



FACULTAD DE INGENIERÍA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CHILE



JOSÉ MIGUEL AGUILERA
con la colaboración
de Nicole Ferrada

LAS ALGAS CHILENAS SOBRE LA MESA

SEAWEEDS FROM CHILE ON THE TABLE





Pontificia Universidad Católica de Chile
Facultad de Ingeniería
Unidad de Ingeniería Gastronómica

LAS ALGAS CHILENAS SOBRE LA MESA
SEaweeds FROM CHILE ON THE TABLE

Derechos reservados
Octubre 2021
I.S.B.N. Nº 978-956-14-2891-1

Primera edición
400 ejemplares

Fotografías
Platos y algas: Camila Polanco; Otras fotos:
José Miguel Aguilera y Sergio Mujica A.

Ilustración
Catalina Fuentes Cano

Diseño
Diseño Corporativo de la Pontificia
Universidad Católica de Chile

Impresor
Impresora y Comercial Feyser Ltda.

LAS ALGAS CHILENAS SOBRE LA MESA

SEAWEEDS FROM CHILE ON THE TABLE

JOSÉ MIGUEL AGUILERA
con la colaboración de
Nicole Ferrada

ODA A LAS ALGAS DEL OCÉANO

No conocéis tal vez las desgranadas vertientes del océano.
En mi patria es la luz de cada día.
Vivimos en el filo de la ola, en el olor del mar, en su estrellado vino.

A veces las altas olas traen en la palma de una gran mano verde
un tejido tembloroso: la tela inacabable de las algas.
Son los enlutados guantes del océano, manos de ahogados, ropa funeraria.
Pero cuando en lo alto del muro de la ola, en la campana del mar,
se transparentan, brillan como collares de las islas,
dilatan sus rosarios y la suave turgencia naval de sus pezones
se balancea ¡al peso del aire que las toca!

Oh despojos del gran torso marino nunca desenterrado,
Cabellera del cielo submarino, barba de los planetas que rodaron ardiendo en el
océano.
Flotando sobre la noche y la marea, tendidas como balsas de pura perla y goma,
Sacudidas por un pez, por un sol, por el latido de una sola sirena,
de pronto en una carcajada de furia,
el mar entre las piedras del litoral los deja como jirones pardos de bandera,
como flores caídas de la nave.

Y allí tus manos, tus pupilas descubrirán un húmedo universo de frescura,
la transparencia del racimo de las viñas sumergidas,
una gota del tálamo marino,
del ancho lecho azul condecorado con escudos de oro,
mejillones minúsculos, vedes protozoarios.
Anaranjadas, oxidadas formas de espátula, de huevo, de palmera,
Abanicos errantes golpeados por el inacabable movimiento del corazón marino,
islas de los sargazos que hasta mi puerta llegan con el despojo de los arcoiris,
dejadme llevar en mi cuello, en mi cabeza, los pámpanos mojados del océano,
la cabellera muerta de la ola.

PABLO NERUDA

ÍNDICE / INDEX

Prólogo / Foreword	9
Presentación de la Unidad de Ingeniería Gastronómica / <i>Presentation of the Gastronomic Engineering Unit</i>	13

1. ¿POR QUÉ LAS ALGAS MARINAS? / WHY SEAWEEDS?

Escenario de la alimentación / <i>The food scenario</i>	18
Tendencias en la alimentación moderna / <i>Trends in modern alimentation</i>	20
Propiedades de las algas marinas y sus derivados / <i>Properties of seaweeds and their derivatives</i>	22
Extractos de algas como ingredientes / <i>Seaweeds extracts as ingredients</i>	32
Sostenibilidad del recurso / <i>Sustainability of the resource</i>	36
Bibliografía importante / <i>Important bibliography</i>	37

2. LAS ALGAS COMESTIBLES EN EL MUNDO / EDIBLE SEAWEEDS IN THE WORLD

Las algas comestibles / <i>Edible seaweeds</i>	40
Consumo de algas en Oriente / <i>Seaweed consumption in the Orient</i>	41
Consumo de algas en Europa, Norteamérica y Oceanía / <i>Seaweed consumption in Europe, North America and Oceania</i>	44

3. LAS PRINCIPALES ALGAS COMESTIBLES DE CHILE / MAIN EDIBLE SEAWEEDS IN CHILE

Nuestras algas / <i>Our seaweeds</i>	48
--------------------------------------	----



4.

LAS ALGAS EN LA COCINA CHILENA / SEAWEEDS IN CHILEAN DISHES

Antecedentes históricos <i>/ Historical background</i>	60
---	----

5.

APLICACIONES EN PRODUCTOS Y EN ALTA GASTRONOMÍA / APPLICATIONS IN PRODUCTS AND IN HIGH GASTRONOMY

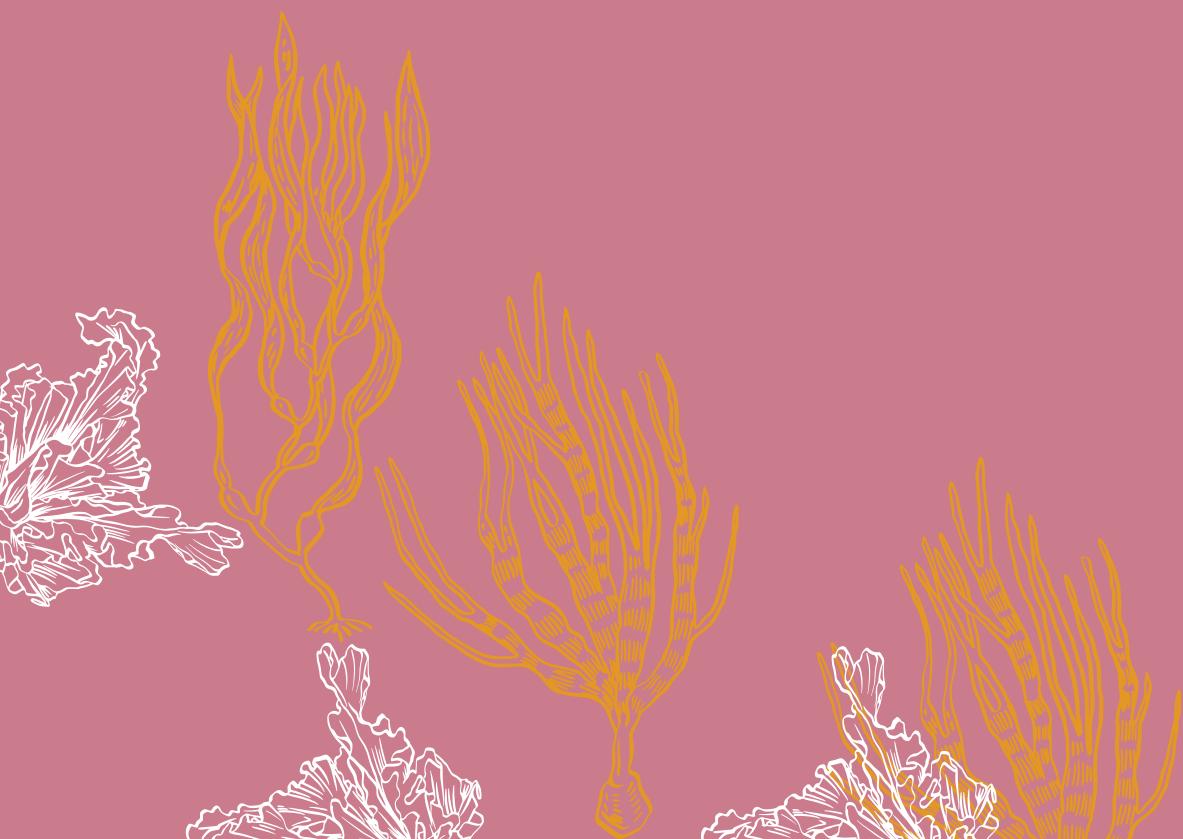
Formulaciones de productos <i>/ Product formulations</i>	68
Las algas como ingredientes novedosos en la culinaria y productos comerciales <i>/ Seaweeds as novel ingredients in culinary and commercial products</i>	70
Alta gastronomía <i>/ High gastronomy</i>	73

6.

RECETAS CON ALGAS / RECIPES WITH SEAWEEDS

Kimchi de algas <i>/ Seaweed kimchi</i>	76
Algas encurtidas <i>/ Pickled seaweeds</i>	78
Bocado de mote y algas chilenas <i>/ Moté and Chilean seaweed snack</i>	80
Panipuri de cochayuyo y ceviche de ulte <i>/ Cochayuyo panipuri and ulte ceviche</i>	82
Dashi de cochayuyo <i>/ Cochayuyo dashi</i>	84
Pappardelle bicolor de lechuga de mar y luga cuchara con hongos <i>/ Seaweed bicolor pappardelle and mushrooms</i>	86
Hamburguesa de cochayuyo <i>/ Cochayuyo burger</i>	88
Ensalada de algas marinadas <i>/ Seaweed salad</i>	90
Cordero, papas y luche <i>/ Lamb, potatoes and nori</i>	92
Charquicán de cochayuyo <i>/ Chilean jerky stew with seaweeds</i>	94
Falso helado de matcha <i>/ Fake matcha ice cream</i>	96
Panel de abeja <i>/ Honeycomb</i>	98

Agradecimientos <i>/ Acknowledgements</i>	101
Referencias <i>/ References</i>	103



PRÓLOGO

/ FOREWORD

Vivimos en un planeta cuya superficie está cubierta principalmente por agua, mayormente marina, con una población creciente y consecuentemente, con una cada vez mayor necesidad de alimentos. Inevitablemente nuestra mirada se debe dirigir hacia el mar cuando al mismo tiempo, la humanidad enfrenta limitación de tierras cultivables, así como agua para riego.

En Chile, como en otros países, la persistente sequía que afecta la agricultura y la sostenibilidad de ambientes costeros son temas relevantes en la agenda política y en las conversaciones cotidianas. A pesar de tener una extensa costa plena de recursos marinos comestibles, que son una importante fuente de alimentos en muchos lugares del mundo, nuestro consumo está muy por debajo del de países que tienen una larga tradición en la utilización de estos recursos marinos.

Dentro de estos recursos, las algas marinas son particularmente importantes por tratarse de recursos vegetales renovables que biorremedian el ecosistema marino y ayudan a la reducción de dióxido de carbono en la atmósfera.

Del más de medio millar de especies de algas que se han descrito para Chile, sólo un grupo pequeño de ellas, que no alcanza a las dos decenas, se utilizan con fines comerciales, ya sea para alimentación humana o uso industrial. La mayoría, sin embargo, son comestibles y por lo mismo, sería posible darles un uso en la alimentación, ya sea directamente o después de un proceso. Como nos enseña este libro, las algas aportan nutrición, funcionalidad (en la acepción de ayudar a la salud), textura, sabor y decoración, entre otros atributos, por lo que su inclusión en la cocina y en último término, en la dieta, tanto de humanos como de animales, parece algo totalmente factible y por lo demás, muy necesario.

We live on a planet whose surface is covered mainly by water, mostly marine, with a growing population and consequently, with an increasing need for food. When, at the same time, humanity faces limitations of arable land, as well as water for irrigation, inevitably our gaze is directed towards the sea.

In Chile, as in other countries, the persistent drought that affects agriculture and the sustainability of coastal environments are relevant topics on the political agenda and in daily conversations. Despite having an extensive coastline full of edible marine resources, which are an important source of food in many places of the world, our consumption is far below that of countries that have a long tradition in the use of these resources.

Among these resources, marine algae are particularly important because they are renewable plant resources that bio-remedy the marine ecosystem and help reduce carbon dioxide in the atmosphere.

Of the more than half a thousand species of marine algae that have been described for Chile, only a small group of them, which does not reach two dozen, are used for commercial purposes, either for human food or other industrial use. Most, however, are edible and for this reason, it would be possible to use them in food, either directly or after processing. As this book indicates, seaweeds provide nutrition, functionality (in the sense of helping health), texture, flavor and decoration, among other attributes, so their inclusion in the kitchen and ultimately, in the diet of humans as well as animals, seems something feasible and very necessary.

Avanzar hacia una alimentación saludable, variada y sostenible requiere tanto de políticas públicas que incentiven la utilización racional de los recursos marinos, como también de la educación temprana a través de productos y platos sabrosos e innovadores. Esto precisa de la acción concertada de tecnólogos de alimentos, expertos en nutrición y de los cocineros, grandes actores en el escenario actual de la alimentación.

A este respecto, este libro es novedoso en varios sentidos:

1. Da una visión amplia del mundo de las algas comestibles en Chile, abarcando temas como su microestructura y composición química, el cultivo y la recolección sustentable, las propiedades sensoriales y aspectos de la gastronomía de algas en diversos países.
2. Proporciona antecedentes, respaldados por literatura científica, relacionados con las algas sobre aspectos de nutrición, salud y gastronomía, pero explicados en términos simples.
3. Se refiere a los ingredientes obtenidos a partir de algas (carrageninas, alginatos y agar) y sus usos en la culinaria y en alimentos de consumo masivo.
4. Contiene información relevante sobre las algas comestibles en Chile, sus usos tradicionales y vanguardistas, y el aporte de los cocineros nacionales.
5. Reúne más de 80 referencias acompañadas de una selecta bibliografía que permiten al lector profundizar en temas de su interés.
6. Incorpora información original procedente de tres años de estudios en aspectos químicos, sensoriales, tecnológicos y gastronómicos realizados por científicos y chefs de la Unidad de Ingeniería Gastronómica de la Escuela de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Moving towards a healthy, varied and sustainable diet requires both public policies that encourage the rational use of marine resources, as well as early education through tasty and innovative products and dishes. This requires the concerted action of food technologists, nutrition experts and chefs, great players in the current food scene.

In this regard, this book is novel in several ways:

1. Gives a broad vision of the world of edible seaweeds in Chile, covering topics such as its microstructure and chemical composition, sustainable cultivation and harvesting, sensory properties and aspects of phycogastronomy in various countries.
2. Provides background supported by scientific literature related to seaweeds on aspects of nutrition, health and gastronomy, but explained in simple terms.
3. Refers to ingredients obtained from seaweeds (carrageenan, alginates and agar) and their uses in culinary and mass consumption foods.
4. Contains relevant information on edible seaweeds in Chile, its traditional and avant-garde uses, and the contribution of some national chefs.
5. Brings together more than 80 references accompanied by a select bibliography that allow the reader to delve into topics of interest.
6. Incorporates original information from three years of studies in chemical, sensory, technological and gastronomic aspects carried out by scientists and chefs from the Gastronomic Engineering Unit of the School of Engineering of the Pontificia Universidad Católica de Chile.

7. Contiene un recetario de platos y bocadillos que utilizan algas de nuestras costas, como también adaptaciones novedosas de la gastronomía internacional.

Este libro del profesor Aguilera será de utilidad para aquellos responsables de nuestra alimentación: productores, proveedores, cocineros profesionales y aficionados, y autoridades del sector público, entre otros. En particular, deseamos que sirva de inspiración a jóvenes emprendedores del rubro alimentario y a los exploradores de los sabores de nuestro territorio y maritorio. Las algas comestibles de la extensa costa chilena son una despensa generosa y tenemos que cuidarla e incorporarla con cariño en nuestra alimentación.

-
7. Contains a recipe book of dishes and snacks that use seaweed from our coasts as well as novel adaptations of international gastronomy.

In summary, this book by Professor Aguilera will be useful for those responsible for our future alimentation: food producers, suppliers, professional and amateur chefs, and public sector authorities. In particular, it intends to inspire young food entrepreneurs and explorers of the flavors of our territory and maritory. Edible seaweeds of the extensive Chilean coast are a generous pantry to take care of and incorporate them into our diet with love.

ANDRÉS HOHLBERG RECABARREN

Gerente General / General Manager
Extractos Naturales Gelymar S.A.





PRESENTACIÓN DE LA UNIDAD DE INGENIERÍA GASTRONÓMICA

/ PRESENTATION OF THE GASTRONOMIC ENGINEERING UNIT

En años recientes la ciencia ha pasado a ocupar un espacio importante en la vida de las personas y en particular, en la alimentación. El cambio climático producido por los gases de efecto invernadero y la escasez de los recursos tierra y agua está transformando la manera en que producimos y consumimos nuestros alimentos. A esto se suma la expansión en la población mundial y el aumento progresivo de la obesidad y el sobrepeso que silenciosamente empobrecen nuestras vidas.

La Unidad de Ingeniería Gastronómica (UIG) de la Facultad de Ingeniería de la Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC) nace en el año 2015 como un espacio de investigación y co-creación que une los talentos de los que saben de procesos (ingenieros) y los que saben de comidas apetecibles y sabrosas (chefs). Los principales objetivos de la UIG son dar mayor valor culinario a materias primas nacionales subutilizadas y mostrar la relación virtuosa que existe entre la ciencia y la ingeniería de alimentos, y la gastronomía. La UIG es un espacio de incertidumbre y disenso, pero que genera empatía y creatividad. La UIG opera bajo el supuesto que comemos alimentos apetecibles y sabrosos, los que dentro de una dieta frugal y variada, sumada a la actividad física, constituyen la base de buenos hábitos alimentarios.

En este breve período, la UIG ha aportado en la docencia de pregrado a través de un curso introductorio sobre Ingeniería Gastronómica del Departamento de Ingeniería Química y Bioprocesos, que se ha dictado durante cinco años en la PUC y en tres universidades del extranjero (Aguilera & Moreno, 2021). Desde marzo de este año cuenta también con una versión en la plataforma Coursera.

In recent years, science has occupied an important place in people's lives and in particular, in their diet. Climate change produced by greenhouse gases and the scarcity of land and water resources are transforming the way we produce and consume our food. In addition, the increase in the world population and the progressive increase in obesity and overweight condition that quietly impoverishes our lives.

The Gastronomic Engineering Unit (GEU) of the Faculty of Engineering, Pontificia Universidad Católica de Chile (PUC), was launched in 2015 as a space for research and co-creation that unites the talents of those who know about processes (engineers) and those who know about appetizing and tasty foods (chefs). The main objectives of the GEU are to increase the culinary value of underutilized local raw materials and to highlight the virtuous relationship that exists between food science and engineering, and gastronomy. The GEU is a space of uncertainty and dissent, but one that generates empathy and creativity. The GEU operates under the assumption that we eat appetizing and tasty foods, which within a frugal and varied diet, added to physical activity, constitute the basis of good eating habits.

During this brief period, the GEU has contributed to undergraduate teaching through an introductory course on Gastronomic Engineering, taught locally for the last five years and at three foreign universities (Aguilera & Moreno, 2021). Since March of this year, the course has a version on the Coursera platform. In research, projects carried

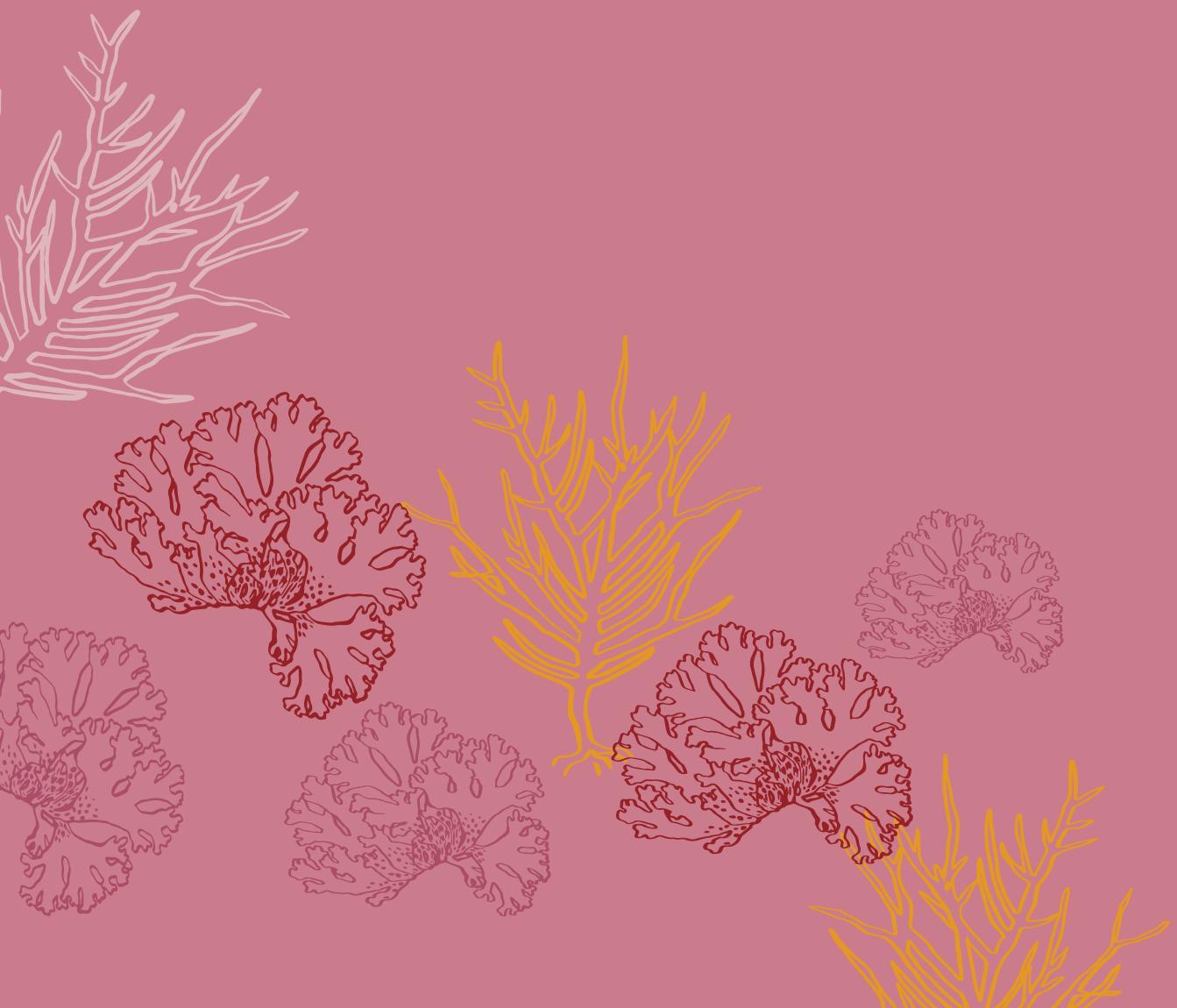
En investigación, diversos proyectos llevados a cabo por alumnos de doctorado incluyen temas como el diseño de alimentos blandos para la cuarta edad, matrices alimentarias saludables y usos gastronómicos de la anchoveta, a los que ahora se suma la exploración gastronómica de algunas algas marinas comestibles de nuestro país. Los resultados han sido difundidos en los medios de comunicación (diarios, TV), artículos científicos y libros, y en talleres anuales de amplia convocatoria realizados en conjunto con el Centro de Innovación Anacleto Angelini. La UIG ha sido también un punto de encuentro con chefs locales, emprendedores jóvenes, destacados exponentes internacionales de la ciencia gastronómica, y ha recibido a numerosos visitantes nacionales y extranjeros.

