



Métodos para la obtención de extractos de macroalgas y cianobacterias, evaluación de sus actividades biológicas

Methods for obtaining extracts of macroalgae and cyanobacteria, evaluation of their biological activities

 Anaysa Gutierrez Almeida*,  Yanelis Reyes Guerrero,  Miriam de la C. Núñez Vázquez

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), carretera San José-Tapaste, km 3½, Gaveta Postal 1, CP 32 700, San José de las Lajas, Mayabeque, Cuba.

RESUMEN: El incremento en el rendimiento y la productividad de los cultivos es uno de los desafíos que experimentan los agricultores en la época actual. La utilización inadecuada de productos químicos en la agricultura ha ocasionado la pérdida de la capa fértil de los suelos, ha disminuido su biodiversidad y ha ido eliminando a los enemigos naturales de las plagas. Por esta razón, se ha hecho necesaria la búsqueda de otras alternativas para lograr este fin, como es el caso de la utilización de los extractos de macroalgas y cianobacterias como bioestimulantes vegetales. Estos contienen una amplia variedad de sustancias promotoras del crecimiento de las plantas, tales como auxinas, citoquininas, betaínas, giberelinas y sustancias orgánicas como aminoácidos, macronutrientes y oligoelementos que mejoran el rendimiento y la calidad de los cultivos. Con esta revisión se propone abordar los diferentes métodos para la obtención de los extractos de macroalgas del género *Sargassum* spp. y de cianobacterias del género *Arthrospira*, así como la evaluación de sus actividades biológicas en procesos fisiológicos como la germinación, el desarrollo del sistema radical y el aumento del rendimiento.

Palabras clave: bioestimulantes, crecimiento, cultivos, fitohormonas.

ABSTRACT: The increase in the yield and productivity of crops is one of the challenges that farmers experience today. The inappropriate use of chemical products in agriculture has caused the loss of the fertile layer of the soil, has diminished its biodiversity and has been eliminating the natural enemies of pests. For this reason, it has become necessary to search for other alternatives to achieve this goal, such as the use of macroalgae and cyanobacteria extracts as plant biostimulants. They contain a wide variety of plant growth-promoting substances, such as auxins, cytokinins, betaines, gibberellins, and organic substances such as amino acids, macronutrients, and trace elements that improve crop yield and quality. With this review, it is proposed to address the different methods for obtaining extracts from macroalgae of the genus *Sargassum* spp. and cyanobacteria of the genus *Arthrospira*, as well as the evaluation of their biological activities in physiological processes such as germination, the development of the root system and the yield increase.

Key words: biostimulant, growth, crops, phytohormones.

*Autor para correspondencia: anaysa@inca.edu.cu

Recibido: 10/10/2021

Aceptado: 08/06/2022

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflicto de intereses

Contribución de los autores: **Conceptualización-** Miriam de la C. Núñez Vázquez, Yanelis Reyes Guerrero, Anaysa Gutierrez Almeida.

Registro de la información y su procesamiento- Yanelis Reyes Guerrero, Anaysa Gutierrez Almeida. **Organización de la escritura por temas -** Miriam de la C. Núñez Vázquez, Yanelis Reyes Guerrero, Anaysa Gutierrez Almeida. **Escritura del documento-** Anaysa Gutierrez Almeida. **Revisión y arreglo del borrador inicial-** Yanelis Reyes Guerrero, Anaysa Gutierrez Almeida. **Revisión y arreglo del segundo borrador-** Miriam de la C. Núñez Vázquez, Anaysa Gutierrez Almeida. **Revisión y aprobación del último borrador-** Miriam de la C. Núñez Vázquez, Yanelis Reyes Guerrero, Anaysa Gutierrez Almeida.

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/>



INTRODUCCIÓN

Las algas son organismos vegetales, unicelulares o pluricelulares, autótrofos y ocupan el primer eslabón de la cadena alimenticia en el ambiente acuático. Pueden habitar en agua dulce, salada o fuera del agua en lugares húmedos, como las rocas costeras. Existen en gran variedad, tienen diferentes formas y colores. Se reproducen de forma sexual o asexual por fragmentación o división. De acuerdo a su tamaño se dividen en dos grandes grupos: macroalgas, las de mayor tamaño y microalgas las más pequeñas (1).

Las macroalgas son definidas como organismos eucariotas, fotosintéticos, multicelulares y con una enorme variedad de morfologías y ciclos de vida. Algunas de las características en las que se basan los criterios para la agrupación de éstas son los caracteres citológicos (niveles de organización), bioquímicos (pigmentos, composición de la pared celular) y reproductivos (ciclos y estructuras reproductivas). La mayoría de las especies se encuentran agrupadas dentro de los *Phylum Chlorophyta* (verdes), *Rhodophytas* (rojas) y *Ochrophyta* (pardas). En Cuba, abunda una gran variedad de macroalgas, entre las que se encuentran: *Amphiroa*, *Galaxaura*, *Lobophora*, *Dictyota*, *Halophila* y *Sargassum* (2).

Por otra parte, las cianobacterias, que han sido conocidas por largo tiempo como algas verdes -azules, recientemente, los análisis morfológicos y genéticos las han situado entre las bacterias gram-negativas y son microorganismos cuyas células miden sólo unos micrómetros de diámetro, pero su longitud es muy superior a la de la mayoría de las otras bacterias. Dentro de ellas, se encuentra la Spirulina, perteneciente al género *Arthrospira* y se han estudiado tres especies de Spirulina comestible por su alto valor nutricional y propiedades terapéuticas potenciales, que son *Arthrospira platensis*, *Arthrospira maxima* y *Arthrospira fusiformis* (3). Para su desarrollo requieren CO₂, nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y otros nutrientes menores como metales. Su masa seca incluye entre el 60-70% de proteínas, carbohidratos, vitaminas como provitamina A, vitamina C, vitamina E, minerales como hierro, calcio, cromo, cobre, magnesio, manganeso, fósforo, potasio, sodio y zinc, ácidos grasos esenciales. También, están presentes pigmentos como la clorofila a, la ficocianina y los carotenos (4).

En años recientes, los productos naturales a base de esta macroalga y cianobacteria se han utilizado como sustitutos agroquímicos y han adquirido gran importancia por los beneficios que estas 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. Dichos productos se encuentran principalmente comercializados como biofertilizantes por su alto contenido de macronutrientes y micronutrientes o como bioestimulantes por contener, entre otros compuestos,

hormonas promotoras de crecimiento y minerales, como es el caso de los extractos de *Sargassum* y Spirulina (1-4).

