



CIENCIAS BIOMÉDICAS

Artículo de revisión

Potencialidades de la biomasa del *Sargassum* como fuente de compuestos bioactivos en el contexto global de la emergencia de enfermedades virales

Liena de Regla Ponce Rey ^{1*} <https://orcid.org/0000-0001-5427-6924>
Ivones Hernández Balmaseda ² <https://orcid.org/0000-0001-5276-0851>
Sonia Resik Aguirre ³ <https://orcid.org/0000-0001-7318-7206>
Gloria del Barrio Alonso ¹ <https://orcid.org/0000-0001-5758-8595>
Idania Rodeiro Guerra ² <https://orcid.org/0000-0002-2692-6050>

¹ Facultad de Biología, Universidad de La Habana. La Habana, Cuba

² Instituto de Ciencias del Mar. La Habana, Cuba

³ Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí. La Habana, Cuba

* Autor para la correspondencia: lponce@fbio.uh.cu

Editor

Lisset González Navarro
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

Traductor

Darwin A. Arduengo García
Academia de Ciencias de Cuba.
La Habana, Cuba

RESUMEN

El actual panorama epidemiológico global sitúa a las enfermedades virales como un riesgo objetivo para la salud humana y animal. La mayoría de los patógenos virales carece de tratamientos terapéuticos o profilácticos. El desarrollo de moléculas antivirales de amplio espectro provenientes de fuentes naturales representa una solución alternativa a este desafío. Las algas pardas del género *Sargassum* poseen diversas propiedades biológicas, sin embargo, el estudio de sus potencialidades biomédicas es un campo aun por explorar. En el presente trabajo se identifica y aborda el aprovechamiento sostenible de la biomasa de las arribazones del *Sargassum* como estrategia para la búsqueda y el desarrollo de compuestos bioactivos, como alternativa para el tratamiento de las enfermedades virales. Todo ello considerando los desafíos epidemiológicos actuales, en coherencia con la política de ciencia y tecnología de Cuba y con los objetivos de desarrollo sostenibles de la Agenda 2030.

Palabras clave: virus; *Sargassum*; antiviral; enfermedades emergentes

Potentialities of *Sargassum* biomass as a source of bioactive compounds in the global context of viral disease emergence

ABSTRACT

The current global epidemiological context places viral diseases as an objective risk to human and animal health. Most viral pathogens lack therapeutic or prophylactic treatments. The development of broad-spectrum antiviral molecules from natural sources represents an

alternative solution to this challenge. Brown algae of the genus *Sargassum* possess diverse biological properties, but the study of their biomedical potential is a field yet to be explored. The present work identifies and addresses the sustainable use of excess *Sargassum* biomass as a strategy for the search and development of bioactive compounds as an alternative for the treatment of viral diseases. The above mentioned is more relevant considering the current epidemiological challenges, acting in coherence with the Cuban Science and Technology Policy and with the sustainable development goals of the 2030 Agenda.

Keywords: virus; Sargassum; antiviral; emerging diseases

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades infecciosas virales emergentes y reemergentes representan una amenaza para la salud mundial, especialmente las de etiología zoonótica. En un mundo globalizado la probabilidad de que un patógeno se expanda a varios países es cada vez mayor y es un proceso que puede tardar solo horas o pocos días, con el consecuente riesgo de desencadenar epidemias y pandemias. La acción antropogénica está contribuyendo en gran medida, a través del cambio climático, al incremento de las enfermedades zoonóticas. Este fenómeno, además de las implicaciones en la salud humana, influye seriamente en las dinámicas económicas, sociales y culturales a nivel global. La pandemia de COVID-19 es el ejemplo más reciente con efectos globales aún latentes. ⁽¹⁾ Ante estos desafíos epidemiológicos y, por ende, sociales, además del desarrollo de vacunas como tratamientos profilácticos, la búsqueda de moléculas antivirales de amplio espectro (AAE) constituye, en la actualidad, una de las estrategias terapéuticas priorizadas por la comunidad científica internacional y por las Academias de Ciencias de los países europeos. ^(2,3)

A diferencia de los antivirales específicos que tienen como desventaja fundamental la rápida aparición de farmacoresistencia, principalmente en esquemas de monoterapia, los AAE poseen amplias potencialidades terapéuticas ya que son capaces de inhibir varias etapas o procesos específicos de la replicación viral y pueden desempeñar un rol inmunomodulador. Este último a través de la estimulación de la expresión de proteínas celulares tales como el interferón que participan en la respuesta antiviral. ⁽⁴⁾ Ello permite su aplicación en casos de hospitalización por infección aguda, aumentando las probabilidades de supervivencia de los pacientes.

Dentro de las fuentes más promisorias de AAE se encuentran los productos naturales. Estos han sido ampliamente utilizados por las civilizaciones humanas en el tratamiento de diversas enfermedades, incluidas las infecciosas. ⁽⁵⁾ La diversidad química de sus compuestos y los diversos mecanismos de acción que son capaces de ejercer han contribuido

al descubrimiento de novedosas moléculas y al desarrollo de fármacos antivirales. ⁽⁶⁾ Si bien las plantas terrestres son las más utilizadas con fines curativos, las plantas y algas marinas representan una fuente prometedora de metabolitos secundarios con diversas propiedades biológicas. ^(7,8) Tal es el caso de las algas pardas del género *Sargassum*, conocido también como Sargazo que comprende cerca de 400 especies distribuidas globalmente y algunas de las cuales se les confiere potencial terapéutico y beneficios para la salud dadas sus propiedades analgésicas, antiinflamatorias, antioxidantes, neuroprotectoras, antimicrobianas, antitumorales, anticoagulantes, hepatoprotectoras, entre otras. ⁽⁹⁾

Existen 2 especies del género que son holopelágicas, es decir, flotan en la superficie del mar: *Sargassum fluitans* y *Sargassum natans*. Estas habitan fundamentalmente en el norte del Océano Atlántico conocido como Mar de los Sargazos. ⁽¹⁰⁾ Estas algas poseen un ciclo de arribazón natural a las costas del Mar Caribe, sin embargo, a partir del año 2011 han ocurrido arribazones abundantes que han involucrado a su vez a Sudamérica y África Occidental, con graves implicaciones ecológicas y económicas debido a los varamientos y la descomposición de la biomasa vegetal. países como México, aquellos que conforman las islas del Caribe y Cuba han sido afectados por este fenómeno. ⁽¹¹⁾

Si bien la emergencia y reemergencia de enfermedades virales y las arribazones del *Sargassum* son 2 fenómenos independientes, la presente revisión propone abordarlos desde una perspectiva integradora, sobre la base de resultados de investigación obtenidos como parte de un proyecto de doctorado que versa sobre la búsqueda y caracterización de compuestos antivirales en fuentes naturales y considerando la información disponible en fuentes reconocidas de divulgación científica. Se pretende así como objetivo del presente trabajo abordar las potencialidades de la biomasa de las arribazones del *Sargassum* como fuente de compuestos bioactivos en el contexto epidemiológico global de reemergencia de patógenos virales.