Este libro se suma a los esfuerzos de la Escuela de Ingeniería y de la Universidad por dar a conocer el enorme potencial-país en recursos marinos que debieran hacer que nuestra alimentación sea más saludable y sustentable. En el libro *La Anchoveta Chilena sobre la Mesa* publicado en 2018 (disponible en http://gastronomicengineering.com/assets/files/Libro_anchoveta.pdf), destacamos que este recurso -la anchoveta- es un lujo gastronómico en Europa mientras en nuestro país va fundamentalmente a harina y aceite de pescado. En esta publicación damos a conocer el resultado de más de tres años de investigación en las propiedades culinarias y usos gastronómicos de algas nacionales del proyecto FONDECYT-1180082 *Engineering the Textural Properties of Seaweeds*. Su edición ha contado con una generosa donación de la empresa Gelymar S.A. Esperamos que este libro sirva de inspiración para los que preparan comidas en casa, en restaurantes y en los almuerzos escolares, y para los cocineros chilenos motivados con la ciencia y la innovación de este apetitoso recurso que enriquece nuestros menús.

out by doctoral students include topics such as design of soft foods for the fourth age, healthy food matrices and gastronomic uses of anchovy, now we add the gastronomic exploration of some edible seaweeds from our country. Results from the GEU have been disseminated in the media (newspapers, TV), scientific articles and books, and in annual workshops for wide audiences carried out in conjunction with the Anacleto Angelini Innovation Center of PUC. The GEU has also been a meeting point for local chefs, young entrepreneurs, outstanding international exponents of gastronomic science, and has entertained numerous national and foreign guests.

This book joins the efforts of the School of Engineering and the University to highlight the enormous potential of our country's marine resources that should contribute to a healthier and more sustainable diet. In a previous book, *La Anchoveta Chilena sobre la Mesa*, published in 2018 (available at http://gastronomicengineering.com/assets/files/Libro_anchoveta.pdf), we highlighted that this resource - the anchovy - is a gastronomic luxury in Europe while in our country it goes mainly to fishmeal and fish oil. This publication embodies over three years of research on the culinary properties and gastronomic uses of seaweeds in our shores. It has been financed mainly by the project FONDECYT-1180082 *Engineering the Textural Properties of Seaweeds* and its edition has had a generous donation from the company Gelymar S.A. We hope this book will inspire those who prepare dishes at home, cafeterias and at school lunches, and particularly those Chilean chefs motivated by the science and innovative applications of this appetizing and nutritious resource.





1.

¿POR QUÉ LAS ALGAS MARINAS? / WHY SEAWEEDS?

ESCENARIO DE LA ALIMENTACIÓN

/ THE FOOD SCENARIO

El crecimiento de la población mundial y las restricciones medioambientales para la producción de más alimentos hacen urgente explorar nuevas fuentes de nutrientes y desarrollar procesos productivos más sustentables (FAO, 2016). Una fuente atractiva de nuevos alimentos -al menos para Occidente- son las algas marinas, que no requieren de terreno agrícola, ni agua fresca o fertilizantes para su crecimiento; solo necesitan agua de mar y sol. Desde el punto de vista biológico y ambiental, las praderas de algas son nichos ecológicos que permiten el desarrollo de otras especies marinas. Además, capturan importantes cantidades de CO₂ del aire. El consumo de algas marinas como alimento cuenta con una experiencia milenaria en Oriente donde para miles de millones de personas son fuente de nutrientes y sabores como parte esencial de sus dietas diarias.

La producción mundial de algas marinas crece aproximadamente a un 6% anual. De acuerdo a la FAO (2018), el mayor productor de algas es China, aportando casi la mitad de la producción mundial. En Chile, el principal productor de algas en América Latina, existen unas 550 especies de macroalgas, aunque las más conocidas por la población representan menos del 1% de ellas (Ortiz, 2011). Se recolecta anualmente alrededor de 400.000 toneladas de algas frescas (cifra para el año 2017), la mayoría de ellas destinadas a la producción de ingredientes alimentarios o su exportación en bruto (Figura 1). Unas 10.000 toneladas corresponden a cochayuyo (Sernapesca, 2019) y, si suponemos que la totalidad va a consumo local, querría decir que en promedio comemos alrededor de 0,6 kg de esta alga por habitante/año, lo que se compara muy desfavorablemente con los 14 kg/habitante/año de Corea del Sur.

The growth of the world population and the environmental restrictions for the production of more food make it urgent to explore new sources of nutrients and develop more sustainable production processes (FAO, 2016). An attractive source of new foods - at least for the Western World - are seaweeds (or macroalgae), which do not require agricultural land, fresh water or fertilizers for their growth; they only need seawater and sun. From a biological and environmental viewpoint, seaweed beds are ecological niches that allow the development of other marine species. In addition, they capture significant amounts of CO₂ from the atmosphere. The consumption of seaweed as food is millenary in the Orient where they are a source of nutrients and flavors for billions of people and an essential part of their daily diets.

The world production of seaweed grows by approximately 6% per year. According to FAO (2018), the largest producer of marine algae is China, contributing almost half of the world production. In Chile, the main producer of seaweed in Latin America, there are about 550 species of macroalgae, although the best known to the population represent less than 1% of them (Ortiz, 2011). Around 400,000 tons of fresh algae are collected annually (figure for the year 2017), most of them destined to the production of food ingredients or exported in the raw state (Figure 1). About 10,000 tons correspond to *Durvillaea antactica* or *cochayuyo* (Sernapesca, 2019) and if we assume that all of it goes to local consumption, it would mean that on average we eat around 0.6 kg of this algae per inhabitant/year, which compares very unfavorably with the 14 kg/inhabitant /year of South Korea.



Figura 1. Embarcación cargada con cochayuyo en Bahía Mansa (Región de Los Lagos).

Figure 1. Vessel loaded with cochayuyo in Bahía Mansa (Los Lagos Region).

TENDENCIAS EN LA ALIMENTACIÓN MODERNA / TRENDS IN MODERN ALIMENTATION

TENDENCIAS EN LA ALIMENTACIÓN

Con las nuevas tendencias hacia la sustitución de las proteínas animales (i.e., carnes, leche y huevos) y el incremento de las dietas vegetarianas y flexitarianas, habrá un constante aumento en la demanda de fuentes alternativas y el consumo de alimentos basados en plantas. Se ha sugerido que una alternativa sostenible para la alimentación podrían ser las algas marinas, por sobre los insectos y la carne sintética (ONU, 2020; Onwezen et al., 2020). Sin embargo, es necesario explotar impulsores clave como los beneficios para la salud, la sustentabilidad del recurso y, sobre todo, sus particulares sabores y texturas, de modo de hacerlas más conocidas y familiares especialmente entre aquellos que son más aventureros con la comida (Birch, Skallerud & Paul, 2019).

TRENDS IN ALIMENTATION

With the new trends towards the substitution of animal proteins (i.e., meat, milk and eggs) and the increase of vegetarian and flexitarian diets, there will be a constant increase in the demand for alternative sources and the consumption of plant-based foods. A sustainable option could be seaweeds, over insects and synthetic meat (UN, 2020; Onwezen et al., 2020). However, it is necessary to exploit key drivers, such as the health benefits and the sustainability of the resource to make them more known and familiar, and above all, their particular flavors and textures, especially among those who are more adventurous with food (Birch , Skallerud & Paul, 2019).





Las algas marinas se clasifican en tres grupos dependiendo de la pigmentación predominante: ***Chlorophyta*** o algas verdes (debido al pigmento clorofila); ***Rhodophyta*** o algas rojas (que contienen el pigmento ficocianina); y ***Phaeophyta*** o algas pardas (debido a un pigmento de tipo carotenoide) (Gupta & Abu-Ghannam, 2011). Esta amplia gama de pigmentos son una potencial fuente de colorantes naturales para alimentos, con efectos sensoriales y en la salud (Aryee, Agyei & Akanbi, 2018). Sin embargo, las algas que se recolectan presentan una gran variabilidad en la composición química y propiedades físicas, dependiendo, entre otras, de las condiciones ambientales del área de crecimiento y la estación del año en que se cosechan (Cherry et al., 2019a). Los principales componentes químicos que más varían son los antioxidantes como los tocoferoles (Ortiz et al., 2006), los carotenoides (Pangestuti & Siahaan, 2018), los ácidos grasos (Nelson, Phleger & Nichols, 2002) y los aminoácidos (Tiwari & Troy, 2015). Esto hace que sus propiedades culinarias y aportes a la nutrición puedan variar en forma significativa.

Marine macroalgae are classified into three groups depending on the predominant pigmentation: ***Chlorophyta*** or green seaweed (due to the pigment chlorophyll); ***Rhodophyta*** or red seaweed (containing the pigment phycocyanin); and ***Phaeophyta*** or brown seaweed (due to a carotenoid-type pigment) (Gupta & Abu-Ghannam, 2011). This wide range of pigments are a potential source of natural colorants for food, with sensory and health effects (Aryee, Agyei & Akanbi, 2018). However, the collected seaweeds show great variability in chemical composition and physical properties depending, among others, on the environmental conditions of the growing area and the season of harvesting(Cherry et al., 2019a). The main chemical components that vary the most are antioxidants such as tocopherols (Ortiz et al., 2006), carotenoids (Pangestuti & Siahaan, 2018), fatty acids (Nelson, Phleger & Nichols, 2002) and amino acids (Tiwari & Troy, 2015). This means that their culinary properties and contributions to nutrition can vary significantly.

PROPIEDADES DE LAS ALGAS MARINAS Y SUS DERIVADOS

/ PROPERTIES OF SEAWEEDS AND THEIR DERIVATIVES

MORFOLOGÍA Y MICROESTRUCTURA

Las algas se han adaptado a través de la evolución para derivar sus nutrientes directamente del agua de mar y soportar continuamente la acción mecánica de las olas para poder flotar y recibir la luz del sol. Aunque realizan fotosíntesis como las plantas terrestres, no tienen raíces, hojas ni flores y carecen de tejidos especiales para transportar agua y nutrientes. Por ejemplo, el cochayuyo crece en la zona de rompiente de olas adherido a las rocas por un disco basal y no por raíces como las plantas terrestres. El disco basal deriva en el estipe cilíndrico o talo que sostiene largas extensiones laminares flexibles o frondas (Figura 2). Las frondas, cilíndricas o planas, tienen una corteza externa gruesa y resistente, y un centro semihueco con cámaras de aire similares a las celdas de un panal de abejas (Figuras 3 y 4), que permiten su flotación en la superficie del mar y así poder acceder a la luz solar para realizar la fotosíntesis (Rothäusler, Gutow & Thiel, 2012).

Las paredes celulares, responsables de la resistencia y flexibilidad de las algas, están formadas fundamentalmente por largas moléculas de la familia de los polisacáridos, a la que también pertenecen la celulosa y las hemicelulosas de las paredes celulares que otorgan rigidez a las plantas terrestres. La abundancia de polisacáridos en las paredes celulares es la razón del alto contenido de fibra de las algas marinas.

MORPHOLOGY AND MICROSTRUCTURE

Seaweeds have adapted through evolution to obtain their nutrients directly from seawater and to continuously resist the mechanical action of waves and float. Although they photosynthesize like land plants, they do not have roots, leaves, or flowers, and lack special tissues to transport water and nutrients. For example, *cochayuyo* grows in the wave-breaking zone attached to rocks by a basal disk and not by roots. The basal disc or holdfast derives into a fleshy cylindrical stipe or thallus that supports long and flexible laminar extensions or fronds (Figure 2). The fronds, cylindrical or flat, have a thick and resistant outer cortex, and a semi-hollow center with air chambers similar to the cells of a honeycomb (Figures 3 and 4), which allow them to float on the surface of the sea and thus be able to access to sunlight to carry out photosynthesis (Rothäusler, Gutow & Thiel, 2012).

Cell walls, responsible for the resistance and flexibility of algae, are mainly made up of long molecules of the polysaccharide family, similar to cellulose and hemicelluloses of terrestrial plant cell walls. The abundant polysaccharide material in the cell walls of seaweeds is the reason for their high fiber content.



Figura 2 / Alga seca en la playa donde se aprecia el disco basal en primer plano, el estipe y la larga fronda.

Figure 2 / Dry seaweed on the beach with the holdfast in the foreground, the stipe and the long frond.



Figura 4 / Imagen de una sección transversal de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) obtenida mediante microscopía de rastreo.

Figure 4 / Image of a cross-section of cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) obtained by scanning electron microscopy (SEM).



Figura 3 / Imagen de una sección transversal de cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) capturada con un equipo de microtomografía de rayos X (Micro-CT).

Figure 3 / Image of a cross-section of cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) obtained with an X-ray micro-tomography equipment (Micro-CT).

ASPECTOS NUTRICIONALES

Las algas marinas son buenas fuentes de fibra dietética, lípidos saludables, minerales esenciales y antioxidantes, y en el caso de algunas algas rojas, de proteínas. Su aporte calórico es bajo: 100 g de coquio aportan unas 80 calorías mientras que la misma cantidad de pollo, porotos y tallarines con carne contienen aproximadamente unas 150, 155 y 170 calorías, respectivamente. Además, las algas son excelente fuente de vitaminas A, B1, B12, C, D y E, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y ácido fólico (Peñalver et al., 2020; Quítral et al., 2012). Esto es especialmente interesante para los veganos y vegetarianos quienes son a menudo deficientes en vitamina B12 (cobalamina) que ayuda a mantener la salud del sistema nervioso y de la sangre. La Tabla 1 presenta datos provenientes de distintas fuentes de la composición química (un proxy de las propiedades nutricionales) de las principales especies de algas chilenas comestibles. Esta información es solo referencial y está sujeta a variaciones para una misma especie dependiendo del lugar de muestreo, época del año y método de análisis.

En general, el contenido de proteínas de las macroalgas varía ampliamente, entre un 10 y 40%, dependiendo de la estacionalidad y la especie. Por ejemplo, la *Palmaria palmata* tiene un contenido de proteína del 8% del peso seco al final de verano y 25% a principios de primavera (Fleurence & Levine, 2016). En Chile, se han reportado variaciones en proteína de 20–28% durante el año para la carola (*Callophyllis variegata*) y una variabilidad similar para otros componentes químicos (Westermeier et al., 2019). Las algas rojas tienen un mayor contenido de proteínas que las algas pardas y verdes, con valores medios del orden de 18,8 g/100 g (Gamero-Vega, Palacios & Quítral, 2020). En el *nori* o luche (*Porphyra / pyropia sp.*) el contenido de proteínas puede llegar al 40% en base seca.

NUTRITIONAL ASPECTS

Seaweeds are good sources of dietary fiber, healthy lipids, essential minerals, and antioxidants, and in the case of some red algae, protein. Their caloric intake is low: 100 g of coquio provide about 80 calories while the same amount of chicken, beans and noodles with meat contain approximately 150, 155 and 170 calories, respectively. In addition, macroalgae are excellent sources of vitamins A, B1, B12, C, D and E, riboflavin, niacin, pantothenic acid and folic acid (Peñalver et al., 2020; Quítral et al., 2012). This is especially interesting for vegans and vegetarians who are often deficient in vitamin B12 (cobalamin) which helps maintain the health of the nervous system and the blood. Table 1 presents data from different sources of the chemical composition (a proxy of the nutritional properties) of the main Chilean edible algae species. This information is only for reference and is subject to variations for the same species depending on the place of sampling, time of year and method of analysis.

In general, the protein content of macroalgae varies widely, between 10 and 40%, depending on seasonality and species. For example, *Palmaria palmata* has a protein content of 8% of dry weight in late summer and 25% in early spring (Fleurence & Levine, 2016). In Chile, protein variations of 20–28% have been reported during the year for carola (*Callophyllis variegata*) as well as a similar variability for other chemical components (Westermeier et al., 2019). Red algae have a higher protein content than brown and green algae, with mean values of the order of 18.8 g / 100 g (Gamero-Vega, Palacios & Quítral, 2020). In *nori* or luche (*Porphyra / pyropia sp.*) the protein content can reach 40% on a dry basis.

Tabla 1 / Table 1

Valores típicos de la composición química de algas chilenas comestibles (g/100 g base seca)
 / Typical values of chemical composition of edible Chilean seaweeds (g/100 g dry basis)

Componente /Component	 COCHAYUYO <i>Durvillaea antarctica</i>	 LUCHE <i>Pyropia columbina</i>	 CHICORIA <i>Chondracanthus chamaissoides</i>	 CAROLA <i>Callophyllis variegata</i>	 LECHUGA DE MAR <i>Ulva lactuca</i>
Humedad, <i>Moisture</i>	11,9-15,6	10,7 - 16,8	20,6	17,4	15,0
Proteína, <i>Protein</i>	6,6	21,2 -27,6	12,6	20,2	10,8- 27,2
Lípidos, <i>Lipids</i>	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3
Cenizas, <i>Ash</i>	16,2	7,7	24,7	27,6	11,0 - 19,6
Fibra dietética total, <i>Total fiber</i>	50,8-71,4	47,1	46,9	41,1	54,9-61,5
Fibra soluble, <i>Soluble fiber</i>	27,7	n.d.	n.d.	n.d.	27,2
Sodio, <i>Sodium</i> (mg)	4.106 - 4.690	1.106	6.243	4.576	552
Potasio, <i>Potassium</i> (mg)	1.592	2.209	n.d.	1.381	630
Calcio, <i>Calcium</i> (mg)	850 - 967	191 - 219	362	3.300	2.720
Hierro, <i>Iron</i> (mg)	2,3- 5,0	11,0	34,0	28,0	43,0

Note. The comma system is used as the separating sign of the decimals.

Fuente / Source: Universidad Arturo Prat (2014); Mansilla & González (2012); Quítral et al. (2012); Yaich et al. (2011); Ortiz et al. (2006).



Sin embargo, la digestibilidad de las proteínas de algas se ve reducida debido a la presencia de fibra y de polifenoles. El alto contenido del aminoácido glutamato y de nucleótidos en las algas realza los sabores de otros ingredientes en las comidas y platos. Esto las hace un excelente complemento en guisos, sopas y ensaladas de una dieta variada.

El contenido de lípidos en las algas es bajo (1 a 5% en base seca). La proporción de ácidos grasos esenciales (los que no podemos sintetizar) en algas es mayor que en las plantas terrestres, y corresponden mayoritariamente a ácidos grasos poliinsaturados de cadena larga (PUFA), entre los que destacan el ácido eicosapentaenoico (EPA) y docosahexaenoico (DHA) de la familia de ácidos grasos ω-3. El consumo de estos ácidos grasos se relaciona con disminución del riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. La relación de ácidos grasos ω-6 a ω-3 en las algas es muy baja, lo que es beneficioso, ya que las razones óptimas se encuentran entre 1 y 4.

El contenido de fibra dietética en las algas es muy alto, entre 36-60% de su peso seco, al igual que la relación entre fibra soluble y fibra insoluble con valores deseables que no se encuentran en vegetales terrestres (que contienen abundante celulosa indigerible). La fibra soluble alcanza valores de 20-25% del peso seco y se le atribuyen efectos beneficiosos para reducir el colesterol y la glucosa en la sangre (Peñalver et al., 2020). La ingesta de fibra ocasiona una disminución en la velocidad de vaciado gástrico (apura la saciedad o señal de parar de comer), reduce el tiempo de tránsito intestinal, incrementa el volumen de las heces y se asocia con una reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares y de algunos tipos de cáncer (Quirral et. al., 2019).

Además, algunos polisacáridos y oligosacáridos de algas, al ser indigeribles en la parte superior del tracto digestivo humano, actúan como probióticos y junto a polifenoles, PUFA y carotenoides, interactúan positivamente con la microbiota intestinal (conjunto de microorganismos que alojamos en el colon). Esta fermentación microbiana produce una serie

However, the presence of fiber and polyphenols reduces the digestibility of algae proteins. The high content of the amino acid glutamate and nucleotides in seaweeds enhances the flavors of other ingredients in meals and dishes. This makes them an excellent complement to stews, soups and salads for a varied diet.

The lipid content in seaweeds is low (1 to 5% on a dry basis). The proportion of essential fatty acids (those that we cannot synthesize) is higher than in terrestrial plants, and they correspond mainly to long-chain polyunsaturated fatty acids (PUFAs), among which eicosapentaenoic acid (EPA) and docosahexaenoic acid (DHA) stand out of the ω-3 fatty acid family. The consumption of these fatty acids is related to a decrease in the risk of suffering from cardiovascular diseases. The ratio of ω-6 to ω-3 fatty acids in algae is very low, which is beneficial as the optimal ratios are between one and four.

The content of dietary fiber in seaweeds is very high, between 36-60% of their dry weight, as is the ratio between soluble fiber and insoluble fiber with desirable values that are not found in terrestrial vegetables (which contain abundant indigestible cellulose). Soluble fiber reaches values of 20-25% of dry weight and exert beneficial effects to reduce cholesterol and glucose in the blood (Peñalver et al., 2020). Fiber intake causes a decrease in gastric emptying speed (accelerates satiation or signal to stop eating), reduces intestinal transit time, increases stool volume, and is associated with a reduction in the risk of cardiovascular diseases and some types of cancer (Quirral et al., 2019).

In addition, some polysaccharides and oligosaccharides from seaweeds, being indigestible in the upper part of the human digestive tract, act as probiotics and together with polyphenols, PUFAs and carotenoids, interact positively with the intestinal microbiota (set of microorganisms that we house in the colon). This microbial fermentation produces a series of beneficial effects that reduce the risk of diseases such as

de efectos beneficiosos que reducen el riesgo de enfermedades tales como los desórdenes metabólicos e inflamatorios, ciertos tipos de cáncer y enfermedades mentales (Cherry *et al.*, 2019a, 2019b). Además, los polisacáridos de algas ejercen efectos viricidas al interferir con diferentes etapas del proceso de infección viral (Peñalver *et al.*, 2020; Shi *et al.*, 2017).

Las algas marinas tienen una gran capacidad para acumular minerales esenciales para la nutrición como calcio, hierro y yodo, unas 10 veces más que las plantas terrestres. Sin embargo, los niveles suelen ser muy variables y dependen del tipo de alga, las condiciones ambientales y la ubicación geográfica. Las algas verdes tienden a acumular magnesio y fierro, mientras que las pardas y rojas poseen concentraciones altas de manganeso y yodo, respectivamente. Tanto las algas rojas como las pardas tienden a acumular concentraciones más altas de sodio, potasio y zinc que las algas verdes, pero en general, presentan una baja relación sodio/potasio, del orden de 0,14 a 0,16, lo que es deseable para disminuir los efectos de la hipertensión. En algunas algas, las cantidades de yodo, selenio y cromo superan los niveles deseables y pueden tener efectos negativos en la salud humana. La presencia de minerales tóxicos como el arsénico inorgánico, mercurio, plomo y cadmio en algunas especies de algas marinas no puede ser ignorada (Lozano-Muñoz & Díaz, 2020). Aspectos beneficiosos y toxicológicos del contenido de minerales en algunas algas se comentan en Kumar & Sharma (2020).

