



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ciencias Biológicas

Escuela Profesional de Microbiología y Parasitología

**Investigación de proteínas con actividad
inmunomoduladora procedentes de algas marrones**

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para optar el Grado Académico de Bachiller en Microbiología y
Parasitología

AUTOR

Estela URBINA AYALA

ASESOR

Dra. Libertad ALZAMORA GONZALES

Lima, Perú

2022



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Urbina, E. (2022). *Investigación de proteínas con actividad inmunomoduladora procedentes de algas marrones*. [Trabajo de investigación de pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Profesional de Microbiología y Parasitología]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Estela Urbina Ayala
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	73148734
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8955-4883
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Libertad Alzamora Gonzales
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09022430
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-7425-7453
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Enrique Walter Mamani Zapana
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02414092
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Carmen Amelia Pantigoso Flores de Durand
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08565770
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Marcos Alejandro Sulca López
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	41283664
Datos de investigación	
Línea de investigación	Inmunomoduladores y antitumorales de origen natural y sintético.
Grupo de investigación	MODULANS

Agencia de financiamiento	Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Vicerrectorado de Investigación y Posgrado. Programa de Promoción de Trabajo de Investigación para obtener el grado académico de bachiller (RR N° 015156-2020-R/UNMSM; Código: B20100380a).
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Lima Provincia: Lima Distrito: Comas Urbanización: San Carlos 11°56'00" S 77°04'00" O
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2020 - 2022
URL de disciplinas OCDE	Inmunología: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#3.01.00



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

ACTA DE SESIÓN PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE BACHILLER EN MICROBIOLOGÍA Y PARASITOLOGÍA (MODALIDAD: SUSTENTACIÓN VIRTUAL DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN)

Siendo las 14:20 horas del 01 de abril de 2022, en el Salón de Grados Virtual de la Facultad de Ciencias Biológicas cuya dirección electrónica fue <https://zoom.us/j/94525501930?pwd=bWITTFpRRVdMNDVsKzVNQWlkMmdFZz09>, y en presencia del Jurado formado por los profesores que suscriben, se inició la sesión para optar al **Grado Académico de Bachiller en Microbiología y Parasitología (Modalidad: Trabajo de Investigación)** de **ESTELA URBINA AYALA**.

Luego de dar lectura y conformidad al expediente N° UNMSM-20210019229, la graduando expuso su Trabajo de Investigación: **“INVESTIGACIÓN DE PROTEÍNAS CON ACTIVIDAD INMUNOMODULADORA PROCEDENTES DE ALGAS MARRONES”**, y el Jurado efectuó las preguntas del caso calificando la exposición con la nota 18, calificativo: Aprobado con mención honrosa.

Finalmente, el expediente será enviado a la Escuela Profesional de Microbiología y Parasitología y al Consejo de Facultad para que se apruebe otorgar el **Grado Académico de Bachiller en Microbiología y Parasitología (Modalidad: Trabajo de Investigación)** a **ESTELA URBINA AYALA** y se eleve lo actuado al Rectorado para conferir el respectivo grado, conforme a ley.

Siendo las 15:40 horas se levantó la sesión.

Ciudad Universitaria, 01 de abril de 2022.

Dr. ENRIQUE MAMANI ZAPANA
(PRESIDENTE)



Firmado digitalmente por ALZAMORA
GONZALES Libertad FAU
20148092282 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 01.04.2022 18:52:20 -0500

Dra. LIBERTAD ALZAMORA GONZALES
(ASESORA)

Mg. CARMEN PANTIGOSO FLORES
(MIEMBRO)

Dr. MARCOS SULCA LOPEZ
(MIEMBRO)

Hoja de metadatos complementarios

- **DNI de la autora**
73148734
- **Código ORCID de la asesora**
000-0002-7425-7453
- **Correo de la asesora**
lalzamorag@unmsm.edu.pe
- **Grupo de investigación**
Inmunomoduladores y Antitumorales de Origen Natural y Sintético (MODULANS)
- **Institución que financia la investigación**
Programa de Promoción de Trabajo de Investigación para optar el grado de Bachiller del Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Resolución Rectoral. N°015156-2020-R/UNMSM.
- **Año que la investigación abarcó**
2020 – 2022

El presente trabajo de Investigación denominado “Investigación de proteínas con actividad inmunomoduladora procedentes de algas marrones” B20100380a se realizó en el laboratorio de Inmunología de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos y fue financiado por el Vicerrectorado de Investigación y Posgrado de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (UNMSM) mediante el programa de Promoción de Trabajo de Investigación (TI) para optar al Grado Académico de Bachiller.

Dedicatoria

Para todo aquél que lucha por alcanzar un sueño, no pierdan la fe.

Agradecimientos

A mi madre Eliza, por su apoyo incondicional en cada decisión que tomé, por la paciencia y el amor, por guiarme siempre a ser mi mejor versión y alentarme a cumplir mis metas. Es mi motivo y mi ejemplo a seguir.

A mi asesora, la Dra. Libertad Alzamora Gonzales, por darme la oportunidad de ser parte del grupo de investigación y del equipo formado en el laboratorio de Inmunología; por su paciencia, consejos y constante apoyo para mi formación profesional y como persona.

Al Mg, Erasmo Colona, por confiar en mí y enseñarme con el ejemplo.

A mis compañeros y amigos de laboratorio: Rosa, Andrés, Edson, Fabrizio y sobre todo a Dorita y Mary, por sus grandes consejos y la complicidad que tenían conmigo. Me enseñaron mucho.

A mis grandes amigos y cómplices de carrera Jacky y Enrique, que me alentaban a seguir y nunca rendirme. Infinitas gracias.

