

Caracterización química y evaluación de la actividad biológica de diferentes extractos de *Sargassum* spp.

Chemical characterization and evaluation of the biological activity of different Sargassum spp. extracts

Caracterização química e avaliação da atividade biológica de diferentes extratos de Sargassum spp.

Anaysa Gutierrez Almeida

Ingeniera Química, Aspirante a Investigador del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Mayabeque, Cuba,

: anaysa@inca.edu.cu; : <https://orcid.org/0000-0002-2053-4590>

Miriam de la Caridad Núñez Vázquez

Doctora en Ciencias Agrícolas, investigadora Titular del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Mayabeque, Cuba,

: mnunez@inca.edu.cu; : <https://orcid.org/0000-0002-3197-4954>

Yanelis Reyes Guerrero*

*Doctora en Ciencias Agrícolas, investigadora Auxiliar del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal, Mayabeque, Cuba,

: yanelisrg@gmail.com; : <https://orcid.org/0000-0001-8453-1324>

Yulexi Acosta Suárez

Máster en Calidad Total, investigador Agregado del Instituto de Ciencias del Mar, Departamento de Química, La Habana, Cuba, : yuly@icimar.cu; : <https://orcid.org/0000-0002-6735-1273>

Yasnay Hernández Rivera

Máster en Ciencias de Materiales, investigador Auxiliar del Instituto de Ciencias del Mar, Departamento de Química, La Habana, Cuba, : yasnay@icimar.cu;

: <https://orcid.org/0000-0001-7013-9540>

Para citar este artículo/To reference this article/ Para citar este artigo

Gutierrez Almeida, A., Núñez Vázquez, M. de la C., Reyes Guerrero, Y., Acosta Suárez, Y., & Hernández Rivera, Y. (2024). Caracterización química y evaluación de la actividad biológica de diferentes extractos de *Sargassum* spp. *Avances*, 26(3), 399-417. <https://avances.pinar.cu/index.php/publicaciones/article/view/842/2149>

Recibido: 28 de noviembre de 2023

Aceptado: 22 de mayo de 2024

RESUMEN

El alga Sargazo resulta de interés en la agricultura moderna, ya que posee reguladores del crecimiento, micro y macronutrientes que incrementan los rendimientos de los cultivos. Sus extractos son considerados como biofertilizantes para la agricultura orgánica por su inocuidad y biodegradabilidad. El objetivo del presente trabajo fue la obtención, caracterización y evaluación de la actividad biológica de algunos extractos de Sargazo. Para la elaboración de los extractos fue recolectado el Sargazo de las costas de Guanabo y lavado varias veces. Se estudiaron dos formas de preparación, a partir del material fresco y a partir del polvo molinado utilizando agua y etanol como solventes. A los extractos se les realizó una caracterización físico-química y además, se les determinó el contenido de compuestos fenólicos, proteínas solubles, flavonoides, carbohidratos solubles y pigmentos. Para determinar la actividad biológica de los extractos se realizó un ensayo de germinación de semillas de tomate cv. Elbita a partir de la imbibición de las mismas durante 2 h en diferentes concentraciones (1, 2, 5 y 10 %) de los extractos. La caracterización química mostró que hay diferencias notables entre extractos elaborados a partir del alga seca y molida y el extracto realizado a partir del alga fresca, siendo este último el que posee menor contenido de metabolitos. En cuanto a la actividad biológica, aunque todos los extractos de manera general influyeron significativamente en la germinación y los índices de crecimiento evaluados, el extracto hidroalcohólico fue el más efectivo al estimular, con la concentración más baja casi todos los indicadores evaluados.

Palabras clave: alga parda; composición; germinación; tomate.

ABSTRACT

Sargassum algae is of interest in modern agriculture, since it has growth regulators, micro and macronutrients that increase crop yields. Its extracts are considered biofertilizers for organic agriculture due to their safety and biodegradability. The objective of this work was the obtaining, characterization and evaluation of the

biological activity of some *Sargassum* extracts. To prepare the extracts, *Sargassum* was collected from the coasts of Guanabo and washed several times. Two forms of preparation were studied, from the fresh material and from the milled powder using water and ethanol as solvents. A physical-chemical characterization was carried out on the extracts and the content of phenolic compounds, soluble proteins, flavonoids, soluble carbohydrates and pigments was also determined. To determine the biological activity of the extracts, a germination test of tomato seeds cv. Elbita from their imbibition for 2 h in different concentrations (1, 2, 5 and 10 %) of the extracts. The chemical characterization showed that there are notable differences between extracts made from dried and ground algae and the extract made from fresh algae, the latter being the one with the lowest metabolite content. Regarding biological activity, although all extracts generally significantly influenced germination and growth rates evaluated, the hydroalcoholic extract was the most effective in stimulating, with the lowest concentration, almost all the indicators evaluated.

Key words: brown algae; composition; germination; tomato.

RESUMO

A alga *Sargassum* é de interesse na agricultura moderna, pois possui reguladores de crescimento, micro e macronutrientes que aumentam o rendimento das culturas. Seus extratos são considerados biofertilizantes para a agricultura orgânica devido à sua segurança e biodegradabilidade. O objetivo deste trabalho foi a obtenção, caracterização e avaliação da atividade biológica de alguns extratos de *Sargassum*. Para preparar os extratos, o sargaço foi coletado na costa de Guanabo e lavado diversas vezes. Foram estudadas duas formas de preparo, a partir

do material fresco e do pó moído utilizando água e etanol como solventes. Foi realizada caracterização físico-química dos extratos e determinado também o teor de compostos fenólicos, proteínas solúveis, flavonóides, carboidratos solúveis e pigmentos. Para determinar a atividade biológica dos extratos foi realizado um teste de germinação de sementes de tomate cv. Elbita a partir de sua embebição por 2 h em diferentes concentrações (1, 2, 5 e 10 %) dos extratos. A caracterização química mostrou que existem diferenças notáveis

INTRODUCCIÓN

Con el propósito de conservar el agroecosistema y teniendo en cuenta la creciente demanda de alimentos, es necesario buscar nuevas alternativas para incrementar la producción y calidad de los cultivos, así como ofrecer productos libres de residuos tóxicos a los consumidores (Zafar *et al.*, 2022).

