Análisis bromatológico y fitoquímico del polvo de *Thalassia testudinum*

Rafael Manuel de Jesús Mex-Álvarez[1*], María Magali Guillen-Morales[1], Jorge Antonio Uc-Guerra[1], Fernando Gaspar Ortiz-Ballina[2], Roger Enrique Chan-Martínez[1], Daniel Eduardo Euan-García[1]

[1]Laboratorio de Análisis de Medicamentos del Área de Farmacia de la Facultad de Ciencias Químico Biológicas de la Universidad Autónoma de Campeche
[2]Departamento de Química y Bioquímica del Instituto Tecnológico de Campeche

Artículo recibido 13 de agosto del 2025 y aceptado el 29 de agosto del 2025

Bromatological and phytochemical analysis of Thalassia testudinum powder

Abstract

Thalassia testudinum is a marine plant containing bioactive antioxidant compounds and nutritional components that may enhance animal health and productivity when used as a dietary supplement. Additionally, it has potential applications as a raw material for the production of organic fertilizers aimed at improving soil fertility and promoting sustainable development. This study aimed to characterize the bromatological and phytochemical profile of *T. testudinum* powder for its prospective use in agroindustrial applications. Proximate analysis was performed to quantify macronutrient content, while phytochemical assays quantified flavonoids, tannins, and total phenolic compounds. Antioxidant capacity was assessed using 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging, ferric reducing antioxidant power (FRAP), and hydrogen peroxide reduction assays. The powder exhibited a suitable nutritional profile, with a total phenolic content of 63.46 mg gallic acid equivalents (GAE)/g dry weight and significant antioxidant activity, evidenced by a ferric ion reduction of 339 μmol/g extract. These results suggest potential utility as both a feed additive and organic fertilizer; however, dose optimization and *in vivo* validation studies are necessary to confirm efficacy and safety.

Key words: polyphenols, antioxidants, sustainable development.

Resumen

Thalassia testudinum es una planta marina con compuestos bioactivos antioxidantes y con propiedades nutricionales útiles para mejorar la salud y productividad animal como complemento alimenticio. Además, puede emplearse para elaborar fertilizantes orgánicos que promuevan la fertilidad del suelo y el desarrollo sustentable. Este estudio evaluó el perfil bromatológico y fitoquímico del polvo de *T. testudinum* para su posible uso en la agroindustria; para ello se realizó el análisis proximal que determina los macronutrientes y el análisis fitoquímico para detectar y cuantificar la presencia de flavonoides, taninos y fenoles totales, también se evaluó la actividad antioxidante mediante ensayos de 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH), capacidad reductora del hierro (FRAP, por sus siglas en inglés) y reducción de peróxido de hidrógeno. Los resultados mostraron una composición nutricional adecuada, con 63.46 mg EAG/g de polvo seco y significativa capacidad antioxidante (reducción de 339 μmol de iones férricos por gramo). Estos hallazgos indican potencial como suplemento alimenticio y fertilizante, aunque se recomienda optimizar dosis y validar su eficacia mediante estudios *in vivo*.

Palabras clave: polifenoles, antioxidantes, desarrollo sustentable.

*Autor de correspondencia
Email: rafammex@uacam.mx
ISSN 2594-0384 (Electrónica)

Introducción

Thalassia testudinum es una planta marina de importancia ecológica en el Golfo de México y mar Caribe; esta fanerógama forma densas praderas submarinas que constituyen el hábita y zona de alimentación de diversas especies de tortugas, peces y crustáceos, se desarrolla en zonas muy someras, hasta unos 14 m de profundidad, pudiendo quedar expuesta al aire durante mareas bajas extremas (Diaz *et al*., 2003).

Además del valor ecológico, existen trabajos de investigación que reportan que *T. testudinum* produce metabolitos secundarios de interés como fenoles, flavonoides, cumarinas, fitoesteroles, triterpenos, diterpenos y saponinas de los cuales se destacan los compuestos fenólicos, componentes estructurales de su pared celular y que poseen propiedades funcionales y bioactivas como antioxidante (Núñez *et al*., 2019; Garcia *et al*., 2020; Jeyasanta *et al*., 2018). A pesar de esto, no existen suficientes estudios sobre su valor nutricional como recurso alimenticio o fertilizante que fomente su aplicación y uso en la industria alimentaria, farmacéutica y agroecológica por lo que las potencialidades y bondades que brinda esta fanérogama no son aprovechadas (Yero, 2017).