DESARROLLO

Métodos

Para la localización de la información las búsquedas se circunscribieron a las bases de datos de Google Scholar, Web of Science, PubMed y Scielo y se emplearon los descriptores: *Sargassum*, *macroalgae*, antiviral, virus. Se establecieron como criterios de selección la inclusión de la mayoría de las publicaciones relacionadas con las potencialidades biomédicas descritas para el *Sargassum* así como la actualidad del material científico consultado (más del 70 % de los últimos 5 años). Los aspectos que se tuvieron en cuenta fueron: el título, los autores, el resumen y los resultados, y se procedió luego a la lectura crítica del resto del contenido de las publicaciones. Las búsquedas bibliográficas se realizaron en idioma inglés y español. Las publicaciones revisadas contienen uno o varios de los criterios que a continuación se exponen:

- Publicaciones internacionales actuales (desde 2019) sobre actividades biológicas descritas para las algas pardas del género *Sargassum*;
- publicaciones internacionales sobre las enfermedades virales emergentes y reemergentes de importancia clínica y epidemiológica;
- publicaciones nacionales e internacionales sobre el fenómeno de las arribaciones del *Sargassum* a las costas del Mar Caribe y Cuba.

Impacto de las enfermedades virales emergentes y reemergentes. Estrategia “Una salud” en el contexto epidemiológico global

Las enfermedades virales emergentes y reemergentes constituyen uno de los problemas de salud que más interés ha despertado mundialmente en los últimos años. Muchas se consideran catástrofes nacionales por la alta morbilidad que generan, la pérdida de un alto número de vidas y las implicaciones económicas para los países. ⁽¹²⁾ Hasta el momento se reconocen unas 200 especies virales como patógenos humanos, para cuya gran mayoría no se dispone de tratamientos terapéuticos o profilácticos. ⁽¹³⁾ En el año 2021, la FDA (del inglés: Food and Drug Administration) aprobó un total de 50 nuevos medicamentos, incluidos varios destinados a controlar infecciones o enfermedades virales. ⁽¹⁴⁾ Sin embargo, estos aún no logran cubrir la diversidad de virus existentes y el alto costo de los mismos hace casi imposible su acceso para muchos países. ⁽¹⁵⁾

Aunque algunos fármacos antivirales específicos son realmente eficaces poseen la desventaja de no ser efectivos contra virus de diferentes familias y, por lo tanto, para el tratamiento de futuros patógenos desconocidos. ⁽¹⁶⁾ Además, a

esta problemática se suma la aparición de cepas con mutaciones que generan resistencia a los fármacos establecidos, como sucede con el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), el herpes simple, entre otros. ⁽¹⁷⁾

En este siglo nuevos virus han ganado importancia epidemiológica como el SARS-CoV-2, causante de la pandemia de COVID-19. Otros virus como el dengue poseen una gran incidencia en los países y territorios endémicos en la región de Las Américas. ⁽¹⁸⁾ La lista de patógenos virales priorizados por la OMS que pueden ocasionar brotes y pandemias se compone de virus respiratorios (COVID-19, síndrome respiratorio agudo, síndrome respiratorio del Medio Oriente) y virus que ocasionan fiebres hemorrágicas y son transmitidos por vectores (fiebre hemorrágica de Crimea y Congo, enfermedad de Ébola, enfermedad de Marburg, fiebre Lassa, Enfermedades de Nipah y henipavirales, fiebre del Rift Valley y Zika). ⁽¹⁹⁾ La pandemia de COVID-19 destacó la importancia de la prevención de las enfermedades virales zoonóticas a partir de una visión holística del cuidado y la preservación de los ecosistemas y todas las formas de vida de nuestro planeta como garantía de un equilibrio biológico. Todo ello permitió retomar el concepto de Una sola salud (en inglés: One Health) que, si bien no es nuevo en los ámbitos científico y médico, ha ganado mayor uso y repercusión en los últimos 3 años.

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la Oficina Internacional de Epizootias (OIE), el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) acogieron la definición formulada por el cuadro de expertos de alto nivel para el enfoque de “Una Sola Salud” (OHHLEP), integrado por científicos y normativos de todo el mundo. Una Sola Salud consiste en un enfoque integrado y unificador que persigue como objetivo principal el de optimizar y equilibrar de forma sostenible la salud de las personas, los animales y el ecosistema. ⁽²⁰⁾ Este concepto basa sus premisas en la estrecha relación e interdependencia entre la salud de las personas, los animales tanto domésticos como salvajes y el medio ambiente como un todo. Diversos factores han contribuido de forma significativa al desequilibrio o cambio en las dinámicas de las interacciones entre estos factores, entre los que vale mencionar: ⁽²¹⁾

- El crecimiento acelerado de las poblaciones humanas y su extensión a nuevas zonas geográficas, lo cual estrecha el contacto de estas con la vida salvaje y de esta última también con los animales domésticos (ganado y mascotas). De esta manera se incrementan las probabilidades de transmisión de enfermedades al ser humano (zoonosis).
- La explotación indiscriminada de los recursos naturales (deforestación, agricultura intensiva, etc.) y la contaminación

del medio ambiente. Todo ello materializado en eventos climatológicos adversos, pérdida de la biodiversidad e incendios forestales.

- La globalización condiciona el aumento en el movimiento de las personas, los animales y los productos de origen animal a través de los viajes y el comercio internacionales y por ende contribuye a la propagación en menor tiempo de las enfermedades zoonóticas.