En años recientes, los productos naturales a base de algas se están utilizando como sustitutos agroquímicos y han adquirido gran importancia por los beneficios que estos tienen en los cultivos y por el reducido impacto que causan al medio ambiente. Se ha comprobado que su aplicación aumenta determinadas expresiones metabólicas y fisiológicas en las plantas (Ali *et al.*, 2021).

Las algas del género *Sargassum* son unas de las más empleadas para estos fines y se distribuyen a lo largo de zonas tropicales y templadas. Poseen una gran capacidad de crecimiento y reproducción

entre los extratos elaborados a partir de algas secas e moídas e o extrato elaborado a partir de algas frescas, sendo este último o que apresenta menor teor de metabólitos. Em relação à atividade biológica, embora todos os extratos em geral tenham influenciado significativamente as taxas de germinação e crescimento avaliadas, o extrato hidroalcoólico foi o mais eficaz em estimular, com a menor concentração, quase todos os indicadores avaliados.

Palavras-chave: algas marrons; composição; germinação; tomateiro.

debida, entre otros factores, a su reproducción de forma vegetativa. La mayoría de las especies de este género registradas para las costas cubanas, tienen forma de vida bentónica, excepto *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans* que son pelágicas. Estas dos especies flotan en grandes aglomerados, son características del mar de los Sargazos, principalmente en el Atlántico Norte y llegan a las costas caribeñas formando pequeñas o grandes arribazones generando un impacto ecológico y económico en las zonas que invaden. Ecológicamente pueden entrar en competencia con las especies residentes, ocasionando su desplazamiento debido a la capacidad del sargazo de incrementar rápidamente su biomasa. Económicamente las repercusiones en las zonas que dependen del turismo han sido catastróficas, el arribo anormal de sargazo ha propiciado "afloramientos de algas nocivas" que pueden provocar la muerte de peces, la

contaminación de las playas e incluso zonas costeras muertas (Arencibia *et al.*, 2020).

Sin embargo, varios científicos han demostrado los beneficios del aprovechamiento del sargazo en la agricultura, ya que se han identificado, en sus extractos compuestos como: citoquininas, auxinas, giberelinas, ácido salicílico y etileno, rodormorfina, brasinoesteroides y betaínas, que pueden regular el crecimiento de las plantas. Además, estos extractos poseen compuestos bioactivos que pueden inducir mecanismos de defensa en las plantas y promover el crecimiento vegetal como los ácidos grasos poliinsaturados (ω -3 y ω -6), aminoácidos, vitaminas (B, C, E y K) y esteroides. Asimismo, se han identificado compuestos osmoprotectores que pueden mejorar la respuesta agronómica de los cultivos bajo condiciones de estrés osmótico, tales como betaínas, prolina, sorbitol y manitol (Espinosa-Antón *et al.*, 2020).

Debido a su rica y variada composición, se ha incrementado el uso de extractos de Sargazo como estimuladores del rendimiento de cultivos tales como: arroz (Kaladharan *et al.* 2021; Sunarpi *et al.*, 2020), caupí (Radjassegarin & Perumal,

2021), rábano (Mahmoud *et al.*, 2019) y tomate (Yao *et al.*, 2020), entre otros.

En Cuba, las macroalgas marinas representan un recurso local económico, disponible y abundante en todo el litoral. Su uso en la industria cubana se ha limitado principalmente a la extracción de ficocoloides, por lo que sus potencialidades como fertilizantes, bioestimulantes, acondicionadores de suelo y en la protección de los cultivos, han sido poco investigadas. Se han publicado revisiones dirigidas al análisis de las perspectivas de las algas marinas como fuente de extractos bioactivos para la promoción del crecimiento vegetal y la protección de los cultivos (Espinosa-Antón *et al.*, 2020), así como, la determinación de la composición química y la toxicidad de diferentes especies de algas marinas en las costas cubanas (Valdés-Iglesias *et al.*, 2003).

Hasta el momento no se han informado en Cuba, resultados del efecto de la aplicación de extractos de macroalgas pardas del género *Sargassum* en la agricultura. Por tal razón el objetivo del presente trabajo fue la obtención, caracterización y evaluación de la actividad biológica de algunos extractos de Sargazo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Elaboración de los extractos

El experimento se desarrolló en el Departamento de Fisiología y Bioquímica Vegetal del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situado en el municipio de san José de Las Lajas, Mayabeque, Cuba.

Para la elaboración de los extractos fue recolectado el material algal (mezcla de *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans*) en las costas de Guanabo (playa del este de La Habana) y se lavó varias veces con agua

corriente. Se estudiaron dos formas de preparación de los extractos: a partir del material fresco y a partir del material seco y molido. Además, en el primer caso se utilizó agua como solvente, mientras que en el segundo caso se emplearon como solventes agua y una solución hidroalcohólica.

Los extractos obtenidos fueron los siguientes:

1. Extracto acuoso de Sargazo obtenido a partir de material fresco en proporción 1:6 m:v en maceración, a temperatura ambiente, durante tres meses (EAS1).
2. Extracto acuoso de Sargazo obtenido a partir de material seco y molido en proporción 1:25 m:v, en ebullición durante 2 h (EAS2).
3. Extracto hidroalcohólico (EtOH 50 %) de Sargazo obtenido a partir de material seco y molido en proporción 1:20 m:v, calentado a 50°C durante 15 min (EES).