En este sentido, el interés de investigar la composición de las harinas obtenidas de diversas plantas marinas ha aumentado debido a que estas especies vegetales contienen compuestos biológicamente activos; el análisis bromatológico proporciona información sobre la composición de un alimento que determina su valor nutricional, como lo observado en diversos trabajos de investigación en los que se ha evaluado el valor nutrimental de algunas especies de pastos marinos encontrando un buen porcentaje de proteínas, grasas, carbohidratos, fibra cruda, macro y micronutrientes, resultando valores comparables a las de especies terrestres (Kim *et al*., 2020; Quispe y Argani, 2014), mientras que la cuantificación de compuestos polifenólicos y la determinación de su actividad antioxidante aporta información sobre sus posible efectos benéficos y potencial de las harinas como alimento funcional porque los compuestos polifenólicos son capaces de neutralizar radicales libres, reducir iones metálicos, prevenir procesos biológicos de oxidación, actuar como antioxidantes y antiiinflamatorios (Rahman *et al*., 2021; Andrés *et al*., 2023). El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo caracterizar bromatológicamente la harina obtenida de *Thalassia testudinum* y cuantificar su contenido de polifenoles totales, así como evaluar su actividad antioxidante para valorar el potencial de esta especie como fuente de compuestos funcionales y aportar información útil para futuras aplicaciones biotecnológicas..

Materiales y métodos

Se colectó el material vegetal en las costas del municipio de Campeche (México), y se transportó al laboratorio para su lavado con agua corriente para remover impurezas y posteriormente se lavó con suficiente agua destilada; posteriormente se removió el agua de lavado con un papel absorbente y se secó en un desecador eléctrico a 50 °C hasta peso constante; el material seco se trituró en un molino eléctrico y se cribó con un tamiz de 40 mesh. El polvo se conservó en refrigeración en un frasco ámbar hasta su extracción y análisis.

Análisis proximal de Thalassia testudinum

El análisis bromatológico de *Thalassia testudinum* se realizó según lo descrito en el cuadro 1, siguiendo los métodos de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists).

Cuadro 1. Parámetros del análisis proximal de *Thalassia testudinum*.

Parámetro	Fundamento
Humedad	Gravimetría por pérdida de peso a 105°C
Cenizas totales	Incineración a 550 °C en mufla
Proteína cruda	Método de Kjeldahl
Lípidos totales	Extracción soxhlet con éter de petróleo.
Fibra cruda	Digestión H_2SO_4 e NaOH (1.25%)
Carbohidratos	Cálculo por diferencia.

Obtención del extracto hidroetanólico

La harina de *Thalassia testudinum* se extrajo por maceración durante 24 horas a temperatura ambiente empleando etanol al 70% (v/v), en proporción 1:10 (w/v), el sobrenadante se decantó y luego se filtró con un papel filtro.

Análisis fitoquímico cualitativo

Se realizó un análisis fitoquímico cualitativo del extracto hidroalcohólico *de T. testudinum* mediante pruebas cualitativas y colorimétricas estandarizadas para la detección de metabolitos secundarios como azúcares reductores, saponinas, aminas, alcaloides, flavonoides, taninos, polifenoles, esteroides, triterpenos, lactonas y quinonas.

Cuantificación de polifenoles totales

Para determinar la cantidad de polifenoles totales se

utilizó el método de Folin-Ciocalteu, para ello se mezclaron 100 µL de extracto con 1.0 mL de agua destilada y seguidamente se añadió 100 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu, se homogenizó la mezcla y se dejó reaccionar en la oscuridad durante 15 minutos; luego se añadió 500 µL de una solución de Na_2CO_3 al 10 % y se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos. Finalmente, se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 760 nm; la curva de calibración se realizó con soluciones patrón de ácido gálico (Martins *et al*., 2021; Pérez, Dominguez-López y Lamuela-Raventós, 2023).

Cuantificación de taninos

La cuantificación de taninos totales se realizó mediante el método de Folin-Ciocalteu, pero primero se precipitaron los taninos con albúmina bovina, que permite estimar la fracción de taninos condensados con capacidad de formar complejos con proteínas. Para la precipitación, se mezcló 1 mL del extracto hidroetanólico con 1 mL de seroalbúmina bovina al 1% disuelta en solución buffer de fostatos (C= 200 mM, pH= 5.0) , se incubó la mezcla de reacción a temperatura ambiente por 15 minutos y posteriormente se centrifugó a 10,000 rpm durante 5 minutos; el precipitado proteico se lavó con etanol al 70% y se centrifugó nuevamente para eliminar cualquier compuesto no ligado a proteína, el precipitado se disolvió en 1mL de solución de dodecilsulfato de sodio al 1% y se adicionó 50 µL del reactivo de Folin-Ciocalteu, se dejó a temperatura ambiente por 15 minutos y luego se añadió 500 µL de carbonato de sodio 10% (w/v), se mezcló bien y se incubó esta mezcla de reacción durante 30 minutos; finalmente se leyó la solución en un espectrofotómetro a 760 nm, se usó la curva de polifenoles totales para calcular la concentración de taninos (Ricco, Agudelo y Wagner, 2015).

