre la extracción de los compuestos fenólicos, fundamentalmente en comparación con los solventes monocomponentes. En un estudio realizado por Rojas *et al.* (2009) en plantas terrestres en México mostró que los solventes hidroalcohólicos son capaces de extraer un mayor porcentaje de sólidos que la extracción acuosa.

Cuantificación de metabolitos secundarios

Dentro del espectro de metabolitos secundarios presentes en las plantas, los compuestos fenólicos están involucrados directamente en la actividad biológica. Además de la selección del material vegetal y el disolvente de extracción

con mayor potencialidad para el desarrollo de productos beneficiosos con actividad biológica para continuar su estudio.

Contenido de polifenoles totales

El contenido de polifenoles totales de los extractos hidroalcohólicos de las muestras estudiadas, se calculó a partir de la curva de calibración obtenida por regresión lineal del ácido gálico con su ecuación correspondiente: $y = 0,9255x + 0,0267$ ($R^2 = 0,997$).

De acuerdo a los resultados obtenidos, el contenido de polifenoles totales de las muestras en estudio presentó valores entre 3,9 y 512,48 mg EAG/g MS (Tabla 1).

Para el caso del extracto etanólico 30% de torta de semilla se observó una disminución del rendimiento de extracción al disminuir la relación material vegetal/solvente. Sin embargo, el comportamiento en el resto de las extracciones etanólicas 30% de las distintas partes de la planta se observó con mayor rendimiento de extracción al disminuir la relación material vegetal/solvente. Esto concuerda con los principios de transferencia de masa, ya que implica un mayor gradiente de concentración entre el sólido y la mayor parte del líquido, lo que resulta en una mayor fuerza impulsora para la difusión de compuestos al disolvente (Carciochi *et al.*, 2018).

Con relación a las extraíiones realizadas a mayor concentración de solvente (etanol 70%) se obtuvo una mejor cinética de extracción en la proporción 1/30 en los extractos de apical y un ligero aumento en el extracto de cáscara, con proporción 1/10. Por el contrario, existió una disminución en los extractos de apical, hojas y torta con proporción 1/10 y en los extractos de hojas y cáscara con proporción 1/30. Estos resultados coinciden con lo reportado por d'Alessandro *et al.* (2012), quienes plantearon que el agua y las mezclas con baja concentración de etanol podrían acceder a las células, pero una alta concentración del mismo puede causar desnaturalización de las proteínas y evitar la disolución de polifenoles e influir en la extracción.

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar que el contenido de polifenoles presentó variaciones significativas ($p<0,05$) y depende de la proporción de material vegetal y del solvente utilizado.

Al comparar la cuantificación de fenoles total en los extractos estudiados resultaron ser similares en las hojas secas, cáscara de semillas, inferior en la torta de semilla y superior en apical que los obtenidos por *Campo et al.* (2020) en hojas secas, con valor de 21,27 mg EAG/g MS.

Los valores de polifenoles en los extractos de hojas realizados en el presente estudio, que oscilaron entre 23,51 y 512,48 mg EAG/g MS se encuentran dentro de los rangos reportados por *Yadav 2018; Xu et al. 2019*, quienes señalaron una concentración de 165,54 y 192,36 mg EAG/g MS, respectivamente, e inferiores al determinado por *Shanmugavel et al. (2018)* en extracto etanólico de hojas secas con valor de 627,12 EAG/g MS.

En comparación de los valores de polifenoles en los extractos realizados en el presente estudio en semillas, con valores mínimo y máximo de 3,9 y 39,43 mg EAG/g MS, respectivamente, con otros estudios, se observó que se encuentran por debajo de los informados por *Casa y Castillo, (2013); Guzmán et al. (2020)*, con valores de 160,87 y 212,973 mg EAG/g MS, respectivamente. Sin embargo, coinciden con los informados por *Reyes et al. (2021)* de 9,38 mg EAG/g MS, que están dentro del rango obtenido en este estudio.

Contenido de flavonoides totales

El contenido de flavonoides totales de los extractos hidroalcohólicos de las muestras estudiadas, se calculó a partir de la curva de calibración obtenida por regresión lineal de la quercitina con su ecuación correspondiente: $y = 2,7061x + 0,0228$ ($R^2 = 0,993$).

Con respecto al contenido de flavonoides totales de las muestras estudiadas (**Tabla 1**) presentaron valores entre 0,7 y 56,86 mg EQ/g MS.