Caracterización química de los extractos

La caracterización química fue realizada en el Departamento de Química del Instituto de Ciencias del Mar (ICIMAR). A continuación, se presentan las metodologías empleadas.

• **Determinación de sólidos totales**

La determinación de los sólidos solubles totales se realizó por el método gravimétrico. Para lo cual se tomó una cápsula vacía y se colocó en estufa a 105 °C durante 1 h, luego se ubicó en

deseCADORA hasta su enfriamiento a temperatura ambiente. Seguidamente se pesó y se añadió 1 mL de extracto. Posteriormente la cápsula llena se colocó en la estufa a 105 °C durante 1 h. Pasado este tiempo, se enfrió en deseCADORA para su pesada final. La determinación se realizó por triplicado para cada extracto. El contenido de sólidos totales se expresó en mg mL⁻¹ y se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Sólidos Totales} = M_2 - M_1 \quad [1]$$

Donde:

M₁: Masa de la cápsula vacía M₂:

Masa de cápsula llena y seca

• **Determinación de pH**

La determinación del pH de los extractos se realizó mediante la utilización de un pHmetro/conductímetro (pH/Cond 340i) con electrodo de Calomell.

• **Determinación del contenido de fenoles totales**

El contenido de fenoles totales se determinó por el método de Folin-Ciocalteu (Chlopicka *et al.*, 2012). Se pesaron 50 mg de ácido gálico y se disolvieron en 10 mL de agua destilada. A partir de esta solución madre se prepararon concentraciones de 0,1; 0,2; 0,4; 0,6 y 0,8 y 1,0 mg/mL de ácido gálico. De cada una de estas concentraciones se tomó 20 µL y se mezclaron con 1580 µL de agua destilada, 100 µL del reactivo Folin Ciocalteu y 300 µL de Na₂CO₃. La mezcla se incubó durante 30 min y se leyó posteriormente en

espectrofotómetro a una longitud de onda de 760 nm construyéndose luego la curva de calibración. Para las muestras se procedió de la misma manera. Todos los ensayos se realizaron por triplicado. El contenido de fenoles totales se expresó en mg equivalentes de ácido gálico por g de extracto seco (mg Eq AG/g de extracto).

- **Determinación del contenido de flavonoides totales**

El método utilizado fue una modificación al descrito por Chang *et al.* (2002) y Pourmorad *et al.* (2006). Como patrón de referencia para la elaboración de la curva de calibración se empleó la quercetina, de esta se pesaron 10 mg y se disolvieron en etanol al 80 % para preparar concentraciones de 0,025; 0,050 y 0,100 mg mL⁻¹. Se mezclaron 0,5 mL de la solución estándar y los extractos con 1,5 mL de etanol 95 %, 0,1 mL de cloruro de aluminio al 10 %, 0,1 mL de acetato de potasio, 1M y 2,8 mL de agua destilada. Posteriormente la mezcla se incubó a 30 °C protegida de la luz durante 30 min. Luego la absorbancia fue medida con espectrofotómetro a una longitud de onda de 415 nm. Como blanco se utilizó 0,5 mL de agua destilada más el resto de los reactivos utilizados en la técnica.

- **Determinación de proteínas solubles totales**

La determinación se llevó a cabo mediante el método descrito por Bradford (1976) empleando como estándar de referencia la albúmina de suero bovino (BSA) a una concentración de 1 mg mL⁻¹. Se añadió 1 mL de reactivo Bradford a 100

µL de extracto respectivamente. La mezcla se incubó a 30 °C en la oscuridad y se midió la absorbancia a 595 nm en espectrofotómetro. El procedimiento se realizó por triplicado.

- **Determinación de carbohidratos solubles totales**

La determinación se llevó a cabo mediante el método del fenol-sulfúrico descrito por Dubois *et al.* (1956). Para la determinación se tomaron 200 µL de extracto y se mezclaron con 200 µL de una disolución de fenol al 5 % y 1 mL de ácido sulfúrico concentrado. La mezcla se agitó vigorosamente con ayuda del vórtex y luego las muestras se colocaron en un baño de calentamiento a 100 °C por 5 min. Finalmente, las muestras se incubaron a 30 °C en la oscuridad y se midió la absorbancia con espectrofotómetro a una longitud de onda de a 487 nm.

El procedimiento se realizó por triplicado. El contenido de azúcares solubles totales se expresó como equivalentes de D (+) galactosa en mg por g de extracto seco (mg Eq G/g extracto).

- **Determinación de β-caroteno**

La concentración de β-caroteno fue estimada según el método descrito por Nagata y Yamashita (1992), método muy sencillo y rápido que consiste en la determinación espectrofotométrica a los extractos obtenidos, con protección luminosa y por triplicado, midiendo la absorbancia a las longitudes de onda siguientes: 453, 505 y 663 nm en espectrofotómetro. Estos valores fueron utilizados para calcular la concentración de

β -caroteno basados en la ley de Lambert-Beer (expresado en mg/100 mL) y los coeficientes de absorbancia tomados de la citada literatura a partir de la ecuación:

$$\beta\text{-caroteno} = 0,216 * A_{663} - 0,304 * A_{505} + 0,452 * A_{453} \quad [2]$$

• **Determinación del contenido de clorofilas a y b.**

El contenido de las clorofilas a y b fue determinado mediante una modificación al método propuesto en el *Handbook of Food Analytical Chemistry* (Waterhouse *et al.* 2005) consistente en la determinación espectrofotométrica al extracto obtenido a partir de 0,5 g del material vegetal seco y molido en 5 mL de metanol (Spectrosol, MERCK) con protección luminosa y por triplicado.