En cuanto a los compuestos bioactivos, se reportan los polifenoles, tocoferoles, ficocianinas (Kadam *et al.*, 2015), y algunos pigmentos como las clorofillas y carotenoides (Poojary *et al.*, 2016; Roohinejad *et al.*, 2016). Los pigmentos en las algas marinas son responsables no solo de su color sino también de numerosas actividades biológicas, que derivan en propiedades antivirales, antioxidantes, antiinflamatorias y neuroprotectores (Poojary *et al.*, 2016). Hay algunas especies de algas que contienen polisacáridos, glicoproteínas y otros metabolitos secundarios con actividad

metabolic and inflammatory disorders, certain types of cancer and mental illnesses (Cherry *et al.*, 2019a, 2019b). In addition, algae polysaccharides exert virucidal effects by interfering with different stages of the viral infection process (Peñalver *et al.*, 2020; Shi *et al.*, 2017).

Seaweeds have a great capacity to accumulate essential minerals for nutrition such as calcium, iron and iodine, about 10 times more than land plants. However, the levels are often highly variable and depend on the type of seaweed, environmental conditions, and geographic location. Green algae tend to accumulate magnesium and iron, while brown and red algae show high concentrations of manganese and iodine, respectively. Both red and brown algae tend to accumulate higher concentrations of sodium, potassium and zinc than green algae, but in general, they have a low sodium / potassium ratio, of the order of 0.14 to 0.16, which is desirable to decrease the effects of hypertension. In some seaweeds, the amounts of iodine, selenium, and chromium exceed desirable levels and can have negative effects on human health. The presence of toxic minerals such as inorganic arsenic, mercury, lead and cadmium in some species of marine algae cannot be ignored (Lozano-Muñoz & Díaz, 2020). Beneficial and toxicological aspects of the mineral content in some marine algae are discussed in Kumar & Sharma (2020).

Polyphenols, tocopherols and phycocyanins are reported among bioactive compounds (Kadam *et al.*, 2015), as well as some pigments such as chlorophylls and carotenoids (Poojary *et al.*, 2016; Roohinejad *et al.*, 2016). Pigments in seaweed are responsible not only for their color but also for numerous biological activities, which lead to antiviral, antioxidant, anti-inflammatory and neuroprotective properties (Poojary *et al.*, 2016). Some species of seaweed also contain polysaccharides, glycoproteins, and other secondary metabolites with antimicrobial and antiviral activity. There are also sulfated polysaccharides present in seaweeds

antimicrobiana y antiviral. Existen también polisacáridos sulfatados presentes en las algas (p. ej., fucoidanos) con actividad anticoagulante, antitumoral y antioxidante (Quitrail *et al.*, 2019).

Las algas marinas contienen elementos esenciales para el desarrollo del cerebro humano, específicamente los mencionados PUFA ω -3 y ω -6, aminoácidos como la taurina, vitaminas como la B12, y minerales como el magnesio, zinc y yodo. Actualmente existen estudios sobre el consumo de algas en la protección ante los trastornos cognitivos humanos, como la demencia, la enfermedad de Alzheimer, la depresión, las enfermedades bipolares y las condiciones adversas caracterizadas por una neurodegeneración progresiva (Cornish, Critchley & Mouritsen, 2017; O'Connor, 2017).

APARIENCIA, TEXTURA Y SABOR

A diferencia de una infinidad de alimentos tradicionales, en el mundo occidental no existe un léxico para describir las propiedades sensoriales de las algas comestibles (Suwonsichon, 2019). Esto es relevante pues para obtener los efectos beneficiosos de las algas marinas es necesario comerlas y esto implica conocer la opinión de los consumidores respecto a su apariencia, textura y sabor. Aunque su apariencia es similar a la de algunas plantas terrestres, no comparten con ellas los atributos estructurales que determinan las propiedades organolépticas.

Algunas descripciones subjetivas de la textura de algas crudas y cocidas incluyen términos como cartilaginosa, elástica y difícil de morder, carnosa y masticable. El tostado de las algas vuelve su textura crocante y quebradiza, y también altera su sabor. Mientras el *nori* seco exhibe un sabor verde, vegetal y afrutado, el *nori* calentado por varios minutos a 260-280 °C adquiere un sabor tostado y marino (Shu & Shen, 2012). El *nori* seco se utiliza principalmente en sopas y galletas mientras el *nori* tostado es parte del *sushi* y los snacks.

(e.g., fucoidans) with anticoagulant, antitumor and antioxidant activity (Quitrail *et al.*, 2019).

Seaweed contains essential elements for the development of the human brain, specifically the aforementioned ω -3 and ω -6 PUFAs, amino acids such as taurine, vitamins such as B12, and minerals such as magnesium, zinc and iodine. Currently there are studies on the consumption of seaweed in the protection against human cognitive disorders, such as dementia, Alzheimer's disease, depression, bipolar diseases and adverse conditions characterized by progressive neurodegeneration (Cornish, Critchley & Mouritsen, 2017; O'Connor, 2017).

APPEARANCE, TEXTURE AND TASTE

Unlike an infinity of traditional foods, in the western world there is no lexicon to describe the sensory properties of edible algae (Suwonsichon, 2019). This is relevant because to obtain the beneficial effects of seaweed it is necessary to eat them and this implies knowing the preference of consumers regarding their appearance, texture and flavor. Although their appearance is similar to that of some terrestrial plants, they do not share with them the structural features that determine the organoleptic properties.

Some subjective descriptions of the texture of raw and cooked seaweed include terms such as cartilaginous, elastic and hard to bite, meaty and chewy. Roasting the seaweed makes their texture crisp and brittle, and alters the flavor. While the dry *nori* exhibits a green, vegetal and fruity flavor, the *nori* heated for several minutes at 260-280 °C acquires a roasted and marine flavor (Shu & Shen, 2012). Dry *nori* is mainly used in soups and biscuits while toasted *nori* is part of *sushi* and snacks.

El "sabor" de un alimento resulta de la interacción de los sentidos del gusto y el olfato. Respecto al sabor de las algas, destacan términos como marino, mineral y salado, aunque a veces se perciben también tonalidades de dulce. Sin embargo, el sabor característico descrito por los orientales para las algas es el *umami*, término que corresponde al quinto descriptor de sabor (junto a dulce, ácido, amargo y salado) y en japonés significa "sabroso". El sabor *umami* se debe principalmente a la presencia del aminoácido glutamato (p. ej., como en el glutamato monosódico) en las proteínas y de su sinergia con nucleótidos como el inosinato y el guanilato. Otra interpretación es que el *umami* es más bien un potenciador o realizador de otros sabores (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021). Por tanto, los compuestos que otorgan el sabor *umami*, junto al sabor salado proporcionado por minerales como sodio, potasio y magnesio, hacen que las algas marinas en forma de polvos u hojuelas, sean importantes sustitutos de la sal y potenciadores de sabor para las comidas.

Las algas marinas las consumimos en diversos formatos, desde frescas o secas (para su preservación) hasta en forma de polvos inodoros e insípidos que corresponden a extractos refinados de sus principales componentes que actúan como texturizantes. La amplia gama de productos y usos de las algas marinas comestibles se ilustran en la Figura 5.

The "flavor" of a food results from the interaction of the senses of taste and smell. Regarding the taste of seaweeds, terms such as marine, mineral and salty stand out, although often sweet tones are also perceived. The characteristic flavor described by the Orientals for seaweeds is *umami*, a term that corresponds to the fifth flavor descriptor (together with sweet, sour, bitter and salty), and means "tasty" or "savory" in Japanese. *Umami* flavor is mainly due to the presence of the amino acid glutamic acid (e.g., as in monosodium glutamate) in proteins and its synergy with nucleotides such as inosinate and guanylate. Another interpretation is that *umami* is rather an enhancer of other flavors (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021) Therefore, the compounds that give the *umami* flavor, together with the salty flavor provided by minerals such as sodium, potassium and magnesium, make seaweed in the form of powders or flakes, important substitutes salt and flavor enhancers for meals.

We consume seaweeds in various formats, from fresh or dried (for preservation) to odorless and tasteless texturizing powders that correspond to refined extracts of their major components. Figure 5 illustrates the wide range of products and uses of edible seaweeds.

As mentioned, seaweeds are an abundant source of marine polysaccharides other than those of land plants, where alginate, agar and carrageenans stand out. When these long and flexible molecules are extracted from cell walls, purified and dried in powder form, they give rise to culinary ingredients that add viscosity (capacity to thicken) and structure (water retention and formation of gels) to various gastronomic formulations. It is good to remember that in the past, chefs who knew about these important culinary properties of thickeners and gelling agents only counted on starch and gelatin.

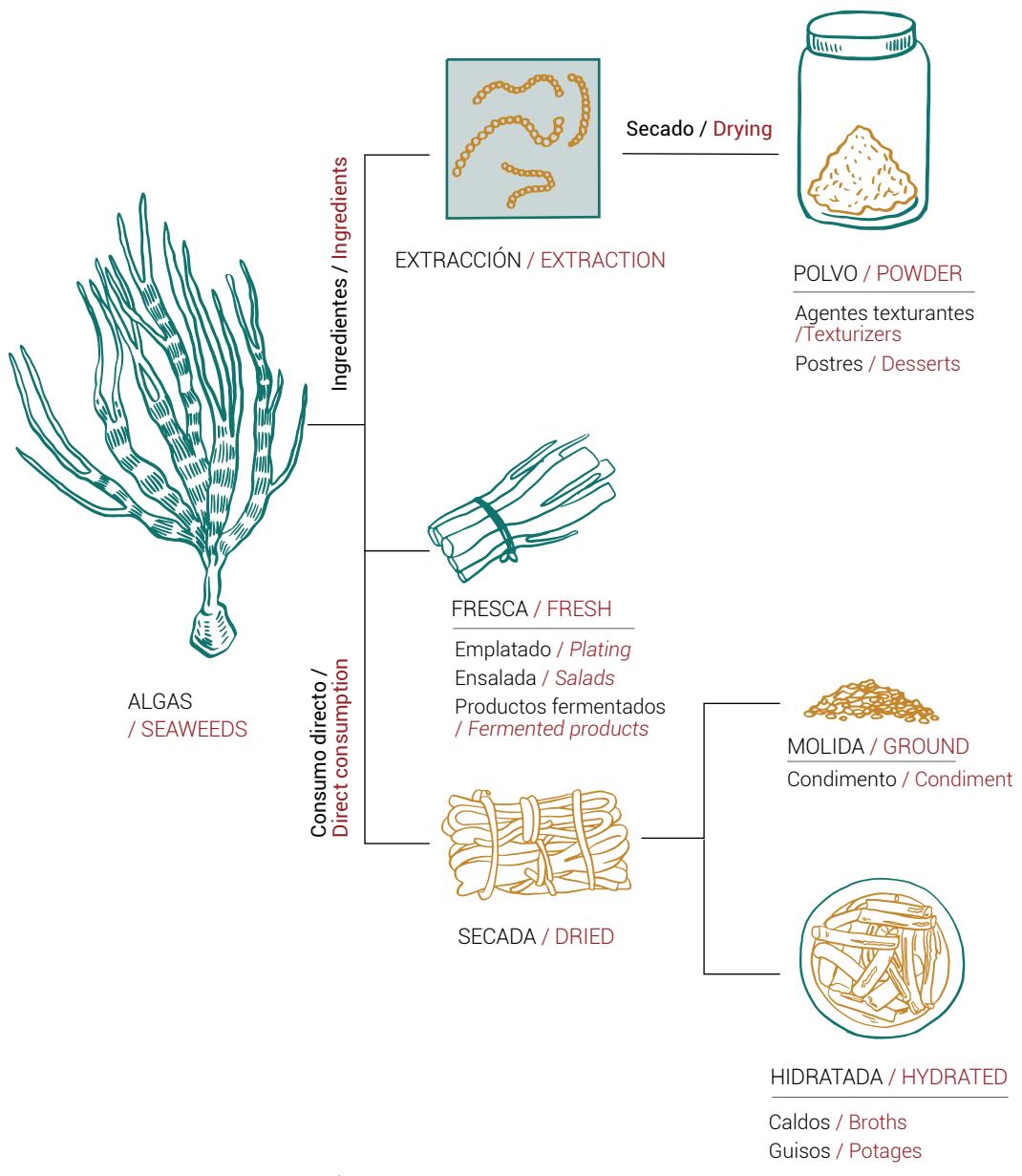


Figura 5. Alternativas de uso y formatos gastronómicos de las algas marinas comestibles.

Figure 5. Alternative uses and gastronomic formats of edible seaweeds.

EXTRACTOS DE ALGAS COMO INGREDIENTES

/ SEAWEEDS EXTRACTS AS INGREDIENTS

Las algas marinas son una fuente abundante de polisacáridos marinos distintos a los de plantas terrestres, donde se destacan el alginato, el agar y los carragenanos. Cuando estas extensas y flexibles moléculas son extraídas de las paredes celulares, purificadas y secadas en forma de polvo (Figura 5), dan lugar a ingredientes culinarios que aportan viscosidad (capacidad de espesar) y estructura (retención de agua y formación de geles) a diversas formulaciones gastronómicas. Basta recordar que en el pasado los cocineros que sabían de estas importantes propiedades culinarias de los espesantes y gelificantes, solo contaban con el almidón y la gelatina.

Seaweeds are an abundant source of marine polysaccharides different from those of land plants, where alginic acid, agar and carrageenans stand out. When these large and flexible molecules are extracted from cell walls, purified and dried in powder form (Figure 5), they give rise to culinary ingredients that add viscosity (capacity to thicken) and structure (water retention and formation of gels) to various gastronomic formulations. Just remember that in the past, chefs who knew about the important culinary properties of thickeners and gelling agents, only counted on starch and gelatin.



PROPIEDADES DE LOS FICOCOLOIDES

Los polisacáridos derivados de las algas marinas se conocen bajo el nombre de ficocoloides (del griego *phykos* y *kolas* que significan "alga" y "que puede agregarse o pegarse", respectivamente) o hidrocóloides marinos, y forman parte de la categoría más amplia de los hidrocóloides alimentarios o gomas comestibles. Se extraen de diversas algas, se purifican y secan en forma de tiras, escamas o polvos. Los ficocoloides se usan en productos alimentarios para mejorar la apariencia (p. ej., cremosidad, viscosidad y homogeneidad), cualidades organolépticas (p. ej., *mouthfeel*, jugosidad), facilitar su uso (p. ej., propiedad de ser vertible o esparrable), impartir estabilidad de congelación-descongelación, prolongar la frescura, aumentar la vida útil y también para mejorar el rendimiento. Sus propiedades (p. ej., la capacidad de formar geles) se obtienen a concentraciones muy bajas, entre 1 y 4%. El uso de ficocoloides en alimentos está regulado por las agencias de inocuidad alimentaria de los diversos países, muchas de ellas reunidas en el Codex Alimentarius (FAO/OMS).

La Cocina Molecular promovida por grandes chefs en los 90s, incrementó el uso gastronómico de ficocoloides, particularmente del alginato, el agar y los carragenanos. Sus excelentes propiedades funcionales permitían formar sorprendentes geles, espesar muchas salsas y jugos, estabilizar emulsiones y crear espectaculares espumas casi con cualquier líquido (Mouritsen, Rhatigan & Perez-Lloréns, 2018). Las creaciones gastronómicas más relevantes fueron los "caviares artificiales" o pequeñas esferas gelificadas con alginato, los símiles de yema de huevo que contenían un líquido en el interior de una membrana elástica, y los famosos "aires" de Ferrán Adriá.

PROPERTIES OF PHYCOCOLLOIDS

Polysaccharides derived from seaweed are known under the name of phycocolloids (from the Greek *phykos*, "algae" and *kolas*, "that can stuck") or marine hydrocolloids, and are part of the broader category of the food hydrocolloids or edible gums. They are extracted from several seaweeds, purified and dried in the form of strips, flakes or powders. Phycocolloids are used in food products to improve appearance (e.g., creaminess, viscosity, and homogeneity), organoleptic qualities (e.g., *mouthfeel*, juiciness), and easiness of use (e.g., property of being pourable or spreadable); impart freeze-thaw stability, prolong freshness, increase shelf life and to improve yield. Their properties (e.g., the ability to form gels) are obtained at very low concentrations, between 1 and 4%. The use of phycocolloids in food is regulated by the food safety agencies of the various countries, most of them gathered in the Codex Alimentarius (FAO / WHO).

Molecular cuisine promoted by great chefs in the 1990s, promoted the culinary use of phycocolloids, particularly alginates, agar and carrageenan. Their excellent functional properties made it possible to form amazing gels, thicken many sauces and juices, stabilize emulsions and create spectacular foams with almost any liquid (Mouritsen, Rhatigan & Perez-Lloréns, 2018). The most relevant gastronomic creations were the "artificial caviars" or small spheres gelled with alginates, analogs of egg yolk that contained a liquid inside an elastic membrane, and the famous "airs" of Ferrán Adriá.

A continuación se describen las aplicaciones en alimentos de los principales ficocoloides. Para un mayor detalle de los usos gastronómicos e industriales se puede consultar el libro de Mansi (2010) y los artículos de Venkatesan, Anil & Kim (2017) y Porse & Rudolph (2017).

Carragenina: Es un polisacárido natural de ciertas variedades de algas rojas (p. ej., *Chondrus* y *Gigartina*) y el principal ficocoloide derivado de algas. Existe en varias formas dependiendo de su estructura química: kappa, lambda e iota. Se utiliza ampliamente por su funcionalidad para impartir textura en forma de líquidos viscosos y geles, particularmente en productos lácteos, postres, jaleas y confitería, y en productos cárnicos procesados cocidos. Soluciones calientes de kappa e iota carrageninas forman geles termorreversibles (solidifican a 40-60 °C) en presencia de iones de potasio y calcio, respectivamente. Las principales funcionalidades de los carragenanos son: retención de agua, suspensión de partículas, estabilización, son gel a temperatura ambiente y forman sinergia con otros hidrocoloides.

Alginato: Es un derivado de diversas especies de algas pardas (p. ej., *Lessonia* o *huiro*) que se utiliza en gastronomía principalmente para espesar, estabilizar, gelificar y formar películas. Una solución de alginato forma geles a temperatura ambiente en bajas concentraciones y presencia de iones de calcio. Sus usos se han extendido a la biotecnología e industria farmacéutica (Puscaselu et al., 2020).

Food applications of the main phycocolloids are described below. For a detail of the gastronomic and industrial uses, the reader can consult the book by Mansi (2010) and the articles by Venkatesan, Anil & Kim (2017) and Porse & Rudolph (2017).

Carrageenan: It is a natural polysaccharide of certain varieties of red algae (e.g., *Chondrus* and *Gigartina*) and the main phycocolloid derived from seaweeds. It exists in various forms depending on its chemical structure: kappa, lambda, and iota. It is widely used to impart texture in the form of viscous liquids and gels, particularly in dairy products, desserts, jellies and confectionery, and in cooked processed meat products. Hot solutions of kappa and iota carrageenans form thermoreversible gels (solidify at 40-60 °C) in the presence of potassium and calcium ions, respectively. The main functionalities of carrageenans are: water retention, particle suspension, stabilization, gel formation at room temperature and synergy with other hydrocolloids.

Alginate: It is a derivative of various species of brown seaweeds (e.g., *Lessonia* or *huiro*) that is used in gastronomy mainly to thicken, stabilize, gel and form films. Alginate solutions form gels at room temperature in low concentrations and the presence of calcium ions. Its uses extend to biotechnology and the pharmaceutical industry (Puscaselu et al., 2020).

Agar. Se extrae como una mezcla de polisacáridos de las paredes de algas rojas (p. ej., *Gelidium* y *Gracilaria*). Los geles de agar son termorreversibles (se funden a 85 °C y solidifican a 32-40 °C) y translúcidos. Las propiedades del agar (conocido como *kanten* en Japón) son similares a la gelatina de origen animal, por lo que es un buen sustituto de ésta en los alimentos vegetarianos. Las principales aplicaciones alimentarias del agar incluyen los productos blandos de confitería, budines, productos lácteos, etc. El agar-agar es muy popular en la gastronomía japonesa (Ashila, Rahmatunnisa & Zahra, 2021).

Fucoidano: Estos polisacáridos sulfatados se extraen de las algas pardas y se les reconoce una alta actividad biológica y terapéutica como agente antiviral, antitumoral y anticoagulante. El fucoidano se considera como alimento funcional, es decir, un componente que proporciona beneficios para la salud por sobre sus propiedades nutricionales (Vo & Kim, 2013).

Agar. It is extracted from the walls of red seaweed (e.g., *Gelidium* and *Gracilaria*) as a mixture of polysaccharides. Agar gels are thermoreversible (melt at 85 °C and solidify at 32-40 °C) and translucent. The properties of agar (known as *kanten* in Japan) are similar to gelatin of animal origin, making it a good substitute in vegetarian foods. The main food applications of agar include soft confectionery products, puddings, dairy products, etc. Agar-agar is very popular in Japanese gastronomy (Ashila, Rahmatunnisa & Zahra, 2021).

Fucoidan: These sulfated polysaccharides are extracted from brown seaweed and have a high biological and therapeutic activity as an antiviral, antitumor and anticoagulant agent. Fucoidan is considered a functional food, that is, a component that provides health benefits over its nutritional properties (Vo & Kim, 2013).



SOSTENIBILIDAD DEL RECURSO

/ SUSTAINABILITY OF THE RESOURCE

Las praderas naturales de macroalgas contribuyen a la biodiversidad marina proporcionando refugio, hábitat y alimentos para una variedad de peces e invertebrados. De ellas se recolectan actualmente unas 800.000 toneladas de algas. La sobreexplotación de estos recursos naturales para satisfacer la demanda comercial ha llevado al deterioro de lechos de algas en algunas regiones del mundo, demandando estrategias de gestión y monitoreo adecuadas (Mac Monagail et al., 2017).

Sin embargo, más del 90% de la disponibilidad mundial de algas para consumo directo o procesamiento industrial proviene de cultivos. Como se ha dicho, las praderas cultivadas de algas marinas son más sostenibles que la agricultura de plantas terrestres, ya que no requieren fertilizantes o herbicidas químicos, utilizan agua de mar y además, absorben un 20% más de dióxido de carbono del que producen (Tiwari & Troy, 2015). Si parte de estas cosechas se usara como alimento para los animales, se reducirían las emisiones de gases de efecto invernadero (Morais et al., 2020; ONU, 2020). Más aún, harinas de algas se podrían usar en alimentos para mascotas (e.g., gatos y perros) en reemplazo de fuentes animales usadas actualmente para estos fines y que corresponden aproximadamente al 20% de la energía dietética consumida por los humanos y generan el equivalente al 30% en masa de las heces producidas por éstos (Okin, 2017). El cultivo de algas permite el control de enfermedades, el mejoramiento genético de especies, y su control en la acumulación de componentes nutricionales y funcionales para la formulación de productos.

Natural seaweed beds contribute to marine biodiversity by providing shelter, habitat and food for a variety of fish and invertebrates. Around 800,000 tons of seaweeds are annually harvested from these wild stocks. Overexploitation of these natural resources to satisfy commercial demand has led to the deterioration of algae beds in some regions of the world, demanding adequate management and monitoring strategies (Mac Monagail et al., 2017).