ÍNDICE

Lista de Abreviaturas	i
Lista de Tablas	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	3
2.1. Proteínas	4
2.1.1. Factores que afectan a la calidad proteica	5
2.1.2. Alimentos funcionales y nutracéuticos	5
2.2. Inmunomodulación	6
2.2.1. Proteínas y péptidos bioactivos con actividad inmunomoduladora	6
III. TRABAJOS REALIZADOS EN EL ÁREA	7
3.1. Metodología	7
3.1.1. Datos generales	7
3.1.2. Datos científicos	8
3.2. Proteínas inmunomoduladoras	8
3.2.1. Contenido proteico y digestibilidad	9
3.2.2. Aminoácidos asociados a lignina	14
IV. PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DEL ÁREA	14
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	16
5.1. Conclusiones	16
5.2. Recomendaciones	16
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	17

Lista de Abreviaturas

ICR	Ratones de laboratorios Charles River
CD4+	Linfocitos cooperadores
CD8+	Linfocito T citotóxico
CD45R/B220	Marcador universal de células B
IFN	Interferón
TNF- α	Factor de necrosis tumoral alfa
NK	Célula Asesina Natural
NO	Óxido nítrico
NF- κ B	Factor nuclear kappa B
MAPK	Enzimas de proteínas activadas por mitógenos

Lista de Tablas

- Tabla 1. Comparación del contenido proteico entre algas pardas y algas rojas (Urbina, 2021*).
- Tabla 2. Contenido de proteínas presentes en algas marrones (peso seco) (Urbina, 2021).
- Tabla 3. Composición de aminoácidos de cuatro algas pardas por cada 100 g de proteína (Urbina, 2021).

RESUMEN

En la última década, el descubrimiento de metabolitos con diversas actividades biológicas obtenidas a partir de macroalgas se ha incrementado significativamente en estos últimos años debido al creciente interés de la población en el consumo de alimentos funcionales que promueven efectos beneficiosos para la salud. En ese sentido, las algas pardas son un grupo de organismos que han desarrollado vías metabólicas complejas y únicas para garantizar su supervivencia en entornos marinos altamente competitivos. Como resultado estas plantas sintetizan, entre otros componentes, proteínas biológicamente activas también conocidas como biopéptidos con características funcionales ya que se emplean como alimentos y además poseen significativo valor nutricional ejerciendo diversos efectos fisiológicos positivos en el organismo tales como la estimulación del sistema inmunitario. El objetivo del presente trabajo es realizar una investigación documental sobre las proteínas y péptidos con actividad inmunomoduladora presentes en las algas marrones y su importancia como alimento nutracéutico y funcional. Para ello se realizó la revisión de la literatura científica existente en las principales bases de datos y se sistematizó la información acerca de los biopéptidos presentes en las algas marrones que tengan actividad inmunomoduladora. Se ha determinado que la información se encuentra muy dispersa con muy pocos autores que han realizado estudios específicos sobre el tema; los reportes principalmente tratan acerca de su valor nutricional y en menor medida sobre su actividad inmunomoduladora.

Palabras clave: algas pardas, alimento funcional, biopéptidos, inmunomodulación, nutracéutico.

ABSTRACT

In the last decade, the discovery of metabolites with diverse biological activities obtained from macroalgae has increased significantly in recent years due to the growing interest of the population in the consumption of functional foods that promote beneficial health effects. In this regard, brown algae are a group of organisms that have developed complex and unique metabolic pathways to ensure their survival in highly competitive marine environments. As a result, these plants synthesize, among other components, biologically active proteins also known as biopeptides with functional characteristics since they are used as food and also have significant nutritional value exerting various positive physiological effects on the body such as stimulation of the immune system. The objective of the present work is to carry out a documentary research on the proteins and peptides with immunomodulatory activity present in brown algae and their importance as nutraceutical and functional food. For this purpose, a review of the existing scientific literature in the main databases was carried out and the information about the biopeptides present in brown algae that have immunomodulatory activity was systematized. It has been determined that the information is very scattered with very few authors who have carried out specific studies on the subject; the reports mainly deal with their nutritional value and to a lesser extent with their immunomodulatory activity.

Keywords: brown algae, functional food, biopeptides, immunomodulation, nutraceutical.

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y cultural en la sociedad ha originado cambios en los hábitos alimenticios dando como resultado diversas alteraciones patológicas en la población, problemas en la dieta y diversas enfermedades metabólicas en las que sobresalen el incremento de la obesidad, diabetes y otras tales como cardiopatías e hipertensión en un porcentaje alto de la población. De estas enfermedades que afectan a los humanos, varias son causadas por una disfunción fisiológica o por exposición a factores ambientales. Muchas de estas condiciones son el resultado de la variación en cantidad, función o actividad de una o más proteínas, que desencadenan cambios a nivel celular, tisular o funcional de un órgano ([Segura-Campos et al., 2013](#)). Como consecuencia, hoy en día existe un gran interés por parte de los consumidores y la industria alimentaria en los productos que promuevan la salud y el bienestar humano ([Plaza et al., 2008](#)). Gran parte de la investigación biomédica actualmente está centrada en la identificación de proteínas clave involucradas en mecanismos moleculares subyacentes a muchas enfermedades con el fin de seleccionar una de estas proteínas como objetivo para el desarrollo de un nuevo producto que pueda ser utilizado como suplemento nutricional y se pueda utilizar para mejorar y/o mantener el buen estado de salud.

Así mismo, existe gran variedad de factores externos que provocan cambios en el sistema inmunitario independientemente de la salud y condición de la persona; dentro de este conjunto de factores encontramos a determinados alimentos con actividad inmunomoduladora ([López Robles, 2011](#)). Los alimentos nutraceuticos contienen numerosos componentes dietéticos cuyo efecto en el sistema inmunitario depende de la cantidad y la frecuencia de su ingesta, por ello

es necesario seleccionar una dieta adecuada ([Pérez H, 2006](#)). En este sentido, las algas son una buena alternativa como fuente de nutrientes proteicos, vitaminas, minerales y fibra dietética ([Quitral R et al., 2012](#)). Además, las algas sintetizan diversos metabolitos secundarios con actividad antioxidante, antiinflamatoria, anticancerígena y antidiabética ([Gupta & Abu-Ghannam, 2011](#)). Plaza *et al.*, ([2008](#)) señalan que la principal pauta a seguir para obtener un nuevo alimento funcional se encuentra en la relación beneficio-riesgo, actuando simultáneamente sobre ambos, tratando de aumentar al máximo el beneficio y reducir al mínimo el riesgo; en este ámbito, es mayor la variedad de algas que cumplen este requisito.

En la actualidad, existe una gran variedad de estudios que enfatizan las propiedades positivas de las algas; por ejemplo, las microalgas poseen un alto contenido proteico con 60 a 70% de aminoácidos como es el caso de la *Spirulina* o especies del género *Chlorella* que tienen propiedades que mejoran el sistema inmunitario y son un posible sustituto de los principales productos cárnicos ([Malagón et al., 2017](#)). Por otro lado, las proteínas de las macroalgas también aportan beneficios nutricionales dependiendo del género y la especie, con resultados positivos demostrados en estudios farmacológicos como es el caso del alga parda *Sargassum ecuadoreanum* cuando se le compara con el alga verde *Codium Santamariae* ([Vera & Moncayo, 2019](#)).