Por lo expuesto anteriormente, esta revisión bibliográfica tiene como objetivo dar una visión general y actualizada sobre los métodos utilizados para la obtención de extractos de sargazos y Spirulina, así como la evaluación de sus actividades biológicas.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA SPIRULINA (*ARTHROSPIRA* SPP.)

La Spirulina, perteneciente al género *Arthrospira* y a la familia *Oscillatoriaceae*, es una cianobacteria microscópica azul-verdosa con carácter multicelular, donde el color azul procede de la ficocianina presente y el verde de la clorofila. Deriva su nombre de la naturaleza espiral de sus filamentos en hélice abierta (tricomas). Se ha convertido en objeto de estudio científico debido a su biodisponibilidad de nutrientes, ya que entre el 85-95 % son asimilables (5). Presenta células cilíndricas y una membrana plasmática que se encuentra rodeada por una pared celular pluriestratificada, que posee una serie de poros alrededor del tricoma, ésta a su vez, está envuelta por una cápsula o vaina compuesta de polisacáridos. La pared celular está formada por mucopolisacáridos blandos, lo cual facilita la asimilación de nutrientes (5, 6).

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL SARGAZO (*SARGASSUM* SPP.)

Sargassum spp. es un género de algas macroscópicas que pertenece al grupo *Phaeophyta* o macroalgas pardas, las cuales tienen una pared celular constituida de un esqueleto fibroso y una matriz amorfa, que está unida al esqueleto fibroso, a través de enlaces de hidrógeno. El término Sargazo agrupa varias especies de macroalgas pardas dentro del género *Sargassum*, como *Sargassum vulgare*, *Sargassum filipéndula*, *Sargassum fluitans*, *Sargassum natans*, *Sargassum cymosum* o *Sargassum wightii*, entre otras. Son de gran tamaño y su estructura está dividida en las clásicas rizoides, estipes y láminas, análogas a las raíces, tallos y hojas de las plantas vasculares (7).

Las algas del género *Sargassum* se distribuyen a lo largo de zonas tropicales y templadas, y contribuyen, significativamente, a la biomasa de muchas áreas costeras. Poseen una gran capacidad de crecimiento y reproducción debido a entre otros factores, a su capacidad de 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 formando pequeñas o grandes arribazones (7, 8).

MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LOS EXTRACTOS

Los extractos se pueden obtener por procesos físicos, químicos y microbiológicos y pueden ser utilizables en cualquier campo de la industria química y médico-farmacéutica (9). En el esquema de la **Figura 1** se muestran los métodos más significativos de obtención de los extractos (10).

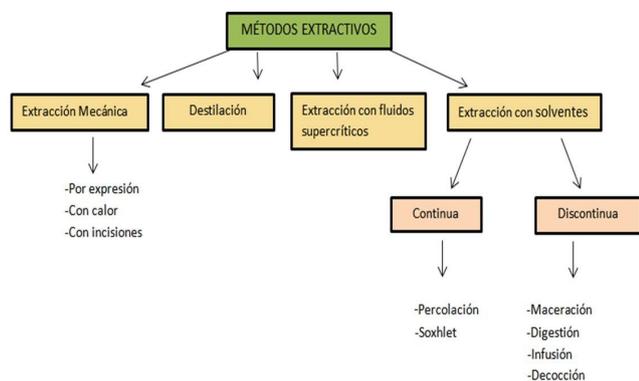


Figura 1. Métodos utilizados en la obtención de extractos de Sargazo y Spirulina

El método más utilizado para la obtención de extractos con fines agrícolas es la extracción con solventes, este método consiste en la separación de los principios activos del alga al ponerla en contacto con un solvente o la mezcla de ellos, capaz de solubilizar dichos principios. Esta extracción puede ser continua o discontinua, siendo el método por maceración el que más se utiliza en la agricultura y se basa en remojar el material de partida, debidamente fragmentado en un solvente (agua, etanol, etc.), hasta que éste penetre y disuelva las porciones solubles (9).

CLASIFICACIÓN DE LOS EXTRACTOS

Los extractos son preparados concentrados de consistencia sólida, líquida o intermedia, derivados generalmente de material de partida desecado, se obtienen al evaporar parcial o totalmente el disolvente en los líquidos extractivos de origen vegetal. Dependiendo del grado de concentración de solventes extractivos, los extractos pueden clasificarse en: líquidos, secos, semisólidos o crioextractos. Los más utilizados en la agricultura son los extractos líquidos, que constituyen preparaciones del material de partida que contienen alcohol como disolvente, como preservante o ambos (9, 11).

PARÁMETROS QUE INFLUYEN EN LA OBTENCIÓN DE EXTRACTOS

Es importante establecer parámetros de extracción para lograr la estandarización del proceso, esto garantizará la calidad, el rendimiento y la eficacia del producto final. A continuación, se describen los parámetros más significativos para lograr dicho fin (9).

1. Naturaleza química de la materia de partida: es indispensable conocer las propiedades o características del metabolito a extraer (9).

Con el estudio de la composición de las especies y la caracterización química del influjo de Sargazo en seis localidades diferentes a lo largo de la costa del Caribe mexicano, se obtuvo que la composición bioquímica del sargazo resultó espacialmente homogénea para la mayoría de los componentes analizados; solo el contenido de carbono, los metales de ceniza (particularmente Fe y As) y la composición isotópica cambiaron espacialmente (12).

2. Solvente: el solvente óptimo es aquel que logre extraer un mayor rendimiento del compuesto en estudio. Varios estudios se han realizado para la obtención de extractos con diferentes solventes (9).

En un estudio del efecto de varios extractos del *Sargassum* spp., obtenidos a partir de diferentes solventes: metanol, hexano, diclorometano y agua, utilizado como fertilizante sobre el crecimiento vegetal de *Capsicum annum* (Chilli) y *Solanum lycopersicum* (L.) (tomate), se obtuvo que el extracto con hexano como solvente resultó más efectivo para promover el desarrollo de las plántulas (13). Por otra parte, se han utilizado tres solventes (agua destilada, fosfato de sodio con pH 7,4 y CaCl_2 5 %) para la obtención de ficocianina, a partir de *Arthrospira platensis* y se encontró que el mayor rendimiento se alcanzó con CaCl_2 (14).