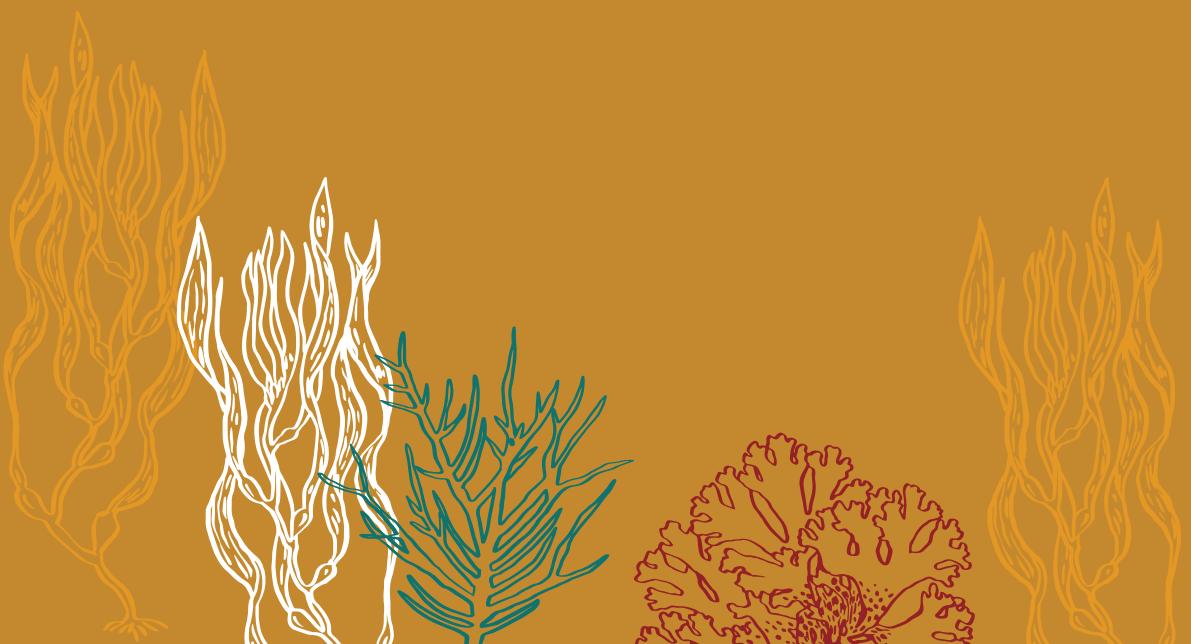
However, over 90% of the world's availability of seaweeds for direct consumption or processing comes from cultivation. As mentioned, cultivated seaweed meadows are more sustainable than land plant agriculture, as they do not require chemical fertilizers or herbicides, use seawater and absorb 20% more carbon dioxide than they produce (Tiwari & Troy, 2015). If part of these crops were used as feed for animals, greenhouse gas emissions would be reduced (Morais et al., 2020; ONU, 2020). Furthermore, seaweed meals could be used in pet foods (e.g., for cats and dogs) as a replacement for animal sources currently utilized for these purposes and which correspond to approximately 20% of the dietary energy consumed by humans and generate the equivalent of 30 % by mass of the feces produced by people (Okin, 2017). The cultivation of seaweeds allows the prevention of diseases, genetic improvement of species, and control in the accumulation of nutritional and functional components for the formulation of products.

BIBLIOGRAFÍA IMPORTANTE

/ IMPORTANT BIBLIOGRAPHY

En los últimos años han aparecido varios libros especializados en algas marinas y su importancia en la alimentación y gastronomía. Entre estos, se puede destacar la obra ya clásica de Mouritsen (2013), donde se analizan las algas desde el punto de vista de la biología, historia cultural, valor nutricional, hasta las aplicaciones gastronómicas, medicinales e industriales. Otros textos relevantes en idioma inglés son O'Connor (2017), que da un recorrido global por el uso y consumo de algas, tocando la historia, geografía, ecología y aspectos nutricionales de este "superalimento" del mar. También es recomendable Pereira (2016), que cubre aspectos como los usos de algas en comidas y fuente de agentes texturizantes para la industria alimentaria, y los compuestos bioactivos con aplicaciones medicinales. Fleurence & Levine (2016) reunieron a varios autores para destacar la evidencia acumulada sobre el papel de las algas marinas en una mejor nutrición y efectos beneficiosos en la salud. El libro en francés de Marfaing *et al.* (2016) lista casi 100 recetas originales en base de algas, presentadas por chefs, restauradores y aficionados. Por su parte, Bradford (2014), en su obra en español, destaca las propiedades nutricionales de una variedad de algas, su conservación y la preparación de varios platos. También en este idioma destaca el recetario en base de algas secas, frescas, lactofermentadas, etc., de Brunner (2011). En cuanto a artículos científicos, Rioux, Beaulieu & Turgeon (2017) cubren un amplio espectro de las aplicaciones culinarias de algas marinas. Nuestra reciente revisión destaca los aspectos químicos y tecnológicos del sabor y la gastronomía de las algas comestibles (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021). Referencias a las algas chilenas y sus usos culinarios se cubren en las secciones siguientes.

In recent years, several specialized books have appeared on seaweeds and their importance in food and gastronomy. Among these, we can highlight the now classic work by Mouritsen (2013), which analyzes seaweeds from the point of view of biology, cultural history, nutritional value, as well as gastronomic, medicinal and industrial applications. Other relevant texts in the English language are O'Connor (2017), which gives a global journey through the use and consumption of seaweeds, touching on the history, geography, ecology, and nutritional aspects of this "superfood" from the sea. Pereira (2016) covers aspects such as the uses of seaweeds in foods, the role of texturizing agents in the food industry, and algae as a source of bioactive compounds with medicinal applications. Fleurence & Levine (2016) brought together several authors to highlight the accumulated evidence of the role of seaweeds in better nutrition and beneficial effects on health. The book by Marfaing *et al.* (2016) in French, lists almost 100 original recipes based on seaweeds, presented by chefs, restaurateurs and amateurs. For his part, Bradford (2014) in the work in Spanish, highlights the nutritional properties of a variety of seaweeds, their conservation and the preparation of various dishes. Also in this language, the recipe book based on dry, fresh, lacto-fermented seaweeds, etc., by Brunner (2011) stands out. Regarding scientific articles, Rioux, Beaulieu & Turgeon (2017) cover a wide spectrum of culinary applications of seaweed. Our recent review highlights the chemical and technological aspects of the flavor and gastronomy of edible seaweeds (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021). References to Chilean seaweeds and their culinary uses are covered in the following sections.



2.

LAS ALGAS COMESTIBLES EN EL MUNDO

/ EDIBLE SEAWEEDS IN THE WORLD

LAS ALGAS COMESTIBLES

/ EDIBLE SEAWEEDS

Se conocen unas 50.000 especies de algas, de las cuales aproximadamente 10.000 a 20.000 son macroalgas u organismos multicelulares. Se sabe que unas 50 especies son comestibles y 21 de ellas se usan comúnmente en la alimentación humana o con fines terapéuticos (Mouritsen, 2013). Un recorrido por las algas comestibles más populares del mundo y sus principales usos culinarios se encuentra en el artículo de Mouritsen, Rhatigan & Perez-Lloréns (2018).

Approximately 10,000 to 20,000 of about 50,000 species of algae are macroalgae or multicellular organisms. About 50 species are known to be edible and 21 of them are commonly used in human food or for therapeutic purposes (Mouritsen, 2013). The article by Mouritsen, Rhatigan & Perez-Lloréns (2018) reviews the world's most popular edible seaweeds and their main culinary uses.



CONSUMO DE ALGAS EN ORIENTE

/ SEAWEED CONSUMPTION IN THE ORIENT

JAPÓN

En Japón existen vestigios de macroalgas en asentamientos humanos pertenecientes al periodo *Jōmon* (10.500 a 300 a.C.). Actualmente, las algas comestibles son parte de un quinto de las comidas diarias de los japoneses, equivalente a 5,3 g de alga por habitante/día y aportando hasta un 10% de la dieta promedio (Cherry et al., 2019b).

Las algas más importantes en la cocina japonesa son *kombu* (género *Saccharina*), *nori* (*Porphyra/ pyropia sp.*), *wakame* (*Undaria pinnatifida*) y *hijiki* o *hiziki* (*Sargassum fusiforme*). El *kombu* (o *nonbu*), corresponde a diversas especies de "kelp", un tipo de macroalga parda frondosa que crece cercana a la costa en diversas partes del mundo. Las grandes frondas de *kombu* son normalmente deshidratadas al sol hasta conseguir unas láminas finas y estiradas. Existen muchas calidades de *kombu*, pero la máspreciada por su sabor y aroma balanceado permanece hasta 10 años "madurando" en bodegas oscuras (Mouritsen, 2013). El uso más común de este producto es el *kombu-dashi*, un extracto acuoso o caldo de *kombu* seco (ver Recetas) que se usa como base en muchas elaboraciones y platos por su potente sabor *umami* (Mouritsen et al., 2012). Por su parte, el *nori* cortado en tiras se prensa y se seca como si fuera un papel de algas. Las delgadas láminas se usan para envolver el arroz cocido (en el *sushi* y *onigiri*) o tostadas como snack o condimento (*furikake*). El *hijiki* se consume habitualmente como ensalada y salteado con vegetales en un caldo de *dashi* (hecho a partir de pescado seco). Otras algas, como el *arame* (*Eisenia bicyclis*) y la *alaria* (*Alaria esculenta*) son comúnmente consumidas como ensaladas, a modo de entrada, en sopas, frituras y en postres.

JAPAN

In Japan, there are traces of macroseaweeds in human settlements belonging to the *Jōmon* period (10,500 to 300 BC). Currently, edible seaweeds are part of a fifth of the daily meals of the Japanese, equivalent to 5.3 g of seaweed per inhabitant / day and contributing up to 10% of the average diet (Cherry et al., 2019b).

The most important seaweeds in Japanese cuisine are *kombu* (genus *Saccharina*), *nori* (*Porphyra/ pyropia sp.*), *wakame* (*Undaria pinnatifida*), and *hijiki* or *hiziki* (*Sargassum fusiforme*). *Kombu* (or *nonbu*), corresponds to various species of "kelp", a type of leafy brown seaweed that grows near the coast in various parts of the world. Large *kombu* fronds are normally dehydrated in the sun into thin, stretched sheets. There are many qualities of *kombu*, but the most valued for its balanced flavor and aroma remains "ripening" for up to 10 years in dark cellars (Mouritsen, 2013). The most common use of this product is *kombu-dashi*, an aqueous extract or broth of dry *kombu* (see Recipes) that is used as a base in many preparations and dishes due to its powerful *umami* flavor (Mouritsen et al., 2012). *Nori* is cut into strips, pressed and dried as if it were seaweed paper. The thin sheets are used to wrap cooked rice (in *sushi*, *onigiri*) and toasted as a snack or condiment (*furikake*). *Hijiki* is commonly consumed as a salad and sautéed with vegetables in a *dashi* broth (made from dried fish). Other seaweed, such as *arame* (*Eisenia bicyclis*) and *alaria* (*Alaria esculenta*) are commonly consumed as salads, as a starter, in soups, fried foods and in desserts.

En tiempos en los que se buscan sustitutos de carne para las dietas vegetarianas, se debe prestar atención al *seitan* o carne vegetal japonesa, hecha con la proteína elástica del trigo (gluten) y mezclada con salsa de soya y alga *kombu* para darle sabor (Turner, 2021).

CHINA

El consumo de algas en este país data al menos del 2.700 a.C., cuando era considerado un alimento digno de las dinastías reales. Actualmente el uso de las algas como alimento o como medicina es extenso, cubriendo hasta 74 tipos de algas diferentes (Mouritsen, 2013). Las algas más consumidas son el *wakame*, el *kombu* y el *nori*, generalmente en platos calientes y en caldos. Las técnicas de preparación incluyen escaldados, infusiones, cocciones en sopas o caldos, salteados, frituras diversas, o como elemento "vegetal" en la elaboración de estofados de carne, frituras de pescado o relleno en *gyozas* u otras masas envueltas (Bangmei & Abbott, 1987).

In times when meat substitutes for vegetarian diets are sought, attention should be paid to *seitan* or Japanese vegetable meat made with the elastic protein of wheat (gluten) and mixed with soy sauce and *kombu* seaweed for flavor (Turner, 2021).

CHINA

The consumption of seaweed in this country dates back to at least 2,700 BC, when it was considered a food worthy of the royal dynasties. Currently the use of seaweed as food or as medicine is extensive, covering up to 74 different types of algae (Mouritsen, 2013). The most consumed seaweed are *wakame*, *kombu* and *nori*, generally in hot dishes and broths. Preparation techniques include blanching, infusions, cooking in soups or broths, sautéing, various ways of frying, or as a vegetable element in the preparation of meat stews, fish fries or stuffing in *gyozas* or other wrapped doughs (Bangmei & Abbott, 1987).

COREA

Durante el periodo de la dinastía Goeryeo (1.392 a.C.), las algas estaban presentes en la dieta de toda la población (Fleurence & Levine, 2016). Actualmente el consumo per cápita anual excede los 14 kilos. El alga más consumida en Corea es miyeok (*Undaria pinnatifida* o *wakame* en japonés). Otras especies de interés gastronómico incluyen dasima (*Laminaria japonica*), umudggasari (*Gelidium amansii*), gamtae (*Eckonia cava*) y el gim (*Porphyra/Pyropia* sp.). El gim forma parte de al menos una de las comidas diarias de cualquier coreano (Figura 6). El gimbap es la versión coreana del maki-sushi japonés (arroz sazonado y envuelto en una hoja de *nori*). En este caso, el arroz se aderezza con aceite de sésamo y es combinado con pescado o carne cocida y verduras.

KOREA

During the period of the Goeryeo dynasty (1,392 to 918 BC), seaweeds were present in the diet of the entire population (Fleurence & Levine, 2016). Currently the annual per capita consumption exceeds 14 kilos. The most consumed seaweed in Korea is miyeok (*Undaria pinnatifida* or *wakame* in Japan). Other species of gastronomic interest include dasima (*Laminaria japonica*), umudggasari (*Gelidium amansii*), gamtae (*Eckonia cava*) and gim (*Porphyra/Pyropia* sp.). Gim is part of at least one of the daily meals of any Korean (Figure 6). Gimbap is the Korean version of Japanese maki-sushi (rice seasoned and wrapped in a sheet of *nori*). In this case, the rice is seasoned with sesame oil and is combined with fish or cooked meat and vegetables.



Figura 6. Vista a grandes paquetes de láminas de *gim* (*nori*) en un supermercado de Seúl (Corea del Sur).

Figure 6. View of large packages of *gim* (*nori*) sheets in a supermarket in Seoul (South Korea).

CONSUMO DE ALGAS EN EUROPA, NORTEAMÉRICA Y OCEANÍA

/ SEAWEED CONSUMPTION IN EUROPE, NORTH AMERICA AND OCEANIA

El consumo de algas ha sido de relevancia en Irlanda, Francia (Bretaña), Escocia, Islandia y Noruega, y usualmente está asociado a épocas de escasez y hambrunas (O'Connor, 2017). El primer registro escrito data del siglo V d.C., donde se menciona el *dulse* (*Palmaria palmata*), un alga que se usaba como condimento con pan, suero de leche, mantequilla, aves y pescados (Rhatigan, 2009). Además, se cocinaba junto a leche y harina de avena para producir una especie de *porridge*. En Gales, el producto más consumido es el *laverbread*, que consiste en hervir el alga *laver* (*Porphyra umbilicalis*) durante horas y luego trocearla o machacarla, para después agregarla en ensaladas, galletas o como guarnición para carnes. También se saltea con grasa de cerdo y almejas para acompañamiento del pan.

Por otro lado, las tribus nativas americanas incluyeron las algas como un elemento básico en las dietas. La especie *Pyropia* era consumida por varias comunidades indígenas de la costa oeste de Canadá (Mouritsen, Rhatigan & Perez-Lloréns, 2018). Estas comunidades étnicas recolectaban las algas y las dejaban fermentar/deshidratar al sol sobre rocas para prolongar su vida útil. Luego se compactaban en forma de bloques y se consumían diariamente de forma directa como un aperitivo o también se añadían tostadas a guisos junto a cabezas de pescado, salmón, almejas y grasa de foca. Posteriormente, las migraciones asiáticas y europeas hacia América del Norte durante el siglo XIX trajeron consigo el interés por la culinaria de las algas. En la actualidad, existen zonas del Atlántico canadiense donde se cocina y consume *dulse* (*Palmaria palmata*), sobre todo en forma de snack y componente de diversos platos.

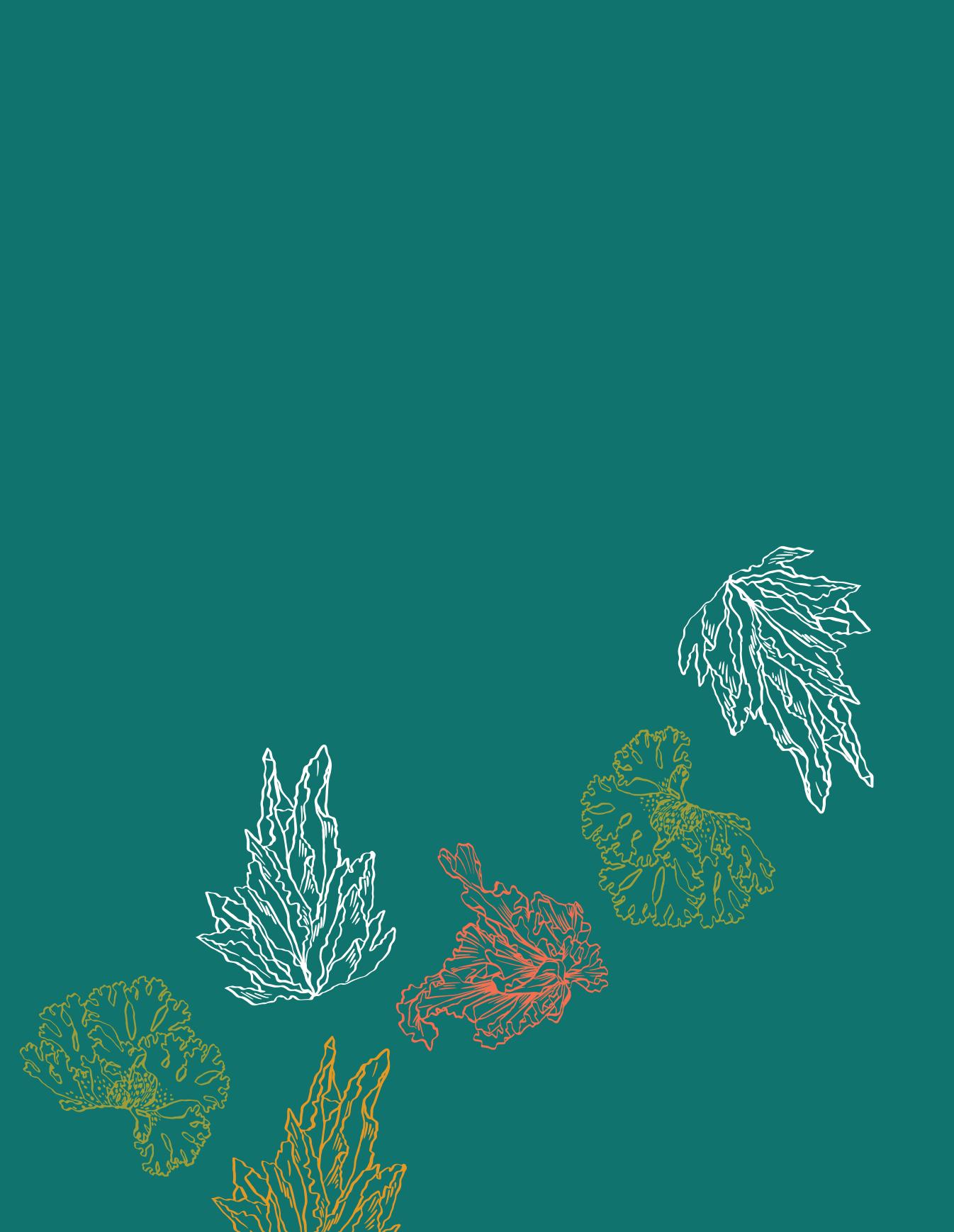
The consumption of seaweeds has been relevant in Ireland, France (Brittany), Scotland, Iceland and Norway, and is usually associated with times of scarcity and famine (O'Connor, 2017). The earliest written record dates from the 5th century AD and mentions *dulse* (*Palmaria palmata*), a seaweed used as a condiment with bread, buttermilk, butter, poultry, and fish (Rhatigan, 2009). In addition, *dulse* was cooked together with milk and oatmeal to produce a kind of *porridge*. In Wales, the most consumed product is *laverbread*, made by boiling *laver* seaweed (*Porphyra umbilicalis*) for hours, then chopping or mashing it, and added to salads, cookies or as a garnish for meats. It is also sautéed with pork fat and clams and eaten with bread.

On the other hand, Native American tribes included seaweed as a staple in their diets. Several indigenous communities on the west coast of Canada consumed *Pyropia* (Mouritsen, Rhatigan & Perez-Lloréns, 2018). These ethnic communities collected the seaweed and left it to ferment/dehydrate in the sun to extend its useful life. They were then compacted into blocks and eaten directly as an aperitif or toast and also added to stews alongside fish heads, salmon, clams and seal blubber. Later, Asian and European migrations to North America during the 19th century brought with them an interest in the culinary of seaweed. Currently, there are areas of the Canadian Atlantic where *dulse* (*Palmaria palmata*) is cooked and consumed, especially in the form of a snack and component of various dishes.

Hay evidencias de que los indígenas australianos que vivían cerca del mar consumían algas marinas para una variedad de propósitos, incluyendo la alimentación y su uso medicinal. Actualmente hay un rápido aumento en el consumo de algas en Australia, principalmente en forma de snacks (Birch, Skallerud & Paul, 2019). Recetas de preparaciones de algas realizadas por 15 chefs australianos se encuentran en Tinellis (2014).

There is evidence that indigenous Australians living near the sea used seaweed for a variety of purposes, including food and medicinal use. There is currently a rapid increase in seaweed consumption in Australia, mainly in the form of snacks (Birch, Skallerud & Paul, 2019). Recipes of seaweed preparations made by 15 Australian chefs are found in Tinellis (2014).





3.

LAS PRINCIPALES ALGAS COMESTIBLES DE CHILE / MAIN EDIBLE SEAWEEDS IN CHILE

NUESTRAS ALGAS

/ OUR SEAWEEDS

Los vestigios hallados en Monteverde (cerca de Puerto Montt, ver Figura 7) sugieren que hace unos 14.000 años los pobladores de asentamientos humanos utilizaban más de 21 especies de macroalgas, incluyendo los géneros *Pyropia*, *Gracilaria*, *Macrocystis*, *Durvillaea* y *Sargassum* (Dillehay et al., 2008). A la llegada de los españoles, renace un interés por las algas marinas, como el cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) y el luche (*Porphyra columbina*), que la comunidad mapuche ya consumía asadas e hidratadas durante horas.