Cuantificación de flavonoides

La cuantificación de flavonoides totales en el extracto hidroetanólico de *T. testudinum* se realizó mediante el método colorimétrico de complejación con cloruro de aluminio, para ello, se mezcló 100 µL de extracto vegetal y se añadió 100 µL de cloruro de aluminio al 5% (w/v), y 1 mL de agua destilada, se dejó reaccionar 30 minutos la mezcla y luego se midió la absorbancia a 415 nm en un espectrofotómetro; se construyó una curva de calibración usando soluciones de quercetina como estándar (Ricco, Agudelo y Wagner, 2015).

Capacidad de inhibición del DPPH

Se mezclaron 100 µL del extracto con 3.9 mL de solución de DPPH 0.1 mM disuelto en metanol; se agitó la mezcla y se incubó a temperatura ambiente durante 30 minutos en la oscuridad; posterior a la incubación, se determinó la absorbancia a 517 nm; se usó ácido gálico como estándar de referencia (Wołosiak *et al*., 2021; Gulcin y Alwasel, 2023).

Determinación del poder reductor del ion férrico (FRAP)

Se preparó en fresco el reactivo FRAP en proporción 10:1:1 de solución de acetato de sodio 300 mM (tamponado a pH 3.6), solución de TPTZ, 10 mM disuelta en HCl 40 mM y solución de cloruro férrico hexahidratado 20 mM en agua destilada; respectivamente. Se mezclaron 2.9 mL del reactivo FRAP con 100 µL del extracto y se incubó a 37 °C durante 15 minutos en oscuridad; finalmente se leyó la absorbancia a 593 nm en un espectrofotómetro contra blanco de disolvente del extracto. Se usó como solución estándar una solución acuosa de sulfato ferroso para la construcción de la curva de calibración y una solución de ácido ascórbico como solución patrón antioxidante (Putra y Suarjana, 2025).

Capacidad de reducción del peróxido de hidrógeno.

La capacidad de reducción de peróxido de hidrógeno del extracto hidroetanólico de *Thalassia testudinum* se evaluó mediante un método enzimático colorimétrico basado en la acción de la peroxidasa en presencia de fenol y antipirina formando un complejo rosado (quinona-imina), cuya intensidad es proporcional a la cantidad de H_2O_2 no reducida por el extracto. Primero se incubaron 100 µL de peróxido de hidrógeno (C= 2 mM), con 100 µL del extracto de *T. testudinum* y 650 µL de buffer de fosfatos (C=50 mM y pH=7.0). Esta mezcla se incubó durante 15 minutos a temperatura ambiente y en la oscuridad. Terminado el tiempo de reacción, se añadió 100 µL de antipirina (C=6mM), 100 µL de fenol (C=6mM), y 50 µL de peroxidasa de rábano picante (C= 1U/mL); se incubó a 37 °C por 30 minutos en la oscuridad para que se desarrollara el color y terminado el tiempo de reacción se midió la absorbancia a 500 nm en un espectrofotómetro, se realizó una curva de calibración usando soluciones de peróxido de hidrógeno (Bhatti *et al*., 2015).

Análisis estadístico

Los datos obtenidos del análisis proximal, cuantificación de polifenoles totales y capacidad antioxidante se analizaron estadísticamente

utilizando el software SPSS v.25 y en Excel® 16.93.1; se utilizó estadística descriptiva para calcular la media y la desviación estándar de cada parámetro (n=10). Asimismo, se evaluó la posible relación entre el contenido de polifenoles totales y la actividad antioxidante mediante un análisis de correlación de Pearson.

Resultados

Los resultados del análisis proximal de *Thalassia testudinum* se reportan en la tabla 1, se puede observar que el porcentaje de humedad de la muestra es superior al 80% y la composición proximal de la harina (muestra seca), contiene entre 9.13 y 12.28% de proteínas, un bajo contenido de lípidos (entre 1.64 y 2.51%), y un alto contenido de cenizas comprendido entre 16.74 y 21.96%.