La absorbancia fue medida con espectrofotómetro a longitudes de onda de 665 y 652 nm y estos valores fueron utilizados para calcular la concentración de clorofila a (C_a) y clorofila b (C_b) basados en la ley de Lambert-Beer expresados en $\mu\text{g/mL}$ y los coeficientes de absorbancia tomados de la citada literatura a partir de las ecuaciones:

$$C_a = 16,72 * A_{665} - 9,16 * A_{652} \quad [3]$$

$$C_b = 34,09 * A_{652} - 15,28 * A_{665} \quad [4]$$

• **Contenido de fucoxantina.**

El contenido de fucoxantina fue determinado mediante el método propuesto por Seely *et al.* (1972) consistente en la determinación espectrofotométrica a los extractos obtenidos, con protección

luminosa y por triplicado, midiendo la absorbancia con espectrofotómetro a las longitudes de onda siguientes: 470, 581, 631 y 664 nm. Estos valores fueron utilizados para calcular la concentración de fucoxantina expresada en mg/g basados en la ley de Lambert-Beer y los coeficientes de absorbancia tomados de la citada literatura a partir de la ecuación:

$$\text{Fucoxantina} = A_{470} - 1,239 * (A_{631} + A_{581} - 0,3 * A_{664}) - 0,0275 * \frac{A_{441}}{141} \quad [5]$$

➤ **Evaluación de la actividad biológica de los extractos.**

Para evaluar la actividad biológica se realizó un experimento en el que se embebieron semillas de tomate cv. Elbita durante dos horas, con diferentes concentraciones (1; 2; 5 y 10 %) de los extractos. Para la germinación, las semillas se colocaron en placas Petri (20 semillas por placa y cuatro placas por tratamiento) que contenían agua destilada. Los tratamientos conformados fueron los siguientes:

- 1- Imbibición de semillas en agua destilada durante 2 h.
- 2- Imbibición de semillas en 1 % de EAS 1 durante 2 h.
- 3- Imbibición de semillas en 2 % de EAS 1 durante 2 h.
- 4- Imbibición de semillas en 5 % de EAS 1 durante 2 h.
- 5- Imbibición de semillas en 10 % de EAS 1 durante 2 h.
- 6- Imbibición de semillas en 1 % de EAS 2 durante 2 h.
- 7- Imbibición de semillas en 2 % de EAS 2 durante 2 h.
- 8- Imbibición de semillas en 5 % de EAS 2 durante 2 h.

- 9- Imbibición de semillas en 10 % de EAS 2 durante 2 h.
 10- Imbibición de semillas en 1 % de EES durante 2 h.
 11- Imbibición de semillas en 2 % de EES durante 2 h.
 12- Imbibición de semillas en 5 % de EES durante 2 h.
 13- Imbibición de semillas en 10 % de EES durante 2 h.

Las placas se colocaron en la cámara de germinación a 28 °C por diez días, evaluándose el número de semillas germinadas por placa a las 24, 48, 72 y 144

horas, con lo que se determinó el porcentaje final de germinación, y a los diez días se tomaron las muestras para determinar, en una balanza analítica, la masa seca de las radículas (40 radículas por tratamiento, ocho muestras de cinco radículas cada una), después del secado en la estufa a 60 °C. Para el procesamiento de los datos, se calcularon las medias, las desviaciones estándar y los intervalos de confianza a $\alpha=0,05$, mediante el programa estadístico Excel, Windows 10 Pro.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización química de los extractos

En la tabla 1 se muestran algunas características físico-químicas de los tres extractos obtenidos.

Tabla 1. Determinaciones físico-químicas de los extractos de Sargazo. **Leyenda:** EAS 1: Extracto acuoso a partir del material fresco en proporción 1:6 masa: solvente; EAS 2: Extracto acuoso a partir del material seco y molido en proporción 1:25; EES: Extracto hidroalcohólico a partir de material seco y molido en proporción 1:20; ND: No detectada.

Determinaciones	EAS 1	EAS 2	EES
Características organolépticas	Líquido transparente color ámbar	Líquido transparente color ámbar oscuro	Líquido transparente color pardo claro
Sólidos solubles (mg mL⁻¹)	3,4 ±0,46	1,3 ±0,46	0,6 ±0,23
pH	8,45	7,95	7,60
Salinidad (UPS)	0,9	ND	ND

Fuente: elaboración propia.

El contenido de sólidos solubles en los extractos es bajo, esto puede deberse a la proporción material vegetal/disolvente utilizada para la extracción de los metabolitos.

Por otro lado, de forma general los valores de pH son cercanos a 8 por lo que

se pueden clasificar como ligeramente básicos. Un nivel de pH bajo perjudica la absorción de elementos como el K, Ca, Mg y Mo.

También puede incrementar la toxicidad debido a que algunos oligoelementos se absorben muy fácilmente. Mientras que, un pH demasiado

alto puede evitar que la planta absorba fosfatos y oligoelementos (Japa-Cando *et al.* 2020).

En el caso de la salinidad resultó cercana a cero en el extracto acuoso (1:6) y en los demás fue cero, lo que sugiere que fue eficiente el proceso de lavado del alga antes de su utilización. Esto es de gran importancia ya que la salinidad puede afectar la germinación de las semillas, ya

sea creando un estrés osmótico que impide que la semilla absorba agua o mediante los efectos tóxicos de los iones de sodio y cloruros en la semilla en germinación.

En este estudio se realizó además la caracterización química cuantitativa de los metabolitos primarios y secundarios presentes en los extractos y la determinación del contenido de pigmentos de los mismos (Tabla 2).

