

Potencial nutraceutico de macroalgas marina - Ecuador

Priscilla Valverde-Balladares¹; Haydelba D'Armas²

(Recibido: julio 1, 2022, Aceptado: septiembre 13, 2022)

<https://doi.org/10.29076/issn.2602-8360vol6iss11.2023pp42-52p>

Resumen

Desde tiempos remotos las algas marinas han sido utilizadas como fuente de alimento, especialmente en países asiáticos, y en occidente se había limitado su aplicación solo al campo farmacéutico e industrial. Sin embargo, existen propiedades en la estructura y composición de las macroalgas que pueden ser beneficiosas en el área alimenticia, además de poder ser incluidas en la dieta como alimentos funcionales y nutraceuticos. Se buscó evaluar el potencial nutraceutico de las macroalgas marinas provenientes de Ecuador, analizar sus resultados, evidenciar componentes nutricionales más abundantes y establecer sus usos alimenticios más beneficiosos. Es un estudio descriptivo y documental con enfoque cualitativo. Se realizó la revisión y selección de artículos de índole científica cuya fuente principal fueron buscadores como Google Scholar, bases de datos como Scopus y Scielo, aplicándose filtros con palabras relacionadas al estudio de las algas y componentes nutricionales. Los estudios incluidos datan de años entre 1986 y 2021. De acuerdo al análisis documental realizado, se pudo detallar que en la mayoría de los casos se estudiaron tres clases de algas: rojas, verdes y pardas, cuyos componentes principales son altos en fibra, proteínas, carbohidratos, vitaminas y lípidos. Los usos y beneficios que se les puede dar a las macroalgas son muy amplios, su principal característica es ser un alimento natural y rico en macro y micronutrientes esenciales para el ser humano, por lo que su estudio aún continúa.

Palabras Clave: ionizante; prevención; radiaciones.

Nutraceutical potential of marine macroalgae – Ecuador

Abstract

Since ancient times seaweed has been used as a food source, especially in Asian countries, and in the West its application had been limited only to the pharmaceutical and industrial field. However, there are properties in the structure and composition of macroalgae that can be beneficial in the food area, in addition to being able to be included in the diet as functional foods and nutraceuticals. The main objectives were to evaluate the nutraceutical potential of marine macroalgae from Ecuador, analyze their results, show more abundant nutritional components and establish their most beneficial food uses. It is a descriptive and documentary study with a qualitative approach. The review and selection of scientific articles was carried out, whose main source were search engines such as Google Scholar, databases such as Scopus and Scielo, applying filters with words related to the study of algae and nutritional components. The included studies date from years between 1986 and 2021. According to the documentary analysis realized, it was possible to detail in the most cases that three classes of algae were studied: red, green and brown, whose main components are high in fiber, proteins, carbohydrates, vitamins and lipids. The uses and benefits that can be given to macroalgae are very broad, its main characteristic is to be a natural food and rich in macro and micronutrients essential for humans, so its study is still ongoing.

Keywords: algae; functional food; proximal composition; nutraceuticals.

¹ Bioquímica Farmacéutica. Universidad Estatal de Milagro, Ecuador. Email: priscillavalverde1992@gmail.com. ORCID <http://orcid.org/0000-0001-7769-3720>

² PhD en Química. Universidad de Oriente, Venezuela. Email: hdarmasr@gmail.com. ORCID <http://orcid.org/0000-0001-9301-3801>

INTRODUCCIÓN

La nutrición es fundamental para el ser humano en todas las instancias de vida. Desde el punto de vista de la Salud Pública, en todos los estadios del ciclo de vida se puede observar que déficits o excesos de nutrientes influyen negativamente en el desarrollo de una persona, causan consecuencias en su salud a corto y a largo plazo, por estas consideraciones la Organización Mundial de la Salud y el Gobierno Ecuatoriano trabajan para que los ecuatorianos tengan una nutrición adecuada.

La alimentación ocupa actualmente un lugar destacado en la atención mundial. Su implicación directa en la salud radica, no sólo en los aspectos cualitativos y cuantitativos de la ingesta, sino también en su influencia en la prevención de ciertas enfermedades; ya que es una de las principales determinantes de la salud, del desempeño físico y mental, y de la productividad, y es fundamental para el desarrollo individual y nacional. La ingesta inadecuada de alimentos en cantidad y calidad asociada a otros determinantes ocasiona la malnutrición, la cual se ve influenciada no solo por factores biológicos, sino también por determinantes socioeconómicos y culturales. En nuestro país, se evidencia una problemática nutricional, ya que es un país subdesarrollado; la pobreza y el incremento de la población constituyen un eje de prioridad para el Gobierno. Es por ello que este trabajo de investigación está encaminado a la apertura del estudio del potencial nutraceutico de las algas marinas. Ecuador posee amplias costas con disponibilidad de variedades de especies de macroalgas y mientras que en otros países su consumo viene desde épocas remotas, en nuestro país no se ve desde la misma perspectiva, y, por lo tanto, estas especies no son aprovechadas.