Con respecto al contenido de los flavonoides en los extractos de hojas, los resultados del presente trabajo oscilaron entre 0,7 y 56,86 mg EQ/g MS, superiores a los encontrados por *Moyo et al. (2012); Shanmugavel et al. (2018); Befa et al. 2020*, con valores de 22,16; 45,1 y 11,9 mg EQ/g MS, respectivamente e inferiores a los obtenidos por los autores *Yadav (2018); Xu et al. (2019)* y *Guzmán- et al. (2020)* con valores de 558, 63; 192,36 y 1427,27 EQ/g MS, respectivamente. El valor de flavonoides en los extractos de semillas varió de 3,39 a 39,43 mg EQ/g MS, superior al informado por *Reyes et al. (2021)*, de $2,40 \pm 1,3$ mg EQ/g MS e inferior al determinado por *Guzmán et al. (2020)*, con valor de 249,86 mg EQ/g MS. Por último, el contenido flavonoides en los extractos de cáscara se mostró en el rango de 3,93 y 32,76mg EQ/g MS), muy inferior al determinado en el estudio realizado por *Guzmán et al. (2020)*, con valor de 202,81 mg EQ/g MS.

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar que el contenido de flavonoides presentó diferencias significativas ($p<0,05$), en los extractos realizados en el

presente estudio, en dependencia de la proporción de material vegetal y del solvente utilizado.

Aunque la producción de compuestos activos en plantas medicinales está guiada por procesos genéticos, también está fuertemente influenciada por factores ambientales, los cuales causan cambios en el crecimiento de las plantas, así como la cantidad y calidad de sus metabolitos. Factores como la temperatura, régimen de precipitaciones, el aire, la disponibilidad de nutrientes del suelo en el momento de la colecta, la iluminación, pueden tener un impacto importante sobre la concentración de metabolitos secundarios (*Yuan et al., 2020*).

Determinación de la actividad secuestradora del radical DPPH

Desde el punto de vista cualitativo en el ensayo se detectó la variación en la coloración desde el color púrpura hasta el color amarillo (**Figura 1**). Esta variación se observó en todas las muestras evaluadas lo que demostró la presencia de sustancias que poseen la capacidad de atrapar los radicales libres que logran reducir el 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo con la concomitante pérdida de absorbancia en la solución.

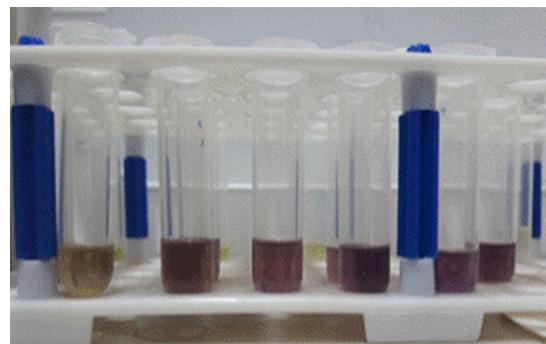


FIGURA 1. Decoloración de la solución de DPPH causada por las muestras evaluadas.

Los porcentajes de inhibición del DPPH para los extractos hidroalcohólicos estudiados presentaron valores entre 2,84% y 74,05%.

En la **Figura 2** se muestran los resultados de los extractos de las cáscara de semillas que presentaron los valores mayores de inhibición en 74,05% y alcanzó una concentración de 4 mg/mL. Los extractos de la torta de semilla fueron los que manifestaron menor inhibición con 2,84% y una concentración de 3 mg/mL. Mientras que los extractos de la apical y de hojas presentaron valores similares de inhibición.

Mediante el análisis de varianza se pudo determinar que la actividad antioxidante secuestradora del radical DPPH en los extractos del presente trabajo presentó variaciones significativas ($p<0,05$) y mostró dependencia entre las proporciones del material vegetal y del solvente utilizados.

Este método del radical DPPH presenta también la ventaja de ser una prueba no enzimática y es utilizado para proveer información básica en la reactividad de compuestos para el secuestro de radicales (*Silva et al., 2000*).