Los resultados del análisis fitoquímico cualitativo del extracto de *Thalassia testudinum* revelaron que contiene una alta concentración de compuestos polifenólicos; de este grupo de metabolitos secundarios se detectó la presencia de flavonoides y taninos; además, se determinó que están presentes en el extracto azúcares reductores, triterpenos y quinonas. El análisis del perfil polifenólico del extracto hidroetanólico de *T. testudinum* se reporta en la tabla 2, en la cuál muestra una composición rica en compuestos polifenólicos, con una alta presencia de taninos y flavonoides; se puede observar que *T. testudinum* posee un perfil polifenólico complejo y funcionalmente relevante (la cantidad de otros polifenoles fue de 47.4 mg/g de extracto).

En cuanto a la actividad antioxidante del extracto hidroetanólico de *T. testudinum* (Figura 1), en el ensayo de DPPH se encontró una capacidad de captura y neutralización de radicales libres significativa de 130 µmol de DPPH reducidos por cada gramo de extracto, este efecto antioxidante exhibió un comportamiento dosis-dependiente. Respecto al método FRAP, se observó una alta capacidad reductora del ion férrico pues por cada gramo de extracto se produce 339 µmol de ion ferroso, esto refleja la eficacia de los metabolitos antioxidantes presentes en el extracto. Igualmente, la capacidad reductora de peróxido de hidrógeno mostró que se reducen 60 µmol de esta sustancia por cada gramo de extracto, esto demuestra su capacidad para eliminar especies reactivas de oxígeno.

Discusión

La composición proximal de muestras de *Thalassia testudinum* colectadas en las costas de Campeche coincide con los valores reportados previamente en la literatura, Coria y Duran (2015), y Buesa (2022), reportan valores similares identificando un buen contenido de proteínas y cenizas con un bajo contenido de lípidos para esta fanerógama marina; en el caso de las proteínas, el valor promedio obtenido sugiere que posiblemente sean proteínas estructurales o de reserva como se esperaría encontrar en las hojas según su papel fisiológico desempeñado; mientras que el contenido lipídico observado, aunque bajo, corresponde a lo reportado para organismos vegetales marinos, el contenido de lípidos en las hojas de pastos marinos y otros macrofitos marinos es bajo y varía desde < 1% hasta 2% del peso seco (Cabello *et al*., 2004), esto debido a que en los tejidos foliares de plantas marinas se favorece la biosíntesis de carbohidratos estructurales por sobre la acumulación de compuestos energéticos en forma de lípidos, que es relativamente limitada.

Tabla 1. Composición proximal de *Thalassia testudinum* colectada de las costas de Campeche (n=10). Fuente: elaboración propia.

Parámetro	% Total (muestra fresca)	% Peso seco (en la harina)
Humedad	83.52±2.19	No aplica
Cenizas totales	3.15±0.35	19.35±2.61
Proteína cruda	1.74±0.11	10.70±1.57
Lípidos totales	0.34±0.07	2.07±0.44
Fibra cruda	7.55±0.56	46.53±6.55
Carbohidratos	3.70±2.14	21.35±10.17

Fuente: elaboración propia

Tabla 2. Composición polifenólica del extracto hidroetanólico de *Thalassia testudinum* (fuente: elaboración propia).

Metabolito	Concentración
Polifenoles totales	63.46 mg equivalentes de ácido gálico / g de extracto seco
Flavonoides totales	4.63 mg equivalentes de quercetina/ g de extracto seco
Taninos	11.43 mg equivalentes de ácido gálico/ g de extracto seco