Se realizó un análisis documental de algunos estudios realizados sobre las macroalgas marinas, especialmente presentes en las costas de Santa Elena-Salinas. La composición química de las algas y el potencial nutraceutico que poseen, hace que sean aptas para el

aprovechamiento mediante el consumo de éstas; en ciertos países son aprovechadas incluso con fines dietéticos porque no son digeribles (abundante fibra dietética), también son usadas en las formulaciones de productos cárnicos, como embutidos; además, en la producción de lácteos, como quesos, cremas, yogures o pudines, y en presentaciones de frutas, verduras, cereales y bebidas instantáneas.

En Ecuador son pocas las investigaciones que existen sobre las macroalgas, y no están enfocadas al potencial nutraceutico que estas poseen. Esta investigación es conveniente debido a que contribuye y beneficia a los ecuatorianos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el potencial nutraceutico de macroalgas marinas, en Salinas-Ecuador, con el propósito de brindar información adecuada a la población: así de esta manera incentivar al consumo de algas y salir del tabú que atribuye su consumo solo a los países orientales.

Para realizar la investigación, se desarrollaron diversas fases: primero se hizo una revisión exhaustiva de la literatura, tanto nacional como internacional, sobre los antecedentes biológicos de especies de algas, su utilización, componentes, estructura y potencial nutricional. Se tomó, como referencia básica un artículo publicado previamente sobre el tema, en el cual participa el autor de la presente investigación y que describe a detalle los principales aspectos considerados como fuente nutricional de estas especies vegetales marinas. Además, de la revisión literaria se consideró el análisis comparativo con estudios similares realizados en la localidad de Santa Elena, en los cuales se aborda las propiedades de las diversas especies halladas en las costas ecuatorianas. Con esto se pretende concientizar a la población sobre la opción de consumo de estas especies, ya que, a diferencia de otros alimentos, son fuente completa de minerales, antioxidantes, anticancerígenos, entre otros. Lo anterior se ha probado en diversas investigaciones; razón por la cual es

relevante para el ámbito de la salud pública.

METODOLOGÍA

La presente investigación es de tipo descriptivo (1), tiene un enfoque cualitativo, en el cual no se busca recabar datos numéricos, sino aquellas condiciones que aporten sentido a la investigación sobre las algas; tiene un alcance descriptivo, con el cual se pretende especificar las propiedades y características importantes del aspecto nutricional de las algas marinas; también cuenta con un alcance explicativo, debido a que se busca establecer las causas que llevan a estudiar esta perspectiva nutricional.

Se recabó información de documentos, entendiéndose por documentos a todo aquello que ha dejado huella a través de la historia del hombre. Según trabajos reportados en la literatura (2), la investigación documental es detectar, obtener y consultar la biografía y otros materiales que parten de otros conocimientos y/o informaciones recogidas moderadamente de cualquier realidad, de manera selectiva, de modo que puedan ser útiles para los propósitos del estudio.

Se analizó la literatura y bibliografía más relevante proveniente de fuentes primarias y secundarias: tesis doctorales, informes de investigación, bases de datos, artículos, publicaciones, ponencias y estadísticas oficiales de organismos internacionales, además de reseñas bibliográficas y trabajos experimentales realizados en la localidad mencionada en el estudio y otras latitudes aplicando el siguiente proceso: exploración de diversas fuentes; lectura analítica de dichas fuentes de forma discriminativa, recolección de datos, comparación de datos obtenidos observándose y analizándose las similitudes y discrepancias, y evaluando su confiabilidad para la fundamentación del análisis de la información reportada en la literatura, y elaboración de las conclusiones respectivas.

Dentro de los métodos teóricos aplicados se encuentra el método analítico: a través de este

método se logró distinguir y estudiar las clases de algas y sus características para conocer su composición nutricional y principales beneficios para el ser humano; sintético: se estudió cada una de las clasificaciones que tienen las algas, las propiedades y elementos químicos importantes en la nutrición para tener una perspectiva general del tema. Con el método inductivo-deductivo se construyeron conceptos acerca de la efectividad nutricional de las algas y se describieron las propiedades más relevantes para su estudio; de la misma forma, estas conceptualizaciones se volvieron a establecer para darle forma a la redacción basada en datos científicos de las algas.

DESARROLLO

Como se menciona en las bases teóricas del presente estudio, se puede afirmar que las macroalgas marinas se diferencian en tres grupos: las algas pardas (*Phaeophyta*), las algas rojas (*Rhodophyta*) y las algas verdes (*Chlorophyta*). En sus inicios, las algas marinas se cosechaban para la elaboración de espesantes como el alginato, el agar y la carragenina, así como para su consumo directo. Las macroalgas son consideradas un alimento natural y saludable debido a sus múltiples beneficios. Son ricas en proteínas, vitaminas (sobre todo A, C y B-12), lípidos, fibras y minerales, especialmente los denominados micronutrientes, como el hierro, calcio, yodo, potasio y selenio. También son fuente de ácidos grasos naturales como los omega-3. Son consumidas de manera directa o como suplemento alimenticio, tanto en alimentación humana como animal. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción mundial de algas marinas aumentó su volumen de 13,5 millones de toneladas en 1995, a algo más de 30 millones de toneladas en 2016 (3).