3. Temperatura: el aumento de la temperatura favorece la extracción; sin embargo, temperaturas elevadas pueden conducir a lixiviar solutos indeseables (9).

En este sentido, algunos autores trabajaron en la optimización de varios factores, entre ellos la temperatura para la obtención de antioxidantes de extractos de Spirulina, resultando como temperatura óptima 48 °C (15). En otra investigación, donde fue evaluado el potencial bioestimulante de extractos hidroalcohólicos de *Sargassum* spp. con la variación de temperatura resultó 120 °C la temperatura óptima (16).

4. Relación sólido-líquido: la proporción adecuada será la que alcance extraer la mayor cantidad del principio activo de interés (9).

Al estudiar el efecto del extracto *Sargassum tenerrimum* sobre la germinación de semillas y el crecimiento de plantas de tomate (*Solanum lycopersicum*) en concentraciones de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 y 1 %, se obtuvo que los mejores resultados se alcanzaron con la concentración de 0,6 % (17). Estudios similares fueron realizados en rábano, con extractos de *Sargassum vulgare* (18) y en *Vigna mungo* y *Vigna radiata* con *Sargassum polycystum* (19).

5. Tamaño de la partícula: el tamaño pequeño de la partícula favorece un mayor contacto entre el alga y el disolvente (9).

En cuanto al análisis del efecto del tamaño de la partícula de la muestra en la composición fitoquímica y la actividad antioxidante de la macroalga parda *Sargassum cristaefolium* se obtuvo que el tamaño de partícula más pequeño (< 45 µm) demostró la actividad antioxidante más fuerte, confirmando la importancia de la reducción del tamaño de partícula de las muestras de macroalgas para aumentar la efectividad de su actividad biológica (20).

6. Viscosidad del medio: es recomendable no utilizar solventes con viscosidad relativamente alta (9).

7. Velocidad de agitación y tiempo de extracción: estos parámetros deben ajustarse para lograr un mayor rendimiento del producto (9).

EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD BIOLÓGICA DE LOS EXTRACTOS

El efecto bioestimulante de los extractos de macroalgas se debe a la acción combinada de todos los componentes presentes en estas formulaciones. Entre ellos, los reguladores del crecimiento de las plantas son uno de los grupos con mayor actividad biológica, por lo que muchos efectos que estos provocan son hormonales (21).

Se han identificado en los extractos de Sargazos citoquininas, auxinas, ácido abscísico, giberelinas, ácido salicílico, poliaminas y etileno. Las más relevantes, en cuanto a cantidad y actividad, son las citoquininas y las auxinas. Otros compuestos identificados en los extractos y que pueden regular el crecimiento de las plantas son: rodomorfinas, jasmonatos, brasinoesteroides, estrigolactonas y betaínas. Además, estos extractos poseen otros compuestos bioactivos, que pueden inducir mecanismos de defensa en las plantas y promover el crecimiento vegetal. Por ejemplo, ácidos grasos poliinsaturados (ω -3 y ω -6), aminoácidos (alanina, glicina, valina, aspartato, glutamato, arginina, treonina), vitaminas (B, C, E y K) y esteroides (fucoesterol, ergosterol, colesterol, estigmasterol). 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 (21, 22).

Por todo lo anterior, se ha incrementado el uso de extractos de sargazos como estimuladores del rendimiento de cultivos, tales como: arroz (23-26), caupi (27, 28), rábano (18), tomate (29), quimbombó (30) y vid (31), entre otros.

La actividad bioestimulante de los extractos de cianobacterias y, en especial de Spirulina, se han asociado con el contenido de metabolitos primarios (carbohidratos, proteínas y lípidos), aminoácidos clave (arginina y triptófano), vitaminas, osmolitos como la prolina y la glicinbetaína y polisacáridos (β -glucano). Por consiguiente, identificar y seleccionar los extractos de macroalgas y cianobacterias que contengan hormonas vegetales, particularmente, auxinas y citoquininas, las cuales juegan un papel importante en la promoción del crecimiento

vegetal, el rendimiento y la respuesta de defensa de las plantas, especialmente, ante estrés abiótico, se puede considerar una oportunidad creciente de la valorización de los mismos (32).

Los efectos que la aplicación de la Spirulina ha provocado en diferentes especies vegetales han sido informados por diversos autores. Así, en *Amaranthus gangeticus*, se ha encontrado que la imbibición de las semillas y la aplicación foliar de extractos de Spirulina incrementaron los niveles de proteínas (33) y de hierro en las plantas (34). De igual forma, se informó que la imbibición de semillas de *Phaseolus aureus* y *Solanum lycopersicum* L., en extractos de esta cianobacteria, aumentó los niveles de Zn en las plantas (35).

En habichuela, la aplicación foliar de un extracto acuoso estimuló el crecimiento, las concentraciones de clorofilas, nitrógeno, fósforo y potasio; así como la cantidad y calidad de las semillas (36).

EFFECTOS HORMONALES DE LOS EXTRACTOS

Como se ha expresado anteriormente, los extractos de sargazos y Spirulina contienen hormonas vegetales, de ahí, sus efectos en la promoción del crecimiento y desarrollo de las plantas (21-32).

• Tipo auxina

Las auxinas son un tipo de fitohormonas especializadas en diferentes procesos a nivel vegetal. Dentro de las características más relevantes de las auxinas se encuentran su capacidad para inducir la formación y elongación de tallos a nivel vegetal, promover la división celular en cultivos de callos en presencia de citoquininas y tener la capacidad de inducir la producción de diferentes raíces adventicias sobre los tejidos de hojas y tallos recién cortados (37). En 2011 se utilizó el extracto acuoso de *Sargassum johnstonii* sobre plántulas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), obteniéndose que el extracto inducía el desarrollo de raíces adventicias (38).