Fuente: elaboración propia

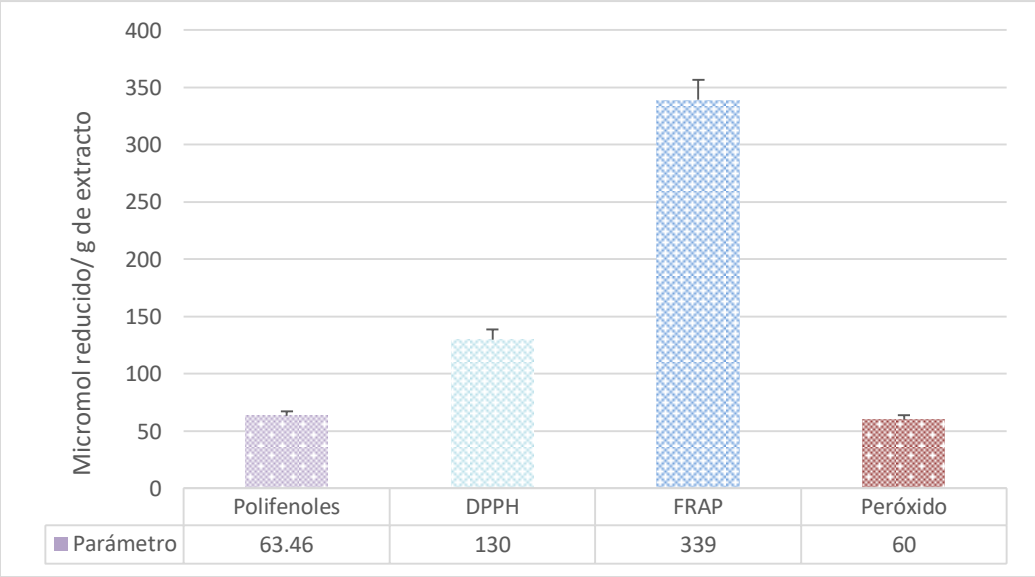


Figura 1. Actividad antioxidante del extracto de *Thalassia testudinum* (Fuente: elaboración propia).

En cuanto a los valores de cenizas que se determinaron en la harina de *T. testudinum* concuerdan con lo señalado en estudios previos, este nivel elevado de minerales es dependiente del medio salino donde crece esta planta y que tiende a acumularse en los tejidos vegetales; la elevada fracción inorgánica de la harina puede influir en su calidad nutricional, especialmente si se considera su uso potencial como suplemento alimenticio o en formulaciones farmacológicas; no obstante, esta alta concentración de minerales es también relevante desde una perspectiva agroindustrial pues sugiera un posible aprovechamiento de *T. testudinum* como biofertilizante, si este contenido mineral fuera indicativo de macro y micronutrientes esenciales tales como el potasio, el calcio, el magnesio y el hierro contribuiría a la mejora de la fertilidad del suelo de cultivo y a la nutrición vegetal (Thapa *et al*., 2021). Debe realizarse un análisis más detallado del contenido de minerales y procurar un buen lavado del material vegetal para garantizar que los minerales no contengan un porcentaje elevado de iones de sodio que puede resultar perjudicial para cultivos susceptibles como el maíz. A pesar de esto, el bajo contenido de lípidos y la abundancia de carbohidratos favorecen una descomposición progresiva del material vegetal que puede mejorar la retención de humedad y la estructura del suelo así como estimular la actividad microbiana del suelo y promover un crecimiento vegetal más eficiente; en este contexto, *T. testudinum* representa una fuente sustentable de metabolitos bioactivos y minerales con aplicaciones tanto en nutrición humana y animal como en agricultura ecológica y regenerativa.

En general, la composición proximal de *T. testudinum* encontrada en el análisis bromatológico refleja las adaptaciones fisiológicas de esta fanerógama al ambiente marino, así como su potencial biotecnológico, ya que la elevada proporción de proteínas, carbohidratos y minerales podría tener implicaciones positivas en el desarrollo de aplicaciones funcionales y en la agroindustria.

El análisis fitoquímico de *T. testudinum* reveló la presencia de compuestos bioactivos importantes como polifenoles, triterpenos y quinonas; de entre ellos destacan los polifenoles a su conocida actividad antioxidante que contribuye a la protección contra el estrés oxidativo y al mantenimiento de la integridad celular y pudiera aprovecharse la harina como fuente de compuestos antioxidantes que complementen la alimentación de animales con un posible uso farmacológico o nutracéutico. La detección de azúcares reductores indica la presencia de carbohidratos simples y oligosacáridos, que pueden tener un papel estructural o energético dentro de la planta; pero también pueden influir en la actividad biológica del extracto pudiendo actuar como precursores de otras moléculas bioactivas o modulando la solubilidad y biodisponibilidad de ciertos compuestos si están unidos químicamente a ellos en forma de glucósidos son más hidrosolubles que su aglicona correspondiente (Hernández *et al*., 2022).