La complejidad asociada a los retos sanitarios que se imponen con el modelo de vida y consumo actual de las sociedades humanas solo puede ser efectivamente enfrentada a través de la colaboración multisectorial. En ese sentido el enfoque de Una sola salud ofrece herramientas que permiten abordar el control de las enfermedades infecciosas de forma holística. Ello incluye la prevención, la detección (mediante vigilancia epidemiológica y métodos diagnósticos), la preparación, la respuesta y la gestión. Dentro de la prevención y de la respuesta, como parte del control de la propagación de cualquier patógeno viral, la administración a personas portadoras de la enfermedad de fármacos antivirales o inmunomoduladores contribuye a limitar la transmisión de la enfermedad, disminuyendo la morbilidad y por ende aumentando la probabilidad de supervivencia.

Un aspecto importante del enfoque Una sola salud es su materialización no solo a niveles nacionales, regionales o globales, pero más importante aún, a nivel comunitario. En ese sentido es crucial que las personas, más allá de los profesionales del sector médico, científico o gubernamental, comprendan e identifiquen no solo los riesgos sino también la importancia de su participación en la búsqueda de soluciones. El enfoque Una sola salud no solo contempla dentro de los retos sanitarios más apremiantes la emergencia y reemergencia de enfermedades infecciosas de origen zoonótico sino también la resistencia a los fármacos antimicrobianos y antivirales ya existentes o la ausencia de estos para el tratamiento de nuevos patógenos. En ese sentido la disponibilidad de tratamientos profilácticos y terapéuticos, representados en vacunas o fármacos respectivamente, representa una de las estrategias de enfrentamiento a las enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes. ⁽²²⁾

Valorización de la biomasa de las algas pardas del género *Sargassum* como fuente potencial de compuestos bioactivos y fármacos antivirales

La vasta extensión oceánica, con más del 70 % de la superficie de nuestro planeta, fue clasificada en la década de 1980 como el mayor reservorio de productos naturales a evaluar para un amplio rango de propiedades biológicas. Sus ambientes únicos se caracterizan por una enorme diversidad taxonó-

mica y química. ⁽²³⁾ Los organismos marinos al evolucionar y vivir en condiciones ecológicas únicas son capaces de sintetizar moléculas que no tienen equivalencia con las encontradas hasta el presente en los ecosistemas terrestres. Ello motiva la búsqueda en los mismos de nuevos compuestos antivirales contra enfermedades de importancia clínica y epidemiológica que muestran resistencia frente a fármacos ya establecidos o carecen de terapia. ⁽²⁴⁾ Dada la estricta dependencia de los virus sobre los procesos metabólicos celulares para su replicación, los fármacos o compuestos antivirales se diseñan para bloquear una o varias etapas del ciclo replicativo viral mediante mecanismos de acción específicos. ⁽²⁵⁾ A pesar del gran número de evidencias experimentales y el desarrollo de algunos productos, a la fecha la inmensa mayoría de las enfermedades virales carecen de tratamiento terapéutico y profiláctico y continúan siendo un grave problema de salud.

El empleo de las plantas medicinales ha aumentado en las 3 últimas décadas, tanto en países desarrollados como en aquellos en vías de desarrollo. Se considera una planta medicinal aquella que contiene un principio activo o más, los cuales, al ser administrados en la dosis adecuada producen un efecto curativo. ⁽²⁶⁾ La fitoterapia ha sido empleada tradicionalmente en el tratamiento de diversas enfermedades virales como las provocadas por los virus respiratorios, enterovirus y el virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), dada la presencia en las plantas de metabolitos como los flavonoides, taninos, glicósidos, alcaloides y compuestos fenólicos. ^(27,28) Estos principios pueden ejercer su acción de manera sinérgica y pueden emplearse de forma combinada compuestos obtenidos de diferentes plantas.

El género *Sargassum* comprende cerca de 400 especies distribuidas globalmente en zonas tropicales y subtropicales. Sólo 2 especies son pelágicas (*Sargassum natans* y *Sargassum fluitans*), ya que forman un ecosistema flotante característico que proporciona hábitat y refugio a varias especies marinas. ⁽²⁹⁾ Muchas especies no pelágicas del *Sargassum* han sido consumidas durante siglos como alimentos al ser ricas en fibra dietética soluble, aminoácidos esenciales, minerales, vitaminas y ácidos grasos. Además, son empleadas en el tratamiento de un gran número de enfermedades dada la presencia de compuestos biológicamente activos que actúan como antioxidantes, antivirales, antiinflamatorios, anticancerígenos, anticoagulantes, neuroprotectoras, antimicrobianos y moduladores de la respuesta inmunológica. Las acumulaciones del *Sargassum* holopelágico en las costas del Caribe, a partir de las abundantes e inusuales arribaciones, subrayan la necesidad no solo de desarrollar investigaciones enfocadas en el desarrollo de sistemas de alerta tempranos y en la mitigación y limpieza de las costas sino también en el estudio

de las potencialidades de esta biomasa y su correspondiente valorización para la obtención de fitofármacos.

A pesar de la existencia de algunos estudios relacionados con la valorización de la biomasa de estas algas para su empleo como biocombustible y biofertilizante, hasta la fecha existen muy pocos informes sobre el perfil de metabolitos secundarios de estas especies y su potencial biomédico.⁽³⁰⁾ A la vez que pocos estudios describen las potencialidades como fuente de compuestos antivirales.⁽³¹⁾ Entre los virus inhibidos por los extractos obtenidos de diferentes especies del género *Sargassum* se encuentran el citomegalovirus, el virus del herpes simple, el virus de las paperas, el virus del sarampión, el adenovirus, el virus de la gripe, el poliovirus, el coxsackievirus y el VIH. Los compuestos antivirales incluyen polisacáridos sulfatados, florotaninos, hidroxiácidos grasos, meroterpenoides, flavonoides, etc.⁽³²⁾ Los mecanismos de acción propuestos son la inhibición de la adhesión y la internalización de los viriones a la célula, así como de la replicación del genoma viral y la síntesis proteica. Las moléculas responsables de esta actividad incluyen polifenoles (taninos, flavonoides, lignanos, proantocianidinas, quininas), glicósidos, tiofenos, policetonas, alcaloides (cafeína, colchicina, furanoquinolinas), terpenoides (monoterpenos, diterpenos, triterpenos, sesquiterpenos), polisacáridos, proteínas y péptidos.⁽³³⁾ Además se ha informado la actividad antiviral asociada a la presencia de flavonoides, taninos y polisacáridos sulfatados tales como los carragenanos, los alginatos, los fucoidanos, los laminaranos y los naviculanos. Metabolitos como las antraquinonas, los triterpenos, los derivados de las catequinas y los polisacáridos han mostrado actividad contra el VIH, el virus del herpes simple, el citomegalovirus y el virus del sarampión.⁽³⁴⁾