Respecto a las algas pardas, éstas son un recurso abundante, económico y atractivo que se encuentra en la mayoría de litorales costeros del mundo, por ello, es necesario conocer qué estudios se han realizado para aplicar los resultados obtenidos en la industria de alimentos. Por otra parte, es necesario sistematizar la información respecto a las proteínas con potencial

inmunomodulador presente en las algas pardas, a fin de confirmar si existe o no coherencia entre los distintos estudios realizados, no es raro que hayan diferencias marcadas entre los reportes de los investigadores que se relacionan con el clima, tipo de agua, presión o temperatura, así como la estación en la que se recolectó el material biológico ([Renaud & Luong-Van, 2006](#)).

En una prospección simple realizada antes de elaborar la propuesta se determinó que la información respecto a las propiedades inmunomoduladoras de las proteínas (biopéptidos) de las algas marrones se encuentra dispersa, es por ello que el objetivo del presente trabajo de investigación es realizar un estudio informativo sobre las proteínas y biopéptidos con actividad inmunomoduladora presentes en las algas marrones y su importancia como alimento nutracéutico y funcional.

II. PRESENTACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

Las algas son una fuente para la obtención de algunos hidrocoloides y metabolitos secundarios con propiedades funcionales como por ejemplo su capacidad antioxidante, antiinflamatoria, entre otras; convirtiéndose en un recurso importante para la industria alimentaria, cosmética y farmacéutica ([Apumayta E., 2019](#)). Así mismo, la demanda de alimentos ricos en proteínas es elevada y la principal fuente es de origen animal. Encontrar nuevas fuentes de proteínas y su relación con el fortalecimiento o modulación de la inmunidad es una tarea pendiente, se proyecta nuevos estudios en cuanto a los péptidos derivados de estas proteínas que, de acuerdo a la literatura revisada al momento, son la principal fuente de inmunomoduladores; por ejemplo, se han determinado

péptidos con estas propiedades en la leche ([Reyes-Díaz et al., 2016](#)) y con seguridad, también están presentes en las plantas.

Actualmente no solo se investiga las propiedades nutricionales de las algas pardas sino también de los péptidos bioactivos que poseen efectos fisiológicos como modificadores positivos de la microbiota gastrointestinal ([Vieira et al., 2013](#)), en este sentido, muchas medicinas sintéticas tienen el mismo propósito; sin embargo, causan efectos perjudiciales sobre el hígado o los riñones si se consumen en dosis altas o el uso prolongado ([Gouverneur, 2020](#); [Gutiérrez Rufín & Polanco López, 2018](#)). En este sentido, las algas en general tienen componentes naturales que serían un complemento a los medicamentos para combatir diversas afecciones ([Mohamed et al., 2012](#)).

En los últimos años se está revalorizando a las algas, siendo usada en la industria alimenticia por sus nutrientes para la dieta a fin de regular las funciones corporales como el crecimiento y desarrollo humano ([Valdés & Soto, 2008](#)).

Los datos que se determinen en la presente investigación documental contribuirán con la organización de la información disponible acerca de las proteínas y péptidos como inmunomoduladores, específicamente los que proceden de las algas marrones que son propias de nuestro litoral.

2.1. Proteínas

En las células, las proteínas son los principales componentes estructurales y funcionales que se caracterizan por cumplir importantes funciones biológicas. Desde el punto de vista nutricional la proteína es un macronutriente necesario en la dieta debido al gran aporte de aminoácidos relacionados al mantenimiento

del organismo y diversas funciones como el crecimiento ([Martínez Augustin & Martínez de Victoria, 2006](#)).

2.1.1. Factores que afectan la calidad proteica

La calidad nutricional de la proteína se define como la capacidad que tiene para cubrir los requerimientos de nitrógeno y aminoácidos en un individuo. En otras palabras, la calidad proteica se refiere a la utilización y disponibilidad de los aminoácidos en la dieta para la síntesis de proteínas tales como enzimas, hormonas y anticuerpos, citoquinas ([Yu et al., 2018](#)).

Existen factores intrínsecos que afectan la calidad proteica de las algas, por ejemplo: la composición de residuos de aminoácidos, la fuente orgánica de la cual han sido extraídas, el tipo de procesado al cual han sido sometidas y la forma de almacenamiento. También es necesario considerar factores extrínsecos que influyen en la salud del individuo tales como las condiciones económicas y sanitarias ([Meade et al., 2005](#)).

2.1.2. Alimentos funcionales y nutraceuticos

Hasta la actualidad no se desarrollado una definición única respecto al alimento funcional ([Menrad, 2003](#)). Según la mesa del Instituto de Alimentos Tecnológicos (IFT) de EE.UU. se ha definido como alimentos funcionales a “las sustancias que proporcionan nutrientes esenciales a menudo más allá de las cantidades necesarias para el mantenimiento normal, el crecimiento y el desarrollo, y/u otros componentes biológicamente activos que imparten beneficios para la salud o efectos fisiológicos deseables” ([Martirosyan & Singh, 2015](#)). Por otro lado, los alimentos nutraceuticos desde el punto de vista médico, poseen componentes que aportan un beneficio añadido para la salud, incluyendo

la prevención y el tratamiento de enfermedades, adicionalmente pueden ser procesados para una adecuada presentación y forma de suministro al paciente ([Alonso, 2012](#)). Se ha demostrado el beneficio nutricional de las algas cuyos valores son comparables a los productos cárnicos respecto a sus vitaminas, minerales y proteínas pudiendo ser empleadas como alimento complementario ([Quitral et al., 2019](#)).

2.2. Inmunomodulación

La inmunomodulación consiste en el uso de diversas estrategias para generar la modificación de la respuesta inmune. Para esto, se emplean distintos tipos de productos inmunomoduladores que pueden estimular o inhibir la respuesta inmune. Aquellos productos que potencien el sistema inmune son empleados para el tratamiento de enfermedades relacionadas con las inmunodeficiencias, infecciones de tipo viral, bacteriano y en el tratamiento contra el cáncer ([Xu et al., 2017](#)). Actualmente se están buscando componentes que actúen como inmunomoduladores, los cuales pueden provenir de las plantas, algas y hongos, con el fin de revalorarlos y extender su producción en la industria farmacéutica para ser usado en las terapias alternativas ante diversos tipos de infecciones y en el tratamiento contra el cáncer ([Ríos, 2020](#)).