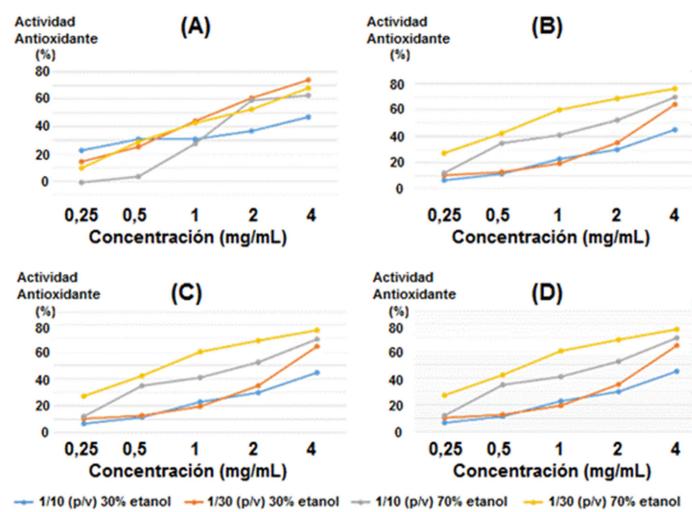


FIGURA 2. Actividad secuestradora de DPPH de extractos de: (A) apical de Moringa, (B) hojuelas secas de Moringa, (C) cáscara de semillas de Moringa y (D) torta de semillas de Moringa.

Se tiene evidencia que Moringa en los alimentos es apta para fines nutricionales, además de la prevención de enfermedades y uso como fuente antioxidante. Recientemente se identificó la propiedad antioxidante de proteínas de extractos de hojas frescas de Moringa y de harina de Moringa comercial mediante los métodos de FRAP y DPPH, que muestran proteínas antioxidantes de la hoja de Moringa especialmente de potencial interés, porque el estrés oxidativo está altamente relacionado con enfermedades crónicas como la diabetes y sus complicaciones (Kurniawan, 2021).

CONCLUSIÓN

La parte apical de *Moringa oleifera* puede ser utilizada como una fuente potente de antioxidantes que pudieran ser un producto de gran importancia en la agroindustria de la planta con fines médicos, nutricionales y ejercer efecto antimicrobiano en acuicultura.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al proyecto Proyecto: PS111LH001-007 Productos naturales para el manejo de salud de nuevas especies de interés acuícola (*Anguila rostrata* y peces ornamentales) por sus aportes en la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aaser, M., Afifi, M., Abu, A. A. M. H., & Alkadri, D. H. (2024). *Moringa oleifera*: Recent insights for its biochemical and medicinal applications. *Journal of Food Biochemistry*, 2024(1), 1270903. <https://doi.org/10.1155/2024/1270903>
- Alburqueque, R. J. E., & Minuche, R. P. (2021). Nuevas consideraciones en el uso de Sacha Inchi como fuente proteica en la alimentación de organismos acuáticos. *Dominio de las Ciencias*, 7(2), 125-143. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i2.1786>
- Barragán, A., Zanazzi, N., Gorosito, A., Cecchi, F., Prario, M., Imeroni, J., & Mallo, J. (2017). Utilización de harinas vegetales para el desarrollo de dietas de pre-engorde y engorde de Tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(9), 1-15.
- Bbole, I., Mumba, C. A., Mupenda, N., & Kefi, S. A. (2016). Analysis of growth performance and haematological parameters of *Oreochromis niloticus* fed on a varying diet of *Moringa oleifera* Lam. Leaf meal as an additive protein source. *International Journal of Fisheries and Aquaculture*, 8(11), 105-111. <https://doi.org/10.5897/IJFA2016.0570>
- Befa, A., Gebre, A., & Bekele, T. (2020). Evaluation of nutritional properties of dried *Moringa* (*Moringa stenopetala*) leaves and dried *Moringa* leaves infusion. *Med Aromat Plants (Los Angeles)*, 9(363), 2167-0412.
- Bofiel, I. (2018). *Composición fenólica y actividad antioxidante in vitro de extractos obtenidos de las hojas de Mosieracrenulata*. [Tesis de pregrado]. Universidad Central “Marta Abreu”, Facultad de Química y Farmacia.
- Campo, M., Cruz, C., Cunalata, G., & Matute, N. (2020). Infusiones de *Moringa oleifera* (moringa) combinada con *Cymbopogoncitratus* (hierba luisa) y *Lippia alba* (mastranto). *Revista Ciencia UNEMI*, 13(34), 114-126. I.
- Carciochi, A. R., Sologubik, A. C., Fernández, B. M., Manrique, O. D., & D’Alessandro, G. L. (2018). Extraction of antioxidant phenolic compounds from brewer’s spent grain: Optimization and kinetics modeling. *Antioxidants*, 7(4), 45. <https://doi.org/10.3390/antiox7040045>
- Ccasa, J., & Castillo, R. (2013). *Aislado proteico y efecto antioxidante del extracto de la Moringa (Moringa oleifera Lam) para la elaboración de una bebida funcional*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ciencias Agrarias.