Tabla 2. Concentración de proteínas solubles totales, carbohidratos, fenoles, flavonoides y pigmentos de los diferentes extractos de Sargazo. **Leyenda:** EAS 1: Extracto acuoso a partir del material fresco en proporción 1:6 masa: solvente; EAS 2: Extracto acuoso a partir del material seco y molido en proporción 1:25; EES: Extracto hidroalcohólico a partir de material seco y molido en proporción 1:20

	EAS 1		EAS 2		EES	
	mg /g ± SD	%	mg /g ± SD	%	mg /g ± SD	%
Compuestos fenólicos	23,25± 0,63	2,32	255,48±1,02	25,50	277,16±1,03	27,7
Flavonoides totales	6,64±0,41	0,64	49,67±0,14	4,97	26,34±1,04	2,63
Proteínas solubles	22,59±0,37	2,26	41,71±0,24	4,17	5,87±0,44	0,59
Carbohidratos Solubles	7,00±0,56	0,70	301,53±0,00	30,15	497,17±5,95	49,72
β-caroteno	0,0004±0,0	4x10 ⁻⁵	3,61±0,00	0,36	1,78±0,00	0,18
Clorofila a/ Clorofila b	0,19±0,02/ 0,47±0,02	0,02/0, 05	1,46±0,005/ 2,22±0,03	0,15/0, 22	0,42±0,005/ 1,2±0,027	0,042/0, 12
Fucoxantina	0,08±0,006	0,008	0,66±0,001	0,07	0,40±0,002	0,01

Fuente: elaboración propia.

Los valores de compuestos fenólicos obtenidos para los extractos acuosos y etanólico coinciden con lo descrito por van Hees *et al.* (2017) para especies del género *Sargassum*, con un rango entre 20 y 30 % de estos compuestos. Esto no ocurre de igual modo con el extracto elaborado en proporción 1:6, lo que puede deberse a la ineficiencia en el método de extracción al usar el material algal fresco y no seco y molido como en el caso de los otros dos extractos analizados.

En cuanto al contenido de flavonoides, se observó una diferencia notable entre los extractos, siendo el extracto acuoso (1:25) el de mayor contenido de éstos.

El contenido de proteínas en algas pardas dependiendo de la estación del año, oscila entre 3 y 16 % (Tiwari & Troy 2015), el extracto acuoso procedente del alga seca y molida es el único que se encuentra dentro del rango establecido con 4,17 %.

El contenido de carbohidratos en *Sargassum* puede alcanzar hasta el 68 % (Tiwari & Troy 2015). En este estudio se confirma que el componente mayoritario de los extractos procedentes del polvo seco y molido son los carbohidratos, destacándose el extracto hidroalcohólico que en este caso alcanzó casi un 50 % seguido de los fenoles totales.

En un estudio realizado por Sivasangari *et al.* (2010), se determinó el contenido de proteínas, azúcares

reductores, compuestos fenólicos y clorofilas *a* y *b* de varios extractos elaborados con *Sargassum wightii*. El contenido de proteínas para cada uno de estos extractos es menor que el obtenido en el presente estudio para el extracto acuoso pero superior al valor obtenido para el extracto hidroalcohólico. En cuanto al contenido de azúcares, los extractos elaborados con *Sargassum wightii* poseen menor concentración que los evaluados en esta investigación.

En el extracto procedente del alga fresca, el contenido de metabolitos es bajo respecto a lo reportado por Tiwari y Troy (2015) para especies del mismo género, los flavonoides, los carbohidratos y los pigmentos no rebasan el 8 % del contenido del extracto. Esto puede deberse al método usado para la extracción de los mismos. En este caso el material vegetal no fue secado y molido lo que hace más difícil la salida de los metabolitos hacia el disolvente de extracción. En este extracto predominaron los fenoles y las proteínas solubles.

Por otro lado, en los extractos procedentes del polvo seco y molido, los carbohidratos, fenoles, flavonoides y proteínas constituyeron aproximadamente el 65 % y 80 % del contenido de los extractos acuoso e hidroalcohólico, respectivamente. En ambos casos predominaron los carbohidratos, destacándose el extracto alcohólico con casi un 50 %.

Actividad biológica de los extractos

Los resultados de los indicadores de la germinación y crecimiento inicial de las plántulas para evaluar el efecto de las

diferentes concentraciones de los extractos en las semillas de tomate cv. Elbita se muestran en las figuras 1, 2 y 3.

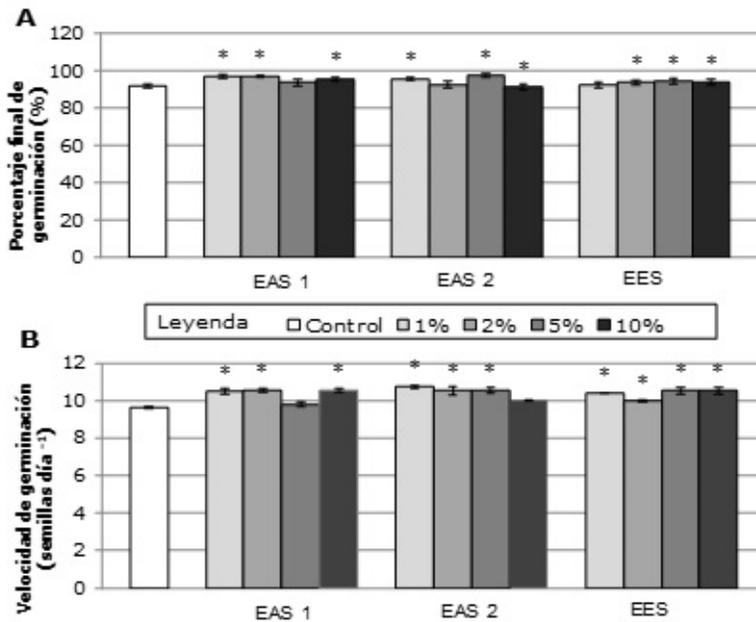


Figura 1. Influencia de la imbibición de semillas de tomate cv. Elbita por 2 h en diferentes extractos de *Sargassum* spp.