2.2.1. Proteínas y péptidos bioactivos con actividad

inmunomoduladora

Se ha encontrado mucha literatura respecto al potencial inmunomodulador de productos distintos a las proteínas, por ejemplo, polisacáridos presentes sobre todo en algas verdes, identificando la producción de numerosos tipos de

inmunomoduladores proinflamatorios tales como: IL-1, IL-6, TNF- α e IL-12; y anti inflamatorios como IL-10 ([Domínguez et al., 2016](#)).

Cian *et al.* ([2018](#)) y Kang *et al.* ([2019](#)) reportan que las proteínas de las algas verdes tienen acción inmunomoduladora y actúan principalmente sobre monocitos, macrófagos, células NK, linfocitos T y B, células T CD4+ y CD8+ y células B CD45R / B220+; estimulando la activación de los macrófagos y la fagocitosis; el aumento del número de leucocitos, la producción de NO, de inmunoglobulinas, citocinas, la proliferación de esplenocitos, estimulación de células NK y la activación de las vías dependientes de NF- κ B y MAPK.

III. TRABAJOS REALIZADOS EN EL ÁREA

3.1. Metodología

La metodología empleada para realizar el siguiente trabajo de investigación consistió en una búsqueda exhaustiva de los diferentes estudios realizados utilizando diversos medios de búsqueda electrónica (en inglés y español).

3.1.1. Información general

- Buscador de Google

3.1.2. Información científica

- Google scholar
- Bases de Datos Bibliográficas:
 - . Scimago Journal & Country Rank (SJR)
 - . Scielo
 - . PubMed

- . Scopus
- . Web of Science

- Repositorios de tesis:
 - . Repositorio Institucional de la Universidad de Guayaquil (Ecuador).

 - . Repositorio Institucional de la Universidad de Santiago de Compostela (España).

 - . Repositorio de la Universidad Complutense de Madrid España (España).

 - . Repositorio Institucional Universidad de América-Lumieres (España).

 - . Repositorio de tesis digitales de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima. Perú.

3.2. Proteínas inmunomoduladoras

Las algas pardas, marrones o feófitas que pertenecen a la División Phaeophyta, corresponden a un grupo muy grande de algas marinas que comprende, aproximadamente 265 géneros y 2040 especies, siendo el 95% de origen marino de aguas frías y templadas ([Dawes, 2016](#)). Las algas son valoradas como una fuente alternativa de proteínas, así mismo las algas pardas suelen ser las de menor contenido proteico por peso seco (5-24%), mientras que las algas verdes y rojas contienen entre 10 - 47 % por peso seco ([Lordan et al., 2011](#); [Mohamed et al., 2012](#)). De acuerdo con Dawczynski *et al.*, ([2007](#)) quien

analizó 34 muestras algales, de las cuales 17 fueron algas pardas (8 *Laminaria* sp., 7 *Undaria pinnatifida*, 2 *Hizikia fusiforme*) y 17 algas rojas (12 *Porphyra* sp. Japón y Corea, 5 *Porphyra* sp. China) también se evidenció la marcada diferencia proteica que poseen estos dos grupos algales (Tabla 1).

Tabla 1. Comparación de contenido proteico entre algas pardas y algas rojas (Urbina, 2021*).

	Nombre científico	Proteína cruda	Proteína pura	Peso seco del alga
Algas pardas	<i>Undaria pinnatifida</i>	19,8 ± 1,4	18,9 ± 9,8	89,3 ± 1,4
	<i>Laminaria</i> sp.	7,5 ± 1,9	6,3 ± 3,8	91,0 ± 2,2
	<i>Hizikia fusiforme</i>	11,6 ± 0,8	10,9 ± 1,0	89,4 ± 0,5
Promedio General		13,8 ± 6,2	12,9 ± 6,2	90,0 ± 1,9
Algas rojas	<i>Porphyra</i> sp. (A)	31,4 ± 8,4	27,0 ± 7,3	93,5 ± 1,5
	<i>Porphyra</i> sp. (B)	30,9 ± 3,9	25,6 ± 3,6	92,3 ± 0,7
Promedio General		31,3 ± 7,3	26,6 ± 6,3	93,1 ± 1,3

(A) Japón y Corea

(B) China

(*) Sistematizado a partir de [Dawczynski et al., 2007](#).

3.2.1. Contenido proteico y digestibilidad

El contenido de proteínas de las algas marinas en general difiere según la especie ([Aguirre Lipperheide, 2013](#)) o por diversos factores, especialmente la variación estacional; por ejemplo, se ha visto que el contenido proteico de las algas pardas *Saccharina* y *Laminaria* es máximo durante los meses de febrero a mayo ([Holdt & Kraan, 2011](#)). Así mismo, las proteínas presentes en estas algas

contienen todos los aminoácidos esenciales en niveles cercanos a los recomendados por la FAO / OMS ([Matanjun et al., 2009](#)), se observa que hay variaciones en el contenido proteico dependiendo del lugar de la recolección como se ha evidenciado en las algas pardas *Hizikia* sp. y *Eisenia bicyclis* ([Dawczynski et al., 2007](#)) (Tabla 1). Se denomina al alga parda *Sargassum* spp como alimento energético según el National Research Council por contener menos del 20% de proteínas ([Casas-Valdez et al., 2006](#)).

Según los resultados obtenidos por Sterner & Edlund, ([2016](#)) en el estudio del alga marrón *Saccharina latissima* se determinó que el pH es un factor importante para la extracción de proteínas de las algas; en ese sentido, utilizaron dos soluciones de extracción: una con pH neutro y otra con pH alcalino obteniendo mejores resultados de solubilización con el segundo tratamiento.

A diferencia de otras especies marinas utilizadas en la industria alimentaria, las algas pardas no contienen altos niveles de proteínas (Tabla 2), a excepción de *Undaria pinnatifida* más conocida como Wakame de Japón que puede contener hasta un 24% de proteína ([Fleurence, 1999](#); [Palasí Mascarós, 2015](#)) y comprende a los péptidos biológicamente activos o biopéptidos que están estrechamente relacionados con la capacidad inmunomoduladora del alga ([Harnedy & FitzGerald, 2011](#); [Suetsuna et al., 2004](#)).