Nuestros estudios de investigación han comprobado la actividad antiviral de extractos obtenidos de la biomasa del *Sargassum* que arriba a las costas cubanas en modelos celulares *in vitro* tales como líneas celulares humanas y no humanas contra cepas clínicas del echovirus 9, agente causal de la meningitis aséptica y la meningoencefalitis viral, el coxsackievirus A 16 y el coxsackievirus A24, causantes del Síndrome de Mano, Pie y Boca y la conjuntivitis hemorrágica respectivamente, el herpes simple tipo 1 y el herpes simple tipo 2 sensibles y resistentes al aciclovir. Considerando que aún son pocas las moléculas activas identificadas en fuentes naturales que han sido objeto de estudios preclínicos estos resultados y otros en progreso, tales como la caracterización química a través de técnicas avanzadas, contribuyen a la valorización de la biomasa del *Sargassum* holopelágico y al desarrollo futuro de formulaciones y medicamentos aprobados y registrados oficialmente para su aplicación biomédica.⁽³⁵⁾

Aprovechamiento sostenible de recursos naturales como parte de la política cubana de ciencia y tecnología. Potencialidades en el uso y manejo sostenible de las algas que arriban a la plataforma insular cubana en el contexto del fenómeno de las arribazones a las costas del Caribe

La política cubana de ciencia y tecnología sustenta el uso de los conocimientos científicos y tecnológicos en aras de contribuir al desarrollo económico y social del país, siendo la conservación, la protección y el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales una de las misiones prioritarias.⁽³⁶⁾ La Real Academia de la Lengua Española define a la ciencia como el “conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación y el razonamiento, sistemáticamente estructurados y de los que se deducen principios y leyes generales con capacidad predictiva y comprobables experimentalmente”. Por otro lado, la tecnología se define como el “conjunto de teorías y técnicas que permiten el aprovechamiento práctico del conocimiento científico”.⁽³⁷⁾ Un análisis inicial de ambos conceptos permite comprobar que ninguno incluye o contempla ninguna dimensión social, al menos explícitamente. Sin embargo, aún antes de la revolución científica, cuando el ser humano no era consciente de su ejercicio de la ciencia a través de la observación y la experimentación empírica en la búsqueda del conocimiento, esta comenzó a ser cada vez más determinante en las dinámicas económicas y políticas y por consiguiente en las sociales.⁽³⁸⁾ Es innegable que tanto la ciencia como la tecnología son procesos sociales, y por ende están supeditados a las necesidades humanas y a la solución de problemas objetivos.

Los antecedentes del presente trabajo consisten en investigaciones realizadas sobre la caracterización de la actividad antiviral *in vitro* de extractos crudos obtenidos a partir de la biomasa del *Sargassum* que arriba a las costas cubanas, contra virus de importancia clínica y epidemiológica. A lo cual se suman estudios de caracterización del perfil de metabolitos secundarios e identificación de moléculas de interés.^(39,40,41) Dichos estudios guardan estrecha relación con la política científica de nuestro país y por consiguiente con sus planes de desarrollo, al ofrecer perspectivas terapéuticas contra ciertas infecciones virales. Como parte de la estrategia socioeconómica de Cuba, la posibilidad de contar con varios candidatos terapéuticos se traduce además, a mediano y largo plazo, en la sustitución de importaciones de fármacos, en el aprovechamiento de las capacidades e infraestructura propias y en la disposición de formulaciones y futuros productos farmacéuticos exportables con alto valor agregado de interés en el mercado internacional. Todo lo cual tributa a la soberanía económica y biotecnológica.⁽⁴²⁾ Otro resultado, no menos

importante, es la contribución al desarrollo local a partir de la participación comunitaria en los procesos de colecta y manejo de la biomasa de las algas en estudio, contribuyendo a la cultura científica popular y la protección medioambiental.

En Cuba el empleo de productos naturales para el tratamiento de las enfermedades humanas es reconocido y liderado por el Ministerio de Salud Pública a través de un enfoque integral de la atención de salud que garantiza un acceso seguro, asequible y efectivo de la población. Nuestro país es uno de los 25 estados miembros de la OMS que desarrolla una política nacional de medicina tradicional y complementaria con modalidades que tienen validación científica y tradicional. ⁽⁴³⁾ El empleo de productos naturales ofrece como ventajas principales en muchos casos la menor toxicidad y disminución o ausencia de efectos adversos en comparación con los medicamentos sintéticos industriales. La Organización Mundial de la Salud (OMS), ante el escenario epidemiológico de la COVID-19 y la ausencia inicial de fármacos terapéuticos, estimuló en algunas regiones el apoyo a aquellas instituciones de investigación para la selección de productos naturales que pudieran ser estudiados por su eficacia y seguridad para el tratamiento de la enfermedad. ⁽⁴⁴⁾

La búsqueda de compuestos bioactivos con fines terapéuticos en la biomasa del *Sargassum* que arriba a las costas cubanas tiene a su vez estrecha relación con el lineamiento 158 de la Política Económica y el Plan de Desarrollo Económico y Social que persigue como objetivo prestar la máxima atención al Desarrollo de la Medicina Natural y Tradicional a partir de la introducción de nuevos bienes y servicios en el mercado nacional con la incorporación de productos terapéuticos. ⁽⁴⁵⁾ Al tratarse de fuentes naturales debe garantizarse la sostenibilidad en el proceso y el cumplimiento de las normas que rijan su aprovechamiento responsable, el mantenimiento de la biodiversidad marina y la conservación costera. De esta manera también se cumplen los objetivos de la Tarea Vida como parte de las acciones de nuestro país para la mitigación de los efectos del cambio climático. ⁽⁴⁶⁾