Por otra parte, los triterpenos son metabolitos secundarios con múltiples funciones biológicas como antiinflamatorios, antivirales y anticancerígenos (Mantiniotou *et al*., 2025); su presencia en el extracto mejora el perfil funcional de *T. testudinum* y permite continuar con estudios más especializados enfocados en el aislamiento y caracterización farmacológica de los mismos. Una mención especial son las quinonas porque estos compuestos están implicados en procesos redox y pueden contribuir a la defensa natural de la planta contra patógenos, además de poseer actividades farmacológicas reconocidas como antibacterianas, anticancerígenas, antiparasitarias y como agentes antiproliferativos (Duran *et al*., 2013; Huynh *et al*., 2016). En su conjunto, la composición fitoquímica detectada en *T. testudinum* indica un perfil bioactivo diverso que conduce a proponer su uso en la industria farmacéutica, cosmética o alimentaria; no obstante, se precisa realizar estudios cuantitativos y funcionales que confirmen la actividad biológica específica y permitan correlacionarla con la concentración y tipo de compuestos presentes.

El perfil polifenólico de *T. testudinum* indica que el extracto posee una importante concentración de compuestos fenólicos, la cantidad relativamente baja de flavonoides comparada con los fenoles totales sugiere que existen otros tipos de fenoles que abonan a la actividad antioxidante total; los flavonoides son metabolitos conocidos por sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y cardioprotectora esto sumado a que son compuestos orgánicos que el cuerpo humano metaboliza y absorbe fácilmente. Por su parte, los taninos representan una fracción significativa del contenido fenólico; estos compuestos pueden contribuir a la defensa de la planta frente a agentes patógenos y al mismo tiempo aportar propiedades funcionales que se pueden aprovechar en aplicaciones farmacéuticas o nutracéuticas. Se asocian con un menor riesgo de enfermedades crónicas como las cardiovasculares, el cáncer y la diabetes (Shen *et al*., 2022; Dretcanu *et al*., 2022; Cosme *et al*., 2025). El alto contenido total de polifenoles confirma que *T. testudinum* es una fuente rica en compuestos antioxidantes como se pudo comprobar por su capacidad de neutralizar radicales libres y reducir el daño oxidativo al reducir iones metálicos y especies reactivas de oxígeno.

En la prueba DPPH, el extracto demostró su capacidad para donar electrones o átomos de hidrógeno y neutralizar radicales libres estables; esto concuerda con su alto contenido de polifenoles siendo estos los dos principales mecanismos de acción de esta clase de compuestos (Andrés *et al*., 2023; Mendoza *et al*., 2020); por otro lado, en la prueba FRAP, el extracto mostró su capacidad para reducir el ion férrico a ferroso, este mecanismo antioxidante complementa la actividad antirradical observada en el ensayo del DPPH y demuestra que el extracto ejerce su efecto antioxidante por medio de diversos mecanismos de acción. Estos resultados se refuerzan con los obtenidos en el método de reducción de peróxido de hidrógeno, pues el extracto mostró una buena capacidad para neutralizar esta especie química precursora de especies reactivas de oxígeno y que evidencia su potencial efecto protector frente al daño oxidativo en sistemas biológicos.

Existe una buena correlación entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante; estos resultados sugieren que el extracto podría tener aplicaciones en la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, especialmente en las industrias avícola, farmacéutica o alimentaria, como fuente natural y económica de antioxidantes. Como consideración final, el aprovechamiento sustentable de *T. testudinum* en diversas industrias (como la agrícola, farmacéutica o alimentaria), requiere de una evaluación rigurosa del impacto ambiental que puede generar su recolección, especialmente cuando se realiza a gran escala; un punto a favor es que esta planta se acumula en las costas y ahí suele considerarse un residuo marino, además su descomposición en las playas afecta la calidad del aire y del agua significando riesgos potenciales para la salud humana y animal. Sin embargo, esta biomasa representa una oportunidad para transformarse en un recurso con múltiples aplicaciones y beneficios económicos y sociales para las comunidades costeras; su uso racional debe estar sustentado en prácticas de recolección que no comprometan la biodiversidad ni la funcionalidad ecológica de los ecosistemas marinos.

Conclusiones

El análisis bromatológico de la harina de *Thalassia testudinum* demuestra que tiene un perfil nutricional completo, caracterizado por la presencia de macronutrientes esenciales como proteínas, carbohidratos y fibra dietética, que lo posicionan como una fuente potencial de energía y elementos estructurales clave para la alimentación animal. Paralelamente, el análisis fitoquímico confirma una concentración significativa de compuestos bioactivos, incluyendo flavonoides, taninos y polifenoles totales, estos metabolitos mostraron una

actividad antioxidante muy significativa. Esta combinación sugiere que la harina de *T. testudinum* no solo puede contribuir al crecimiento y mantenimiento fisiológico de los animales, sino que también podría desempeñar un papel funcional en la mejora de su salud general, a través de la mitigación del estrés oxidativo y la promoción del equilibrio intestinal.