Tabla 2. Contenido de proteínas presentes en algas marrones (peso en seco) (Urbina, 2021).

Algas pardas	Proteína (p/p) %	Lugar de procedencia	Referencias
<i>Saccharina latissima</i>	5,6 ± 0,4	Costa este Suecia	(Sterner & Edlund, 2016)
<i>Padina pavonica</i>	5,53 ± 0,01	Bahía de Salinas, Ecuador	(D'Armas et al., 2019)
<i>Spatoglossum schroederi</i>	5,21 ± 0,02		
<i>Sargassum spp</i>	7,7 ± 0,23	Caribe - Colombia	(Casas-Valdez et al., 2006)
<i>Sargassum filipendula</i>	9,00 ± 0,02		(Sierra-Vélez & Álvarez-León, 2009)
<i>Durvillaea antarctica</i>	11,6 ± 0,9	Chile	(Ortiz et al., 2006)
<i>Laminaria digitata</i>	11,5 ± 0,01	Japón	(Bleakley & Hayes, 2017)
<i>Undaria pinnatifida</i>	11- 24*		(Fleurence, 1999)
<i>Fucus serrato</i>	10–17*	Este de Asia	(Catarino et al., 2018)
<i>F. vesiculosus</i>	1–11*		
<i>F. spiralis</i>	10–11*		
<i>Ascophyllum nodosum</i>	7,13 ± 0,015	Irlanda	(Kadam et al., 2017)

* El autor no indica margen de error.

Los estudios de la digestibilidad de las proteínas algales en los humanos (*in vivo*) son pocos ([Gojon et al., 1998](#)). La fibra dietética de las algas llega al intestino grueso de forma inalterada y las enzimas de las bacterias del colon que posee gran actividad metabólica pueden digerirla en mayor o menor medida, dependiendo de su estructura. En este sentido, estudios realizados *in vitro* con las algas pardas *Eisenia bicyclis*, *H. fusiformis* y *U. pinnatifida* cuya digestibilidad

fue de aproximadamente 51,8% - 57,1% a diferencia de las algas rojas cuyos valores oscilaban entre 70,2% y 87%; se evidencia la marcada diferencia en la composición de su fibra dietética ([Misurcova et al., 2010](#))

El tratamiento térmico para el consumo de las algas es una opción para mejorar el sabor, la textura y la seguridad de los alimentos; evitando compuestos alergénicos, carga microbiana y favorecer en su conservación, ya que aumenta la biodisponibilidad y facilita el uso de proteínas por desnaturalización parcial facilitando su consumo ([Meade et al., 2005](#)).

De forma alternativa, se ha demostrado que el método de secado de las algas también influye en la digestibilidad de las proteínas presentes; por ejemplo, se evaluaron los métodos de secado y la digestibilidad de las algas pardas *Sargassum hemiphyllum*, *Sargassum henslowianum* y *Sargassum patens* comparando el secado en horno con la liofilización, se demostró que el primero mejora significativamente la obtención de aminoácidos como su digestibilidad *in vitro* ([Wong & Cheung, 2001](#)). Estos resultados indican que aplicando este método se aprovecha mejor los componentes proteicos.

En la Tabla 3 se indican los contenidos de aminoácidos presentes en cuatro especies de algas pardas *Undaria pinnatifida*, *Laminaria sp.*, *Hizikia fusiforme* y *Sargassum spp*; siendo el ácido glutámico (glu) la de mayor concentración en las cuatro especies, y se puede atribuir a la actividad inmunomoduladora al aminoácido citado ya que reduce infecciones y desempeña un papel importante en la síntesis de distintos aminoácidos, así como a la arginina y los aminoácidos de cadena ramificada (valina, leucina e isoleucina) ([Reyes, 2016](#)) que también se observa en la tabla el elevado porcentaje.

Tabla 3. Composición de aminoácidos de cuatro algas pardas por cada 100 g de proteína (Urbina, 2021).

Aminoácido	Algas pardas				Referencia
	<i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Laminaria sp.</i>	<i>Hizikia fusiforme</i>	<i>Sargassum spp</i>	
P-Ser	1.5 ± 1.3	1.8 ± 2.8	5.6 ± 0.2	NR	(Dawczynski et al., 2007)
Tau	0.1 ± 0.1	0.3 ± 0.2	0.6 ± 0.2	NR	
Asp	8.7 ± 1.1	12.5 ± 2.8	9.1 ± 1.0	6.07	
Ala	4.7 ± 0.6	5.7 ± 2.8	4.3 ± 0.4	4.97	
Val	5.2 ± 0.5	3.8 ± 1.0	4.9 ± 0.5	4.24	
Ile	4.1 ± 0.3	2.7 ± 0.9	4.0 ± 0.4	3.7	
His	2.5 ± 0.3	2.2 ± 0.4	2.6 ± 0.4	1.31	
Met	1.7 ± 0.5	0.9 ± 0.2	1.6 ± 0.1	1.54	
Trp	0.7 ± 0.1	0.5 ± 0.5	0.4 ± 0.0	NR	
Pro	3.6 ± 1.6	3.1 ± 1.1	3.8 ± 0.4	2.62	
Ser	4.0 ± 0.4	3.3 ± 0.6	3.7 ± 0.3	2.82	(Casas-Valdez et al., 2006)
Thr	4.4 ± 0.6	3.5 ± 0.6	4.1 ± 0.5	2.95	
Tyr	2.9 ± 0.5	1.7 ± 0.5	2.8 ± 0.4	2.97	
Phe	4.7 ± 0.3	3.2 ± 1.0	4.6 ± 0.4	2.73	
Glu	14.5 ± 3.2	23.8 ± 7.5	18.7 ± 2.4	10.23	
Lys	5.6 ± 0.4	3.9 ± 1.4	3.1 ± 0.3	3.88	
Arg	5.2 ± 0.2	3.3 ± 1.1	4.5 ± 0.3	5.35	
P-Eta	0.0 ± 0.0	0.3 ± 0.4	0.1 ± 0.2	NR	
Cys	0.9 ± 0.2	1.2 ± 0.3	0.9 ± 0.1	0.8	
Gly	5.1 ± 0.7	4.0 ± 1.1	4.8 ± 0.5	3.28	
Leu	7.4 ± 0.6	4.9 ± 1.7	6.7 ± 0.6	5.33	

3.2.2. Aminoácidos asociados a lignina

Los componentes proteicos y los polifenoles presentes en las algas pardas están estrechamente asociados a la lignina que se encuentra presente en las paredes algales; de este modo, se puede usar principalmente en la industria alimentaria, fabricación de papel y en el rubro de la medicina se usa como agente desintegrador de tabletas ([Loja, 2020](#)).