Leyenda: A-en el porcentaje final de germinación; B-la velocidad de germinación. (Medias \pm intervalos de confianza); *Representa los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$; EAS 1: Extracto acuoso a partir del material fresco en proporción 1:6 masa: solvente; EAS 2: Extracto acuoso a partir del material seco y molido en proporción 1:25; EES: Extracto hidroalcohólico a partir de material seco y molido en proporción 1:20

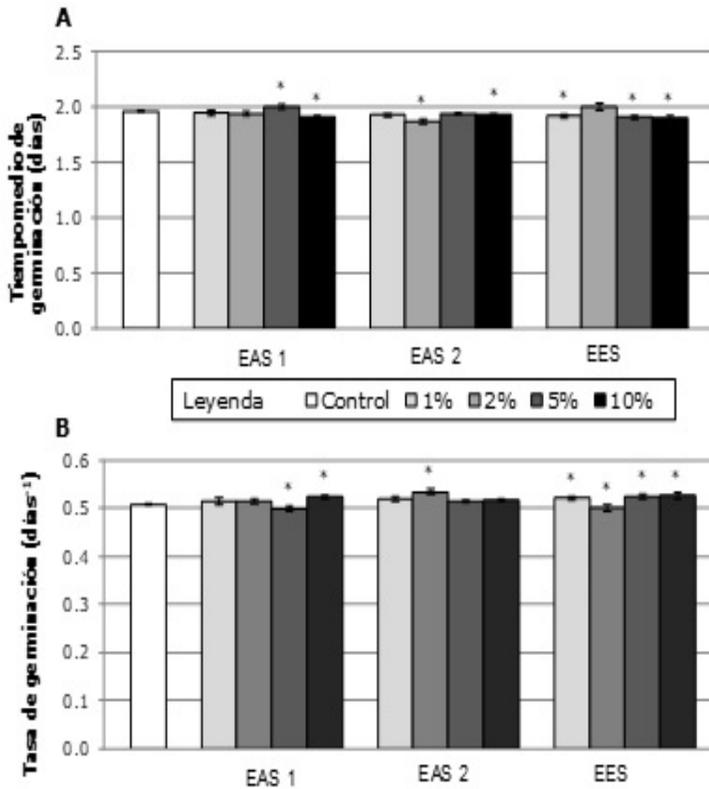


Figura 2. Influencia de la imbibición de semillas de tomate cv. Elbita por 2 h en diferentes extractos de *Sargassum* spp.

Leyenda: A-en el tiempo medio; B-la tasa de germinación (Medias \pm intervalos de confianza).

*Representa los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$.

EAS 1: Extracto acuoso a partir del material fresco en proporción 1:6 masa: solvente; EAS 2: Extracto acuoso a partir del material seco y molido en proporción 1:25; EES: Extracto hidroalcohólico a partir de material seco y molido en proporción 1:20

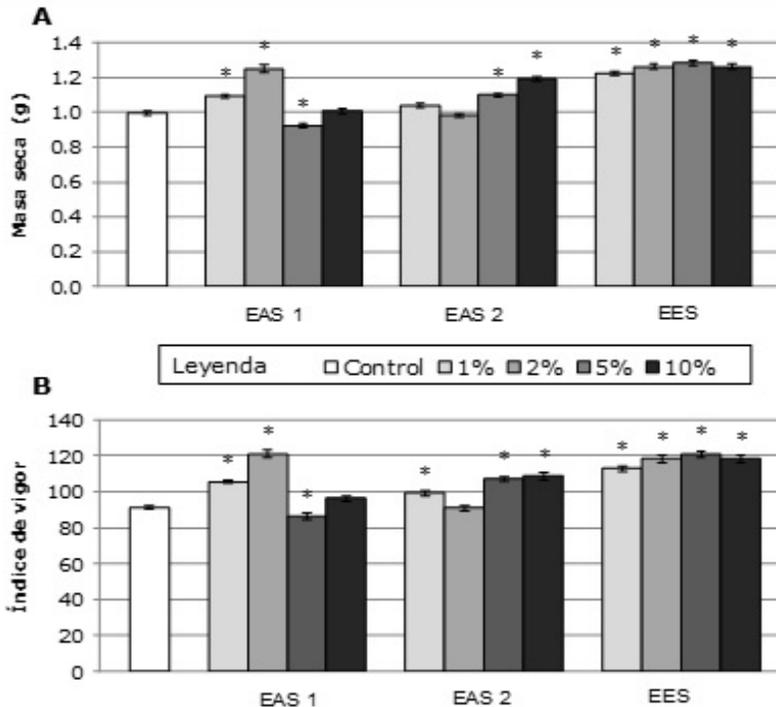


Figura 3. Influencia de la imbibición de las semillas por 2 h en diferentes extractos de *Sargassum* spp.

Leyenda: A -en la masa seca; B-en el índice de vigor (B) de plántulas de tomate cv. Elbita. (Medias \pm intervalos de confianza); *Representa los tratamientos que difieren significativamente del tratamiento control según intervalo de confianza a $\alpha=0,05$; EAS 1: Extracto acuoso a partir del material fresco en proporción 1:6 masa: solvente; EAS 2: Extracto acuoso a partir del material seco y molido en proporción 1:25; EES: Extracto hidroalcohólico a partir de material seco y molido en proporción 1:20.

Los resultados de la evaluación de la actividad biológica mostraron que la concentración más baja utilizada de los tres extractos fue capaz de estimular la velocidad de germinación y el índice de vigor de las plántulas. Por otra parte, el extracto hidroalcohólico a esa concentración también estimuló el tiempo medio de germinación, la tasa de germinación y la masa seca; mientras que el EAS 1 estimuló, además, el porcentaje final de germinación y la masa seca.