Diversidad de algas en Ecuador. Las algas, han sido utilizadas como alimento desde hace mucho tiempo y son consideradas como una fuente potencial de nutrientes, ya que

tienen un elevado contenido de proteínas, carbohidratos con funciones prebióticas, vitaminas, ácidos grasos poliinsaturados y minerales (4). Ecuador es un país con una diversidad de macroalgas a lo largo del litoral, sin embargo, estas no son aprovechadas, ya que, por el desconocimiento, no se le da importancia a los nutrientes que estas algas tienen. En países orientales hace años remotos son utilizadas, consumidas, en Ecuador es casi nulo su aprovechamiento. Mediante la evaluación realizada del potencial nutraceutico, se determinaron los compuestos mayoritarios y se analizó globalmente dicho potencial.

Las macroalgas se desarrollan abundantemente en la zona intermareal de las costas templadas, subtropicales, constituyen un importante recurso marino costero, ya que además de ser los principales productores primarios en el medio ambiente costero, son fuente directa de alimento para el hombre y de una forma muy amplia son utilizadas dentro de la industria como medicinales, harina de algas, fertilizante, farmacia y cosmetología, combustible, para tratamiento de algas residuales (5).

En el litoral de Ecuador existen costas con depósitos de arena y rocas donde hay gran diversidad de algas, aproximadamente 15 géneros entre ellas 7 son rodofíceas, 5 clorofíceas y 3 feofíceas (6). Además, es sabido que Ecuador corresponde al grupo de los países con más diversidad de especies en relación a la variedad de ecosistemas, siendo catalogado como uno de los 17 países biológicamente más diversos del mundo.

En los reconocimientos submarinos, realizados a lo largo de la línea de costa del Parque Nacional Machalilla, se halló que, en las localidades de: El Islote, La Viuda, Sucre y Horno de Pan, hubo mayor diversidad de prospectos vegetales que en otras locaciones. Las macroalgas fueron encontradas sobre sustratos rocosos-arenosos a profundidades de hasta 20 metros. El tipo de algas más dominante fue el de algas pardas o feofíceas: aproximadamente el 60%, mientras que el

menos dominante fueron las algas verdes o clorofíceas (7).

En un estudio realizado (5) en las costas ecuatorianas se reporta un total de 345 especies identificadas de las cuales 49 especies corresponden a la clase Chlorophytas que equivalen al 13,9%, 51 especies a la división Phaeophytas con el 14,4% y 253 especies a la división Rhodophytas con el 77,7%. Al final de estas especies identificadas, solo el 6% son reportadas para el continente, 2% en la península de Santa Elena, y para la región Galápagos se identificaron 347 especies que corresponde al 98%, se observó que la mayor diversidad alcanzada fue registrada para la región insular.

Además, se estima, según los recuentos realizados por la zona de Ballenita, que la mayoría de estos organismos vegetales son más abundantes y diversas en el litoral medio; siendo encontradas especies de tipo Rhodophytas en un 51%, Chlorophytas con un 39% y Phaeophytas en un 10%.

Potencial nutraceutico. Los componentes nutricionales de las algas, incluyendo los macro y micronutrientes proporcionan un alto valor nutritivo que puede contribuir propiciamente a los nutrientes que se consumen a través de la dieta. Estos constituyentes nutricionales pueden variar, dependiendo del tipo de especie, el momento de la cosecha, el hábitat, y condiciones ambientales como la temperatura del agua y la intensidad de la luz, así como también la concentración de nutrientes en el agua. En un artículo reciente se han encontrado diferentes características en la concentración de los nutrientes entre varios géneros, y aún en el mismo género, se pueden encontrar grandes diferencias en la concentración de los constituyentes nutricionales (8).

Aunque las algas marinas pueden tener innumerables aplicaciones industriales, son poco utilizadas a nivel mundial como fuentes de nutrientes de elevada calidad (9). Las algas poseen un alto potencial nutraceutico, debido a que los componentes de las algas tienen amplias propiedades que

son beneficiosas para el organismo, así como minerales, vitaminas y abundante fibra, poseen un bajo contenido de grasas y ácidos grasos saturados; es importante resaltar que tienen una adecuada calidad proteica y que podrían ser utilizadas como suplementos en las dietas, contribuyendo de esta manera a complementar los alimentos. Al comparar las diferentes especies de algas verdes, pardas y rojas se puede saber que la composición de éstas varía ampliamente entre las diferentes especies.