Por ejemplo, las algas pardas *Himanthalia* (70,6% de lignina) y *Saccharina latissima* contienen mayor cantidad de proteínas que las algas rojas ([Gómez Ordóñez, 2012](#)). Sin embargo, el tipo de proteínas inmunomoduladoras de las algas marrones no ha sido identificado a detalle como en el caso de las algas de la división Rhodophyta.

IV. PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DEL ÁREA

El hidrolizado de las proteínas posee una amplia gama de actividades biológicas: antiinflamatorias, anticancerígenas, antioxidantes, antimicrobianas, antihipertensivas e inmunomoduladoras dependiendo del origen ya sea animal o vegetal ([Chalamaiah et al., 2018](#); [Kiewiet et al., 2018](#)).

Por ejemplo, del hidrolizado de proteínas del alga parda *Ecklonia cava* se analizó la enzima Kojizyme™, la cual se administró a ratones ICR comprobando el aumento de linfocitos T CD4 +, linfocitos T CD8 + y linfocitos B CD45R / B220+, monocitos y granulocitos; así como la regulación negativa de TNF- α e IFN- γ , y la regulación positiva de IL-4 e IL-10 en estas células. En otras palabras, el hidrolizado de *Ecklonia cava* activa o suprime las funciones de las células inmunitarias murinas *in vitro*; la producción de las citoquinas IL-4 e IL-10 son la

evidencia de que el hidrolizado de proteínas de *Ecklonia* tiene efecto antiinflamatorio ([Ahn et al., 2008](#)).

El aumento de la población y la disminución del estado inmunitario predispone a enfermedades transmisibles y no transmisibles (cáncer) provocando el incremento de la tasa de mortalidad. Por otro lado, los factores biológicos como el envejecimiento afectan la inmunidad debido a la disminución en la producción de citoquinas, así como la capacidad fagocítica ([Plowden et al., 2004](#)).

En ese sentido, el trabajo de investigación documental realizado permite concluir que se hace necesaria la búsqueda de nuevas fuentes de proteínas, biopéptidos de hidrolizados de proteínas de origen marino ya que tienen la capacidad de modular las funciones inmunitarias ([Duarte et al., 2006](#)) mejorando la calidad de vida, agregando valor a los recursos marinos que posee nuestro país.

A pesar de que en el 2016 se alcanzó los 31,2 millones de toneladas en la producción de plantas acuáticas (96,5%), entre las que se encuentran las macroalgas ([FAO, 2018](#)), y se han evidenciado muchas investigaciones sobre su aplicación en el campo de la pesquería y la ganadería, son escasos los estudios respecto a la composición proteica y sus beneficios para ser incluido como inmunomoduladores en la dieta tanto humana como de los animales.

Existen pocas investigaciones documentales o revisiones respecto a la actividad inmunomoduladora de proteínas o péptidos en algas marrones, la presente investigación permitirá elaborar proyectos cuyos resultados serán útiles en la industria de los alimentos funcionales y los nutracéuticos, precisamente en

los momentos actuales en los que se atribuyen cualidades a ciertas proteínas procedentes del ambiente marino, como las algas.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Las algas pardas, en general, poseen un reducido porcentaje de proteínas a excepción de *Undaria pinnatifida* más conocida como Wakame en Japón que puede contener hasta 24%.
- Las proteínas de las algas pardas poseen actividad inmunomoduladora como es el caso de *Ecklonia cava*, *Undaria pinnatifida*, *Laminaria sp.*, *Hizikia fusiforme* y *Sargassum spp.*
- Se reportan pocos estudios relacionados a la digestibilidad de las proteínas algales, entre los cuales destacan los de *Eisenia bicyclis*, *Hizikia fusiformis* y *Undaria pinnatifida* que indican que poseen reducida digestibilidad.

5.2. Recomendaciones

- Es importante descubrir nuevos compuestos naturales como las proteínas y biopéptidos con efectos inmunomoduladores para el control del incremento de la incidencia de las enfermedades infecciosas, sobre todo considerando la riqueza algal presente en nuestro mar.
- Es necesario que quienes van a realizar un trabajo de investigación documental conozcan el manejo de las bases de datos, sistematicen adecuadamente la información bibliográfica en tablas o figuras y realicen la búsqueda de información en inglés.

VI. REFERENCIAS

1. Aguirre Lipperheide, M. (2013). *Propiedades de las algas: Bondades Nutricionales y Terapéuticas*. Vida Natural-Sano y Ecológico. <https://vida-natural.es/propiedades-de-las-algas-bondades-nutricionales-y-terapeuticas/>
2. Ahn, G., Hwang, I., Park, E., Kim, J., Jeon, Y.-J., Lee, J., Park, J. W., & Jee, Y. (2008). Immunomodulatory effects of an enzymatic extract from *Ecklonia cava* on murine splenocytes. *Marine Biotechnology (New York, N.Y.)*, 10(3), 278-289. <https://doi.org/10.1007/s10126-007-9062-9>
3. Alonso, J. (2012). *Maqui (Aristotelia chilensis): Un Nutraceutico chileno de relevancia medicinal*. <http://www.smartienda.cl/smartwebsite/pruebas/5693/informacion%20maqui%20full.pdf>
4. Apumayta Suárez, E. V. (2019). Actividad antioxidante y determinación del contenido de fucoidano, compuestos fenólicos y flavonoides en extractos de macroalga parda *Lessonia trabeculata*. Repositorio Universidad Nacional Agraria La Molina. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3906/apumayta-suarez-eder-valdir.pdf?sequence=4&isAllowed=y>
5. Bleakley, S., & Hayes, M. (2017). Algal Proteins: Extraction, Application, and Challenges Concerning Production. *Foods*, 6(5), 33. <https://doi.org/10.3390/foods6050033>
6. Casas-Valdez, M., Hernández-Contreras, H., Marín-Álvarez, A., Aguilar-Ramírez, R. N., Hernández-Guerrero, C. J., Sánchez-Rodríguez, I., & Carrillo-Domínguez, S. (2006). El alga marina *Sargassum* (Sargassaceae): Una alternativa tropical para la alimentación de ganado