El EES fue más efectivo puesto que con la menor concentración fue capaz de

estimular casi todos los indicadores evaluados, seguido de EAS 1 y por último EAS 2 que necesitó 2 y 5 % para estimular el tiempo medio de germinación y la masa seca, respectivamente.

Estos resultados concuerdan con varios estudios que describen los efectos beneficiosos de los extractos del género *Sargassum*. Al evaluar el efecto del extracto de *Sargassum tenerrimum* sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) se obtuvo que los mejores resultados se alcanzaron con la concentración de 0,6 % (Sasikala *et al.*, 2016).

También se demostró, que el tratamiento de semillas de tomate con diferentes concentraciones de un extracto acuoso de *Sargassum fluitans* estimuló el crecimiento de las radículas, donde la concentración de 1,5 % fue la más efectiva (Martínez *et al.*, 2022). Al evaluar fertilizantes sólidos de *Sargassum crassifolium* en arroz se observó un aumento en la altura de la planta, así como el número de vástagos y el número de hojas (Sunarpi *et al.*, 2019).

Una investigación realizada sobre el efecto que tenían diferentes extractos líquidos de *Sargassum* sp., ácido, alcalino y acuoso, sobre la germinación y el crecimiento temprano del maíz demostró

que todos los extractos lograron mejorar el crecimiento de los brotes y las raíces de las plantas (Fitriyah *et al.*, 2022).

Por otra parte, la imbibición de semillas de *Vicia faba* y *Helianthus annuus* en un extracto acuoso de *Sargassum polycystum* mejoró todos los criterios de germinación y crecimiento para ambas plantas (Mohammed *et al.*, 2023).

Además, al aplicar diferentes concentraciones de un extracto acuoso de *Sargassum crassifolium*, en *Vigna unguiculata* L. se obtuvo que la concentración de 20 % fue la mejor, incrementando significativamente la masa seca, la altura y el área foliar (Vijayarasa *et al.*, 2019).

CONCLUSIONES

La caracterización de los extractos obtenidos dio como resultado un mayor contenido de metabolitos en los elaborados a partir del alga molida comparado con el elaborado a partir del sargazo fresco.

La evaluación de la actividad biológica mostró que todos los extractos estudiados influyeron significativamente en los índices

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al proyecto PS131LH004-00X13 "Bioestimulantes a base de extractos de algas para el aumento de los rendimientos y la calidad de cultivos de importancia económica", financiado por el

de germinación y crecimiento evaluados, siendo el más efectivo el EES puesto que con la menor concentración fue capaz de estimular casi todos los indicadores evaluados.

Programa Sectorial de Desarrollo y uso sostenible de bioinsumos agrícolas y veterinarios del Ministerio de Agricultura de Cuba, por los recursos financieros para la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2021). Biostimulant Properties of Seaweed Extracts in Plants: Implications towards Sustainable Crop Production. *Plants*, *10*, 531. <https://doi.org/10.3390/plants10030531>
- Arencibia, G., Irañeta, J.M., Morell, J., & Moreira, A.R. (2020). Arribazones de *Sargassum* en la costa norte occidental de Cuba. *JAINA Costas y Mares ante el Cambio Climático*, *2*(1), 19-30. <http://hdl.handle.net/1834/41683>
- Bradford, M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Anal Biochemistry*, *72*, 248-254.
- Chang, C.C., Yang, M.H., Wen, H.M., & Chern, J.C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, *10*(3). <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>
- Chlopicka, J., Pasko, P., Gorinstein, S., Jedryas, A. & Zagrodzki, P. (2012). Total phenolic and total flavonoid content, antioxidant activity and sensory evaluation of pseudocereal breads. *LWT - Food Science and Technology*, *46*(2), 548-555.
- Dubois, M.K., Gilles, A., Hamilton, J.K., Rebersand, P.A., & Smith, F. (1956). Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Anal. Chem*, *28*, 350-356.
- Espinosa-Antón, A.A., Hernández-Herrera, R.M., & González, M. (2020). Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Bioteología Vegetal*, *20*(4), 257-282. <https://revista.ibp.co.cu>
- Fitriyah, F., Abdul, A.M., Wahyuni, S., Fadila, H., Luktyansyah, I.M., Sulastri, S., Priyono, P., & Siswanto, S. (2022). Biostimulant Activity of *Sargassum* sp. Extracts on Early Growth of *Zea mays* L. and the Phytohormones Content Analysis. *Journal of Tropical Biodiversity and Biotechnology*, *7*(02) p. jtbb69178, <http://dx.doi.org/10.22146/jtbb.69178>
- Japa-Cando, J.V., Osorio-Rivera, M.A., Carrillo-Barahona, W.E., & Negrete-Costales, J.H. (2020). Estudio del pH del suelo en una finca ubicada en Huambi, Morona Santiago. *Polo del Conocimiento*, *5*(03), pp. 438-450. <http://dx.doi.org/10.23857/pc.v5i3.1343>
- Kaladharan, P., Subramannian, S., Anjelo, P., Thulasidharan, A., & Vysakhan, P. (2021). Mulching brown seaweed *Sargassum wightii* during transplant on the growth and yield of paddy. *Journal of the Marine Biological Association of India*, *63*(1), 117-121. <http://dx.doi.org/10.6024/jmbai.2021.63.1.2244-17>