Además, se ha investigado sobre la influencia de la concentración de extractos acuosos de sargazos en la germinación y el crecimiento de diferentes cultivos. De esta forma, se estudió el efecto que diferentes concentraciones de un extracto acuoso de *Sargassum liebmannii* ejercía en la germinación de *Pachyrhizus erosus* y los resultados demostraron que el tratamiento a las semillas durante 24 horas con la concentración de 2 % incrementó la germinación en un 25 % (39). Por otra parte, la aplicación de diferentes concentraciones de un extracto acuoso de *Sargassum crassifolium* en posturas de maíz reveló que la concentración de 20 % fue la mejor, incrementando significativamente la masa seca, la altura y el área foliar de las posturas (40). Similares resultados se obtuvieron, también, con esa misma concentración y especie de *Sargassum* en *Vigna unguiculata* L. (41). En otro estudio realizado con un extracto acuoso de *Sargassum polycystum* en posturas de *Vigna mungo* y *Vigna radiata*, se

encontró que la concentración de 3 % fue la que promovió el máximo crecimiento de las mismas (19).

La aplicación de harina seca de *Sargassum vulgare* al suelo para la siembra de semillas de cilantro, demostró que, en los tratamientos con mayor concentración de harina, la raíz principal disminuía y se incrementaban las raíces adventicias, las cuales presentaban una textura más rígida, mientras que en los tratamientos sin harina la raíz era delicada y frágil (42).

- Tipo citoquinina

Las citoquininas tienen la capacidad de estimular e inducir una alta proliferación y división celular, suelen inducir la iniciación y la elongación de las raíces y pueden retrasar la senescencia de las hojas, permitiendo estimular el desarrollo fotorfogénico vegetal y jugar un rol importante en el aumento y la generación de la producción de brotes a nivel vegetal (21).

Cuando la *Spirulina* se aplicó directamente al suelo sembrado de girasol, soya, granos verdes y maní, hubo efectos positivos sobre el crecimiento de las plantas y su rendimiento (43).

En cuanto a las algas, algunos autores compararon la bioactividad en la síntesis de clorofila del extracto acuoso de *Sargassum johnstonii* (diluciones: 0,1; 0,4 y 0,8 %) sobre cotiledones de *Cucumis sativus*, obteniendo un resultado óptimo en la dilución 0,8 % (44).

- Tipo ácido salicílico

El ácido salicílico regula los procesos de crecimiento y desarrollo de las plantas y es una molécula señal que activa los mecanismos de defensa de las plantas, ante condiciones de estrés ambiental (21). El uso de extractos acuosos de *Spirulina* y *Chlorella* spp. mejoró la tolerancia del trigo a la salinidad, la capacidad antioxidante y el contenido de proteínas de los granos enteros producidos (45).

Se comprobó, además, que la aspersión foliar con un extracto de *Spirulina* a plantas de *Vicia faba*, en el momento de la floración, redujo los efectos adversos que la salinidad provoca en las plantas, estimulando el nivel de proteínas totales, el contenido de N, P y K, así como la actividad fotosintética (46).

Varias investigaciones han demostrado la efectividad de las aplicaciones de extractos de sargazos para estimular el crecimiento y mitigar los efectos adversos inducidos por determinados estreses abióticos en las plantas. Así, el tratamiento a las semillas de trigo con un extracto de *Sargassum vulgare* estimuló la germinación en medio salino (47); mientras que, la aspersión foliar con un extracto acuoso de *Sargassum muticum* en posturas de garbanzo, mejoró los impactos negativos de la salinidad del suelo, a través de mecanismos múltiples que incluyeron un contenido iónico balanceado y una estimulación de la defensa antioxidante. Además, se identificaron aminoácidos clave (serina, treonina, prolina y ácido aspártico) en las raíces, los cuales son los responsables de la respuesta de las plantas al estrés mediada por esta macroalga (48).

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

Los principales antioxidantes en las algas son los compuestos fenólicos. Seguidamente, se encuentran las vitaminas y los carotenoides, los cuales se encuentran también en cantidades significativas (49).

Los compuestos fenólicos se encuentran, generalmente, en las plantas y los vegetales. Dentro de este gran grupo se encuentran los ácidos fenólicos, los polifenoles y los flavonoides. Se trata de una serie de compuestos de gran interés, debido a que poseen capacidad antioxidante, lo que implica un efecto beneficioso para nuestro organismo, y también es interesante, desde el punto de vista tecnológico, ya que actúan como antioxidantes naturales. En cuanto a las diferencias entre los porcentajes de compuestos fenólicos presentes en las algas, cabe destacar la influencia de la especie, de la estación del año y de los factores ambientales como la luz, la salinidad y los nutrientes (49).

Cuantiosos estudios se han realizado en aras de investigar el contenido de compuestos fenólicos en las algas. Al evaluar la actividad antioxidante de tres extractos de *Spirulina* (metanol, acetona y hexano), los resultados mostraron que estos extractos eliminan significativamente los radicales ABTS y DPPH, de una manera dependiente de la dosis. El extracto metanólico tuvo mayor contenido fenólico total y actividad antioxidante que otros extractos (50).

Con extractos acuosos y etanólicos de *Spirulina platensis* fue estudiada la actividad antioxidante y el contenido de fitonutrientes, observándose que el contenido total de fenoles, flavonoides y taninos resultaron altos en el extracto acuoso. Sin embargo, el contenido de proteínas y carbohidratos fue mayor en el extracto etanólico (3).

En un estudio de optimización del proceso de extracción de compuestos fenólicos del alga *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen, se encontró que la mayor cantidad de polifenoles totales (8,66 mg g⁻¹ masa seca) se obtuvo con etanol 17,75 %, en una proporción 1:10 (m/v) y una incubación a 50 °C con agitación durante 123,5 min (51).

La utilización de varios solventes orgánicos para la extracción de *S. polycystum* arrojó que el extracto etanólico (70 %) exhibió el contenido fenólico total más alto (627 ± 50,81 mg GAE 100 g⁻¹ de masa seca) y la actividad de eliminación de DPPH más alta (61,4 ± 0,171 %) a la concentración más alta probada (3 mg mL⁻¹). El extracto metanólico, por otro lado, presentó la mayor capacidad antioxidante total (121,00 ± 0,003 mmol g⁻¹) (52). Sin embargo, en un estudio anterior donde se evaluó la capacidad antioxidante de *S. aquifolium*, *S. ilicifolium* y *S. polycystum* se demostró que la extracción con enzimas fue superior a las efectuadas con solventes orgánicos como metanol, metanol 50 % y etanol 75 % (53).