En materia de uso y explotación de los recursos naturales, Cuba cuenta con la Ley del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente, la cual establece los elementos que garantizan la protección y el uso sostenible de los recursos naturales y el medio ambiente a la vez que responde a los Objetivos de Desarrollo Sostenible adoptados por la Organización de Naciones Unidas. ^(47,48) Cuba posee una rica diversidad biológica de organismos terrestres y marinos. El litoral y la plataforma marina abarcan 109 886,19 km². ⁽⁴⁹⁾ Nuestro país cuenta con políticas nacionales de protección de la biodiversidad cubana que garantizan la distribución justa y equitativa de los recursos a todos los ciudadanos así como los permisos y regulaciones

para acceder a las áreas de intervención. ⁽⁵⁰⁾ La plataforma insular cubana es el hábitat de varias especies de algas marinas que son fuente de una gran diversidad de compuestos tales como polifenoles, flavonoides, polisacáridos, lípidos, proteínas, clorofilas, micronutrientes y otros. Se trata de recursos valiosos, siempre que su utilización se lleve a cabo de forma sostenible y respetuosa con el medio ambiente. ⁽⁵¹⁾

La proliferación de la biomasa del *Sargassum* holopelágico y la consecuente arribazón a las costas cubanas y del Caribe, ha motivado el interés por frenar el impacto negativo de estas especies en el ecosistema a partir del estudio de las potencialidades de su biomasa. Propiedades antivirales, antioxidantes, fotoprotectoras, antiinflamatorias y antitumorales avalan el desarrollo futuro de productos cosméticos (jabones, cremas para la piel) y biomédicos (suplementos nutricionales y fármacos).

Impacto científico, técnico, social y principales desafíos en el aprovechamiento responsable y sostenible de las algas marinas como fuentes de compuestos con actividad antiviral para su uso terapéutico contra enfermedades infecciosas

En la actualidad no puede concebirse el progreso, el desarrollo sostenible y la prosperidad de cualquier sociedad sin la participación de la ciencia, la tecnología y sus aplicaciones innovadoras. El desarrollo económico, la imprescindible sostenibilidad ambiental que garantiza a largo plazo el primero y el mejoramiento de todos los sistemas que sostienen la dinámica social están subordinados de una forma u otra a la política científica de cualquier país. Por lo cual esta requiere, desde su legislación hasta su materialización, tener como objetivo fundamental el bienestar humano y ambiental. Cuba basa su política de ciencia y tecnología en el desarrollo económico, social, cultural y ambiental a partir de la solución de problemas nacionales e incluso globales. Un gran ejemplo reciente lo constituyó el desarrollo de las vacunas cubanas contra la COVID-19, un hito histórico en el devenir científico de nuestro país. ⁽⁵²⁾

Los resultados de investigación obtenidos hasta el momento sobre la actividad antiviral de extractos obtenidos de la biomasa del *Sargassum* nacen de la colaboración entre centros de investigación y La Universidad de La Habana, esta última como institución de educación superior comprometida con el conocimiento, la ciencia, la tecnología y la vida económica y social de nuestro país. Cuenta también con el respaldo de la Fundación Universitaria de Innovación y Desarrollo y de un equipo multidisciplinario de especialistas orientado a la evaluación de los resultados obtenidos y su incorporación en cadenas productivas de valor. Ello en coherencia con el modelo de ciencia universitaria de innovación con pertinencia social a partir del desarrollo futuro de productos nutraceuticos

y terapéuticos como alternativa al tratamiento de enfermedades humanas infecciosas. ⁽⁵³⁾

Los estudios de caracterización química de la biomasa remanente de las algas del *Sargassum* contribuirán a su vez al desarrollo de otras aplicaciones como el saneamiento de aguas residuales o de consumo humano a partir de la remoción de metales pesados y otros contaminantes así como el estudio de la obtención de energía asequible y no contaminante. Adicionalmente, de acuerdo a algunas experiencias regionales, esta biomasa pudiera ser empleada en la industria alimentaria, la construcción de viviendas y el desarrollo de las energías renovables. ⁽⁵⁴⁾ La mitigación de los estragos ocasionados por la arribazón de toneladas de la biomasa del *Sargassum*, a partir de la remoción oportuna y correcto tratamiento de la misma, también contribuirán a la acción por el clima y la conservación de la vida de los ecosistemas costeros y en consecuencia a la conservación y sostenibilidad del uso de los océanos, los mares y los recursos marinos. Otro elemento importante es la participación social y comunitaria en estos procesos de colecta y manejo de la biomasa que arriba y también en los escenarios de escaldo de su aplicación para la satisfacción de las demandas locales.

El desarrollo de nuevas aplicaciones con alto valor agregado, especialmente en la industria cosmética y en la salud se vislumbra como una oportunidad para el desarrollo socioeconómico del sector de las algas. La identificación de principios activos con propiedades antivirales y el conocimiento de sus mecanismos de acción permitirían estudiarlos en diferentes formulaciones para el desarrollo de futuros fármacos. Desde el punto de vista teórico los resultados permitirán la profundización en el conocimiento científico de las propiedades biológicas de las algas del *Sargassum* como fuente renovable de compuestos bioactivos. Estos conocimientos contribuirán a la innovación y diversificación de la industria farmacéutica, agrícola y alimentaria a partir del desarrollo de nutraceuticos y productos medicinales que contribuyan a la calidad de vida y la longevidad de la población.

Como mismo el desarrollo de vacunas contra enfermedades virales contribuye al enfrentamiento y control de brotes epidémicos, el desarrollo de fármacos antivirales representa una solución eficaz ante cuadros clínicos agudos y de inmunosupresión. La presente investigación científica, en respuesta a la emergencia de las enfermedades virales y a las arribazones abundantes del *Sargassum*, contribuye al cumplimiento de diversos objetivos de desarrollo sostenible. Uno de los objetivos mejor representados en esta investigación es el objetivo de salud y bienestar al contribuir al desarrollo de candidatos terapéuticos provenientes de fuentes naturales y por ende más accesibles a los países subdesa-

rollados y en vías de desarrollo. Ello a su vez se traduce en crecimiento económico a partir de la exportación de productos de alto valor agregado.

La emergencia y remergencia de enfermedades virales como 2 problemáticas concretas para las cuales no se disponen de suficientes tratamientos y las arribazones abundantes de la biomasa de las algas del género *Sargassum* a las costas del Caribe, poseen importantes impactos económicos, sanitarios y sociales. Si bien ambas representan importantes desafíos, no están exentas de soluciones posibles a mediano y largo plazo a través de un enfoque integrador. Estudiar a profundidad la biomasa de las algas que arriba en exceso, a partir del estudio de su composición bioquímica y la caracterización de moléculas novedosas con propiedades antivirales e inmunomoduladores, no solo ofrece alternativas terapéuticas en un escenario epidemiológico global complejo, sino que además tributa al conocimiento, cuidado y manejo sostenible de un recurso marino con potencialidades aún por explorar.