- caprino. *Revista de Biología Tropical*, 54(1), 83-92.
https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442006000100010
7. Catarino, M. D., Silva, A. M. S., & Cardoso, S. M. (2018). Phycochemical Constituents and Biological Activities of *Fucus* spp. *Marine Drugs*, 16(8), 249. <https://doi.org/10.3390/md16080249>
 8. Chalamaiah, M., Yu, W., & Wu, J. (2018). Immunomodulatory and anticancer protein hydrolysates (peptides) from food proteins: A review. *Food Chemistry*, 245, 205-222. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.10.087>
 9. Cian, R. E., Hernández-Chirlaque, C., Gámez-Belmonte, R., Drago, S. R., Sánchez de Medina, F., & Martínez-Augustin, O. (2018). Green Alga *Ulva* spp. Hydrolysates and Their Peptide Fractions Regulate Cytokine Production in Splenic Macrophages and Lymphocytes Involving the TLR4-NFκB/MAPK Pathways. *Marine Drugs*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/md16070235>
 10. D'Armas, H., Jaramillo, C., D'Armas, M., Echavarría, A., & Valverde, P. (2019). Proximate composition of several macroalgae from the coast of Salinas Bay, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(1), 61-68. <https://doi.org/10.15517/rbt.v67i1.33380>
 11. Dawczynski, C., Schubert, R., & Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103(3), 891-899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041>
 12. Dawes, C. (2016). Chapter 4—Macroalgae Systematics. En J. Fleurence & I. Levine (Eds.), *Seaweed in Health and Disease Prevention* (pp. 107-

- 148). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802772-1.00004-X>
13. Domínguez, G. D., Suárez, V. M., & Pérez, L. O. del V. (2016). Main immunomodulatory and anti-inflammatory properties of phycobiliproteins C-phycoerythrin. *Revista Cubana de Hematología, Inmunología y Hemoterapia*, 32(4), 447-454. <https://www.medigraphic.com/cgi-bin/new/resumen.cgi?IDARTICULO=72083>
14. Duarte, J., Vinderola, G., Ritz, B., Perdígón, G., & Matar, C. (2006). Immunomodulating capacity of commercial fish protein hydrolysate for diet supplementation. *Immunobiology*, 211(5), 341-350. <https://doi.org/10.1016/j.imbio.2005.12.002>
15. FAO (Ed.). (2018). *The state of world fisheries and aquaculture*. 24-26. <http://www.fao.org/3/i9540en/i9540en.pdf>
16. Fleurence, J. (1999). Seaweed proteins: Biochemical, nutritional aspects and potential uses. *Trends in Food Science & Technology*, 10(1), 25-28. [https://doi.org/10.1016/S0924-2244\(99\)00015-1](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(99)00015-1)
17. Gojon Báez, H.H., & Siqueiros Beltrones, David A., & Hernández Contreras, Hugo (1998). Digestibilidad ruminal y degradabilidad in situ de *Macrocyctis pyrifera* y *Sargassum* spp. en ganado bovino. *Ciencias Marinas*, 24(4), 463-481. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=48024406>
18. Gómez Ordóñez, E. (2012). *Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles. Estudios «in vitro» e «in vivo»*. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/20162/>

19. Gouverneur, A. (2020). Efectos adversos medicamentosos y farmacovigilancia. *EMC - Tratado de Medicina*, 24(2), 1-5. [https://doi.org/10.1016/S1636-5410\(20\)43735-3](https://doi.org/10.1016/S1636-5410(20)43735-3)
20. Gupta, S., & Abu-Ghannam, N. (2011). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 315-326. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.03.011>
21. Gutiérrez Rufín, Maislete, & Polanco López, Chanel. (2018). Enfermedad renal crónica en el adulto mayor. *Revista Finlay*, 8(1), 1-8. Recuperado en 15 de diciembre de 2021, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2221-24342018000100001&lng=es&tlng=es.
22. Harnedy, P. A., & FitzGerald, R. J. (2011). Bioactive proteins, peptides, and amino acids from macroalgae. *Journal of Phycology*, 47(2), 218-232. <https://doi.org/10.1111/j.1529-8817.2011.00969.x>
23. Holdt, S. L., & Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: Functional food applications and legislation. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 543-597. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5>
24. Kadam, S. U., Álvarez, C., Tiwari, B. K., & O'Donnell, C. P. (2017). Extraction and characterization of protein from Irish brown seaweed *Ascophyllum nodosum*. *Food Research International*, 99, 1021-1027. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.07.018>
25. Kang, H. K., Lee, H. H., Seo, C. H., & Park, Y. (2019). Antimicrobial and Immunomodulatory Properties and Applications of Marine-Derived Proteins and Peptides. *Marine Drugs*, 17(6). <https://doi.org/10.3390/md17060350>

26. Kiewiet, M. B. G., Faas, M. M., & de Vos, P. (2018). Immunomodulatory Protein Hydrolysates and Their Application. *Nutrients*, 10(7).
<https://doi.org/10.3390/nu10070904>
27. Loja Farez, C.O. (2020). Obtención de un polímero biodegradable a partir del alginato de calcio extraído de la biomasa del alga parda *Sargassum ecuadoreanum*. Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18680/1/UPS-CT008736.pdf>
28. López Robles, E. E. (2011). Factores ambientales en enfermedades autoinmunes. III Congreso Internacional sobre Cambio Climático y Desarrollo Sustentable (La Plata, 2011).
<http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/97801>
29. Lordan, S., Ross, R. P., & Stanton, C. (2011). Marine Bioactives as Functional Food Ingredients: Potential to Reduce the Incidence of Chronic Diseases. *Marine Drugs*, 9(6), 1056-1100.
<https://doi.org/10.3390/md9061056>
30. Malagón Micán, M. L., Canaria Pérez, J. C., & Ruiz Cubillos, C. T. (2017). *Posibilidad de inserción de microalgas en el sector cárnico*.
<https://repository.uamerica.edu.co/handle/20.500.11839/6445>
31. Martínez Augustin, O., & Martínez de Victoria, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 01-14.
https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000500002