En nuestro país se reconocen unas 500 especies de algas bentónicas, aquellas que crecen adheridas a las rocas en el intermareal y submareal. Entre las especies comestibles más utilizadas están: cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), luche (*Pyropia* sp., ex *Porphyra* sp.), chicoria de mar (*Chondracanthus chamaissoides*), carola (*Callophyllis variegata*) y lechuguilla o lechuga de mar (*Ulva* sp.). Una detallada bibliografía sobre algas en Chile se encuentra en Ramírez (2010). Descubrimientos recientes basados en estudios genéticos muestran que las algas que crecen en nuestro territorio pertenecen a géneros y especies endógenas singulares a nivel mundial.

Las cifras más actuales (a junio de 2020) para la producción de algas son (en toneladas base húmeda): desembarque artesanal e industrial, 28.400; recolectores de orilla, 73.440; áreas de manejo, 14.400 (https://www.subpesca.cl/portal/618/articles-108435_documento.pdf). Es destacable el desembarque de algas desde áreas de manejo, que casi se ha triplicado en los últimos años. Un 3-5% de esta producción va a consumo humano directo, tanto en el país como en el extranjero.

Vestiges found in Monteverde (near Puerto Montt, see Figure 7), suggest that around 14,000 years ago inhabitants of human settlements utilized around 21 species of seaweeds, including the genera *Pyropia*, *Gracilaria*, *Macrocystis*, *Durvillaea* and *Sargassum* (Dillehay et al., 2008). Upon the arrival of the Spaniards, the interest in seaweed was reborn, such as cochayuyo (*Durvillaea antarctica*) and luche (*Porphyra columbina*), which the Mapuche community already consumed roasted and hydrated for hours.

Some 500 species of benthic seaweed -those that grow attached to rocks in the intertidal and subtidal areas- have been identified in our country. Among the most widely used edible species are: cochayuyo (*Durvillaea antarctica*), luche (*Pyropia* sp., ex *Porphyra* sp.), sea chicory (*Chondracanthus chamaissoides*), carola (*Callophyllis variegata*) and sea lettuce (*Ulva* sp.). A detailed bibliography on seaweed in Chile is found in Ramírez (2010). Recent discoveries based on genetic studies show that seaweeds growing in our territory belong to unique endogenous genera and species worldwide.

Most current data (as of June 2020) for the production of algae are (in tons, wet basis): artisanal and industrial landings, 28,400; shore harvesters, 73,440; and from management areas, 14,400 (https://www.subpesca.cl/portal/618/articles-108435_documento.pdf). Landing of seaweeds from management areas is noteworthy, because it has almost tripled in recent years. Of this production, 3-5% goes to direct human consumption, both in the country and abroad.

A continuación se describen las principales características de las algas comestibles más comunes en Chile en base a información recabada de varias fuentes. Mayores detalles se pueden encontrar en el sitio web de la Universidad Arturo Prat (www.macroalgasdelsur.cl/germoplasma/index.html).

Main characteristics of the most common edible seaweeds in Chile are described below based on information gathered from several sources. More details are in the website of Universidad Arturo Prat (www.macroalgasdelsur.cl/germoplasma/index.html).



Figura 7. Estero que bordea el sitio de Monteverde donde se realizaron las excavaciones que demostraron que las algas se utilizaban en Chile hace ya 14.000 años.

Figure 7. Stream bordering the Monteverde site where excavations demonstrated that algae were used in Chile 14,000 years ago.

COCHAYUYO

(*Durvillaea antarctica*)

Alga parda que puede alcanzar los 15 m de longitud. Presenta un gran disco de fijación a las rocas y un estipe que se extiende en numerosas y largas láminas tubulares o planas. De la parte basal de los tallos (cauloide) se obtiene el ulte, de consistencia carnosa y compacta, mientras que las láminas (o fronda) son de color café claro, generalmente cilíndricas, superficie lisa de consistencia cuerosa y elástica, y centro semi-hueco (Figura 3). Si el alga se seca por varios días a la sombra adquiere un color más oscuro, casi negro. Las pintas blancas se deben a la cristalización en la superficie de compuestos solubles (sales, aminoácidos) que migran con el agua durante el secado.

En Chile, el cochayuyo se distribuye desde la Región de Coquimbo al Cabo de Hornos y la Región antártica, probablemente como una especie distinta (*Durvillaea incurvata*) a la que existe en Nueva Zelanda. El cochayuyo es el alga más popular para consumo humano y se encuentra en el mercado principalmente deshidratada y en forma de atados.

Brown seaweeds that can reach 15 m in length. It has a large rock attachment disc (holdfast) and a stem or stipe that extends into numerous long tubular or flat fronds. Ulte, having a fleshy and compact consistency, is obtained from the stipe or stems originating from the holdfast. The brown fronds are generally cylindrical, with a smooth surface surrounding a semi-hollow core, and a leathery and elastic consistency (Figure 3). If the algae dries for several days in the shade, it acquires a darker color, almost black. White specks are due to the crystallization on the surface of soluble compounds (salts, amino acids) that migrate with the water during drying.

In Chile, cochayuyo is distributed from the Coquimbo Region to Cape Horn and the Antarctic region, probably as a different species (*Durvillaea incurvata*) to that found in New Zealand. Cochayuyo is the most popular seaweeds for human





LUCHE (*Pyropia* sp.)

Alga roja de diversas formas y bordes lisos o lobulados. Crece en las rocas y es muy abundante en la Región de Aysén, habiéndose encontrado siete tipos distintos a lo largo de nuestras costas, desde Arica a Magallanes. Las frondas son de color violáceo, rojo hasta verde amarillento y en sus bordes presenta una coloración más rojiza cuando las frondas se encuentran reproductivas y maduras. En Chile el alga se vende seca, moldeada, prensada y ahumada (pan de luche). Esta especie se consume a nivel mundial principalmente en el sushi, en forma de láminas de nori recubriendo el arroz.

Red seaweeds of various shapes and smooth or lobed edges. It grows on rocks in the coast from Arica to Magallanes, as seven different types. The fronds are purplish, red to yellowish-green in color, and their edges are more reddish when the fronds are reproductive and mature. In Chile the seaweed is sold dry, molded, pressed and smoked (pan de luche). This species is consumed worldwide mainly in sushi, as nori sheets coating rice.



LECHUGA DE MAR O LECHUGUILLA (*Ulva lactuca*)

Alga de color verde claro a verde oscuro con fronda de forma laminar que le da un aspecto similar al de una lechuga. Crece sobre las rocas a todo lo largo de la costa chilena y en la mayoría de los océanos del mundo. De textura plástica, flexible y sabor pronunciado. En el mercado generalmente se vende deshidratada para añadirse directamente a sopas, salsas, etc., aunque también se consume cruda en ensaladas.

SEA LETTUCE

Light green to dark green alga with laminar frond that gives it a look similar to that of a lettuce. It grows on rocks along the Chilean coast and in most of the world's oceans. It has plastic and flexible texture, and pronounced flavor. In the market it is generally sold dehydrated to be added directly to soups, sauces, etc., although it is also consumed raw in salads.



CHICORIA DE MAR (*Chondracanthus chamussoi*)

Alga roja de consistencia carnosa con frondas angostas que nacen desde un pequeño disco basal con el que fija a las rocas. Su tamaño es variable pero alcanza unos 15 cm en la época de verano y otoño. En el borde costero chileno se distribuye entre Arica y Chiloé. Esta especie no es habitualmente consumida en Chile, pero se exporta para consumo como ensalada en otros países.

SEA CHICORY

Red seaweed of fleshy consistency with narrow fronds that are born from a small basal disk with which it fixes to the rocks. Its size is variable but reaches about 15 cm in the summer and autumn. On the Chilean coastline it is distributed between Arica and Chiloé. This species is not usually consumed in Chile, but it is exported for consumption as a salad in other countries.

HUIRO (*Macrocystis pyrifera*)

En Chile se denomina huiro a varias especies de algas pardas como la *Lessonia* (huiro negro y huiro palo) y *Macrocystis* (huiro flotador o calabacillo). Se adhiere al sustrato por un disco basal y sus frondas pueden alcanzar hasta 30 m de largo, con láminas angostas y provistas de un flotador que les permite permanecer en la superficie del mar para captar mejor la luz. En Chile, se encuentra desde Valparaíso al Cabo de Hornos, y en la zona central y norte del Perú (Subpesca, 2009). Se encuentra en el mercado como sazonador, en ensaladas, alga fresca y deshidratada (Vergara & Jerez, 2017).

KELP

Several species of brown seaweed in Chile are called *huiro*, such as *Lessonia* (*huiro negro* and *huiro palo*) and *Macrocystis* (*floating huiro*). It adheres to the substrate by a basal disk and its fronds can reach up to 30 m in length, with narrow blades and gas bladders that allow them to float on the sea surface to better capture sunlight. In Chile, it is found from Valparaíso to Cape Horn, as well as in the coast of central and northern Peru (Subpesca, 2009). In the market comes fresh and dehydrated, often used as a seasoning (Vergara & Jerez, 2017).







CAROLA

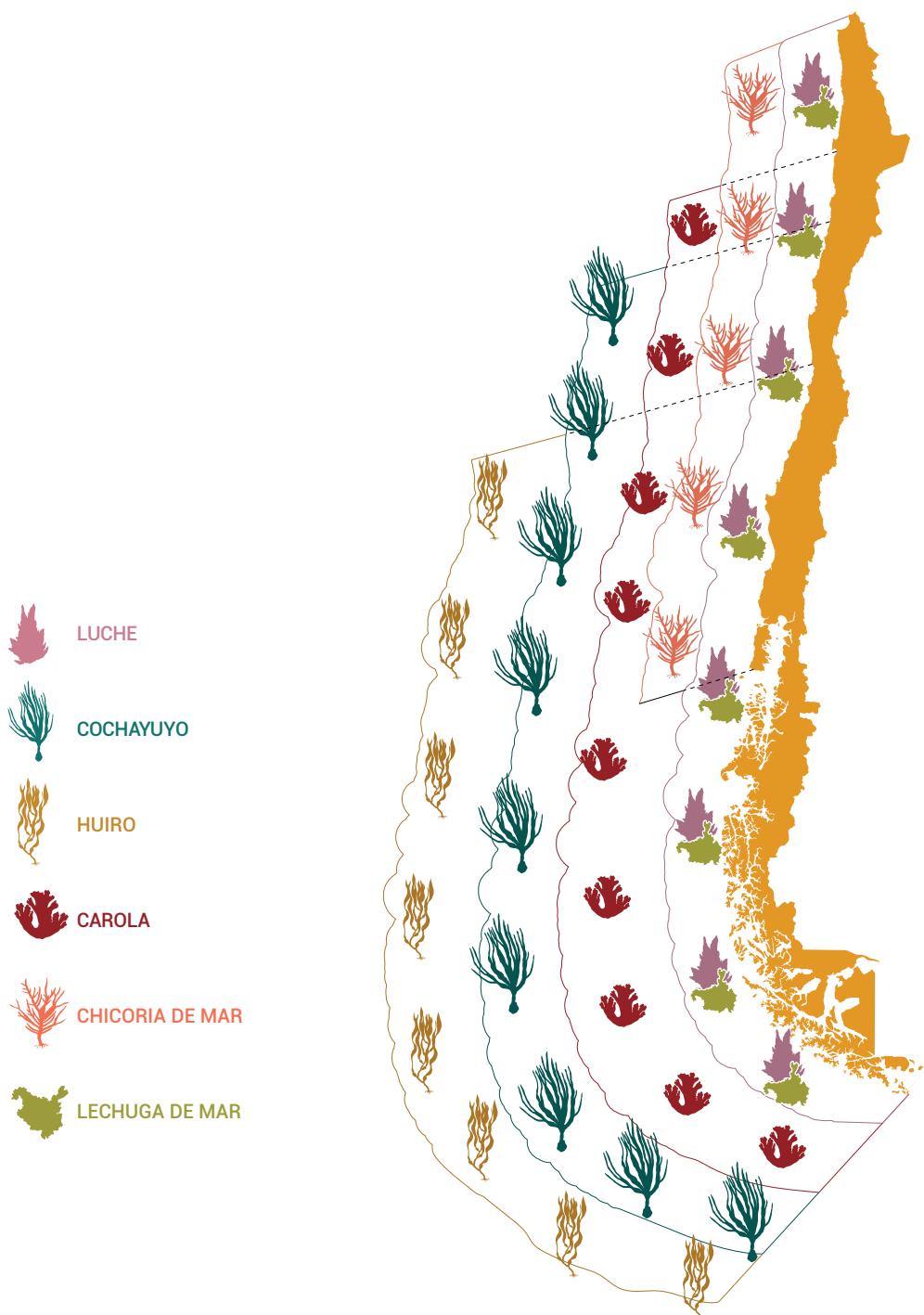
(*Callophyllis variegata*)

Alga de color rojo intenso que presenta frondas delgadas con abundantes ramificaciones, consistencia membranosa y tamaño variable de hasta 30 o 40 cm. Se distribuye en Chile desde Antofagasta hasta Tierra del Fuego. Entre sus usos gastronómicos destacan los deshidratados para mercado nacional de galletones y galletas saladas, entre otros.

También habría que mencionar la luga cuchara (*Mazzaella laminarioides*), alga roja (pero de color café) conocida por ese nombre debido a su fronda característica en forma de cuchara. Es comestible como guisos y otras preparaciones (Escandón, 2019). No se debe confundir con la luga roja (*Sarcopheltis skottsbergii*) y la luga negra (*Sarcothalia crispata*), que se cosechan y usan para la producción de carragenanos.

An intense red alga that has thin fronds with abundant branches, a membranous consistency and a variable size of up to 30 or 40 cm. It is distributed in Chile from Antofagasta to Tierra del Fuego. Among its gastronomic uses, the dehydrated ones for the national market of cookies and crackers stand out, among others.

Mention should also be made of the "luga cuchara" (*Mazzaella laminarioides*), a red (but brown) seaweed known by that name due to its characteristic spoon-shaped frond. It is edible as stews and other preparations (Escandón, 2019). It should not be confused with the red luga (*Sarcopheltis skottsbergii*) and the black luga (*Sarcothalia crispata*) that are harvested and used for the production of carrageenans.



Fuente: Elaboración propia.



4.

LAS ALGAS EN LA COCINA CHILENA / SEAWEEDS IN CHILEAN DISHES

ANTECEDENTES HISTÓRICOS

/ HISTORICAL BACKGROUND

A pesar de que los historiadores gastronómicos sostienen que las algas forman parte de la alimentación nacional desde tiempos prehispánicos y precoloniales, su consumo parece haber estado restringido por mucho tiempo a los pueblos originarios de la costa chilena y a sectores rurales aledaños. Pereira Salas (2007) relata que en el siglo XVI se hicieron conocidos entre los españoles el cochayuyo, el luche y el ulte, especialmente usados en los guisos de los viernes. Sin embargo, en uno de los primeros recetarios impresos de "guisos escogidos para el uso de las familias del país", que data de fines del siglo XIX, predominan las preparaciones basadas en la gastronomía europea, y no se menciona alga alguna en sus 377 recetas (Anónimo, 1882). Como anécdota, el primer libro de cocina chilena fue impreso en Santiago en 1851, y llevaba por título "*Ciencia Gastronómica. Recetas de guisos y potajes para postres*" y es atribuido a Eulogio Martín (<http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-3340.html>).

Algunas de las preparaciones de cochayuyo (denominado *kollof* o *collofe*) tienen su origen en la cultura mapuche, como el charquicán ("hacer guisos de charqui") donde esta alga substituía al charqui o carne seca-salada, y su consumo es ampliamente difundido en las cocinas populares de la Región de la Araucanía y zonas aledañas al territorio costero (FIA, 2018). En la cocina de campo se preparaba carbonada de cochayuyo, guisando esta alga junto a cebollas, ajo, arroz y se aderezaba con cilantro (Montecino, 2018). El luche (*Pyropia* sp.) se consume sobre todo en las zonas de mayor influencia de la cultura mapuche y criolla. Luego de ser hidratado, se añade a diversos guisos o sopas como la cazuela de cordero, y en forma de ensaladas, budines o salteado con verduras. En la gastronomía chilota se prepara en una sopa con productos nativos de la isla como el ajo chilote, las papas, moluscos y arroz (Gálvez, 2018).

Although gastronomic historians maintain that seaweed has been part of the national diet since pre-Hispanic and pre-colonial times, their consumption seems to have been restricted to the original peoples of the Chilean coast and to neighboring rural sectors. Pereira Salas (2007) relates that in the 16th century cochayuyo, *luche* and *ulte* were consumed by the Spaniards, especially in Friday stews. However, in one of the first printed cookbooks in Chile on "chosen stews for the use of families", dating from the late nineteenth century, preparations based on European cuisine predominate, and no seaweed is mentioned in its 377 recipes (Anonymous, 1882). As an anecdote, the first printed Chilean cookbook (1851) was entitled "*Gastronomic Science. Recipes of stews and desserts*" and is attributed to Eulogio Martín (<http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-3340.html>).

Some of the early cochayuyo preparations have their origin in the Mapuche culture (where it is called *kollof* or *collofe*). In charquicán ("to make a stew with jerky") this seaweed replaced the jerky or dried-salted meat, and its consumption is widely spread in popular kitchens in the Araucanía Region and areas surrounding its coastal territory (FIA, 2018). In the field kitchen, cochayuyo carbonada was prepared, stewing the seaweed together with onions, garlic, rice and seasoned with coriander (Montecino, 2018). *Luche* (*Pyropia* sp.) is consumed mainly in the areas with the greatest influence of the Mapuche and traditional cultures. Hydrated *luche* is added to several soups and stews such as lamb casserole, and eaten in salads, puddings or sautéed with vegetables. In Chiloé gastronomy, it is prepared in a soup with native products of the island such as chilote garlic, potatoes, mollusks and rice (Gálvez, 2018).

LAS ALGAS CHILENAS SE PONEN DE MODA

En los últimos años, varios cocineros chilenos han incorporado algas en sus menús, y difundido sus experiencias en la prensa escrita y programas de televisión. Por problemas de espacio solo es posible referirse a algunos de ellos, por lo que el relato que sigue solo tiene como objetivo mostrar algunos ejemplos y resaltar este apetitoso movimiento culinario nacional.

Actualmente, el cochayuyo se consume de diversas formas. Frío y trozado en ensaladas, tostado y triturado para aderezar platos fríos y calientes, como preparaciones semicocidas en guisos o salteado acompañando pescados y carnes, en sopas, como base para hamburguesas, y en formatos horneados o fritos como snack. Sin embargo, se usa principalmente para hacer ceviche, carbonada, ensaladas y las empanadas de cochayuyo, que se rellenan con el alga hidratada y cocida, cebolla, ajo, ají de color y pedazos de huevo duro. Además se han propuesto productos muy innovadores como la mermelada y el helado de cochayuyo (Cortés & Emery, 2012). El ulte, de textura suave y gomosa, normalmente se trocea y adereza con cebolla, cilantro y limón.

El luche es posible encontrarlo en algunas ferias y mercados locales seco y prensado como "panes" para incluir en preparaciones como ensaladas con otros vegetales, estofados, guisos, y guarnición de algunos platos calientes o en empanadas. De manera deshidratada (al sol, en horno o ahumado) y molido, sirve como condimento en diferentes preparaciones gourmet y también se consume fresco en preparaciones de ceviche (Álvarez & Uribe, 2018).

CHILEAN SEAWEED BECOMES FASHIONABLE

In recent years, several Chilean chefs have incorporated seaweed into their menus, and disseminated their cooking experiences in the written press and television programs. Due to space problems, it is only possible to refer to some of these innovative chefs, and the following paragraphs aim to show some examples and highlight this tasty national culinary movement.

Currently, cochayuyo is consumed in several ways. Cold and chopped into salads, toasted and crushed to dress hot and cold dishes, as cooked preparations in soups, stews or sautéed accompanying fish and meat, as a base for hamburgers, and in baked (biscuits) or fried formats as a snack. Specifically, cochayuyo comes as ceviche, salads, carbonada and empanadas, a dough filled with hydrated seaweed, onion, garlic, olives, colored chili, and pieces of boiled egg. In addition, innovative products such as cochayuyo jam and ice cream are proposed (Cortés & Emery, 2012). Ulte, with a soft and rubbery texture, is usually chopped and garnished with onion, coriander and lemon.

Luche, found in some local markets, dry and pressed as "breads", is included in preparations such as salads with other vegetables, stews, as garnish in some hot dishes or in empanadas. Dehydrated (in the sun, oven or smoked) and ground, it serves as a condiment in different gourmet preparations and consumed fresh in ceviche preparations (Álvarez & Uribe, 2018).

Además del cochayuyo y el luche, se han incorporado dentro de elaboraciones y platos en los restaurantes de la nueva escena gastronómica chilena el huilo (*Macrocystis pyrifera*), la lechuga de mar (*Ulva lactuca*), la carola (*Callophyllis variegata*) y la chicoria de mar (*Chondracanthus chamaissoides*). El huilo se ha utilizado para preparar recetas gourmet, tal como estofado de quínoa con mariscos y otras algas y la salsa de huilo con mariscos al horno (Álvarez & Uribe, 2018). La carola se incluye en recetas muy innovadoras, como pastas con esta alga seca, para llenar salmón, en salteado de fideos de arroz y para adornar platos gourmet (Cortés & Emery, 2012). La chicoria de mar se encuentra en preparaciones como ceviche, ensaladas con otros vegetales y como guarnición de algunos platos calientes (Álvarez & Uribe, 2018). Además, se ha incluido en empanadas y en merengue que lleva esta alga seca (Cortés & Emery, 2012). La lechuga de mar ha estado presente en preparaciones muy diversas como el snack de camarón envuelto en esta alga y salsas como acompañamiento de mariscos al horno (Álvarez & Uribe, 2018).

Desde hace años, varios chefs y restaurantes, en Santiago y en regiones, se han unido al mundo de las algas (<https://www.aqua.cl/2013/10/07/las-algas-invaden-la-alta-cocina/#>, artículo basado en la Revista Wikén de El Mercurio, 2013). Una lista de 21 restaurantes a lo largo de Chile que en el año 2014 ofrecían algas en sus menús se puede ver en el documento de la Universidad Arturo Prat (2014).

El internacionalmente reconocido chef Rodolfo Guzmán en su restaurante Boragó aprovecha la inmensa despensa de vegetales marinos en el país y abre las puertas al desarrollo de técnicas, platos y sabores que incorporan estos ingredientes en la gastronomía autóctona (Montes, 2016). En Boragó preparan las algas de todas las formas posibles: crudas, deshidratadas, fermentadas, encurtidas,

In addition to cochayuyo and *luche*, *huilo* (*Macrocystis pyrifera*), sea lettuce (*Ulva lactuca*), carola (*Callophyllis variegata*) and sea chicory (*Chondracanthus chamaissoides*) are incorporated into dishes in restaurants of the new Chilean gastronomic scene. *Huilo* is used to prepare gourmet recipes, such as quinoa stew with seafood and other seaweeds, and *huilo* sauce with baked seafood (Álvarez & Uribe, 2018). Carola is included in innovative recipes, such as pasta with this dried seaweed, for stuffing salmon, in sautéed rice noodles and to decorate gourmet dishes (Cortés & Emery, 2012). Sea chicory is found in preparations such as ceviche, salads with other vegetables and as a garnish for some hot dishes (Álvarez & Uribe, 2018). In addition, it has been included in empanadas and meringue (Cortés & Emery, 2012). Sea lettuce has been present in very diverse preparations such as the shrimp snack wrapped in this seaweed and sauces as a garnish of baked seafood (Álvarez & Uribe, 2018).