Así como en el Occidente, el consumo de algas marinas es cada vez más frecuente, en Ecuador es importante tener un amplio conocimiento de las macroalgas marinas, así como las posibilidades de aprovechamiento, utilización y explotación. Con el transcurso del tiempo se espera la incorporación de las algas a la dieta, lo cual podría, atenuar e incluso eliminar determinadas carencias alimentarias, así como agregar compuestos que redundan en una alimentación más saludable (10).

El desarrollo de una agricultura sostenible en el país ha llevado a la evaluación y aplicación de una amplia variedad de productos naturales o biológicos para estimular el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas y obtener altos rendimientos (11). De acuerdo al potencial nutritivo que poseen las algas, éstas pueden incluirse en dietas normales y especiales, tanto como complemento y como aporte según la necesidad dietaria. Según la literatura (12), los componentes principales de las algas son: 53% carbohidratos, 25% minerales y 20% proteínas. Contienen una amplia gama de elementos: macroelementos como el sodio, calcio, magnesio, potasio, cloro, azufre y fósforo y oligoelementos esenciales como el yodo, hierro, zinc, cobre, cobalto, boro y manganeso; por esto se cataloga a las algas como aporte suplementario para varios tipos de deficiencias nutricionales.

En una investigación realizada previamente (5), se reporta el resultado del análisis de la diversidad y abundancia de las comunidades

de macroalgas en las zonas intermareales rocosas de las Comunas de Montañita, La Entrada y La Rinconada, de la provincia de Santa Elena, donde se aplicaron los índices ecológicos de Diversidad (D), Abundancia (H') y la equitatividad de Pielou (J'). Se identificaron un total de 27 especies de macroalgas, correspondiente el 16,9% para Montañita y 41,5% para La Entrada y La Rinconada, de las cuales corresponde 10 especies para la división Chlorophyta, 12 especies para Phaeophyta y 5 especies de Rhodophyta. Encontrándose las Rhodophytas en mayor abundancia con un 62,4%, siendo la especie *Coralina elongata* la más dominante con el 56,3%, seguida de la Phaeophytas con un 23,3%, dominando la especie *Padina pavonica*. En Montañita y La Rinconada fue baja (1,9 nigts), y la Entrada (0,9 nigts). En cuanto a la diversidad, esta es baja tanto para Montañita como para La Rinconada (0,8 nigts), mientras para la zona de La Entrada es alta (0,4nigts) (5).

Un estudio reciente (10) menciona que las algas marinas son organismos marinos importantes y accesibles que se encuentran en las zonas costeras, que han demostrado su potencial nutritivo como alimento o aditivo. Estos organismos son relativamente abundantes en la costa de Ecuador, pero su composición bioquímica no se ha estudiado adecuadamente. Por lo tanto, en la investigación se evaluó la composición proximal de siete algas marinas (cuatro rojas, dos marrones y una verde) recolectadas en la Bahía de Salinas, Ecuador, como una contribución al conocimiento del potencial nutricional de los organismos que pertenecen a esta región.

Cuatro de las siete especies recolectadas, fueron algas rojas (Rhodophyta): *Acanthophora spicifera* (M. Vahl) Børgesen 1910 (Rhodomelaceae), *Centroceras clavulatum* (C. Agardh) Montagne 1846 (Ceramiaceae), *Hypnea spinella* (C. Agardh) Kützing 1847 (Cystocloniaceae) y *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty de P.C.Silva 1996 (Solieriaceae); dos especies,

Padina pavonica (Linnaeus) Thivy 1960 (Dictyotaceae) y *Spatoglossum scroederi* (C. Agardh) Kützing 1859 (Dictyotaceae), fueron algas marrones (Ochrophyta); y la otra especie, *Ulva lactuca* Linnaeus 1753 (Ulvaceae), era un alga verde (Chlorophyta). Las algas frescas contienen naturalmente del 80 al 90% de agua (10), mientras que las algas frescas ecuatorianas contenían más del 90%. Estos valores son similares o ligeramente más altos que los reportados en la literatura para otras algas marinas. Además, después del secado, las algas todavía tenían un contenido de humedad residual relativamente alto, aproximadamente el 20% (en peso seco), lo que indica que el método utilizado para secar estos organismos posiblemente no fue óptimo. Otros autores han informado de humedad residual menor en análisis aproximado de las algas, utilizando métodos como el secado en horno a 60 ° C o el secado por congelación. La eliminación del agua de las algas es un paso necesario para mantener su calidad como alimento, ya que impediría las reacciones químicas y bioquímicas de degradación y retrasaría el crecimiento de microorganismos que pueden deteriorarlos. Acorde con lo reportado en la literatura (10), las macroalgas han demostrado su potencial nutricional como alimento o aditivo. Para estas especies recolectadas en Bahía de Salinas, Ecuador, se le determinaron contenidos de humedad, cenizas, grasa, fibra y proteína mediante procedimientos estándar, mientras que los carbohidratos se obtuvieron por diferencial. El contenido energético (o perfil calórico) se calculó en base a ingestas de macromoléculas (lípidos, proteínas y carbohidratos). Los parámetros encontrados en mayor proporción en todas las especies fueron los carbohidratos (32,2-5,5%) y los minerales (o cenizas, 25,8-36,7%), los cuales juegan un papel importante en la nutrición humana y la industria alimentaria. Además, el contenido de proteína, fibra y grasa fue relativamente bajo, con valores que oscilan entre ,7-8,0 %, 0,9-5,0 % y 0,3-3,0 %, respectivamente. Esto sugiere que

estos organismos son una buena opción para platos saludables.