Conclusiones

Los fármacos antivirales de amplio espectro han ganado un mayor interés por parte de la comunidad científica como parte de la preparación y el enfrentamiento a futuras pandemias. La biomasa del *Sargassum*, como resultado de las arribazones, representa una fuente natural escasamente explorada de compuestos bioactivos pero con un alto potencial de aplicaciones biomédicas. Su manejo y aprovechamiento sostenible representa una alternativa viable para los países en vías de desarrollo y los desafíos epidemiológicos globales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Dubin JM, Bennett NE, Halpern JA. The adverse impact of COVID-19 on men's health. *Curr Opin Urol* [Internet]. 2022 [citado 23 dic 23];32(2):146-51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1097/mou.0000000000000966>
2. Deutsche Akademie der Naturforscher Leopoldina. Antiviral drugs: Increasing preparedness for the next pandemic: G7 science Academies' statement 2022. MyCoRe Community; 2022.
3. Karim M, Lo C-W, Einav S. Preparing for the next viral threat with broad-spectrum antivirals. *J Clin Invest* [Internet]. 2023 [citado 01 nov 24];133(11). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1172/jci170236>
4. Edagwa BJ, Gendelman HE. Broad-spectrum antivirals. *Nat Mater* [Internet]. 2018 [citado 10 nov 23];17(2):114-6. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/nmat5064>
5. Yuan H, Ma Q, Ye L, Piao G. The traditional medicine and modern medicine from natural products. *Molecules* [Internet]. 2016 [citado 10 nov 23];21(5):559. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules21050559>
6. Tian W-J, Wang X-J. Broad-spectrum antivirals derived from natural products. *Viruses* [Internet]. 2023 [citado 10 nov 23];15(5):1100. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/v15051100>

7. Cotas J, Leandro A, Monteiro P, Pacheco D, Figueirinha A, Gonçalves AMM, *et al.* Seaweed phenolics: From extraction to applications. *Mar Drugs* [Internet]. 2020 [citado 29 oct 23];18(8):384. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/md18080384>
8. Lomartire S, Gonçalves AMM. An overview of potential seaweed-derived bioactive compounds for pharmaceutical applications. *Mar Drugs* [Internet]. 2022 [citado 29 oct 23];20(2):141. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/md20020141>
9. Liu L, Heinrich M, Myers S, Dworjanyan SA. Towards a better understanding of medicinal uses of the brown seaweed *Sargassum* in Traditional Chinese Medicine: A phytochemical and pharmacological review. *J Ethnopharmacol* [Internet]. 2012 [citado 29 oct 23];142(3):591-619. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jep.2012.05.046>
10. Goodwin DS, Siuda ANS, Schell JM. In situ observation of holopelagic *Sargassum* distribution and aggregation state across the entire North Atlantic from 2011 to 2020. *PeerJ* [Internet]. 2022 [citado 29 oct 23];10(e14079):e14079. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.14079>
11. Moreira Á, Alfonso G. Inusual arribazón de *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen en la costa centro-sur de Cuba. *Rev Invest Mar.* 2013 [citado 29 oct 23];33(2):17-20. Disponible en: <https://aquadocs.org/items/dad0b21c-325f-4689-811c-9c180a4f1dd1>
12. Wang L-F, Cramer G. Emerging zoonotic viral diseases: -EN- -FR- Les maladies zoonotiques virales émergentes -ES- Enfermedades zoonóticas emergentes de origen vírico. *Rev Sci Tech* [Internet]. 2014 [citado 10 nov 23];33(2):569-81. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20506/rst.33.2.2311>
13. Mirza AZ, Shamshad H, Osra FA, Habeebullah TM, Morad M. An overview of viruses discovered over the last decades and drug development for the current pandemic. *Eur J Pharmacol* [Internet]. 2021 [citado 10 nov 23];890(173746):173746. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejphar.2020.173746>
14. Tompa DR, Immanuel A, Srikanth S, Kadhivir S. Trends and strategies to combat viral infections: A review on FDA approved antiviral drugs. *Int J Biol Macromol* [Internet]. 2021 [citado 29/10/23];172:524-41. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.01.076>
15. Mazzucato M. High cost of new drugs. *BMJ* [Internet]. 2016 [citado 29 oct 23];i4136. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.i4136>
16. Vigant F, Santos NC, Lee B. Broad-spectrum antivirals against viral fusion. *Nat Rev Microbiol* [Internet]. 2015 [citado 23 dic 23];13(7):426-37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1038/nrmi-cro3475>
17. Flores-Vega VR, Monroy-Molina JV, Jiménez-Hernández LE, Torres AG, Santos-Preciado JI, Rosales-Reyes R. SARS-CoV-2: Evolution and emergence of new viral variants. *Viruses* [Internet]. 2022 [citado 10 nov 23];14(4):653. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/v14040653>
18. Prapty CNBS, Rahmat R, Araf Y, Shounak SK, Noor-A-Afrin, Rahman TI, *et al.* SARS-CoV-2 and dengue virus co-infection: Epidemiology, pathogenesis, diagnosis, treatment, and management. *Rev Med Virol* [Internet]. 2023 [citado 29 oct 23];33(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/rmv.2340>
19. Forchette L, Sebastian W, Liu T. A comprehensive review of COVID-19 virology, vaccines, variants, and therapeutics. *Curr Med Sci* [Internet]. 2021 [citado 23 dic 23];41(6):1037-51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11596-021-2395-1>
20. Keusch GT, Amuasi JH, Anderson DE, Daszak P, Eckerle I, Field H, *et al.* Pandemic origins and a One Health approach to preparedness and prevention: Solutions based on SARS-CoV-2 and other RNA viruses. *Proc Natl Acad Sci U S A* [Internet]. 2022 [citado 23 dic 23];119(42). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1073/pnas.2202871119>
21. Sinclair JR. Importance of a One Health approach in advancing global health security and the Sustainable Development Goals: -EN- -FR- Importance de l'approche Une seule santé pour améliorer la sécurité sanitaire mondiale et atteindre les objectifs de développement durable -ES- Importancia de la noción de Una sola salud para promover la seguridad sanitaria mundial y los Objetivos de Desarrollo Sostenible. *Rev Sci Tech* [Internet]. 2019 [citado 29 oct 23];38(1):145-54. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.20506/rst.38.1.2949>
22. Taveira N. Antivirals and vaccines. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2023 [citado 29 oct 23];24(12):10315. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms241210315>
23. McNutt M. Oceans and earth's habitability. *Science* [Internet]. 2015 [citado 29 oct 23];348(6237):841. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aac5755>
24. Karthikeyan A, Joseph A, Nair BG. Promising bioactive compounds from the marine environment and their potential effects on various diseases. *J Genet Eng Biotechnol* [Internet]. 2022 [citado 29 oct 23];20(1):14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s43141-021-00290-4>
25. Lomartire S, Gonçalves AMM. Antiviral activity and mechanisms of seaweeds bioactive compounds on enveloped viruses A review. *Mar Drugs* [Internet]. 2022 [citado 29 oct 23];20(6):385. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/md20060385>
26. Sofowora A, Ogunbodede E, Onayade A. The role and place of medicinal plants in the strategies for disease prevention. *Afr J Tradit Complement Altern Med* [Internet]. 2013 [citado 14 nov 23];10(5). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4314/ajtcam.v10i5.2>
27. Falzon CC, Balabanova A. Phytotherapy. *Prim Care* [Internet]. 2017 [citado 14 nov 23];44(2):217-27. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.pop.2017.02.001>
28. Akram M, Tahir IM, Shah SMA, Mahmood Z, Altaf A, Ahmad K, *et al.* Antiviral potential of medicinal plants against HIV, HSV, influenza, hepatitis, and coxsackievirus: A systematic review. *Phytother Res* [Internet]. 2018 [citado 14 nov 23];32(5):811-22. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1002/ptr.6024>
29. Wang M, Hu C, Barnes BB, Mitchum G, Lapointe B, Montoya JP. The great Atlantic *Sargassum* belt. *Science* [Internet]. 2019 [citado 14 nov 23];365(6448):83-7. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aaw7912>
30. Hernández-Bolio GI, Fagundo-Mollineda A, Caamal-Fuentes EE, Robledo D, Freile-Pelegrin Y, Hernández-Núñez E. NMR metabolic profiling of *Sargassum* species under different stabilization/extraction processes. *J Phycol* [Internet]. 2021 [citado 23 nov 23];57(2):655-63. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/jpy.13117>
31. Bedoux G, Caamal-Fuentes E, Boulho R, Marty C, Bourgougnon N, Freile-Pelegrin Y, *et al.* Antiviral and cytotoxic activities of polysaccharides extracted from four tropical seaweed