No obstante, la presencia de taninos y otros metabolitos con potencial actividad antinutricional implica la necesidad de establecer límites seguros de inclusión en las dietas, dado que en concentraciones elevadas podrían interferir con la digestibilidad de proteínas y la biodisponibilidad de minerales; por ello se precisa realizar estudios *in vivo* que permitan evaluar de forma integral su inocuidad, eficacia, biodisponibilidad de compuestos activos y su impacto sobre indicadores productivos, fisiológicos y sanitarios, antes de su adopción a nivel comercial.

Referencias

Andrés, C.M.C., De la Lastra, J.M.P., Juan, C.A., Plou, F.J., Pérez-Lebeña, E. 2023. Polyphenols as Antioxidant/Pro-Oxidant Compounds and Donors of Reducing Species: Relationship with Human Antioxidant Metabolism. *Processes*, *11*(9), 2771. https://doi.org/10.3390/pr11092771

Bhatti, M.Z., Ali, A., Ahmad, A., Saeed, A., Malik, S.A. 2015. Antioxidant and phytochemical analysis of Ranunculus arvensis L. extracts. BMC research notes, 8, 1-8.

Buesa, R.J. 2022. Composición química de la seiba (Thalassia testudinum KD Koenig, 1805). Revista de investigaciones marinas, 42(2), 1-20. https://doi.org/10.5281/zenodo.7407414

Cabello-Pasini, A., Muñiz-Salazar, R., Ward, D.H. 2004. Caracterización bioquímica del pasto marino Zostera marina en el límite sur de su distribución en el Pacífico Norte. *Ciencias marinas*, *30*(1A), 21-34.

Coria-Monter, E., Durán-Campos, E. 2015. Proximal analysis of seagrass species from Laguna de Términos, México. *Hidrobiológica*, *25*(2), 249-255. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972015000200249&lng=es&tlng=.

Cosme, F., Aires, A., Pinto, T., Oliveira, I., Vilela, A., Gonçalves, B. 2025. A Comprehensive Review of Bioactive Tannins in Foods and Beverages: Functional Properties, Health Benefits, and Sensory Qualities. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *30*(4), 800.
https://doi.org/10.3390/molecules30040800

Díaz, J.M., Barrios, L.M., Gómez, D.I. 2003. Fishing for life (also known as improving local management of tropical coastal resources in the face of climate change for economic wellbeing of local and vulnerable communities). *Monitoreo de la biodiversidad y los ecosistemas marinos y costeros*. doi:10.13140/2.1.3025.0566

Drețcanu, G., Știrbu, I., Leoplold, N., Cruceriu, D., Danciu, C., Stănilă, A., Fărcaș, A., Borda, I.M., Iuhas, C., Diaconeasa, Z. 2022. Chemical Structure, Sources and Role of Bioactive Flavonoids in Cancer Prevention: A Review. *Plants (Basel, Switzerland)*, *11*(9), 1117. https://doi.org/10.3390/plants11091117

Durán-Lengua, M., Gaitán-Ibarra, R., Olivero-Verbel, J.T. 2013. Búsqueda en bases de datos de actividad biológica de moléculas quinoides. *Revista Cubana de Información en Ciencias de la Salud*, *24*(4), 416-430 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132013000400005&lng=es&tlng=es.

García-Granados, R.U., Cruz-Sosa, F., Alarcón-Aguilar, F.J., Nieto-Trujillo, A., Gallegos-Martínez, M.E. 2020. Análisis fitoquímico cualitativo de los extractos acuosos de Thalassia testudinum Banks ex Köning et Sims de la localidad de Champotón, Campeche, México, durante el ciclo anual 2016-2017. *Polibotánica*, *48*, 151-168. https://doi.org/10.18387/polibotanica.48.12

Gulcin, İ., Alwasel, S.H. 2023. *DPPH radical scavenging assay. Processes*, 11(8), 2248.

Hernández-Bernal, A.F., Gregorio-Jorge, J., León, P. 2022. El papel de los azúcares como moléculas de señalización en las plantas. *TIP. Revista especializada en ciencias químico-biológicas*, *25*.
https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.519

Huynh, M.T., Anson, C.W., Cavell, A.C., Stahl, S.S., Hammes-Schiffer, S. 2016. Quinone 1 $e^-$and 2 e^-/2 H^+ Reduction Potentials: Identification and Analysis of Deviations from Systematic Scaling Relationships. *Journal of the American Chemical Society*, *138*(49), 15903–15910. https://doi.org/10.1021/jacs.6b05797

Jeyasanta, I., Sathish, M.N., Patterson, J. 2018. Antimicrobial susceptibility patterns of Aeromonas hydrophila from seafood sources from fish market in Tuticorin, South East coast of India. *European Journal of Biomedical*, *5*(02), 365-373.