- d'Alessandro, G. L., Kriaa, K., Nikov, I., & Dimitrov, K. (2012). Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry. *Separation and purification technology*, 93, 42-47. <http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2012.03.024>
- Estay, M. C. A., Mazón, S. J. M., Zapata, V. E., Simal, G. J., & Seijo, L. C. (2021). Análisis del perfil lipídico y aminoacídico de hojas deshidratadas de *Moringa oleifera* (L.) y su potencial como suplemento dietético en acuicultura de moluscos. *La Técnica: Revista de las Agrociencias. I, Edición Especial*, 30-39. https://doi.org/10.33936/la_tecnica.v0i0.3061
- Guzmán, M. S. H., López, M. M. J., Madera, S. T. J., Núñez, C. C. A., Grijalva, V. V. C. P., Villa-Lerma, L. A. G., & Rodríguez, N. J. R. (2020). Nutritional characterization of *Moringa oleifera* leaves, seeds, husks and flowers from two regions of Mexico. *Agronomía Colombiana*, 38(2), 287-297. <https://doi.org/http://doi.org/10.15446/agron.colomb.v38n2.82644>
- Kumar, G., Giri, A., Arya, R., Tyagi, R., Mishra, S., Mishra, A. K., & Datta, J. (2019). Multifaceted applications of different parts of *Moringa* species: Review of present status and future potentials. *International Journal of Chemical Studies*, 7(2), 835-842.
- Kurniawan, Y. S. (2021). A comparative study on phytochemical screening and antioxidant activity of aqueous extract from various parts of *moringa oleifera*. *Indonesian Journal of Natural Pigments*, 3(2), 43-47.
- Lago, A. V., Hernández, A. E., Cuni, P. L. B., Borges, M. R., Huergo, C. C., & Jiménez, R. E. (2021). Bromatología y cuantificación de metabolitos en hojas verdes y amarillas de *Moringa oleifera*. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 26(4). https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES
- Marval, H., Graü de Marín, C., & Zerpa de Marcano, A. (2007). *Utilización de la harina de pescado en la formulación de alimentos para crecimiento y engorde animal*. Elaboración de productos agrícolas INIA 10.
- Miranda, M., & Cuellar, A. (2012). *Farmacognosia y Productos Naturales: Vol. Manual de Prácticas de Laboratorio* (Manual de Prácticas de Laboratorio). Félix Varela, Universidad de La Habana.
- Moyo, B., Oyedemi, S., Masika, P., & Muchenje, V. (2012). Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake. *Meat science*, 91(4), 441-447. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.02.029>
- Owusu, A. A. M., Achel, D. G., Adaboro, R. M., Asare, K. D., & Amoatey, M. H. (2011). Total phenolic content and antioxidant activity in leaf samples of twelve accessions of *Moringa oleifera* Lam. *International Journal of Chemical and Analytical Science*, 2(10), 1226-1230.
- Prieto, A., de Ocampo, A. A., Fernández, A., & Pérez, B. M. (2005). El empleo de medicina natural en el control de enfermedades de organismos acuáticos y potencialidades de uso en Cuba y México. *TIP Revista Especializada en Ciencias Químico-Biológicas*, 8(1), 38-49.
- Reyes, M., Angulo, C., & Pérez, J. J. M. (2021). Antibacterial and immunomodulatory activity of moringa (*Moringa oleifera*) seed extract in Longfin yellowtail (*Seriola rivoliana*) peripheral blood leukocytes. *Aquaculture Research*, 52(9), 4076-4085. <https://doi.org/10.1111/are.15245>
- Ritcher, N., Siddhuraju, A., & Becker, K. (2003). Evaluation of nutritional quality of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves as alternative protein source for Tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture*, 217, 599-611. [https://doi.org/10.1016/S0044-8486\(02\)00497-0](https://doi.org/10.1016/S0044-8486(02)00497-0)
- Rojas, H. N. M., Avellaneda, S. S., Cuéllar, A., Romeu, A. B., & L. M. D. (2009). Actividad antimicrobiana de *Waltheria indica* y *Acacia farnesiana*. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 40(2), 129-134.
- Shanmugavel, G., Prabakaran, K., & George, B. (2018). Evaluation of phytochemical constituents of *Moringa oleifera* (Lam.) leaves collected from Puducherry region, South India. *Int. J. Zool. Appl. Biosci.*, 3(1), 1-8. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1312977>
- Silva, F. A., Borges, F., Guimarães, C., Lima, J. L., Matos, C., & Reis, S. (2000). Phenolic acids and derivatives: Studies on the relationship among structure, radical scavenging activity, and physicochemical parameters. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(6), 2122-2126. <https://doi.org/10.1021/jf9913110>
- Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J.-O., & Dommes, J. (2009). Comparative antioxidant capacities of phenolic compounds measured by various tests. *Food chemistry*, 113(4), 1226-1233. <https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.013>
- Umar, S. A., Mohammed, Z., Nuhu, A., Musa, K., & Tanko, Y. (2018). Evaluation of hypoglycaemic and antioxidant activity of *moringa oleifera* root in normal and alloxan-induced diabetic rats. *Trop J Nat Prod Res*, 2(8), 401-408. <https://doi.org/10.26538/tjnpvr/V2i8>
- Woisky, R., & Salatino, A. (1998). Analysis of propolis some parameters and procedures for chemical quality control. *J Apic Res*, 37, 99-105.
- Yadav, A. (2018). *Effect of drying and blanching (steam and lye) on the phytochemicals composition of sitalchini (*Moringa oleifera*) leaves and its sensory attributes* [Tesis de pregrado]. Central Campus of Technology Institute of Science and Technology Tribhuvan University, Department of Food Technology.
- Yong, X. B., Gui Chen, C. L., & Ming Guo, G. Q. (2019). Antioxidant and anti-inflammatory activities of the crude extracts of *Moringa oleifera* from Kenya and their correlations with flavonoids. *Antioxidants*, 8(8), 296. <http://doi:10.3390/antiox8080296>
- Yuan, Y., Tang, X., Jia, Z., Li, C., Ma, J., & Zhang, J. (2020). The effects of ecological factors on the main medicinal components of *Dendrobium officinale* under different cultivation modes. *Forests*, 11(1), 94. <https://doi.org/10.3390/f11010094>