- species. Nat Prod Commun [Internet]. 2017 [citado 23 nov 23];12(6):1934578X1701200. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/1934578x1701200602>
32. Rushdi MI, Abdel-Rahman IAM, Saber H, Attia EZ, Abdelraheem WM, Madkour HA, *et al.* Pharmacological and natural products diversity of the brown algae genus *Sargassum*. RSC Adv [Internet]. 2020 [citado 23 dic 23];10(42):24951-72. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1039/d0ra03576a>
33. Sun Q-L, Li Y, Ni L-Q, Li Y-X, Cui Y-S, Jiang S-L, *et al.* Structural characterization and antiviral activity of two fucoidans from the brown algae *Sargassum henslowianum*. Carbohydr Polym [Internet]. 2020 [citado 23 nov 23];229(115487):115487. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.115487>
34. Yende S, Chaugule B, Harle U. Therapeutic potential and health benefits of *Sargassum* species. Pharmacogn Rev [Internet]. 2014 [citado 23 nov 23];8(15):1. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4103/0973-7847.125514>
35. Saraswati, Giriwono PE, Iskandriati D, Tan CP, Andarwulan N. *Sargassum* seaweed as a source of anti-inflammatory substances and the potential insight of the tropical species: A review. Mar Drugs [Internet]. 2019 [citado 23 nov 23];17(10):590. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/md17100590>
36. Núñez Jover, J, Montalvo Arriete J. Política de ciencia, tecnología e innovación en Cuba: trayectoria y evaluación. Universidad De La Habana. 2023 [citado 17 feb 24];276. Recuperado a partir de <https://revistas.uh.cu/revuh/article/view/2756>
37. Rae.es. [citado 23 ene 2025]. Disponible en: <https://dle.rae.es/ciencia>
38. Núñez Jover, J. La ciencia y la tecnología como procesos sociales. Lo que la educación científica no debería olvidar. 2012 [citado 24 nov 23]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org>
39. Ponce LR, Del Barrio G, Spengler I, Resik S, Roque A. Evaluation of the antiviral activity of the brown alga *Sargassum fluitans* against Echovirus 9. Revista Cubana de Medicina Tropical. 2018 [citado 24 nov 23];70(2). Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-07602018000200001
40. Ponce LR, Spengler I, Rodeiro I, Roque A, Del Barrio G, Resik S. Antiviral activity of *Sargassum fluitans* seaweed against echovirus 9, coxsackievirus A16 and coxsackievirus A24. Revista de Investigaciones Marinas. 2021 [citado 24 nov 23];41(1):43-55. Disponible en: <https://revistas.uh.cu/rim/article/view/5053>
41. Ponce Rey L de R, Pliego-Cortés H, Marty C, Colina Araujo E, Resik S, Rodeiro Guerra I, *et al.* In vitro antiherpetic activity of compounds extracted from *Sargassum fluitans* (Børgesen) Børgesen. Identification and in silico evaluation of potential antiviral molecules in a hydroalcoholic extract. J Appl Phycol [Internet]. 2024 [citado 24 nov 23];36(4):2209-24. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s10811-024-03202-4>
42. Medina Borges RM, Céspedes JLG. La política científica cubana y el desarrollo reciente de la biotecnología. CTyP [Internet]. 2022 [citado 24 nov 23];5(9):085. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.24215/26183188e085>
43. García Milián AJ, López Puig PLP, Alonso Carbonell L, Perdomo Delgado J, Segredo Pérez A. Integración de la medicina natural y tradicional cubana en el sistema de salud. Rev Cubana Salud Pública [Internet]. 2019 [citado 15 oct 23];45(2). Disponible en: <https://revsaludpublica.sld.cu/index.php/spu/article/view/1168>
44. World Health Organization African Region [Internet]. WHO supports scientifically-proven traditional medicine. [Citado 04 may 2020]. Disponible en: <https://www.afro.who.int/news/who-supports-scientificallly-proven-traditional-medicine>
45. Partido Comunista de Cuba. Lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución. La Habana. Editorial del Consejo de Estado. [Citado 18 abr 2021]. Disponible en: <https://www.granma.cu/octavo-congreso-pcc/2025-01-02/resolucion-del-8vocongreso-sobre-el-estado-de-la-implementacion-de-los-lineamientos>
46. CITMA, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente [Citado 19 feb 2024]. Tarea Vida: Plan de Estado para el enfrentamiento al cambio climático. Disponible en: <https://www.citma.gob.cu/tarea-vida-4/>
47. Ley 81 de 2023. Del Sistema de los Recursos Naturales y el Medio Ambiente. Gaceta Oficial Ordinaria no.87 de 2023 [citado 17 feb 24]. Disponible en: <https://www.parlamentocubano.gob.cu/ley-del-sistema-de-los-recursos-naturales-y-el-medio-ambiente>
48. McPherson G, Misener L. Editorial: Transforming our world through events: The agenda 2030. Front Sports Act Living [Internet]. 2022 [citado 15 oct 23];4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fspor.2022.942376>
49. Miloslavich P, Díaz JM, Klein E, Alvarado JJ, Díaz C, Gobin J, *et al.* Marine biodiversity in the Caribbean: Regional estimates and distribution patterns. PLoS One [Internet]. 2010 [citado 15 oct 23];5(8):e11916. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0011916>
50. García R. La protección del medioambiente en Cuba, una prioridad gubernamental. Rev Nov Pob. 2019 [citado 15 oct 23];15(30). Disponible en <https://revistas.uh.cu/novpob/article/view/558>
51. Gutiérrez Cuesta R, González García KL, Hernández Rivera Y, Acosta Suárez Y, Marrero Delange DMD. Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. Revista De Investigaciones Marinas. 2018 [citado 15 oct 23];37(2):16-28. Disponible en: <https://revistas.uh.cu/rim/article/view/5002?articlesBySimilarityPage=2>
52. Toledo-Romaní ME, García-Carmenate M, Valenzuela-Silva C, Baldoquín-Rodríguez W, Martínez-Pérez M, Rodríguez-González M, *et al.* Safety and efficacy of the two doses conjugated protein-based SOBERANA-02 COVID-19 vaccine and of a heterologous three-dose combination with SOBERANA-Plus: a double-blind, randomised, placebo-controlled phase 3 clinical trial. Lancet Reg Health Am [Internet]. 2023 [citado 24 nov 23];18(100423):100423. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lana.2022.100423>
53. Núñez Jover, J. Universidad, conocimiento y desarrollo: nuevas encrucijadas Una lectura desde ciencia, tecnología y sociedad. 2020 [citado 17 oct 23]. Disponible en: <https://www.libreriavirtual.cu/universidad-conocimiento-y-desarrollo-nuevas-encrucijadas-una-lectura-desde-ciencia-tecnologia-y-sociedad>
54. Amador-Castro F, García-Cayuela T, Alper HS, Rodríguez-Martínez V, Carrillo-Nieves D. Valorization of pelagic *Sargassum* biomass into sustainable applications: Current trends and challenges. J Environ Manage [Internet]. 2021 [citado 17 oct 23];283(112013):112013. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112013>