Con el análisis de la composición de carotenoides de tres especies de algas comestibles de Malasia (*Eucheuma denticulatum*, *Sargassum polycystum* y *Caulerpa lentillifera*) se obtuvo que la fucoxantina fue el principal carotenoide presente en *S. polycystum*, mientras que la luteína y la

zeaxantina en *E. denticulatum*. Para *C. lentillifera*, el β -caroteno y la cantaxantina fueron los principales carotenoides. Algunos de los carotenoides, como la rubixantina, la dinoxantina, la diatoxantina y la anteraxantina, también se detectaron provisionalmente en *E. denticulatum* y *S. polycystum*. En cuanto a la actividad antioxidante, *S. polycystum* (20 %) y *E. denticulatum* (1128 $\mu\text{mol TE g}^{-1}$) mostraron la mayor actividad en los ensayos DPPH y ORAC, respectivamente (54).

Estas características que presentan los extractos de sargazos han posibilitado el incremento de la capacidad antioxidante y antimicrobiana de diversos cultivos. De esta forma, se demostró que la aspersión foliar de plantas de caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp) con un extracto de *Sargassum swartzii* (3 %) incrementó la capacidad antioxidante de las mismas (55).

En una investigación encaminada a la determinación de la actividad antioxidante de extractos de *Spirulina platensis* por extracción con dióxido de carbono supercrítico se obtuvo que los extractos contenían: flavonoides (85,1 g kg^{-1}), β -caroteno (77,8 g kg^{-1}), vitamina A (113,2 g kg^{-1}) α -tocoferol (3,4 g kg^{-1}), lo que se debe en gran medida a su alta actividad antioxidante. Los principales ácidos grasos en los extractos fueron ácido palmítico (35,32 %), ácido linoléico (21,66 %) y ácido linoleico (20,58 %) (15).

Al evaluar la actividad antioxidante de las algas *Ulva fasciata* (Chlorophyta), *Sargassum linifolium* (Phaeophyta) y *Corallina officinalis* (Rhodophyta), los resultados mostraron que el β -caroteno fue máximo (3940,12 UI 100 g^{-1}) en *C. officinalis*. Las actividades antioxidantes de DPPH fueron más altas en *U. fasciata* (81,3 %) seguido de *S. linifolium* (79,8 %) y luego *C. officinalis* (72,6 %) (56).

Todas estas características funcionales de los extractos de macroalgas y cianobacterias, especialmente, de sargazos y *Spirulina*, demuestran que estas constituyen una alternativa natural que permite reducir el empleo de productos agroquímicos en los sistemas agroproductivos. Su aplicación como bioestimulantes ayuda a mejorar la respuesta agronómica de diferentes cultivos, estimular el contenido nutricional del producto agrícola y aumentar la vida útil de los productos postcosecha (21).

CONCLUSIONES

- Los extractos de Sargazo y *Spirulina* más utilizados en la agricultura se obtienen por extracción con solventes y maceración.
- Estos extractos tienen una amplia variedad de compuestos, tales como aminoácidos, macronutrientes, reguladores de crecimiento y fenoles, que mejoran el rendimiento y la calidad de los cultivos y pueden proteger a los mismos ante condiciones de estrés ambiental.

BIBLIOGRAFÍA

1. Cuesta RG, García KLG, Rivera YH, Suárez YA, Delange DMDM. Algas marinas, fuente potencial de

- macronutrientes. Rev Investig Mar. 2017;37(2):16-28. ISSN 1991-6086. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://revistas.uh.cu/rim/article/view/5002>.
2. Suárez A. Lista de las macroalgas marinas Cubanas. Rev Investig Mar. 2005;26(2):93-148. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/268371002_Lista_de_las_macroalgas_marinas_Cubanas.
3. Kumar A, Ramamoorthy D, Verma DK, Kumar A, Kumar N, Kanak KR, Marwein BM, Mohan K. Antioxidant and phytonutrient activities of *Spirulina platensis*. Energy Nexus. 2022;6:100070. ISSN 2772-4271. DOI 10.1016/j.nexus.2022.100070. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277242712200033X>.
4. Soni RA, Sudhakar K, Rana RS. *Spirulina* – From growth to nutritional product: A review. Trends Food Sci Technol. 2017;69:157-171. ISSN 0924-2244. DOI 10.1016/j.tifs.2017.09.010. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224417302182>.
5. Belaustegui I. *Espirulina*: propiedades y beneficios - Vida Potencial [en línea]. 6 de diciembre de 2019. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.vidapotencial.com/espirlina/>.
6. Moreno LR, Olvera-Ramírez R. Uso tradicional y actual de *Spirulina* sp. (*Arthrospira* sp.). Interciencia. 2006;31(9):657-663. ISSN 0378-1844, 2244-7776. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33912009>.
7. Novillo C. Qué es el sargazo, de dónde viene y para qué sirve - Conoce estas macroalgas [en línea]. ecologiaverde.com. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.ecologiaverde.com/que-es-el-sargazo-de-donde-viene-y-para-que-sirve-2001.html>.
8. Moreira Á, Alfonso G. Inusual arribazón de *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen en la costa centro-sur de Cuba. Rev Invest Mar. 2013;33(2):17-20. Disponible en: <https://revistas.uh.cu/rim/article/download/6732/5720/7159>.
9. Amaguaña Rojas FJ, Churuchumbi Rojas EF. Estandarización fitoquímica del extracto de caléndula (*Calendula officinalis*). Septiembre de 2018. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16149>. [Accepted: 2018-10-02T21:22:07Z].
10. Kuklinski C. Farmacognosia: estudio de las drogas y sustancias medicamentosas de origen natural [en línea]. Barcelona: Omega, 2000. p. 528. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://granatensi.s.ugr.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991001000469704990&context=L&vid=34CBUA_UGR:VU1&lang=es&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=Granada&query=sub,exact,Farmacognosia,AND&mode=advanced.
11. Castillo García E, Martínez Solís I. Manual de fitoterapia [Internet]. 3.a ed. Barcelona: Elsevier; 2021 [citado 20 de noviembre de 2023]. p. 501. ISBN 978-84-458-1797-1. Disponible en: <https://www.iberlibro.com/servlet/BookDetailsPL?bi=30940255362&searchurl=an%3Dcastillo%2>