Según el análisis estadístico realizado (ANOVA) (10), cada parámetro nutricional fue significativamente diferente entre especies ($P < 0.05$). Cada macroalga ecuatoriana exhibió una composición proximal ligeramente diferente a la reportada en otros estudios. Por ejemplo, un mayor contenido de carbohidratos. Según este estudio, los resultados indican que las algas comestibles de Ecuador tienen potencial como alimento nutritivo que puede aportar de 1500 a 2000 kcal kg⁻¹, superior a muchas hortalizas comunes.

Como se ha podido visualizar en el análisis documental de la revisión literaria realizada, las algas son un recurso claramente abundante, de bajo costo y conveniente para utilizarse como ingrediente en la gastronomía. Debido a que poseen una variedad de nutrientes y compuestos bioactivos. Obviamente antes de formar parte de la ingesta diaria, debe controlarse su concentración dependiendo de las necesidades vitamínicas para que se pueda establecer su inclusión como alimento funcional (13). Hablando nutricionalmente, las algas tienen pocas calorías y mucha concentración de proteína, fibra, minerales y vitaminas, tal como se expresa en otro estudio reportado en la literatura (13) donde se realizó una investigación sobre la composición proximal de siete especies de macroalgas (*Grateloupia turuturu*, *Ulva clathrata*, *Ulva lactuca*, *Durvillaea antarctica*, *Laminaria saccharina*, *Hizikia fusiforme*): encontrándose que *Ulva lactuca* mostro el contenido proteico más alto (27,2 g/100 g base seca), así como el contenido lipídico mayor (7,87 g /100 g base seca). Mientras que *Laminaria saccharina* exhibió el mayor contenido de cenizas (34,8 g /100 g base seca) y *Hizikia fusiforme* el contenido de fibra más alto (62,3 g /100 g base seca).

Generalmente, las proteínas de algas tienen un alto contenido de glicina, arginina, alanina y ácido glutámico, además de aminoácidos esenciales. Particularmente,

las algas rojas contienen taurina, la cual es parte de la mayoría de los tejidos y elemento activo en procesos fisiológicos como la osmorregulación, inmunomodulación y estabilización de membranas, a esto se le suma su valioso papel en el desarrollo ocular y nervioso. Lo anteriormente expuesto se debe a que comúnmente los alimentos de origen marino están mejor dotados de taurina que otro tipo de alimentos, incluyendo que son fuente de vitaminas A, B1, B12, C, D, E, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico. Se puede prescindir de la cocción para aumentar la biodisponibilidad de las proteínas, lo cual es un factor positivo para conservar la actividad vitamínica de las preparaciones alimentarias de algas, pero se requieren métodos de ruptura mecánica para fragmentar las paredes celulares (9). Las macroalgas presentan un alto contenido de carbohidratos fáciles de aislar, los cuales suelen ser polisacáridos de alto peso molecular. Un buen porcentaje (más del 90%) de los polisacáridos de macroalgas no son digeridos por las enzimas del

tracto gastrointestinal humano, por lo que pueden ser considerados parte de la fibra dietética. Generalmente, la fracción soluble de esta fibra está formada por sulfogalactanos y carragenanos. Por lo cual, las algas no poseen carbohidratos de grandes propiedades hiperglicémicas, sin embargo, el alto contenido en fibra dietética de las algas les confiere propiedades laxantes, hipocolesteromiantes, que incrementan la sensación de saciedad y estimuladoras del metabolismo y replicación de la microbiota intestinal, importantes en la prevención del cáncer de colon. Además, a los polisacáridos de las algas se les atribuye una gran variedad de efectos farmacológicos (9). En un análisis comparativo, se puede determinar que un metabolito o parámetro de la composición proximal, de acuerdo a los trabajos realizados, puede mostrar valores determinados relacionados posiblemente con la especie, género y familia al cual pertenece, por lo cual se concluye que las macroalgas muestran diferentes contenidos químicos (Tabla 1).