Yanelys Hill Esquivel, investigadora, Departamento Sanidad Acuícola, Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). Calle 246 entre 5ta. Avenida y Mar, Reparto Barlovento, Municipio Playa, La Habana, Cuba, E-mail: yanelys.esquivel@cip.alinet.cu.

Lirialis García-Mesa, investigadora, Departamento Sanidad Acuícola, Centro de Investigaciones Pesqueras (CIP). Calle 246 entre 5ta. Avenida y Mar, Reparto Barlovento, Municipio Playa, La Habana, Cuba.

Ernesto Almora-Hernández, investigador, Departamento de Investigaciones. Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB). Calle 246 entre 5ta. Avenida y Mar, Reparto Barlovento, Municipio Playa, La Habana, Cuba, E-mail: ernestalmora@gmail.com.

Vivian Lago-Abasca, investigadora, Departamento de Investigaciones. Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB). Calle 246 entre 5ta. Avenida y Mar, Reparto Barlovento, Municipio Playa, La Habana, Cuba, E-mail: vlago@bionaturasm.cu.

Liz Bárbara Pereira-Cuní, investigadora, Departamento de Química. Instituto de Ciencias del Mar. Loma y 39. Plaza, La Habana. Cuba, E-mail: Lizbarbara1991@gmail.com

Efraín Rodríguez-Jiménez, Investigador, Departamento de Investigaciones. Centro de Investigación de Plantas Proteicas y Productos Bionaturales (CIPB). Calle 246 entre 5ta. Avenida y Mar, Reparto Barlovento, Municipio Playa, La Habana, Cuba, E-mail: efrainrodriguez@infomed.sld.cu.

La mención de marcas comerciales de equipos, instrumentos o materiales específicos obedece a propósitos de identificación, no existiendo ningún compromiso promocional con relación a los mismos, ni por los autores ni por el editor.