- Bgarc%25EDa%2Bmart%25EDnez%2Bsol%25EDs%26s
ortby%3D17%26tn%3Dmanual%2Bfitoterapia&cm_s
p=snippet-_-srp1-_-title1.
12. Vázquez-Delfín E, Freile-Pelegrín Y, Salazar-Garibay A, Serviere-Zaragoza E, Méndez-Rodríguez LC, Robledo D. Species composition and chemical characterization of *Sargassum influx* at six different locations along the Mexican Caribbean coast. *Science of The Total Environment*. 2021 Nov 15;795:148852. ISSN 0048-9697. DOI [10.1016/j.scitotenv.2021.148852](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.148852) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969721039243>.
 13. Fatimah S, Alimon H, Daud N. The Effect of Seaweed Extract (*Sargassum* Sp) Used as Fertilizer on Plant Growth of *Capsicum Annum* (Chilli) and *Lycopersicon Esculentum* (Tomato). *Indonesian Journal of Science and Technology*. 2018 Ago 30;3(2):115-123. ISSN 2527-8045. DOI [10.17509/ijost.v3i2.12755](https://doi.org/10.17509/ijost.v3i2.12755) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://ejournal.upi.edu/index.php/ijost/article/view/12755>.
 14. İter I, Akyıl S, Demirel Z, Koç M, Conk-Dalay M, Kaymak-Ertekin F. Optimization of phycocyanin extraction from *Spirulina platensis* using different techniques. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2018 Jul 1;70:78-88. ISSN 0889-1575. DOI [10.1016/j.jfca.2018.04.007](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.04.007) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157518300899>.
 15. Wang L, Pan B, Sheng J, Xu J, Hu Q. Antioxidant activity of *Spirulina platensis* extracts by supercritical carbon dioxide extraction. *Food chemistry*. 2007 Ene 1;105(1):36-41. ISSN 1873-7072. DOI [10.1016/j.foodchem.2007.03.054](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.054) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.054>.
 16. Rivera-Solís LL, Rodríguez-Jasso RM, Flores-López ML, Robledo-Olivo A, Sandoval-Rangel A, Sariñana-Aldaco O, González-Morales S. Extractos de *Sargassum* spp. como inductores de tolerancia a *Fusarium oxysporum* en plántulas de tomate. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 2021;8(1). DOI [10.19136/era.a8n1.2826](https://doi.org/10.19136/era.a8n1.2826) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://era.ujat.mx/index.php/rera/article/view/2826>.
 17. Sasikala M, Indumathi E, Radhika S, Sasireka R. Effect of Seaweed Extract (*Sargassum tenerrimum*) on Seed Germination and growth of Tomato Plant (*Solanum lycopersicum*). *International Journal of ChemTech Research*. 2016;9(9):285-293. Disponible en: [https://sphinxsai.com/2016/ch_vol9_no9/1/\(285-293\)V9N9CT.pdf](https://sphinxsai.com/2016/ch_vol9_no9/1/(285-293)V9N9CT.pdf).
 18. Mahmoud SH, Salama DM, El-Tanahy AMM, Abd El-Samad EH. Utilization of seaweed (*Sargassum vulgare*) extract to enhance growth, yield and nutritional quality of red radish plants. *Annals of Agricultural Sciences*. 2019 Dic 1;64(2):167-175. ISSN 0570-1783. DOI [10.1016/j.aos.2019.11.002](https://doi.org/10.1016/j.aos.2019.11.002) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178319300272>.
 19. Bharath B, Nirmalraj S, Mahendrakumar M, Perinbam K. Biofertilizing efficiency of *Sargassum polycystum* extract on growth and biochemical composition of *Vigna radiata* and *Vigna mungo*. *Asian Pacific Journal of Reproduction*. 2018 Ene;7(1):27. ISSN 2305-0500. DOI [10.4103/2305-0500.220982](https://doi.org/10.4103/2305-0500.220982) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://journals.lww.com/apjr/Fulltext/2018/07010/Biofertilizing_efficiency_of_Sargassum_polycystum_m.6.aspx.
 20. Prasedya ES, Frediansyah A, Martyasari NWR, Ilhami BK, Abidin AS, Padmi H, Fahrurrozi, Juanssilfero AB, Widyastuti S, Sunarwidhi AL. Effect of particle size on phytochemical composition and antioxidant properties of *Sargassum cristaefolium* ethanol extract. *Scientific Reports*. 2021 Sep 9;11(1):17876. ISSN 2045-2322. DOI [10.1038/s41598-021-95769-y](https://doi.org/10.1038/s41598-021-95769-y) [citado 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-021-95769-y>.
 21. Alcántara Cortes JS, Acero Godoy J, Alcántara Cortés JD, Sánchez Mora RM. Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*. 2019;17(32):109-129. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://revistas.unicolmayor.edu.co/index.php/nova/article/view/1036>.
 22. Espinosa-Antón AA, Hernández-Herrera RM, González-González M. Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Biotecnología Vegetal*. 2020;20(4):257-282. ISSN 2074-8647. [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2074-86472020000400257&lng=es&nrm=iso&tng=es.
 23. Sunarpi JA, Kurnianingsih R, Julisaniah N, Nikmatullah A. Effect of seaweed extracts on growth and yield of rice plants. *Nusantara Bioscience*. 2010;2:73-77. DOI [10.13057/nusbiosci/n020204](https://doi.org/10.13057/nusbiosci/n020204). Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/29114785_Effect_of_seaweed_extract_on_growth_and_yield_of_rice_plants.
 24. Jupri A, Fanani RA, Syafitri SM, Maysihara S, Nurijawati, Pebriani SA, et al. Growth and yield of rice plants sprayed with *Sargassum polycystum* extracted with different concentrations. *AIP Conference Proceedings*. 2019;2199(1):070009. ISSN 0094-243X. DOI [10.1063/1.5141323](https://doi.org/10.1063/1.5141323). [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1063/1.5141323>.
 25. Sunarpi H, Nikmatullah A, Sunarwidhi AL, Ambana Y, Ilhami BTK, Widyastuti S, et al. Effect of Solid and Liquid Extracts of Lombok *Sargassum cristaefolium* on Growth and Yield of Rice Plants (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Biologi Tropis*. 2020;20(3):320-328. ISSN 2549-7863. DOI [10.29303/jbt.v20i3.2048](https://doi.org/10.29303/jbt.v20i3.2048). [Consultado: 20 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://jurnal.fkip.unram.ac.id/index.php/JBT/article/view/2048>.
 26. Kaladharan P, Subramannian S, Anjelo P, Thulasidharan A, Vysakha P. Mulching brown seaweed *Sargassum wightii* during transplant on the growth and yield of paddy. *Journal of the Marine Biological Association of India*. 2022;63:117-121. DOI [10.6024/jmbai.2021.63.1.2244-17](https://doi.org/10.6024/jmbai.2021.63.1.2244-17).

- Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/364386323_Mulching_brown_seaweed_Sargassum_wightii_during_transplant_on_the_growth_and_yield_of_paddy.
27. Kalaivany V, Somasundaram S, Srikrishnah S. Effects of Natural and Commercially Available Seaweed Liquid Extracts on Growth and Yield of *Vigna unguiculata* L. Asian Journal of Biological Sciences. 2019;12. DOI 10.3923/ajbs.2019.487.491. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332948174_Effects_of_Natural_and_Commercially_Available_Seaweed_Liquid_Extracts_on_Growth_and_Yield_of_Vigna_unguiculata_L.
 28. Radjasegarin A, Perumal A. Synergetic effects of seaweed extract and Rhizobium on cowpea. Natural Resources for Human Health. 2021;1(1):43-50. ISSN 2583-1194. DOI 10.53365/nrfhh/141292. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.nrfhh.com/Synergetic-effects-of-seaweed-extract-and-Rhizobium-on-cowpea,141292,0,2.html>.
 29. Divya K, Niranjana Reddi B. Influence of seaweed liquid fertilizer of *Sargassum wightii*, *Turbinaria arnata* on the seed germination, growth and productivity of vegetable crops. Algal Biomass Utiln. 2017;8(2):37-43. ISSN 2229 – 6905. Disponible en: <http://storage.unitedwebnetwork.com/files/521/92f044cb194d4413e60d468c7b4fba25.pdf>.
 30. Jothinayagi N, Anbazhagan C. Effect of seaweed liquid fertilizer of *Sargassum wightii* on the growth and biochemical characteristics of *Abelmoschus esculentus* (L.) Medikus. Rec. Res. Sci. Technol. 2009;1. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/266592182_Effect_of_seaweed_liquid_fertilizer_of_Sargassum_wightii_on_the_growth_and_biochemical_characteristics_of_Abelmoschus_esculentus_I_Medikus.
 31. Abu Seif YI, El-Miniawy SE-DM, Abu El-Azm NAI, Hegazi AZ. Response of snap bean growth and seed yield to seed size, plant density and foliar application with algae extract. Annals of Agricultural Sciences. 2016 Dec 1;61(2):187-199. DOI: 10.1016/j.aoas.2016.09.001. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178316300264>.
 32. Anitha L, Kalpana P, Bramari GS. Evaluation of Spirulina platensis as microbial inoculants to enhance protein levels in *Amaranthus gangeticus*. African Journal of Agricultural Research. 2016 Apr 14;11(15):1353-1360. DOI: 10.5897/AJAR2013.7953. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://academicjournals.org/journal/AJAR/article-abstract/1221D1E58055>.
 33. Anitha L, Bramari GS, Kalpana P. Effect of Supplementation of Spirulina platensis to Enhance the Zinc Status in Plants of *Amaranthus gangeticus*, *Phaseolus aureus* and Tomato. Advances in Bioscience and Biotechnology. 2016 Jun 23;7(6):289-299. DOI: 10.4236/abb.2016.76027. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=67817>.
 34. Colla G, Roupael Y. Microalgae: New Source of Plant Biostimulants. Agronomy. 2020 Sep;10(9):1240. DOI: 10.3390/agronomy10091240. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/9/1240>.
 35. George E, Hall M, De Klerk G-J. Plant Growth Regulators I: Introduction; Auxins, their Analogues and Inhibitors. Plant Propagation by Tissue Culture 3rd Edition. 2008 Jan 1. ISBN 978-1-4020-5004-6. DOI: 10.1007/978-1-4020-5005-3_5. Disponible en: https://www.researchgate.com/publication/251133812_Plant_Growth_Regulators_I_Introduction_Auxins_their_Analogues_and_Inhibitors.
 36. Kalpana, Bramari S, Anitha L. Biofortification of amaranthus gangeticus using spirulina platensis as microbial inoculant to enhance iron levels [en línea]. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/BIOFORTIFICATION-OF-AMARANTHUS-GANGETICUS-USING-AS-Kalpana-Bramari/54dc721023d606d423d4f3c119d5792ee831cc7d>.
 37. Kumari R, Kaur I, Bhatnagar AK. Effect of aqueous extract of *Sargassum johnstonii* Setchell & Gardner on growth, yield and quality of *Lycopersicon esculentum* Mill. Journal of Applied Phycology. 2011 Jun 1;23(3):623-633. ISSN 1573-5176. DOI: 10.1007/s10811-011-9651-x. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10811-011-9651-x>.
 38. Nicolás D, Mateo-Cid L, Mendoza-González A, De G-L, Reyes Chaparro A. Utilization of Seaweed *Sargassum liebmannii* Extract as a Stimulant of Germination of *Pachyrhizus erosus*. Journal of Chemical, Biological and Physical Sciences. 2014 Nov 30;4:56-61. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/270452518_Utilization_of_Seaweed_Sargassum_liebmannii_Extract_as_a_Stimulant_of_Germination_of_Pachyrhizus_erosus.
 39. Sutharsan S, Nishanthi S, Srikrishnah S. Effects of seaweed (*Sargassum crassifolium*) extract foliar application on seedling performance of *Zea mays* L. Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences. 2017;5(4):1-5. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://www.isca.me/AGRI_FORESTRY/Archive/v5/i4/1.ISCA-RJAFS-2017-008.php.
 40. Zermeño Gonzalez A, López Rodríguez BR, Melendres Alvarez AI, Ramírez Rodríguez H, Cárdenas Palomo JO, Munguía López JP. Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. Revista mexicana de ciencias agrícolas. 2015 Dec;6(SPE12):2437-2446. ISSN 2007-0934. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2007-09342015001002437&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
 41. Somasundaram S, Kalaivany V, Srikrishnah S. Effects of Natural and Commercially Available Seaweed Liquid Extracts on Growth and Yield of *Vigna unguiculata* L. Asian Journal of Biological Sciences. 2019 May 8;12. DOI: 10.3923/ajbs.2019.487.491. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/332948174_Effects_of_Natural_and_Commercially_Available_Seaweed_Liquid_Extracts_on_Growth_and_Yield_of_Vigna_unguiculata_L.
 42. Uribe-Orozco ME, Mateo-Cid LE, Mendoza-González AC, Amora-Lazcano EF, González-Mendoza D, Durán-