Tabla 1. Análisis comparativo de macroalgas marinas

Familia	Especie del alga	Tipo	Parámetro	Sitio de recolección	Autores	Aplicación
<i>Ulveaceae</i>	<i>Ulva lactuca</i>	Clorophyta	Altos niveles de proteína	Ecuador	D'Armas <i>et al.</i> (2019)	Potencial nutraceutico
<i>Ulveaceae</i>	<i>Enteromorpha</i>	Clorophyta	Rico en calcio y fósforo, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, fibra	La Paz, Baja California Sur	Carrillo-Domínguez <i>et al.</i> (2002)	Consumo humano y animal
<i>Alariaceae</i>	<i>U. pinnatifida</i> <i>Pyropia spp.</i> <i>Gracilaria spp.</i>	Rhodophyta	Abundantes proteínas, vitaminas B, hierro, calcio, yodo, potasio, selenio	Argentina	Camurati (2019)	Industria alimentaria
<i>Lentibulariaceae</i>	<i>U. rigida</i>	Rhodophyta	Fuente de nitrógeno y fosforo	Argentina	Camurati (2019)	Aplicación ambiental-eliminación del nitrógeno del agua residual
<i>Gigartineaceae</i>	<i>Iridaea Undulosa</i>	Rhodophyta	Abundantes polisacáridos sulfatados	Argentina	Camurati (2019)	Actividad antioxidante, anticoagulante, anticancerígena,

<i>Ulvaceae</i>	<i>Ulva fasciata</i>	Clorophyta	Fuente de carbohidratos	Cuba	Cano <i>et al.</i> (2007)	Consumo humano
<i>Rhodomelaceae</i>	<i>Bryothamnion Triquetrum</i>	Rhodophyta	Abundantes polifenoles	Cuba	Díaz Gutiérrez <i>et al.</i> (2015)	Fitofármacos y/o nutracéutico
<i>Halimedaceae</i>	<i>Halimeda opuntia</i>	Clorophyta	Efectos Antioxidantes	Cuba	Díaz Gutiérrez <i>et al.</i> (2015)	Fitofármacos y/o nutracéutico
Múltiples	<i>Algas rojas: Jania, Amphiroa, Galaxaura, Hypnea Digenea</i>	Clorophyta Rhodophyta Hetrokontophyta	Vitaminas (B, C, E y K)	Cuba	Espinosa-Antón <i>et al.</i> (2021)	Bioestimulante en la producción agrícola
Múltiples	<i>Algas Pardas: Dictyopteris, Dictyota, Padina, Stypodium Sargassum</i>	Clorophyta Rhodophyta Hetrokontophyta	Vitaminas (B, C, E y K)	Cuba	Espinosa-Antón <i>et al.</i> (2021)	Bioestimulante en la producción agrícola
Múltiples	<i>Algas verdes: Ulva, Anadyomene, Cladophoropsis Dictyosphaeria Valonia Caulerpa Halimeda Penicillus Acetabularia</i>	Clorophyta Rhodophyta Hetrokontophyta	Vitaminas (B, C, E y K)	Cuba	Espinosa-Antón <i>et al.</i> (2021)	Bioestimulante en la producción agrícola
<i>Rhodomelaceae</i>	<i>Acanthophora specifera</i>	Rhodophyta	Altos niveles de energía, fibra y carbohidratos	Ecuador	D'Armas <i>et al.</i> (2019)	Potencial nutraceutico
<i>Ceramiaceae</i>	<i>Centroceras clavulatum</i>	Rhodophyta	Altos niveles de proteína, y fibra	Ecuador	D'Armas <i>et al.</i> (2019)	Potencial nutraceutico
<i>Cystocloniaceae</i>	<i>Hypnea spinella</i>	Rhodophyta	Altos niveles de proteína, y fibra	Ecuador	D'Armas <i>et al.</i> (2019)	Potencial nutraceutico
<i>Solieriaceae</i>	<i>Kappaphycus alvarezii</i>	Rhodophyta	Altos niveles de proteína	Ecuador	D'Armas <i>et al.</i> (2019)	Potencial nutraceutico
<i>Dictyoptaceae</i>	<i>Padina pavonica</i>	Ochrophyta	Altos niveles de fibra	Ecuador	D'Armas <i>et al.</i> (2019)	Potencial nutraceutico
<i>Dictyoptaceae</i>	<i>Spatoglossum schroederi</i>	Ochrophyta	Altos niveles de lípidos o grasas y Energía	Ecuador	D'Armas <i>et al.</i> (2019)	Potencial nutraceutico

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla comparativa, en Cuba, las macroalgas marinas representan un recurso local abundante y disponible a lo largo de sus costas, caracterizado por una extensa diversidad de especies. La composición de proteínas de alta calidad, lípidos poliinsaturados, fibra dietética, vitaminas y minerales las hacen una fuente atractiva de alimentos funcionales. También poseen sustancias con valor nutracéutico, como los antioxidantes fenólicos y las clorofilas. En Cuba son abundantes en todas las costas, bahías y ríos. En particular, los géneros *Halimeda* y