- Mahmoud, S.H., Salama, D.M., El-Tanahy, A.M., & Abd El-Samad, E.H. (2019). Utilization of seaweed (*Sargassum vulgare*) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences*, 64, 167-175. <https://www.researchgate.net/publication/337728526>
- Martínez-González, L., Pérez-Domínguez, G., López-Padrón, I., Reyes-Guerrero, Y., & Núñez-Vázquez, M.C. (2022). Efecto de un extracto de *Sargassum fluitans* sobre la germinación de semillas de tomate. *Cultivos Tropicales*, 43(2) e11 <http://ediciones.inca.edu.cu>
- Mohammed, S., El-Sheekh, M.M., Hamed, A. S., Al-Harbi, M., Elkelish, A., & Nagah, A. (2023). Inductive role of the brown alga *Sargassum polycystum* on growth and biosynthesis of imperative metabolites and antioxidants of two crop plants. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1136325. <http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2023.1136325>
- Nagata, M., & Yamashita, I. (1992). Simple method for simultaneous determination of chlorophyll and carotenoids in tomato fruit. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaish*, 39, 925–928.
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S.J., & Shahabimajd, N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African Journal of Biotechnology*, 5(11), 1142-1145. <http://www.academicjournals.org/AJ B>
- Radjassegarin, A. & Perumal, A. (2021). Synergetic effects of seaweed extract and Rhizobium on cowpea. *Natural Resources for Human Health*, 1(1), 43-50. <https://doi.org/10.53365/nrfhh/141292>
- Sasikala, M., Indumathi, E., Radhika, S., & Sasireka, R. (2016). Effect of Seaweed Extract (*Sargassum tenerrimum*) on Seed Germination and growth of Tomato Plant (*Solanum lycopersicum*). *International Journal of ChemTech Research*, 9(09), 285-93. www.sphinxsai.com
- Seely, G.R., Duncan, M.J., & Vidaver, W.E. (1972). Preparative and analytical extraction of pigments from brown algae with dimethyl sulfoxide. *Marine Biology*, 12, 184-188.
- Sivasangari Ramya, S., Nagaraj, S., & Vijayanand, N. (2010). Biofertilizing efficiency of brown and green algae on growth, biochemical and yield parameters of *Cyamopsis tetragonoloba*. *Recent Research in Science and Technology*, 2(5), 45-52.
- Sunarpi, H., Ansyarif, F., Putri, F., Azmiati, S., Nufus, N., Widyastuti, S., & Prasedya, E. (2019). Effect of Indonesian Macroalgae based solid and liquid fertilizers on the growth and yield of rice (*Oryza sativa*). *Asian*

Journal of Plant Sciences, 18, 15–20.

<https://doi.org/10.3923/ajps.2019.1>

[5.20](#)

Sunarpi, H., Nikmatullah, A., Sunarwidhi, A.L., Ambana, Y., Ilhami, T.K., Widyastuti, S., Hernawan, A., & Prasedya, E. (2020). Effect of Solid and Liquid Extracts of Lombok *Sargassum cristafolium* on Growth and Yield of Rice Plants (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Biologi Tropis*, 20(3), 320–328.

[http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v20i3.](http://dx.doi.org/10.29303/jbt.v20i3.2048)

[2048](#)

Tiwari, B., & Troy, D. (2015). *Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications*. 1st ed.; Academic Press: Amsterdam, The Netherlands.

Van Hees, D., Olsen, Y., Wernberg, T., Van Alstyne, K., & Kendrick, G. (2017). Phenolic concentrations of brown seaweeds and relationships to nearshore environmental gradients in Western Australia. *Marine Biology; Heidelberg*, 4, 1-13.

[http://dx.doi.org/10.1007/s00227-](http://dx.doi.org/10.1007/s00227-017-3115-z)

[017-3115-z](#)

Valdés-Iglesias, O., Díaz, N., Cabranes, Y., Acevedo, M.E., Areces, A.J., Graña, L. & Díaz, C. (2003). Macroalgas de la plataforma insular cubana como fuente de extractos bioactivos. *Avicennia*, 16, 36-45.

<http://hdl.handle.net/1834/2918>

Vijayarasa, K., Somasundaram, S., & Shanmugalingam, S. (2019). Effects of natural and commercially available seaweed liquid extracts on growth

and yield of *Vigna unguiculata* L.

Asian Journal of Biological Sciences, 12, 487-491.

[http://dx.doi.org/10.3923/ajbs.2019.](http://dx.doi.org/10.3923/ajbs.2019.487.491)

[487.491](#)

Waterhouse, A. (2005). Determinations of total phenolics. En RE Wrolstad, TE Acree, EA Decker, MH Penner, DS Reid, SJ. Schwarts (Eds.) *Handbook of Food Analytical Chemistry*. pp. 463-470.

Yao, Y., Wang, X., Chen, B., Zhang, M., & Ma, J. (2020). Seaweed Extract Improved Yields, Leaf Photosynthesis, Ripening Time, and Net Returns of Tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *ACS Omega*, 5(8), 4242-4249.

[http://dx.doi.org/10.1021/acsomega.](http://dx.doi.org/10.1021/acsomega.9b04155)

[9b04155](#)

Zafar, A., Ali, I., & Rahayu, F. (2022) Marine seaweeds (biofertilizer) significance in sustainable agricultural activities: A review. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 974, 012080.

[http://dx.doi.org/10.1088/1755-](http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/974/1/012080)

[1315/974/1/012080](#)

CONTRIBUCIÓN DE AUTORES

Gutierrez Almeida, A.: revisión bibliográfica, redacción del manuscrito, análisis estadístico, ajustes de manuscrito.

Núñez Vázquez, M. de la C.: conceptualización, revisión y asesoría

Reyes Guerrero, Y.: conceptualización del proyecto, metodología, asesoría general.

Acosta Suárez, Y.: recogida de datos, análisis estadístico, revisión de manuscrito, ajustes.

Hernández Rivera, Y.: metodología, recogida de datos, gráficos.

CONFLICTOS DE INTERÉS

Los autores no declaran conflictos de interés con la publicación de este artículo.

Avances journal assumes the Creative Commons 4.0 international license