- Hernández D. Efecto del alga marina *Sargassum vulgare* C. Agardh en suelo y el desarrollo de plantas de cilantro. *Idesia* (Arica). 2018 Sep;36(3):69-76. DOI: [10.4067/S0718-34292018005001202](https://doi.org/10.4067/S0718-34292018005001202). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-34292018000300069&lng=es&nrm=iso&tlng=es.
43. Michalak I, Chojnacka K, Dmytryk A, Wilk R, Gramza M, Rój E. Evaluation of Supercritical Extracts of Algae as Biostimulants of Plant Growth in Field Trials. *Frontiers in Plant Science*. 2016. ISSN: 1664-462X. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2016.01591>.
 44. Vasquez YL. Bioactividad tipo auxina y citoquinina de extractos de macroalgas sobre cotiledones de *Cucumis sativus* L. [Tesis de Grado]. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2014. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/3535>. [Accepted: 2014-03-31T04:32:00Zpublisher: Universidad Nacional Mayor de San Marcos].
 45. Abd El-Baky HH, El-Baz FK, El Baroty GS. Enhancing antioxidant availability in wheat grains from plants grown under seawater stress in response to microalgae extract treatments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010 Jan 30;90(2):299-303. DOI: [10.1002/jsfa.3815](https://doi.org/10.1002/jsfa.3815). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20355046/>.
 46. Selem E. Physiological Effects of *Spirulina platensis* in Salt Stressed *Vicia faba* L. *Plants*. *Egyptian Journal of Botany*. 2019 Apr 1;59(1):185-194. DOI: [10.21608/ejbo.2018.3836.1178](https://doi.org/10.21608/ejbo.2018.3836.1178). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: https://ejbo.journals.ekb.eg/article_17900.html.
 47. Latiq S, Elouaer M, Chernane H, Hannachi C, Elkaoua M. Effect of Seaweed Liquid Extract of *Sargassum vulgare* on Growth of Durum Wheat Seedlings (*Triticum durum* L) under salt stress. *International Journal of Innovation and Applied Studies*. 2014 Aug 1;7:2028-9324. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/265736934_Effect_of_Seaweed_Liquid_Extract_of_Sargassum_vulgare_on_Growth_of_Durum_Wheat_Seedlings_Triticum_durum_L_under_salt_stress.
 48. Abdel Latef AAH, Srivastava AK, Saber H, Alwaleed EA, Tran L-SP. *Sargassum muticum* and *Jania rubens* regulate amino acid metabolism to improve growth and alleviate salinity in chickpea. *Scientific Reports*. 2017 Sep 5;7(1):10537. DOI: [10.1038/s41598-017-07692-w](https://doi.org/10.1038/s41598-017-07692-w). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-017-07692-w>.
 49. Montes de Oca D. Contenido fenólico y actividad antioxidante de extractos metanólicos obtenidos de las hojas y los frutos de *Pittosporum pentandrum* [Tesis de Grado]. Santa Clara: Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas; 2014. Disponible en: <https://dspase.uclv.edu.cu>.
 50. Abdel-Moneim A-ME, El-Saadony MT, Shehata AM, Saad AM, Aldhumri SA, Ouda SM, Mesalam NM. Antioxidant and antimicrobial activities of *Spirulina platensis* extracts and biogenic selenium nanoparticles against selected pathogenic bacteria and fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 2022 Feb 1;29(2):1197-1209. DOI: [10.1016/j.sjbs.2021.09.046](https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2021.09.046). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X21008470>.
 51. Gutiérrez R, Núñez R, Quintana L, Valdés O, González K, Rodríguez M, Hernández Y, Ortiz E. Optimization of the extraction process of phenolic compounds from the brown algae *Sargassum fluitans* Børgesen (Børgesen). *Biocatalysis and Applied Biotechnology*. 2017;34(3):3301-3304. ISSN 1027-2852, 0864-4551. [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumenI.cgi?IDARTICULO=81439>.
 52. Nazarudin MF, Paramisparam A, Khalid NA, Albaz MN, Shahidan MS, Yasin ISM, Isha A, Zarin MA, Aliyu-Paiko M. Metabolic variations in seaweed, *Sargassum polycystum* samples subjected to different drying methods via 1H NMR-based metabolomics and their bioactivity in diverse solvent extracts. *Arabian Journal of Chemistry*. 2020;13(11):7652-7664. DOI [10.1016/j.arabjc.2020.09.002](https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.09.002). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878535220303269>.
 53. Puspita M, Deniel M, Widowati I, Radjasa OK, Douzenel P, Bedoux G, Bourgougnon N. Antioxidant and antibacterial activity of solid-liquid and enzyme-assisted extraction of phenolic compound from three species of tropical *Sargassum*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017;55(1):012057. DOI [10.1088/1755-1315/55/1/012057](https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012057). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012057>.
 54. Balasubramaniam V, June Chelyn L, Vimala S, Mohd Fairulnizal MN, Brownlee IA, Amin I. Carotenoid composition and antioxidant potential of *Eucheuma denticulatum*, *Sargassum polycystum* and *Caulerpa lentillifera*. *Heliyon*. 2020;6(8):e04654. DOI [10.1016/j.heliyon.2020.e04654](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04654). Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32817893/>.
 55. Vasantharaja R, Abraham LS, Inbakandan D, Thirugnanasambandam R, Senthilvelan T, Jabeen SKA, Prakash P. Influence of seaweed extracts on growth, phytochemical contents and antioxidant capacity of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*. 2019;17:589-594. DOI [10.1016/j.bcab.2019.01.021](https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.01.021). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818118307734>.
 56. Ismail GA. Biochemical composition of some Egyptian seaweeds with potent nutritive and antioxidant properties. *Food Science and Technology*. 2017;37:294-302. DOI [10.1590/1678-457X.20316](https://doi.org/10.1590/1678-457X.20316). [Consultado: 21 de noviembre de 2023]. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cta/a/zCpVq6J5SwKDgrJr8krMzBJ/>.