Recibido: 29/5/2024

Aprobado: 27/1/2025

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación Universitaria de Innovación y Desarrollo de La Universidad de La Habana por facilitar la visualización y la comunicación del conocimiento y los resultados científicos, así como la cohesión de las capacidades entre los centros y grupos de investigación involucrados en la presente temática de investigación.

Conflictos de intereses

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses entre ellos, ni con la investigación presentada.

Contribuciones de los autores

- Conceptualización: Liena de Regla Ponce Rey
- Curación de datos: Liena de Regla Ponce Rey
- Análisis formal: Liena de Regla Ponce Rey
- Adquisición de fondos: Sonia Resik Aguirre, Idania Rodeiro Guerra
- Investigación: Liena de Regla Ponce Rey, Ivones Hernández Balmaseda, Sonia Resik Aguirre, Gloria del Barrio Alonso, Idania Rodeiro Guerra
- Metodologías: Liena de Regla Ponce Rey, Ivones Hernández Balmaseda
- Administración de proyecto: Sonia Resik Aguirre, Idania Rodeiro Guerra
- Recursos: Sonia Resik Aguirre, Gloria del Barrio Alonso, Idania Rodeiro Guerra
- **Software:** Liena de Regla Ponce Rey
- Supervisión: Sonia Resik Aguirre, Gloria del Barrio Alonso, Idania Rodeiro Guerra

- Validación: Sonia Resik Aguirre, Gloria del Barrio Alonso, Idania Rodeiro Guerra
- Visualización: Liena de Regla Ponce Rey
- Redacción-borrador original: Liena de Regla Ponce Rey
- Redacción-revisión y edición: Liena de Regla Ponce Rey, Ivones Hernández Balmaseda, Sonia Resik Aguirre, Gloria del Barrio Alonso, Idania Rodeiro Guerra

Financiamientos

No se utilizó financiamiento específico para realizar la investigación presentada.

Cómo citar este artículo

Ponce Rey LG, Hernández Balmaseda I, Resik Aguirre S, Barrio Alonso G, Rodeiro Guerra I. Potencialidades de la biomasa del *Sargassum* como fuente de compuestos bioactivos en el contexto global de la emergencia de enfermedades virales. An Acad Cienc Cuba [Internet] 2025 [citado en día, mes y año];15(1):e1599. Disponible en: <http://www.revistaccuba.cu/index.php/revacc/article/view/1599>

El artículo se difunde en acceso abierto según los términos de una licencia Creative Commons de Atribución/Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0), que le atribuye la libertad de copiar, compartir, distribuir, exhibir o implementar sin permiso, salvo con las siguientes condiciones: reconocer a sus autores (atribución), indicar los cambios que haya realizado y no usar el material con fines comerciales (no comercial).

© Los autores, 2025.