Kim, D.H., Mahomoodally, M.F., Sadeer, N.B., Seok, P.G., Zengin, G., Palaniveloo, K., Khalil, A.A., Rauf, A., Rengasamy, K.R. 2020. Nutritional and bioactive potential of seagrasses: A review. *South African Journal Of Botany*, *137*, 216-227. https://doi.org/10.1016/j.sajb.2020.10.018

Mantiniotou, M., Athanasiadis, V., Kalompatsios, D., Bozinou, E., Lalas, S.I. 2025. Therapeutic Capabilities of Triterpenes and Triterpenoids in Immune and Inflammatory Processes: A Review. *Compounds*, *5*(1), 2. https://doi.org/10.3390/compounds5010002

Martins, G.R., Monteiro, A.F., do Amaral, F.R.L., da Silva, A.S.A. 2021. A validated Folin-Ciocalteu method for total phenolics quantification of condensed tannin-rich açaí (Euterpe oleracea Mart.) seeds extract. Journal of Food Science and Technology, 58(12), 4693-4702.

Mendoza-Isaza, N.A., Arbeláez, J.A.H., Pelaez-Jaramillo, C.A. 2020. *Capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales de extractos de tallo de Stevia rebaudiana en varios modelos in vitro.* https://www.redalyc.org/journal/1492/149264860006/html/

Núñez-Moreira, R., Quintana-Ricardo, L., Gutiérrez-Cuesta, R., Valdés-Iglesias, O., González-García, K.L., Hernandez-Rivera, Y., Acosta-Suarez, Y., Ortiz-Guillarte, E. 2019. Optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos de la angiosperma marina Thalassia testudinum. *Revista Colombiana de Biotecnología*, *21*(2), 109-117.

Pérez, M., Dominguez-López, I., Lamuela-Raventós, R.M. 2023. The chemistry behind the folin–ciocalteu method for the estimation of (poly) phenol content in food: Total phenolic intake in a mediterranean dietary pattern. Journal of agricultural and food chemistry, 71(46), 17543-17553.

Putra, I. M.W.A., Suarjana, N. 2025. Evaluation of phosphomolybdenum and ferric reducing antioxidant power assays in extract combinations of *Mangifera indica* and *Euphorbia hirta*. Walisongo Journal of Chemistry, 8(1), 57-

66.
Quispe, R.D., Argani, O. 2014. Fundamentos de bromatología. *Rev. Act. Clin. Med*. vol.41, pp. 2128-2132. 2304-3768.
Rahman, M.M., Rahaman, M.S., Islam, M.R., Rahman, F., Mithi, F.M., Alqahtani, T., Uddin, M.S. 2021. Role of phenolic compounds in human disease: current knowledge and future prospects. *Molecules*, *27*(1), 233.
Ricco, R.A., Agudelo, I.J., Wagner, M.L. 2015. Métodos empleados en el análisis de los polifenoles en un laboratorio de baja complejidad. Lilloa, 161-174.
Shen, N., Wang, T., Gan, Q., Liu, S., Wang, L., Jin, B. 2022. Plant flavonoids: Classification, distribution, biosynthesis, and antioxidant activity. *Food Chemistry*, *383*, 132531. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132531
Thapa, S., Bhandari, A., Ghimire, R., Xue, Q., Kidwaro, F., Ghatrehsamani, S., Maharjan, B., Goodwin, M. 2021b. Managing Micronutrients for Improving Soil Fertility, Health, and Soybean Yield. *Sustainability*, *13*(21), 11766. https://doi.org/10.3390/su132111766
Wołosiak, R., Drużyńska, B., Derewiaka, D., Piecyk, M., Majewska, E., Ciecierska, M., Pakosz, P. 2021. Verification of the conditions for determination of antioxidant activity by ABTS and DPPH assays—A practical approach. Molecules, 27(1), 50.
Yero-Espinosa, L., Rodríguez-Fernández, Y., Pérez-Sosa, N.D. 2017. Caracterización fitoquímica y bromatológica de la Thalassia testudinum usada en alimentación de ovinos pelibuey de Cuba (Ovis aries). *Ciencia & Futuro*, *7*(3), 25-36.