For years, several chefs and restaurants in Santiago and in regions, have joined the world of seaweeds (<https://www.aqua.cl/2013/10/07/las-algas-invaden-la-alta-cocina/#>, article based on El Mercurio's Wikén Magazine, 2013). The document from Universidad Arturo Prat (2014) lists of 21 restaurants throughout Chile that in 2014 offered seaweed on their menus. The internationally renowned chef Rodolfo Guzmán in his restaurant Boragó takes advantage of the immense pantry of marine vegetables in the country and opens the doors to the development of techniques, dishes and flavors that incorporate these ingredients in the native gastronomy (Montes, 2016). Boragó's cooks prepare seaweed in all possible ways: raw, dehydrated, fermented, pickled, roasted, smoked and toasted. They even take advantage of the most unusual parts such as the cochayuyo holdfast,

asadas, ahumadas y tostadas. Incluso aprovechan las partes más insólitas como el disco de fijación del cochayuyo, cuyo caldo tiene un sabor parecido a la salsa de soya, y los flotadores del huiro, que tostados adquieren una crocancia impresionante (Guzmán, 2017). Axel Manríquez, chef ejecutivo de Bristol, incluye en sus preparaciones las algas más populares como cochayuyo, ulte y luche, y utiliza también otras menos conocidas como la chicoria de mar y la lechuga de mar. Aquí se pueden comer platos como corvina con algas del Pacífico Sur al cilantro, o pincho de pejerrey con harina tostada, lechuga de mar y chicoria de mar. Juan Manuel Pena, chef del Peumayén, ha trabajado en distintas preparaciones, como el pisco sour de cochayuyo, entrada con piña, pulpo y algas, y la estrella: garrón de cordero con sopa de luche, que es una adaptación de la tradicional cazuela de cordero con luche, plato típico de las costas del sur de Chile. Los Algueros de Navidad (<https://alguerosdenavidad.cl/>) lo proveen de harina de algas para apanar y de mermeladas de cochayuyo para postres, como la minichochoca con helado de chupilca y mermelada. Felipe Paredes, chef del restaurant *El Ancla*, creó una ensalada que lleva ulte fresco (remojado en agua con limón para evitar la típica consistencia babosa), queso de cabra y aceitunas. Maximiliano Vicencio, jefe de cocina en el restaurant vegetariano *El Huerto*, creó dos versiones de un ceviche con la misma base: ulte, cochayuyo, luche y wakame. Uno mexicano -con palta, tomate y limón de Pica, y acompañado con nachos- y otro a la peruana, con *tofu* asado, ají, maíz y maní, acompañado de camote.

En regiones, la audacia de los cocineros por incorporar algas locales en sus menús va en aumento y solo se pueden citar a algunos de ellos. El chef Fernando Madariaga, en Coquimbo, ofrece el tártaro de cochayuyo con helado de mostaza, ensalada de quínoa con algas y pulpo, y el fricasé de cochayuyo. En Valparaíso, destaca

whose broth has a flavor similar to soy sauce, and the *huiro* floats (air bladders), which toasted acquire an impressive crunchiness (Guzmán, 2017). Axel Manríquez, executive chef from Bristol restaurant, includes in his preparations the most popular seaweeds such as cochayuyo, *ulte* and *luche*, and uses other lesser known ones such as sea chicory and sea lettuce. Here you can eat dishes such as corvina with seaweed from the South Pacific, or pincho de pejerrey with toasted flour, sea lettuce and sea chicory. Juan Manuel Pena, chef from Peumayén, has worked on different preparations, such as the cocktail cochayuyo pisco sour, a starter with pineapple, octopus and seaweed, and the star: lamb shank with *luche* soup, which is an adaptation of the traditional casserole from the southern coasts of Chile: lamb with *luche*. Algueros de Navidad (<https://alguerosdenavidad.cl/>) provide him with seaweed flour for bread and cochayuyo jams for desserts, such as the mini chochocha with chupilca ice cream and jam. Felipe Paredes, chef at *El Ancla* restaurant, created a salad that has fresh *ulte* (soaked in water with lemon to avoid the typical slimy consistency), goat cheese and olives. Maximiliano Vicencio, head chef at the vegetarian restaurant *El Huerto*, created two versions of a ceviche with the same base: *ulte*, cochayuyo, *luche* and *wakame*: the Mexican, with avocado, tomato and lemon from Pica, and accompanied with nachos; and the Peruvian, with roasted *tofu*, chili, corn and peanuts, accompanied by sweet potato.

In regions, the audacity of chefs to incorporate local seaweed into their menus is on the rise and only a few of them are cited. Chef Fernando Madariaga in Coquimbo, offers cochayuyo tartar with mustard ice cream, quinoa salad with seaweed and octopus, and cochayuyo fricassee. In Valparaíso, chef Paula Báez stands out in the

la chef Paula Báez en el restaurán *Tres Peces* que ofrece una ensalada de algas y en la zona de Pichilemu y alrededores, varios cocineros experimentan con algas locales. La Región de Los Lagos, y particularmente Chiloé, es reconocida por numerosos restaurantes que ofrecen platos con algas como la cazuela de cordero con luche, las papas chilotas con luche, los chapaleles con alga, etc. En Punta Arenas, el profesor de la Universidad de Magallanes Andrés Mancilla y el chef Luis González, entonces dueño del restaurante *El Remezón* en Punta Arenas, se unieron para rescatar una historia y patrimonio culinario a través de un libro con recetas de platos preparados con algas marinas regionales. De allí salieron recetas como hamburguesas de luche, congrio con luche tostado, tomates rellenos con huiro y risotto de coquayuyo, ensalada de carola y salmón, etc. (Mansilla & González, 2012). Posteriormente este mismo grupo de investigación utilizó tres especies de algas (*Macrocystis pyrifera*, *Pyropia columbina* y *Durvillaea antártica*) como ingredientes en una variedad de productos y platos como pancitos y buñuelos de huiro, hamburguesas, fettuccine de coquayuyo, y pesto de luche y perejil. Estos productos mostraron que la adición de algas como ingrediente contribuye en muchos casos a tener una dieta más balanceada nutricionalmente (Astorga et al., 2017).

Actualmente existe un "boom" del uso de algas chilenas en la cocina que se expresa en libros y variados recetarios. Escandón (2019) ha publicado recientemente un interesante y hermoso libro, *Algas Pacíficas; Mar y cocina de Chile*, donde detalla 39 recetas que utilizan algas comunes de las costas de Chile y que se encuentran en los mercados, como el coquayuyo, el luche, la luga cuchara y la chicoria de mar. También hace uso de la llaita o llayta (*Nostoc sp.*), que en realidad es una cianobacteria filamentosa de agua dulce que crece en lagunas de la región alto-andina del

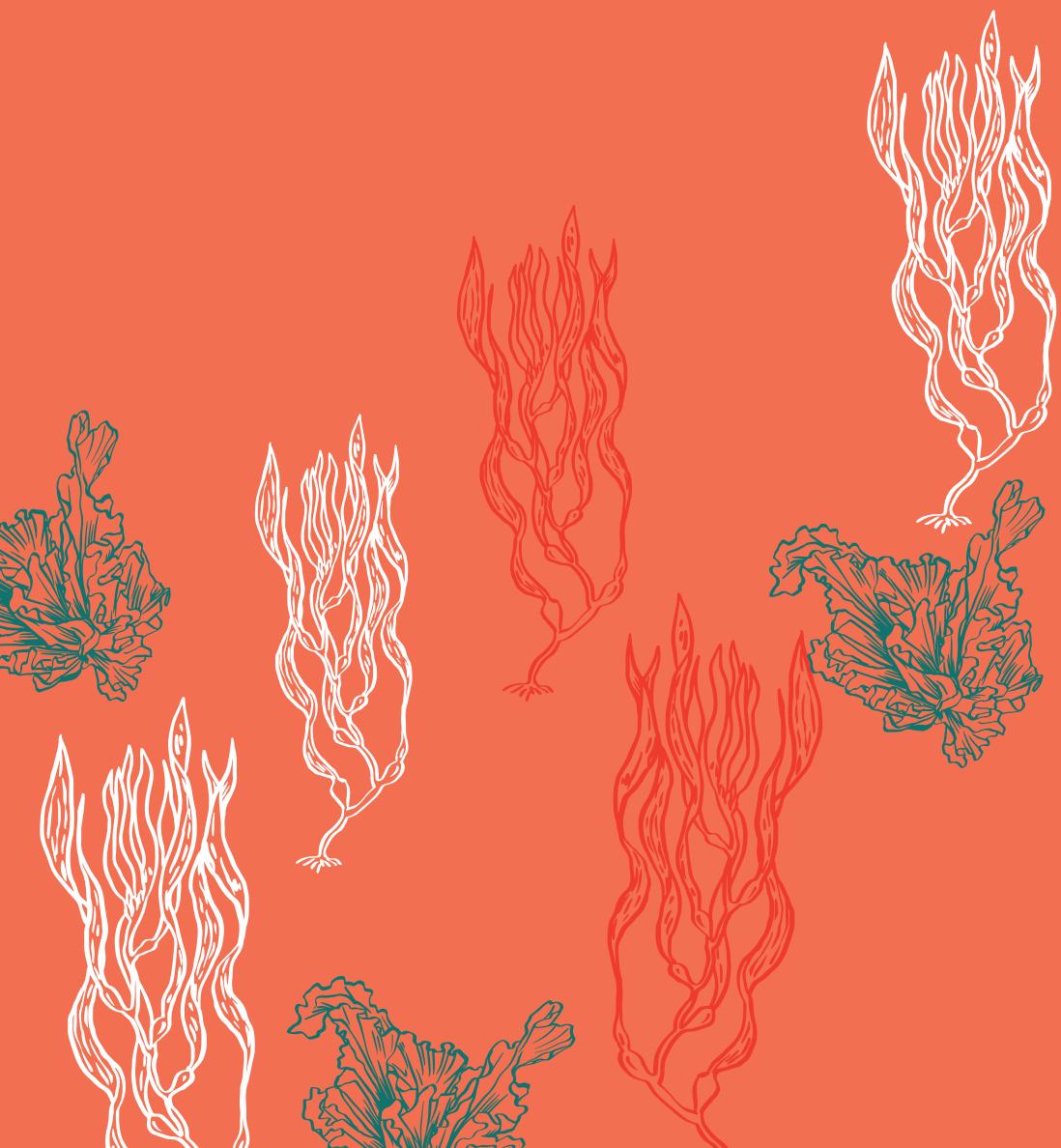
Tres Peces restaurant that offers a seaweed salad, and in the Pichilemu area and surroundings, several chefs experiment with local seaweed. The Los Lagos Region, and particularly Chiloé, is recognized by numerous restaurants that offer dishes with seaweed such as the lamb casserole with *luche*, Chiloé potatoes with *luche*, chapaleles (potato bread) with seaweed, etc. In Punta Arenas, professor Andrés Mancilla from Universidad de Magallanes, and the chef Luis González, then owner of the restaurant "El Remezón" in Punta Arenas, got together to rescue a history and culinary heritage through a book with recipes of dishes prepared with regional seaweed. Recipes came out such as hamburgers of *luche*, conger eel with toasted *luche*, tomatoes stuffed with *huiro* and coquayuyo risotto, carola and salmon salad (Mansilla & González, 2012). Later, this same research group used three species of algae (*Macrocystis pyrifera*, *Pyropia columbina* and *Durvillaea antarctica*) as ingredients in a variety of products and dishes such as *huiro* buns and fritters, hamburgers, coquayuyo fettuccine, and *luche* and parsley pesto. These products showed that the addition of seaweed as an ingredient contributed in many cases to having a more nutritionally balanced diet (Astorga et al., 2017).

The current "boom" in the use of Chilean seaweed in cooking is expressed in books and various cookbooks. Escandón (2019) has recently published an interesting and beautiful book *Algas Pacíficas; Mar y cocina de Chile*, detailing 39 recipes that use common seaweeds from the coasts of Chile found in markets, such as coquayuyo, *luche*, spoon luga and sea chicory. She also makes use of the llaita or llayta (*Nostoc sp.*), which is actually a freshwater filamentous cyanobacterium that grows in lagoons in the high-Andean region of northern Chile (Galetovic, Araya & Gómez-Silva, 2017). Under the patronage of the

norte de Chile (Galetovic, Araya & Gómez-Silva, 2017). Bajo patrocinio de la Fundación para la Innovación Agraria (FIA), Luco et al. (2019) recorren la obtención, preparación y consumo de alimentos nativos de la Región de Aysén, destacando al luche en sus distintas formas: ensaladas, con papas, en una cazuela de cordero, en frituras y también en el charquicán. Otro recetario importante es el libro *Comiendo Algas: Recetas de Cocina* de Álvarez y Uribe (2018) de la Universidad Católica del Norte, que se concentra en algas y productos marinos de la Región de Coquimbo y que presenta platos de destacados cocineros, como las lapas salteadas con algas de Ciro Watanabe (†), el estofado de quinoa con mariscos, luche y otras algas de Tomás Olivera y también varios platos de chefs locales. En el libro publicado por el Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio (2020) se resaltan las recetas de cochayuyo en forma de pebre y como ensalada.



Foundation for Agrarian Innovation (FIA), Luco et al. (2019) covered the obtaining, preparation and consumption of native foods of the Aysén Region, highlighting *luche* in its different forms: salads, with potatoes, in a lamb casserole, in fried foods and in charquicán. Another important cookbook is the *Comiendo Algas: Recetas de Cocina* by Álvarez and Uribe (2018) from the Universidad Católica del Norte. It focuses on seaweed and marine products from the Coquimbo Region and presents dishes from prominent chefs such as sautéed limpets with seaweed by Ciro Watanabe (†), the quinoa stew with seafood, *luche* and other seaweed by Tomás Olivera, and also several dishes from local chefs. The book *El Menú de Chile: Reconocimiento a las cocinas patrimoniales 2019* published by the Ministry of Cultures, Arts and Heritage (2020) highlights cochayuyo recipes as pebre (chopped onion and tomatoes, olive oil, garlic, coriander leaves and ground spicy chili peppers) and a salad.



5.

APLICACIONES EN PRODUCTOS Y EN ALTA GASTRONOMÍA

/ APPLICATIONS IN PRODUCTS
AND IN HIGH GASTRONOMY

FORMULACIONES DE PRODUCTOS

/ PRODUCT FORMULATIONS

Las propiedades sensoriales de las algas marinas son una limitante importante para su aceptación por los consumidores occidentales (Prager, 2016). Sin embargo, hay segmentos de la población, como aquellos que dan gran importancia a la salud y la sostenibilidad de los recursos naturales, que son más proclives a consumir algas tanto en estado fresco como adicionadas a productos conocidos. Una revisión de nuevos productos alimenticios que contienen algas y posibles efectos beneficiosos relacionados con la salud se presenta en Roohinejad *et al.* (2017).

Un análisis detallado de los artículos científicos sobre la incorporación de algas en cualquier forma (harinas, extractos, etc.) a productos de panadería, pastas, productos cárnicos y lácteos, muestra que existe un límite máximo de alrededor de 10% de adición antes que cambien las deseables propiedades sensoriales. Esto significa que invocar solo aspectos nutricionales y de salud o efectos beneficiosos para el medio ambiente, no será suficiente para aumentar el consumo masivo de algas. Lo que se requiere son desarrollos de productos e innovaciones culinarias donde se manipulen favorablemente las texturas y sabores de los distintos tipos de algas, como también una familiarización temprana con sus propiedades sensoriales (Mateluna *et al.*, 2020). Por esta razón, hay una gran actividad en Occidente por desarrollar productos experimentales, aplicaciones gastronómicas genuinamente innovadoras y una educación del paladar a nuevos sabores y texturas (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021; Birch, Skallerud & Paul, 2019). En este sentido, es fundamental el aporte de los cocineros en restaurantes, en la alimentación institucional y particularmente, en los programas de almuerzos escolares.

Sensory properties of seaweed are an important limitation for its acceptance by Western consumers (Prager, 2016). However, there are segments of the population, those that attach great importance to health and the sustainability of natural resources, that are more likely to consume seaweed both fresh and added to known products. A review of new food products containing seaweed and possible beneficial health-related effects is presented in Roohinejad *et al.* (2017).

A detailed analysis of the scientific articles on the incorporation of seaweeds in any form (flours, extracts, etc.) to bakery products, pasta, meat and dairy products, shows that there is a maximum limit of around 10% of addition before their desirable sensory properties change. This means that invoking only nutritional and health aspects or beneficial effects for the environment will not be enough to increase the mass consumption of seaweeds. What is required are food product developments and culinary innovations where the textures and flavors of the different types of seaweeds are favorably manipulated as well as an early familiarization with their sensory properties (Mateluna *et al.*, 2020). For this reason, there is great activity in the West to develop experimental products, genuinely innovative gastronomic applications and an education of the palate to novel flavors and textures (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021; Birch, Skallerud & Paul, 2019). In this sense, it is essential the contribution of chefs in restaurants, institutional food outlets and particularly, in school lunch programs.

Una alternativa interesante son los productos fermentados a partir de algas, que cambian sabores, aportan microorganismos probióticos y exhiben formatos gastronómicos novedosos. La *kombucha* es un té de algas japonés hecho con *kombu* en polvo (un alga comestible del género *Laminaria*) fermentado con bacterias y levaduras, que constituye una bebida completamente diferente de las infusiones tradicionales de las hojas fermentadas del té, que proviene de la planta *Camellia sinensis* (<https://es.qaz.wiki/wiki/Kombucha>). Otra posibilidad son las salsas fermentadas a partir de *nori* u otras algas, similares a la salsa de soya y el *garum* de pescado, y que se preparan durante la fermentación prolongada por parte de bacterias acido-lácticas en presencia de sal (Uchida & Miyoshi, 2013). El *kimchi* es un acompañamiento sazonador tradicional coreano producto de la fermentación natural de vegetales (p. ej., la col asiática) mezclados con diversas especias, cuyo uso se asimila a nuestro pebre (ver Recetas). El contenido microbiano del *kimchi* de algas es una fuente de probióticos, nutrientes y metabolitos bioactivos con actividades antimicrobianas, antioxidantes y antiobesogénicas (Cheigh, Park & Lee, 1994).

An interesting alternative are fermented seaweed products having unique flavors, probiotic activity and novel gastronomic formats. *Kombucha* is a Japanese seaweed tea made with powdered *kombu* (an edible seaweed of genus *Laminaria*) fermented with bacteria and yeasts, which constitutes a completely different drink from the traditional infusions of the fermented leaves of tea, coming from the *Camellia sinensis* plant (<https://es.qaz.wiki/wiki/Kombucha>). Another possibility are fermented sauces from *nori* and other seaweeds, similar to soy sauce and fish *garum*, which are prepared during prolonged fermentation by lactic acid bacteria in the presence of salt (Uchida & Miyoshi, 2013). *Kimchi* is a traditional Korean seasoning garnish, and a product of the natural fermentation of vegetables (e.g., Asian cabbage) mixed with various spices, used in similar fashion to our pebre (see Recipes). The microbial content of *kimchi* from seaweed is a source of probiotics, nutrients and bioactive metabolites with antimicrobial, antioxidant and antiobesogenic activities (Cheigh, Park & Lee, 1994).

LAS ALGAS COMO INGREDIENTES NOVEDOSOS EN LA CULINARIA Y PRODUCTOS COMERCIALES

/ SEAWEEDS AS NOVEL INGREDIENTS IN CULINARY AND COMMERCIAL PRODUCTS

Según *Fortune Business Insights*, el mercado mundial de algas marinas comerciales superó los US\$ 13.000 millones en 2019 y se proyecta que alcance los US\$ 23.000 millones en 2027 (<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/commercial-seaweed-market-100077>). Razones poderosas para este incremento son la sostenibilidad medioambiental en la producción de alimentos y la preocupación por el bienestar animal, con el consecuente mayor consumo de productos basados en plantas. El auge de las dietas veganas y vegetarianas ha llevado a grandes y pequeñas empresas del rubro alimentario a innovar y desarrollar productos basados en algas marinas.

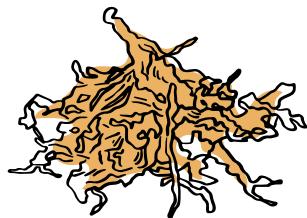
A parte de su consumo natural en los platos tradicionales, las algas marinas han encontrado diversas aplicaciones como ingredientes alimentarios (y en cosméticos!) y productos comerciales. A continuación, en la Tabla 2, se describen algunos de estos productos genéricos, cuyas versiones comerciales se encuentran disponibles en sitios de internet.

According to *Fortune Business Insights*, the global market for commercial seaweed surpassed \$13 billion in 2019 and may reach \$23 billion by 2027 (<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/commercial -seaweed-market-100077>). Powerful reasons for this increase are the environmental sustainability in food production and concern for animal welfare, with the consequent higher consumption of plant-based products. The rise of vegan and vegetarian diets has led large and small companies in the food industry to innovate and develop products based on seaweed

Aside from its natural consumption in traditional dishes, seaweed has found various applications as food ingredients (and in cosmetics!). Below, in Table 2 describes some of these generic products, the commercial versions of which are available on Internet sites. Several local entrepreneurs have developed products that contain seaweed and are marketed in various forms: seaweed flours mixed with cereals, pasta, cookies and snacks, seasonings, dehydrated seaweed for instant salads, and even a *luche* sauce (Vergara and Jerez, 2017). This reference also lists some internet sites where some of these products are offered.

Tabla 2 / Table 2

Ejemplos de productos alimentarios derivados de algas marinas y que se ofrecen en internet.
/ Examples of food products derived from seaweed and offered on the internet.