Bryothamnion son promisorios como fuentes de alimentos funcionales y nutraceuticos. Las macroalgas que fueron recolectadas en la Bahía de Salinas, Ecuador, tienen abundante contenido energético (o perfil calórico) el cual fue calculado de acuerdo con las contribuciones de las macromoléculas (grasas, proteínas y carbohidratos), siendo mayor el contenido de carbohidratos y minerales, indicando que estos organismos son una buena y saludable opción como alimento. Investigaciones previas (12) han demostrado que las proteínas de algas son ricas en

glicina, arginina, alanina y ácido glutámico; contienen aminoácidos esenciales en niveles comparables a los que indica FAO/OMS como requerimientos, sus aminoácidos limitantes son lisina y cistina, el contenido en minerales en algas es alto, sobre un 36% de peso seco, dentro de los macrominerales se incluyen sodio, calcio, potasio, cloro, sulfuro y fósforo. Una porción de *Ulva lactuca* aporta aproximadamente 257 mg de calcio; los microminerales se incluyen el yodo, hierro, zinc, cobre, selenio, molibdeno, flúor, manganeso, boro, níquel y cobalto; el contenido de lípidos en las algas es bajo (1 a 5%), siendo los lípidos neutros y glicolípidos los más abundantes. La proporción de ácidos grasos esenciales en algas es mayor que en plantas terrestres, además sintetizan gran cantidad de ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga, en los que destaca el ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) que pertenecen a la familia de ácidos grasos omega-3. El consumo de estos ácidos grasos se relaciona con disminución del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares, particularmente enfermedad coronaria.

Las algas marinas constituyen organismos con perspectivas alentadoras como fuentes de compuestos bioactivos, con disímiles aplicaciones, tanto en la prevención como en el tratamiento de diversas enfermedades. El análisis de resultados muestra que un alto contenido de fibras en *Hypnea spinella*, *Padina pavonica*, *Spatoglossum schroederi*, alto en proteínas para *Hypnea spinella* y *Ulva lactuca*, entre otras especies, y contenido considerable de carbohidratos para *Ulva fasciata*, *Ulva lactuca* y *Acanthophora specifera*, por lo que se recomiendan en la preparación de algunas dietas ricas en estos componentes y con bajo contenido de lípidos. Varios autores (14) recomiendan el uso de las macroalgas *Enteromorpha* y *Ulva* spp. para consumo humano, debido a que éstas poseen componentes benéficos como minerales, principalmente calcio y fósforo, proteínas, aminoácidos esenciales, ácidos grasos esenciales, fibra, y además son bajas

en calorías.

En este sentido, lo antes expuesto permite reafirmar la sustentabilidad de las especies de macroalgas en beneficio del desarrollo de productos relacionados al mejoramiento de la calidad de vida de la población, tanto nutricionalmente como farmacológicamente. De esta forma, profundizar e indagar más en el estudio de las algas a fin de su utilización como alimentos funcionales y nutraceuticos en el país, es una ardua labor para los profesionales de la ciencia, tecnología y preservación del medio ambiente.

CONCLUSIONES

Las macroalgas son un alimento natural y saludable debido por sus múltiples beneficios asociados a proteínas, vitaminas (sobre todo A, C y B-12), lípidos, fibras y minerales, especialmente los micronutrientes, como el Fe, Ca, I, K y Se. Además, son fuente de ácidos grasos naturales como los omega-3. Son consumidas directamente o como suplemento alimenticio. Actualmente, se consumen mucho más a nivel mundial principalmente en países como China, Japón y Corea. Esto podría relacionarse con el incremento de los hábitos veganos y la alta cocina (15).

A raíz del análisis de la composición nutricional de las macroalgas, se concluye que es relevante dar a conocer que las algas constituyen un recurso potencial del cual se pueden obtener grandes beneficios para el aspecto nutricional de los seres humanos. Las macroalgas son un recurso local económico, abundante y poco aprovechado como fuente de nuevos bioproductos para uso del hombre, destinados a mejorar el aspecto nutricional del mismo, por lo que es pertinente proponer el desarrollo de diferentes cultivos de algas como recurso permanente.

En este trabajo de investigación solo se consideraron algunas especies de algas; sin embargo, es posible que el mismo principio se aplique a otros productos que se puedan aplicar al beneficio del ser humano (16). La presente revisión demostró que las

macroalgas marinas presentan aplicaciones en numerosos campos.

En cuanto a su consumo para los beneficios de la salud humana, los trabajos revisados coinciden en las ventajas que representa incluir algas en la dieta. Sin embargo, se requiere profundizar los estudios sobre composición química de macroalgas marinas de hábitats naturales y cultivadas en especial aquellos dirigidos a analizar el contenido de elementos potencialmente tóxicos.

Las algas marinas han recibido mucha atención por ser fuentes potenciales de compuestos bioactivos ya que son capaces de producir varios metabolitos secundarios con un amplio espectro de actividades biológicas interesantes, incluyendo propiedades antibacterianas, antifúngales, antivirales y antioxidantes (17)(18)(19). El gran potencial para la explotación de estos compuestos naturales en varias aplicaciones (medicamentos, ingredientes biológicos o farmacológicos, nutracéuticos, ingredientes alimentarios funcionales, etc.) ha estimulado la búsqueda de nuevos compuestos bioactivos de algas cosechadas en varios sitios del mundo.