32. Martirosyan, D. M., & Singh, J. (2015). A new definition of functional food by FFC: What makes a new definition unique? *Functional Foods in Health and Disease*, 5(6), 209-223. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v5i6.183>
33. Matanjun, P., Mohamed, S., Mustapha, N. M., & Muhammad, K. (2009). Nutrient content of tropical edible seaweeds, *Eucheuma cottonii*, *Caulerpa lentillifera* and *Sargassum polycystum*. *Journal of Applied Phycology*, 21(1), 75-80. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9326-4>
34. Meade, S., Reid, E., & Gerrard, J. (2005). The Impact of Processing on the Nutritional Quality of Food Proteins. *Journal of AOAC International*, 88, 904-922. <https://doi.org/10.1093/jaoac/88.3.904>
35. Mejía Castro, M. M., & Mejía Chele, J. J. (2019). Tesis. *Estudio farmacognóstico fitoquímico, preliminar de las alga parda Sargassum ecuadoreanum en Santa Elena: Elaboración del detergente líquido de uso tópico*. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Químicas [Tesis Mejía Castro & Mejía Chele. Repositorio.](#)
36. Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in europe. *Journal of Food Engineering*, 56(2), 181-188. [http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00247-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00247-9)
37. Misurcova, L., Kracmar, S., Klejdus, B., & Vacek, J. (2010). Nitrogen content, dietary Fiber, and digestibility in algal food products. *Czech Journal of Food Sciences*, 28, 27-35. <https://doi.org/10.17221/111/2009-CJFS>
38. Mohamed, S., Hashim, S. N., & Rahman, H. A. (2012). Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy.

- Trends in Food Science & Technology*, 23(2), 83-96.
<https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.09.001>
39. Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Navarrete, E., Osorio, A., & Rios, A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry*, 99(1), 98-104.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.027>
40. Palasí Mascarós, J.-T. (2015). Caracterización físico-química y nutricional de algas en polvo empleadas como ingrediente alimentario. *Ingeniería del agua*, 18(1), ix <http://hdl.handle.net/10251/55641>
41. Pérez, H. (2006). Nutraceuticos: componente emergente para beneficio de la salud. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA).
<https://www.redalyc.org/pdf/2231/223120665003.pdf>
42. Plaza, M., Cifuentes, A., & Ibáñez, E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science & Technology*, 19(1), 31-39. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2007.07.012>
43. Plowden, J., Renshaw-Hoelscher, M., Engleman, C., Katz, J., & Sambhara, S. (2004). Innate immunity in aging: Impact on macrophage function. *Aging Cell*, 3(4), 161-167. <https://doi.org/10.1111/j.1474-9728.2004.00102.x>
44. Quitral R, V., Morales G, C., Sepúlveda L, M., & Schwartz M, M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista chilena de nutrición*, 39(4), 196-202.
<https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000400014>

45. Quitral, V., Jofré, M. J., Rojas, N., Romero, N., Valdés, I., Quitral, V., Jofré, M. J., Rojas, N., Romero, N., & Valdés, I. (2019). Algas marinas como ingrediente funcional en productos cárnicos. *Revista chilena de nutrición*, 46(2), 181-189. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182019000200181>
46. Renaud, S. M., & Luong-Van, J. T. (2006). Seasonal Variation in the Chemical Composition of Tropical Australian Marine Macroalgae. *Journal of Applied Phycology*, 18(3), 381. <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9034-x>
47. Reyes-Díaz, A., González-Córdova, A. F., Hernández-Mendoza, A., & Vallejo-Cordoba, B. (2016). Péptidos Inmunomoduladores Derivados De Las Proteínas De La Leche. *Interciencia*, 41(2), 84-91. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33944255002.pdf>
48. Ríos Matos, D. L. (2020). Producción de citoquinas de respuesta inmune celular en ratones inmunizados y tratados con fucoidan de *Lessonia trabeculata* (Phaeophyceae, laminariales). *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*. <https://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/20.500.12672/11736>
49. Rutherford-Markwick, K. J. (2012). Food proteins as a source of bioactive peptides with diverse functions. *The British Journal of Nutrition*, 108 Suppl 2, S149-157. <https://doi.org/10.1017/S000711451200253X>
50. Segura-Campos, M., Guerrero, L. C., & Ancona, D. B. (2013). *Bioactividad de péptidos derivados de proteínas alimentarias*. <https://www.omniascience.com/books/index.php/monographs/catalog/view/30/137/168-1>

51. Sharon, N. (2007). Lectins: Carbohydrate-specific reagents and biological recognition molecules. *The Journal of Biological Chemistry*, 282(5), 2753-2764. <https://doi.org/10.1074/jbc.X600004200>
52. Sierra-Vélez, L., & Álvarez-León, R. (2009). Comparación bromatológica de las algas nativas (*Gracilariopsis tenuifrons*, *Sargassum filipendula*) y exóticas (*Kappaphycus alvarezii*) del Caribe Colombiano. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(2), 17-25. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-30682009000200002
53. Sterner, M., & Edlund, U. (2016). Multicomponent fractionation of *Saccharina latissima* brown algae using chelating salt solutions. *Journal of Applied Phycology*, 28(4), 2561-2574. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0785-0>
54. Suetsuna, K., Maekawa, K., & Chen, J.-R. (2004). Antihypertensive effects of *Undaria pinnatifida* (wakame) peptide on blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 15(5), 267-272. <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2003.11.004>
55. Valdés, Y. A., & Soto, M. F. B. (2008). Algas, aliadas en el pasado y sustento para el futuro. *Tecnología Química*, 28(3), 46-50. <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543757005.pdf>
56. Vera, M. S. G., & Moncayo, A. E. M. (2019). Valoración nutricional de las algas *Codium Santamariae* y *Sargassum ecuadoreanum*. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/46805>

57. Vieira, A., Teixeira, M., & Martins, F. (2013). The Role of Probiotics and Prebiotics in Inducing Gut Immunity. *Frontiers in Immunology*, 4, 445. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2013.00445>
58. Wong, K. H., & Cheung, P. (2001). Influence of drying treatment on three *Sargassum* species. *Journal of Applied Phycology*, 13, 43-50. <https://doi.org/10.1023/A:1008149215156>
59. Xu, S.-Y., Huang, X., & Cheong, K.-L. (2017). Recent Advances in Marine Algae Polysaccharides: Isolation, Structure, and Activities. *Marine Drugs*, 15(12), 388. <https://doi.org/10.3390/md15120388>
60. Yu, X., Guo, L., Jiang, G., Song, Y., & Muminov, M. A. (2018). Advances of organic products over conventional productions with respect to nutritional quality and food security. *Acta Ecologica Sinica*, 38(1), 53-60. <https://doi.org/10.1016/j.chnaes.2018.01.009>