ALGAS DESHIDRATADAS
/ DRIED SEAWEEDS

Porciones de algas secas envasadas para su uso como ensalada, sopas, guisos y otras preparaciones

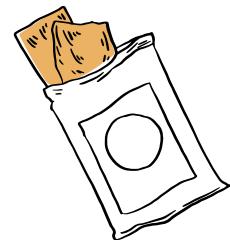
Portions of dried seaweed packaged for use as salad, soups, stews and other preparations



**SABORIZANTE Y
SUSTITUTO DE SAL**
/ FLAVORING AND SALT SUBSTITUTE

Polvos, gránulos u hojuelas de algas secas, a veces tostadas y ahumadas

Dried seaweed powders, granules or flakes, sometimes roasted and smoked



BOCADILLOS
/ SNACKS

Crocantes hojas de *nori* tostadas y saborizadas; chips en base a harinas con alga deshidratada y tostada

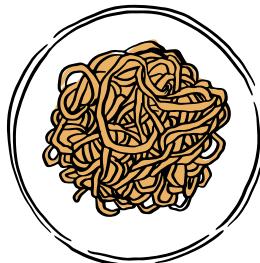
Crispy flavored roasted *nori* sheets; chips based on flours with dehydrated and toasted seaweed



GALLETAS
/ BISCUITS

Galletas de arroz suflado con saborizante de algas; galletas de cóctel con algas deshidratadas

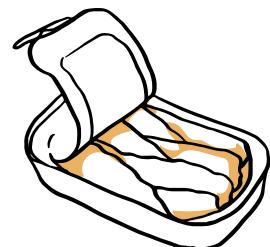
Rice biscuits with seaweed flavoring; cocktail cookies with dried seaweed



**PASTAS, PANES Y
TORTILLAS**
/ PASTA, BREADS AND TORTILLAS

Tallarines, fideos, tortillas y wraps y diversos tipos de pan con alga deshidratada en polvo

Pasta, noodles, tortillas and wraps and various types of bread with dehydrated seaweed powder



**CONSERVAS SAZONADAS
CON ALGAS**
*/ SEAWEED-SEASONED CANNED
FOODS*

Conservas de ensalada de algas; sardinas y jurel mezclados con algas, vegetales, aceite y vinagre

Seaweed salad preserves; sardines and horse mackerel mixed with seaweed, vegetables, oil and vinegar

Fuente: Elaboración propia



PRODUCTOS CONGELADOS / FROZEN PRODUCTS

Hamburguesas de carne saborizadas con algas; ensaladas de algas sazonadas con sésamo.

Seaweed flavored meat patties; seaweed salad seasoned with sesame.



SALSAS Y ADEREZOS / SAUCES AND DRESSINGS

Pastas de algas con soya y azúcar; productos estilo salsas asiáticas; aceite y vinagre condimentados con algas deshidratadas o extractos de algas

Seaweed pastes with soy and sugar; Asian sauce-style products; oil and vinegar flavored with dried seaweed or seaweed extracts



INFUSIONES / INFUSIONS

Té negro con algas deshidratadas; infusiones de algas seleccionadas; kombucha con beneficios nutricionales

Black tea with dehydrated seaweed; selected seaweed infusions; kombucha with nutritional benefits



LICORES / LIQUEURS

Ginebra y ron infusionados con algas, principalmente nori; licores con sabor umami; cervezas fermentadas en presencia de algas

Gin and rum liqueurs infused with seaweed, mainly nori; umami flavored liqueurs; beer fermented in the presence of algae

Fuente: Elaboración propia

Varios emprendedores locales han desarrollado productos que contienen algas y se comercializan en diversas formas: harinas de algas mezcladas con cereales, pastas, galletas y snacks, sazonadores, algas deshidratadas para ensaladas instantáneas, y hasta una salsa de luche (Vergara & Jerez, 2017). Esta referencia lista también algunos sitios de internet donde se ofrecen estos productos.

Several local entrepreneurs have developed products that contain seaweed and are marketed in various forms: seaweed flours mixed with cereals, pasta, cookies and snacks, seasonings, dehydrated seaweed for instant salads, and even a luche sauce (Vergara & Jerez, 2017). This reference also lists some internet sites where these products are offered.

ALTA GASTRONOMÍA

/ HIGH GASTRONOMY

Durante los últimos 15 años, establecimientos y chefs en la vanguardia culinaria han mostrado un genuino interés por las posibilidades gastronómicas de las algas marinas disponibles en sus entornos (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021).

En Dinamarca, el restaurante *Noma* -considerado por *Restaurant Magazine* como el mejor restaurante del mundo en cuatro oportunidades– desarrolló en el *Nordic Food Lab* diversos productos a partir de algas: vinagres, encurtidos, alcoholes macerados, caldos, bebidas, salsas, ensaladas, condimentos y postres (Redzepi, 2011).

Restaurantes españoles reconocidos por la Guía Michelin como *Nerua*, *Mugaritz*, *A Poniente*, *El Celler de Can Roca*, *Quique Dacosta*, entre otros, utilizan un amplio número de especies de algas en sus menús, incluyendo *Ulva* sp., *Himanthalia elongata*, *Palmaria palmata*, *Gigartina pistillata*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccharina latissima*, *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus*, *Porphyra* sp., *Codium* sp. o *Undaria pinnatifida*. El chef francés Pierre Gagnaire galardonado con 3 estrellas Michelin, impresiona con sus ravióles de algas. *Mirazur* en Niza, del chef Mauro Colagreco, proclamado mejor restaurante del mundo en 2019, ha deleitado con galletas crujientes y ensaladas de algas, y el confit de cerdo servido con mascarpone de algas y jugo de cerdo infusionado con *kombu*.

Varios de los top ten Best Restaurants in Latin America destacan por el uso de algas, incluyendo el *Central* en Lima (Virgilio Martínez), *Pujol* en México D.F. (Enrique Olvera), y el ya mencionado *Boragó* en Santiago (Rodolfo Guzmán), que tiene una mirada similar a la del restaurante danés *Noma*, pero para el territorio chileno (Guzmán, 2017).

During the last 15 years, restaurants and chefs in the culinary avant-garde have shown a genuine interest in the gastronomic possibilities of seaweed available in their environments (Figueroa, Farfán & Aguilera, 2021).

In Denmark, the *Noma* restaurant - considered four times by *Restaurant Magazine* as the best restaurant in the world - developed various products from seaweed at the *Nordic Food Lab*: vinegars, pickles, marinated spirits, broths, drinks, sauces, salads, condiments and desserts (Redzepi, 2011).

Spanish restaurants recognized by the Michelin Guide such as *Nerua*, *Mugaritz*, *A Poniente*, *El Celler de Can Roca*, *Quique Dacosta*, among others, use a wide number of algae species in their menus, including *Ulva* sp., *Porphyra* sp., *Himanthalia elongata*, *Palmaria palmata*, *Gigartina pistillata*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccharina latissima*, *Chondrus crispus*, *Mastocarpus stellatus*, *Codium* sp. and *Undaria pinnatifida*. French chef Pierre Gagnaire, awarded with 3 Michelin stars, impresses with his seaweed ravioli, while chef Mauro Colagreco's *Mirazur* in Nice, proclaimed best restaurant in the world in 2019, has delighted with crunchy biscuits and seaweed salads, and pork confit with seaweed mascarpone and *kombu*-infused pork juice.

Several of the top ten Best Restaurants in Latin America stand out for the use of seaweeds, including the *Central* in Lima (Virgilio Martínez), *Pujol* in México D.F. (Enrique Olvera), and the aforementioned *Boragó* in Santiago (Rodolfo Guzmán), who has a similar look to that of the Danish restaurant *Noma* but for the Chilean territory (Guzmán, 2017).



6.

RECETAS CON ALGAS / RECIPES WITH SEAWEEDS

KIMCHI DE ALGAS

/ SEAWEED KIMCHI

El *kimchi* es un condimento tradicional coreano, producido por fermentación de repollo, rábano, ajo, jengibre, sal y azúcar, y que se consume a diario como salsa para untar o guarnición. / *Kimchi* is a traditional fermented Korean condiment made from cabbage, radish, garlic, ginger, salt and sugar and consumed daily as a popular dip or side dish.

INGREDIENTES | para 10 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para la salmuera	
100 g Algas surtidas	En un recipiente agregar el agua filtrada y la sal. Revolver hasta que la sal se haya disuelto por completo. Sumergir las algas y la col china deshojada en la salmuera; mantener por 12 horas en refrigeración. Una vez transcurrido el tiempo, lavar con abundante agua y dejar secar con ayuda de un papel absorbente. Reservar.
100 g Col china	
250 g Agua	
25 g Sal	
Para la pasta de arroz glutinoso	
50 g Agua	En una olla agregar el agua y el arroz glutinoso y revolver. Llevar la mezcla a hervor por 2 minutos. Pasar a un recipiente y cubrir la superficie de la pasta con papel film adherente. Dejar enfriar y reservar.
10 g Arroz glutinoso	
Para el kimchi	
200 g Col y algas en salmuera	En un bowl mezclar todos los ingredientes y dejar macerar por 20 minutos. Disponer los vegetales en un frasco de vidrio esterilizado ($100^{\circ}\text{C} \times 30\text{ min}$) y poner un peso para evitar que los vegetales suban a la superficie. Fermentar a 20°C por al menos dos semanas.
15 g Pasta de arroz glutinoso	
10 g Azúcar	
25 g Pasta de ají gochujang	
30 g Zanahoria	
20 g Nabo	
5 g Ajo	
5 g Jengibre	
10 g Vinagre de arroz	
5 g Salsa de pescado	
5 g Sal	



ALGAS ENCURTIDAS / PICKLED SEAWEEDS

INGREDIENTES | para 10 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para las algas encurtidas	
100 g Lechuga de mar (hidratada)	Llevar a ebullición el agua, el azúcar, el vinagre y la sal. Agregar las semillas previamente tostadas y el aceite de oliva. Disponer las algas en un frasco previamente esterilizado (100 °C x 30 min). Añadir el líquido caliente y dejar encurtir en refrigeración por al menos dos semanas.
100 g Huiro (hidratado)	
100 g Cochayuyo (hidratado)	
100 g Luga cuchara (hidratada)	
100 g Chicoria de mar (hidratada)	
100 g Carola (hidratada)	
1.000 g Agua	
200 g Vinagre de manzana	
70 g Azúcar	
25 g Sal	
5 g Semilla de cilantro	
5 g Semilla de mostaza	
5 g Semilla de pimienta	
1 g Enebro	
40 g Aceite de oliva	



ALGAS ENCURTIDAS
05-04-2021

BOCADO DE MOTE Y ALGAS CHILENAS

/ MOTE AND CHILEAN SEAWEED SNACK

Mote es trigo hervido con lejía, con lo que el grano pierde su cáscara, y luego se lava varias veces con agua para eliminar el sabor a lejía. / Mote is wheat boiled with lye, which causes the grain to lose its husk, and then washed several times in water to get rid of the lye taste.

INGREDIENTES | para 5 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para la galleta de mote y luche	
50 g Mote cocido	Tostar el luche por 12 minutos a 170 °C.
100 g Agua	Triturar hasta conseguir trozos finos pero evitando que se forme polvo. Reservar.
50 g Harina de maíz precocida	Por otra parte, agregar en una olla el resto de los ingredientes y cocinar hasta que se forme una pasta. Retirar del fuego y agregar las hojuelas de luche tostadas. Disponer la mezcla sobre una plancha de silicona con un esténcil de forma circular y espesar la mezcla formando círculos de 5 cm de diámetro. Hornear por 8 minutos a 190 °C.
2 g Sal	
10 g Luche seco	
Para la mayonesa de cilantro y hierbabuena (<i>Mentha spicata</i>)	
20 g Yema de huevo	Escaldar las hojas de cilantro y hierbabuena por 20 segundos en agua hirviendo. Enfriar en un baño maría inverso (agua con hielo) y secar las hojas con papel absorbente. Licuar las hojas junto con el aceite de maravilla hasta formar un aceite verde. Filtrar por un colador fino para evitar grumos o partículas.
100 g Aceite de maravilla	Disponer en un vaso triturador la yema de huevo y verter el aceite de cilantro y hierbabuena en forma de hilo hasta que se forme una emulsión estable y suave. Agregar sal y jugo de limón. Refrigerar.
10 g Hierbabuena fresca	
20 g Cilantro fresco	
10 g Jugo de limón	
1,6 g Sal	
Para la crema de queso	
80 g Queso crema	Procesar todos los Ingredientes hasta formar una salsa lisa y homogénea. Refrigerar hasta su uso.
10 g Aceite de oliva extra virgen	
25 g Crema de leche	
1 g Sal	

Montaje

Sobre los bordes de la galleta realizar tres puntos con la salsa de cilantro y hierbabuena y tres puntos de salsa de queso. Disponer el *kimchi* realizado en la pág. 75 sobre las salsas.



PANIPURI DE COCHAYUYO Y CEVICHE DE ULTE

/ COCHAYUYO PANIPURI AND ULTE CEVICHE

El *puri* es un cascarón hecho de una fina lámina de masa de trigo que se expande en aceite caliente formando una bola hueca crocante. Popular en India. / *Puri* is a crispy shell made from a thin sheet of wheat dough that expands in hot oil. Popular in India.

INGREDIENTES | para 8 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para el panipuri de cochayuyo	
200 g Semolina	
50 g Harina	
80 g Agua	Tostar el cochayuyo en un horno a 170 °C por 8 minutos. Triturar con un mortero hasta obtener una harina. Reservar. En un bowl agregar los ingredientes secos y mezclar. Agregar de a poco el agua a temperatura ambiente hasta formar una masa suave. Reposar por una hora en refrigeración y estirar con ayuda de un uslero a 3 mm de espesor. Cortar con un cortapasta de 4 cm de diámetro. Freír a 190 °C en abundante aceite y sumergiendo con un espumadero para facilitar el suflado de la masa. Una vez dorada, retirar y espolvorear con el polvo de cochayuyo tostado. Reservar.
200 g Cochayuyo seco	
Para el ceviche de ulte	
200 g Ulte	Cocinar el ulte en una olla a presión por 1 hora. Dejar enfriar y cortar en brunoise. En un bowl agregar el ulte, pimentones, cebolla morada, ají verde y el cilantro. Condimentar con sal y finalmente agregar el jugo de limón recién exprimido y filtrado. Refrigerar por una hora antes de consumir.
100 g Cebolla morada cortada en juliana	
80 g Pimentón cortado en brunoise	
50 g Cilantro en chiffonade (tiras finas y alargadas)	
50 g Jugo de limón	
30 g Ají cristal (verde) en brunoise	
50 g Aceite de oliva	
5,5 g Sal	



Montaje

Disponer en un plato el *panipuri* de cochayuyo, hacer un orificio en su exterior, y disponer el ceviche de ulte. Espolvorear con escamas de cochayuyo tostado.

DASHI DE COCHAYUYO

/ COCHAYUYO DASHI

El *dashi* es un caldo japonés que se prepara con tan solo tres ingredientes: el alga *kombu*, copos de pescado seco (*katsuobushi*) y agua. / *Dashi* is a Japanese broth prepared with just three ingredients: *kombu* seaweed, dried fish flakes (*katsuobushi*) and water.

INGREDIENTES | para 4 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para el caldo de cochayuyo (<i>dashi</i>) 100 g Cochayuyo 1.000 g Agua filtrada	Introducir el alga y el agua filtrada en una bolsa y sellar con máximo vacío. Cocinar en un termocirculador (Roner) a 60 °C por 2 horas. Una vez transcurrido el tiempo, filtrar el caldo con ayuda de un colador fino y una gasa para obtener un caldo clarificado. Reservar.
Para los camarones 300 g Camarones 30 g Aceite de oliva 2 g Ajo 3 g Sal 5 g Jengibre	Limpiar y desvenar los camarones manteniendo la cabeza. Introducir el resto de los ingredientes en una bolsa y sellar con máximo vacío. Cocinar en un termocirculador a 60 °C por 20 minutos.
Para el <i>dashi</i> 1.000 g Caldo de cochayuyo 15 g Jengibre cortado en juliana 100 g Salsa de soya japonesa 20 g Aceite de sésamo	En una olla disponer todos los ingredientes y calentar a 60 °C. Es importante no superar esta temperatura ya que de lo contrario el caldo se vuelve amargo.
Para el montaje 250 g <i>Dashi</i> de cochayuyo 80 g Camarones 10 g Cebollín 3 g Chips de cochayuyo deshidratado	En un bowl disponer el <i>dashi</i> de cochayuyo. Agregar los camarones y terminar con cebollín cortado en chiffonade y los chips de alga deshidratados.



Montaje

En un bowl disponer el dashi de cochayuyo. Agregar los camarones y terminar con cebollín cortado en chiffonade y los chips de alga deshidratados.

PAPPARDELLE BICOLOR DE LECHUGA DE MAR Y LUGA CUCHARA CON HONGOS / SEAWEED BICOLOR PAPPARDELLE AND MUSHROOMS

INGREDIENTES | para 5 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para la pasta de ulva 100 g Lechuga de mar fresca 50 g Huevo 150 g Harina 10 g Aceite de oliva	Escaldar la lechuga de mar fresca en agua hirviendo por 15 segundos y enfriar rápidamente en agua fría con hielo. Escurrir y secar con papel absorbente. Triturar en un procesador hasta formar una pasta lisa. Pasarla por un colador fino. Reservar en frío. En un bowl agregar 60 g de pulpa de lechuga de mar procesada y el resto de los ingredientes. Formar una masa lisa y dejar reposar por 40 minutos a temperatura ambiente.
Para la pasta de luga cuchara 100 g Luga cuchara hidratada o fresca 30 g Agua 70 g Yema de huevo 150 g Harina 10 g Aceite de oliva	En un procesador triturar la luga cuchara con los 30 g de agua y 2 g de sal hasta formar una pasta lisa. En un bowl agregar 40 g de pulpa de luga cuchara procesada y el resto de los ingredientes. Formar una masa lisa y dejar reposar por 20 minutos a temperatura ambiente.
Para los pappardelles Con ayuda de una máquina de pasta estirar la masa con lechuga de mar hasta un espesor de 3 mm. Realizar el mismo proceso con la masa que contiene luga. De la masa de luga estirada cortar tiras de 1 cm de ancho y colocarlas sobre la masa de lechuga de mar. Pasar nuevamente por la máquina de pasta hasta conseguir el espesor de 3 mm. De esta forma se conseguirá una masa bicolor. Cortar la masa en tiras de 2,5 de ancho. Dejar secar 30 minutos. Reservar.	
Para los hongos 300 g Callampas 300 g Hongos Portobello 300 g Champiñones ostra 30 g Aceite de oliva	En un sartén agregar el aceite de oliva, la mantequilla (70 g). Saltear los hongos laminados hasta que estén dorados. Agregar 10 g de salvia, 50 g de oporto y 7 g de sal. Reservar.
Para la yema curada 3 u Yemas 100 g Azúcar 100 g Sal Zeste de naranja	Mezclar la sal, el azúcar y el zeste de naranja (cáscara de la naranja sin la parte blanca, que sirve para aromatizar y saborizar masas). En un recipiente realizar una base con la mezcla, agregar las yemas enteras y cubrir con el resto de la mezcla hasta que las yemas queden completamente cubiertas. Dejar curar por 18 horas. Limpiar con abundante agua y reservar.

Montaje

En un fondo con agua y sal agregar los pappardelles y cocinar por 2 minutos. Una vez transcurrido el tiempo agregar la pasta a la salsa de hongos y saltear por 1 minuto a fuego máximo. Servir en un plato fondo con escamas de queso parmesano, carola fresca y la yema de huevo curada en el centro.



HAMBURGUESA DE COCHAYUYO

/ COCHAYUYO BURGER

INGREDIENTES | para 7 porciones

PRODUCTOS

ELABORACIÓN

Para el pan de hamburguesa

- 20 g** | Harina de fuerza 1
- 90 g** | Leche
- 250 g** | Harina de fuerza 2
- 5 g** | Levadura
- 15 g** | Leche en polvo
- 30 g** | Miel
- 30 g** | Crema de leche 35% M.G.
- 100 g** | Huevo
- 5 g** | Sal
- 65 g** | Agua
- 30 g** | Mantequilla
- 1 u** | Huevo para pintar

Cocinar la harina de fuerza 1 en una olla con la leche hasta que la mezcla gelatinice. Traspasar la mezcla a un bowl tapado con papel film a contacto para evitar que se forme una costra en la superficie. Reservar. Mezclar el agua, la leche en polvo y calentar ligeramente (50 °C máximo), y agregar la levadura fresca. Reposar por 30 minutos. Con ayuda de una amasadora, amasar todos los ingredientes sin la mantequilla, incluida la pasta realizada inicialmente, por 30 minutos a velocidad mínima. Una vez transcurrido el tiempo agregar los cubos de mantequilla y seguir amasando hasta que la mantequilla se integre. Reservar la masa tapada por 12 horas a 4 °C en refrigeración. Pasado el tiempo, formar ovillos de 80 g y dejar fermentar a temperatura ambiente por dos horas. Pintar con huevo y hornear a 250 °C por 10 minutos.

Para la hamburguesa de cochayuyo

- 300 g** | Cochayuyo seco ahumado
- 100 g** | Cebolla
- 80 g** | Carne de soya
- 30 g** | Harina
- 200 g** | Agua
- 10 g** | Aceite de oliva

Con ayuda de un ahumador, tratar el cochayuyo hidratado por 30 minutos a 120 °C. Cortar en brunoise la mitad y reservar. Saltear la cebolla con el aceite hasta que esté dorada. En un procesador triturar el sofrito con el agua, la mitad del cochayuyo y la carne de soya hasta formar una pasta. Agregar harina y el cochayuyo cortado en brunoise. Dejar reposar la mezcla por 2 horas en el refrigerador. Formar hamburguesas de 80 g.

Para los BBQ de cochayuyo

- 50 g** | Cebolla
- 5 g** | Ajo
- 100 g** | Pimiento morrón
- 100 g** | Tomate
- 70 g** | Azúcar
- 20 g** | Vinagre de arroz

Ahumar 200 g de cochayuyo hidratado por 30 minutos a 120 °C. En una olla, saltear la cebolla, el ajo, el tomate, el cochayuyo y los pimientos morrones. Cocinar por 15 minutos a fuego lento. Agregar el azúcar y el vinagre de arroz. Triturar en un procesador de alimentos hasta formar una pasta. Pasar por un colador fino para que la salsa quede lisa. Reservar.

Para la ensaladilla

- 100 g** | Espinaca
- 100 g** | Repollo morado
- 50 g** | Manzana verde rallada
- 50 g** | Zanahoria
- 35 g** | Cebolla en escabeche
- 20 g** | Nabo rallado

Cortar la espinaca y el repollo en chiffonade, y la zanahoria y la cebolla en escabeche en juliana. Agregar el nabo y la manzana verde. Añadir la sal y dejar reposar por 10 minutos. Una vez transcurrido el tiempo, agregar el resto de los ingredientes (20 g de mostaza, 50 g de yogurt griego, 50 g de azúcar, 30 g de vinagre de manzana, 20 g de cilantro y 50 g de mayonesa) y mezclar. Reservar en refrigeración por mínimo dos horas.



Montaje

Cocinar en una plancha la hamburguesa 4 minutos por lado. En un pan, poner la hamburguesa, agregar la salsa BBQ y la ensaladilla. Acompañar con papas nativas asadas.