Incluir las macroalgas en la alimentación diaria; así como lo realizan en algunos países, muchas veces con fines dietéticos por su no-digestibilidad. Además, se aplican en formulaciones de productos cárnicos, como embutidos; también en la producción de lácteos, como quesos, cremas, yogures o pudines, y en presentaciones de frutas, verduras, cereales y bebidas instantáneas. En la industria farmacéutica, se utilizan como dispersantes en muchas formas: geles, cápsulas, cremas, supositorios, óvulos, etc. (20).

REFERENCIAS

1. Fathalla M. ¿Qué es investigar? Guía práctica de investigación en salud de investigación-OPS. 2008; 1 (30): 17-36.
2. Hernández R, Fernández M, Pilar M. Metodología de la Investigación. 6 ed. El Oso Panda; 2017.
3. El estudio mundial de la pesca y la acuicultura 2018. 1 ed. Roma. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2018.
4. Barraza D, Coronado I, Daza L. Estudio de costos para la producción de agar-agar a partir de macroalgas en el departamento del Atlántico. Repositorio Digital. Universidad Simón Bolívar. 2020. Disponible en: <<https://bonga.unisimon.edu.co/handle/20.500.12442/7017>>.
5. Rubira, A. Diversidad abundancia y distribución de las macroalgas en las zonas intermareal rocoso en las playas de Salinas, la Libertad y Ballenita (Península de Santa Elena–Ecuador Octubre–Noviembre 2009). Universidad de Guayaquil. 2012. Disponible en: <<http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/1468>>
6. Cuví N, Cornejo X. Una revisión actualizada de las macroalgas marinas del Ecuador continental. Revista Científica de Ciencias Naturales y Ambientales. 2020 Dic; 14(2): 201-209.
7. León A, & Núñez M. Géneros de algas marinas tropicales de México: II. Algas pardas. 1 ed. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 2017.
8. Nagai N. Estudio de harinas de algas marinas comestibles y su incorporación en productos cárnicos. Universidad Nacional de La Plata. 2018; 1(1): 1-120. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/73022/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
9. Gutiérrez R, González K, Hernández Y, Acosta Y, Marrero D. Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. *Revista de Investigaciones Marinas*. 2017; 37(2), 16-28.
10. D'Armas H, Jaramillo C, D'Armas M, Echavarría A, Valverde P. Composición proximal de varias macroalgas de la costa de Bahía Salinas, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 2019; 67(1): 61-68.
11. Espinosa A, Hernández M, González M.

- Potencial de las macroalgas marinas como bioestimulantes en la producción agrícola de Cuba. *Centro de Investigaciones Agropecuarias*, 2021; 48(3), 81-92.
12. Bourgougnon N, Bedoux G, Sangiardi A, Stiger V. Las algas: potencial nutritivo y aplicaciones cosméticas. *Revista Aplicaciones industriales y tendencias*. 2011; 1(1): 79-84.
 13. Quiral R V., Morales G, Sepúlveda M, Schwartz M. Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista chilena de nutrición*, 2012; 39(4): 196-202.
 14. Carrillo S, Casas M, Ramos F, Pérez F, Sánchez I. Algas marinas de Baja California Sur, México: Valor nutrimental. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2002; 52(4): 400-405.
 15. Camurati J, Hocsma J, & Salomone, V. Potencialidades de las macroalgas marinas argentinas. *Marine and Fishery Sciences*. 2019; 32(2), 169-183.
 16. Rozo G. Algas del Caribe Colombiano: Fuente alternativa de alimentos, nutraceuticos y biomateriales. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. 2019; 1(1). 1-113.
 17. Mayer A, Rodriguez A, Berlinck R, Hamann M. 2007. Marine pharmacology in 2003–4: Marine compounds with anthelmintic antibacterial, anticoagulant, antifungal, anti-inflammatory, antimalarial, antiplatelet, antiprotozoal, antituberculosis, and antiviral activities, affecting the cardiovascular, immune and nervous systems, and other miscellaneous mechanisms of action. *Comparative Biochemistry and Physiology Part C Toxicology & Pharmacology*. 2007; 145(4): 553–581.
 18. Nahas R, Abatis D, Anagnostopoulou M, Kefalas P, Vagias C, Roussis V. Radical-scavenging activity of Aegean Sea marine algae. *Food Chemistry*. 2007; 102(3): 577–581.
 19. Zhang Z, Wang F, Wang X, Liu X, Hou Y, Zhang Q. Extraction of the polysaccharides from five algae and their potential antioxidant activity *in vitro*. *Carbohydr. Polym*. 2010; 82 (1): 118–121.
 20. Tori R. Los ficocoloides en la industria. Universidad San Ignacio de Loyola. 2014; 1(2): 1-2. Disponible en: <https://repositorio.usil.edu.pe/server/api/core/bitstreams/08629d6c-bf89-4786-a417-ec0a325c5993/content>