ENSALADA DE ALGAS MARINAS / SEAWEED SALAD

INGREDIENTES | para 1 porción

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para el aderezo	
50 g Salsa de soya	Mezclar todos los ingredientes y reservar.
20 g Azúcar	
10 g Aceite de sésamo	
10 g Vinagre de arroz	
30 g Jugo de limón	
Para el montaje	
80 g Fideos de poroto Vermicelli	Condimentar las zanahorias, las algas y
20 g Huiro	gajos de pomelo con el aderezo y acomodar
20 g Lechuga de mar	la ensalada sobre los fideos previamente
20 g Luga roja	cocidos. Agregar las hojas de cilantro,
15 g Maní tostado	hierbabuena y el maní tostado.
20 g Cilantro	
10 g Hierbabuena	
20 g Zanahoria en juliana	
40 g Aderezo	



CORDERO, PAPAS Y LUCHE

/ LAMB, POTATOES AND NORI

INGREDIENTES | para 5 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para la salsa	
50 g Luche	
100 g Cebolla	
100 g Zanahoria	
30 g Apio	
100 g Puerro	
1.000 g Huesos de cordero	En el horno dorar el <i>mirepoix</i> (cebolla, zanahoria, apio y puerro cortados en cubos pequeños) y los huesos de cordero hasta que tomen un color caramelo. Pasar a un fondo y agregar el concentrado de tomate, 20 g de ajo, vino tinto, un velo de harina (15 g) y el agua restante. Condimentar con las hierbas (10 g de finas hierbas), el luche y 20 g de miel de ulmo. Dejar cocinar a 100 °C (o fuego mínimo) por 4 horas. Una vez finalizada la cocción, filtrar el caldo con ayuda de una malla fina y dejar reducir hasta conseguir una salsa con una buena textura. Rectificar sal y reservar.
15 g Aceite de oliva	
100 g Vino tinto	
20 g Concentrado de tomate	
2.000 g Agua	
Para las papas con luche	
1.000 g Papas	Cocinar las papas en octavos a partir de agua fría con 10 g de sal. En una olla, saltear la cebolla con 20 g de aceite de oliva y 20 g de ajo; agregar las papas y dorar. Finalmente agregar el luche y reservar.
200 g Luche	
100 g Cebolla	
Para las costillas de cordero	
500 g Costillas de cordero	Sellar las costillas de cordero aromatizadas con las finas hierbas en una plancha hasta conseguir que la carne esté a 58 °C en su interior.
30 g Aceite de oliva	
15 g Finas hierbas	
5 g Sal	
Para las berenjenas	
200 g Berenjenas	Partir las berenjenas en mitades y realizar pequeños cortes en la parte interna. Cubrir con el aceite de oliva y las hierbas y hornear a 170 °C por 35 minutos.
20 g Aceite de oliva	
10 g Finas hierbas	
2 g Sal	



Montaje

En un plato disponer las costillas de cordero con la salsa de carne. Agregar las papas con luche, la berenjena asada y agregar láminas de luche finas.

CHARQUICÁN DE COCHAYUYO

/ CHILEAN JERKY STEW WITH SEAWEEDS

El charquicán es un guiso tradicional chileno de carne de res seca y salada (charqui), cocido a fuego lento con zapallo y papas. / Charquican is a traditional Chilean stew of beef jerky (charqui) slow-cooked with squash and potatoes.

INGREDIENTES | para 5 porciones

PRODUCTOS

ELABORACIÓN

Para el cochayuyo

200 g | Cochayuyo

Tostar el cochayuyo en un horno a 120 °C por 9 minutos. Triturar con las manos en pequeños trozos y reservar.

Para el charquicán

100 g | Cebolla

En una olla saltear la cebolla, zanahoria y ajo picados. Agregar el zapallo y las papas peladas en trozos medianos. Condimentar con el ají de color, el orégano, comino y sal y agregar abundante agua. Cocinar por aproximadamente 25 minutos o hasta que las papas y el zapallo estén bien cocidos. Por otra parte, escaldar las arvejas y porotos verdes laminados hasta que estén cocidos y enfriar rápidamente en agua fría con hielo. Escurrir y reservar.

30 g | Zanahoria

300 g | Zapallo

500 g | Papas

20 g | Aceite de oliva

10 g | Ajo

10 g | Ají de color

10 g | Orégano

3 g | Comino

50 g | Arvejas

50 g | Porotos verdes

1.000 g | Agua

10 g | Sal



Montaje

Con ayuda de un pisapuré aplastar ligeramente las papas y el zapallo cocidos. Agregar las arvejas y los porotos verdes cocidos y el polvo de cochayuyo tostado. Servir el charquicán en un pocillo de greda y acompañar con un huevo frito.

FALSO HELADO DE MATCHA

/ FAKE MATCHA ICE CREAM

Matcha es un té verde en polvo preparado especialmente, que se utiliza en la ceremonia japonesa del té y para dar sabor a platos debido a su alto contenido de aminoácidos.
/ Matcha is a fine, powdered and specially prepared green tea used in Japanese tea ceremony and for dyeing and flavouring dishes due to its high content of amino acids.

INGREDIENTES | para 8 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para la salsa 100 g Crema de leche (35% M.G.) 278 g Leche entera (3,5% M.G.) 20 g Leche descremada en polvo 40 g Dextrosa 10 g Polvo de lechuga de mar 30 g Té chai	En una olla infusionar la leche a 60 °C con el té verde por al menos 20 minutos. Filtrar y con ayuda de una licuadora de mano triturar todos los ingredientes, incluyendo 50 g de azúcar y 2 g de estabilizante neutro. Llevar a una máquina de helados y mantecar. Una vez listo el helado, llevar a un molde de paletas de silicona, introducir un palo de helado y congelar por al menos 4 horas.
Para la paleta de helado 200 g Chocolate blanco 20 g Manteca de cacao 1 g Paleta de helado	Fundir el chocolate y la manteca de cacao. Bañar la paleta de helado por completo para obtener una fina capa de chocolate en el exterior. Reservar en congelación.
Para la sopa fría de yogur y chocolate 300 g Yogurt natural 70 g Chocolate blanco	Mezclar el yogurt y el chocolate blanco fundido con 80 g de crema y 50 g de jugo de limón. Reservar.
Para el crumble de chocolate 100 g Mantequilla 50 g Azúcar impalpable (flor) 130 g Harina 20 g Cacao 40 g Harina de almendra	Cernizar (juntar con las manos) todos los ingredientes con 20 g de huevos hasta formar una masa. Pasar la masa a través de una rejilla de 0,5 cm x 0,5 cm. Hornear a 180 °C por 12 minutos. Reservar.
Para la salsa de maracuyá-mango-jengibre 50 g Pulpa de maracuyá 120 g Mango 80 g Azúcar 2 g Jengibre 3,5 g Agar-agar	Unir todos los ingredientes en 100 g de agua y llevar a fuego hasta hervir. Pasar a un recipiente y enfriar por 1 hora. Una vez formado el gel con el agar-agar, triturar en un procesador hasta formar una salsa lisa. Pasar por un colador fino y reservar.

Montaje

Agregar la sopa de chocolate y yogurt. Sobre esta ubicar el helado y alrededor los trozos de *crumble*. Sobre la paleta agregar la salsa y decorar con flores comestibles.



PANAL DE ABEJA / HONEYCOMB

INGREDIENTES | para 8 porciones

PRODUCTOS	ELABORACIÓN
Para el panal 100 g Cochayuyo 50 g Aceite de maravilla	Tomar un trozo de cochayuyo y separar el panal de la corteza exterior con un cuchillo serrucho. Freír en aceite a 120 °C por 10 segundos. Reservar.
Para el helado de miel 200 g Crema de leche 500 g Leche entera 80 g Leche descremada en polvo 240 g Azúcar 130 g Dextrosa 40 g Miel de ulmo 5 g Estabilizante neutro	Procesar todos los ingredientes y llevar a una máquina de helados.
Para la tres leches de canela y café 50 g Mantequilla 50 g Azúcar impalpable (flor) 50 g Harina 50 g Huevos 100 g Crema 100 g Leche evaporada 80 g Leche condensada 5 g Canela 5 g Café soluble 25 g Licor de café	En una batidora cremar la mantequilla con el azúcar flor, agregar los huevos y finalmente la harina previamente tamizada. Pasar la mezcla a un molde de silicona y hornear los bizcochos a 180 °C por 45 minutos. Por otra parte, mezclar los lácteos con las especias y el licor de café. Una vez fríos los bizcochos, sumergirlos en la mezcla de leches y reservar.
Para el caramelito de cochayuyo 100 g Cochayuyo 500 g Agua 100 g Azúcar 2 g Sal	En una bolsa plástica para vacío, agregar el alga y el agua, y cocinar en un termocirculador a 60 °C por dos horas. Filtrar el líquido por una malla fina y agregar el azúcar. Calentar hasta que llegue a 104 °C. Agregar la sal y enfriar.

Montaje

En un plato poner el bizcocho, sobre este una *quenelle* (porción redondeada) de helado de miel y verter hilos de salsa de cochayuyo. Terminar con trozos del panal y flores comestibles.





AGRADECIMIENTOS / ACKNOWLEDGEMENTS

El autor ha tenido la fortuna de degustar las algas en Oriente, en restaurantes europeos y nacionales como también de saborearlas en su casa y en la cocina experimental de la Unidad de Ingeniería Gastronómica. Se agradece en forma muy especial a nuestra chef Nicole Ferrada, al equipo de la Unidad de Ingeniería Gastronómica en la Escuela de Ingeniería, en particular a Cinthya Mateluna, Claudia Matamala y a la estudiante de doctorado Valentina Figueroa. A pesar de toda esta experiencia y apoyo, no ha sido fácil realizar este libro en un período en que el país ha debido enfrentar la terrible pandemia del Covid-19. Un reconocimiento especial a los directivos de Extractos Naturales Gelymar S.A., Sres. Andrés Hohlberg y Jaime Zamorano, quienes revisaron una versión preliminar del texto. Agradecimientos especiales a Comunicaciones UC, en las personas de Soledad Hola y Catalina Fuentes, quienes nuevamente (anteriormente en *La Anchoveta Chilena*) entregaron cariño y entusiasmo en la edición del libro. Nuestro trabajo en algas marinas comestibles está parcialmente financiado por el proyecto Fondecyt 1180082 del Fondo Nacional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

The author has had the fortune of tasting seaweed in the Orient, in European and Chilean restaurants as well as tasting them at his home and in the experimental kitchen of the Gastronomic Engineering Unit. Very special thanks goes to our chef Nicole Ferrada, the team of the Gastronomic Engineering Unit at the School of Engineering, in particular, Cinthya Mateluna, Claudia Matamala and PhD student Valentina Figueroa. Despite all this experience and support, it has not been easy to make this book in a period when the country has had to face the terrible Covid-19 pandemic. Special recognition to the directors of Extractos Naturales Gelymar S.A., Andrés Hohlberg and Jaime Zamorano, who reviewed a preliminary version of the text. Special thanks to Comunicaciones UC, Soledad Hola and Catalina Fuentes, who again (previously in *La Anchoveta Chilena*) gave enthusiasm and care in the edition of the book. Our work on edible seaweed is partly funded by the Fondecyt project 1180082 of the National Fund for Scientific and Technological Development.



REFERENCIAS / REFERENCES

- | Aguilera, J.M., Moreno, M.C. (2021). Teaching engineering and food: from traditional approaches to a flipped course on gastronomic engineering. *Food Engineering Reviews*. doi: 10.1007/s12393-021-09281-0.
- | Álvarez, G., Uribe, E. (2018). *Comiendo Algas. Recetas de cocina*. Ran Chile Impresores, Santiago, Chile. <http://www.cidta-ucn.cl/archivo/documento/documento/4/Libro%20recetario%20de%20algas.PDF>.
- | Anónimo (1882). *Nuevo Manual de Cocina*. Imprenta del Nuevo Mercurio, Valparaíso, Chile.
- | Aryee, A.N.A., Agyei, D., Akanbi, T.O. (2018). Recovery and utilization of seaweed pigments in food processing, *Current Opinion in Food Science*. doi:10.1016/j.cofs.2018.03.013.
- | Ashila, Y., Rahmatunnisa, S., Zahra, G. (2021). Application of agar-agar as food additives. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research* 12(5), 13-24. doi:10.9734/ajfar/2021/v12i530244.
- | Astorga, M., Mansilla, A., Ojeda, A., Marambio, J., et al. (2017). Nutritional properties of dishes prepared with sub-antarctic macroalgae - an opportunity for healthy eating. *Journal of Applied Phycology* 29(5), 2399-2406. doi:10.1007/s10811-017-1131-5.
- | Bangmei, X., Abbott, I.A. (1987). Edible seaweeds of China and their place in the Chinese diet. *Economic Botany* 41(3), 341-353.
- | Birch, D., Skallerud, K., Paul, N. (2019). Who eats seaweed? An Australian perspective, *Journal of International Food & Agribusiness Marketing* 31, 329-351. doi:10.1080/08974438.2018.1520182
- | Bradford, M. (2014). *Algas: Las verduras del mar*. Editorial Océano, Barcelona, España.
- | Brunner, A. (2011). *Algas: Sabores marinos para cocinar*. Editorial Hispano Europea S.A., Barcelona, España.
- | Cheigh, H.-S., Park, K.-H., Lee, C.Y. (1994). Biochemical, microbiological, and nutritional aspects of kimchi (Korean fermented vegetable products). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 34(2), 175-203. doi:10.1080/10408399409527656.
- | Cherry, P., O'Hara, C., Magee, P.J., McSorley, E.M., Allsopp, P.J. (2019a). Risks and benefits of consuming edible seaweeds. *Nutrition Reviews* 77(5), 307-329. doi:10.1093/nutrit/nuy066.
- | Cherry, P., Yadav, S., Strain, C.R., Allsopp, P.J., et al. (2019b). Prebiotics from seaweeds: An ocean of opportunity? *Marine Drugs* 17(6), 327-69. doi:10.3390/md17060327.
- | Cornish, M., Critchley, A., Mouritsen, O. (2017). Consumption of seaweeds and the human brain. *Journal of Applied Phycology* 29(5), 2377-2398.
- | Cortés, M., Emery, F. (2012). *Cocinando con algas de la huerta del mar*. <http://www.capia.cl/wp-content/uploads/sites/20/2017/06/recetario-algas-huerta-del-mar.pdf> [consulta 11 de junio de 2021].
- | Dillehay, T.D., Ramírez, C., Pino, M., Collins, M.B., Rossen, J., Pino-Navarro, J.D. (2008). Monte Verde: seaweed, food, medicine, and the peopling of South America. *Science* 320, 784–786.
- | Escandón, P. (2019). *Algas Pacíficas: Mar y cocina de Chile*. Editorial María Dolores, Santiago, Chile.
- | FAO (2016). *El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación*. <http://www.fao.org/3/i6030s/i6030s.pdf> [consulta 29 de junio de 2021].
- | FAO (2018). *El Estado Mundial de la Pesca y la Acuicultura*. <http://www.fao.org/3/I9540es/i9540es.pdf> [consulta 29 de junio de 2020].

- | FIA (2018). *Patrimonio alimentario de Chile. Productos y preparaciones de la Región de la Araucanía*. <http://www.fia.cl/download/patrimonio-alimentario/Inventario-Patrimonio-Araucanía.pdf> [consulta 30 de mayo de 2020].
- | Figueroa, V., Farfán, M., Aguilera, J.M. (2021). Seaweeds as novel foods and source of culinary flavors. *Food Reviews. International*. doi:10.1080/87559129.2021.1892749.
- | Fleurence, J., Levine, I. (eds.). (2016). *Seaweed in Health and Disease Prevention*. Academic Press, London.
- | Galetovic, A., Araya, J.E., Gómez-Silva, B. (2017). Composición bioquímica y toxicidad de colonias comestibles de la cianobacteria andina Nostoc sp. Llaita. *Revista Chilena de Nutrición* 44(4), 360-370. doi:10.4067/S0717-75182017000400360.
- | Gálvez, G.C. (2018). *El Menú de Chile. Reconocimiento a las cocinas patrimoniales*. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes. Salesianos, Santiago, Chile.
- | Gamero-Vega, G., Palacios, M., Quirral, V. (2020). Nutritional composition and bioactive compounds of red seaweed: A mini-review. *Journal of Food and Nutrition Research* 8, 431-440. doi:10.12691/jfnr-8-8-7.
- | Gupta, S., Abu-Ghannam, N. (2011). Bioactive potential and possible health effects of edible brown seaweeds. *Trends in Food Science & Technology* 22, 315-326.
- | Guzmán, R. (2017). *Coming from the South*. Phaidon Press Inc., New York.
- | Kadam, S., Álvarez, C., Tiwari, B., O'Donnell, C. (2015). Extraction of biomolecules from seaweeds. In: *Seaweed Sustainability*, pp. 243-269. Academic Press, San Diego.
- | Kumar, M.S., Sharma, S.A. (2020). Toxicological effects of marine seaweeds: A cautious insight for human consumption. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 61(3), 500-521. doi:10.1080/10408398.2020.1738334.
- | Lozano-Muñoz, I., Díaz, N.F. (2020). Minerals in edible seaweed: Health benefits and food safety issues. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. doi:10.1080/10408398.2020.1844637.
- | Luco, J., Osorio, M., Marchant, L., Muñoz, A. (2019). *Patrimonio Alimentario de Chile. Productos y preparaciones patrimoniales de la Región de Aysén*. A Impresores S.A., Santiago, Chile.
- | Mac Monagail, M., Cornish, L., Morrison, L., Araújo, R., Critchley, A.T. (2017). Sustainable harvesting of wild seaweed resources. *European Journal of Phycology* 52(4), 371-390. doi:10.1080/09670262.2017.1365273.
- | Mansi, C. (2010). *Sferificaciones y Macarrones*. Editorial Planeta, Barcelona.
- | Mansilla, A., González, L. (2012). *Uso de Algas Marinas en la Gastronomía Magallánica*. Universidad de Magallanes, Chile.
- | Marfaing, H., Lemarié, J., Mollo, P., Vigneau, J. (2016). *Savez-vous Goûter les Algues?* École des Hautes Études en Santé Publique, Rennes, France.
- | Mateluna, C., Figueroa, V., Ortiz, J., Aguilera, J.M. (2020). Effect of processing on texture and microstructure of the seaweed *Durvillaea antarctica*. *Journal of Applied Phycology* 32, 4211-4219.
- | Ministerio de las Culturas, las Artes y el Patrimonio (2020). *El Menú de Chile: Reconocimiento a las cocinas patrimoniales 2019*. <https://www.cultura.gob.cl/wp-content/uploads/2018/03/el-menu-de-chile.-reconocimiento-a-las-cocinas-patrimoniales-modificado.pdf> [consulta 29 de junio de 2021].
- | Montecino, S. (2018). *El Menú de Chile: Reconocimiento a las cocinas patrimoniales*. Consejo Nacional de la Cultura y las Artes, Santiago, Chile.
- | Montes, R. (2016). La costa de Chile es una despensa. *Diario El País* (España). https://elpais.com/elpais/2016/04/12/estilo/1460469955_653458.html. [consulta 7 de enero de 2019].

- | Morais, T., Inacio, A., Coutinho, T., Ministro, M., et al. (2020). Seaweed potential in the animal feed: A review. *Journal of Marine Science and Engineering* 8(8), 559–624. doi:10.3390/jmse8080559.
- | Mouritsen, O.G. (2013). *Seaweeds: Edible, available, and sustainable*. University of Chicago Press, Chicago.
- | Mouritsen, O.G., Rhatigan, P., Pérez-Lloréns, J.L. (2018). World cuisine of seaweeds: science meets gastronomy. *International Journal of Gastronomy and Food Science* 14, 55–65.
- | Mouritsen, O.G., Williams, L., Bjerregaard, R., Duelund, L. (2012). Seaweeds for *umami* flavour in the New Nordic Cuisine. *Flavour* 1(1), 4. doi:10.1186/2044-7248-1-4.
- | Nelson, M., Phleger, C., Nichols, P. (2002). Seasonal lipid composition in macroalgae of the northeastern Pacific Ocean. *Botanica Marina* 45, 58–65.
- | O'Connor, K. (2017). *Seaweed: A global history*. Reaction Books, London.
- | Okin, G.S. (2017). Environmental impacts of food consumption by dogs and cats. *PLoS ONE* 12(8), e0181301. doi:10.1371/journal.pone.0181301.
- | ONU (2020). *A deep dive into Zero Hunger: the seaweed revolution*. <https://news.un.org/en/story/2020/11/1077212>. [consulta 26 de diciembre de 2020].
- | Onwezen, M.C., Bouwman, E.P., Reinders, M.J., Dagevos, H. (2020). A systematic review on consumer acceptance of alternative proteins: pulses, algae, insects, plant-based meat alternatives, and cultured meat. *Appetite* 105058. doi: 10.1016/j.appet.2020.105058.
- | Ortiz, J. (2011). Composición nutricional y funcional de algas pardas chilenas: *Macrocystis pyrifera* y *Durvillaea antarctica*. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/121459>. [consulta 29 de junio de 2021].
- | Ortiz, J., Romero, N., Robert, P., Araya, J., Lopez-Hernández, J., Bozzo, C., Rios, A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry* 99, 98–104.
- | Pangestuti, R., Siahaan, E.A. (2018). Seaweed-derived carotenoids. In Y. Qin (ed.), *Bioactive Seaweeds for Food Applications*, Academic Press, London, pp. 95–107. doi:10.1016/B978-0-12-813312-5.00005-4
- | Peñalver, R., Lorenzo, J.M., Ros, G., Amarowicz, R., Pateiro, M., Nieto, G. (2020). Seaweeds as a functional ingredient for a healthy diet. *Marine Drugs* 18(6), 301. doi:10.3390/md18060301.
- | Pereira, L. (2016). *Edible Seaweeds of the World*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- | Pereira Salas, E. (2007). *Apuntes para la Historia de la Cocina Chilena*. Uqbar Editores, Santiago, Chile.
- | Poojary, M., Barba, F., Aliakbarian, B., Donsi, F., Pataro, G., Dias, D., Juliano, P. (2016). Innovative alternative technologies to extract carotenoids from microalgae and seaweeds. *Marine Drugs* 14, 214. doi:10.3390/ md14110214.
- | Porse, H., Rudolph, B. (2017). The seaweed hydrocolloid industry: 2016 updates, requirements, and outlook. *Journal of Applied Phycology* 29, 2187–2200. doi:10.1007/s10811-017-1144-0
- | Prager, H. R. (2016). *What can be done to increase acceptance of seaweed into the Western diet?* <https://www.ntnu.edu/documents/139799/1273574286/TPD4505.Henry.Prager.pdf/bcb465ea-79e3-45c0-b1d2-1775b3d1852f> [consulta 6 abril 2021].
- | Puscaselu, G., Lobiu, A., Dimian, M., Covasa, M. (2020). Alginate: From food industry to biomedical applications and management of metabolic disorders. *Polymers* 12(10), 2417. doi:10.3390/polym12102417.
- | Quítral, V., Morales, C., Sepúlveda, M., Schwartz, M. (2012). Nutritional and health properties of seaweeds and its potential as a functional ingredient. *Revista Chilena de Nutrición* 39(4), 196–202.
- | Ramírez, M.E. (2010). *Algas marinas bentónicas*. En: S. Palma, P. Báez, G. Pequeño (eds.), *Bibliografía sobre Biodiversidad Acuática de Chile*, pp. 13–28. Comité Oceanográfico Nacional, Valparaíso.

- | Redzepi, R. (2011). Noma: *Time and Place in Nordic Cuisine*. Phaidon, London.
- | Rhatigan, P. (2009). *The Irish Seaweed Kitchen*. Booklink Co., Down, Ireland
- | Rioux, L.-E. Beaulieu, L., Turgeon, S.L. (2017). Seaweeds: A traditional ingredients for new gastronomic sensation. *Food Hydrocolloids* 68, 255-265. doi:10.1016/j.foodhyd.2017.02.005.
- | Roohinejad, S., Koubaa, M., Barba, F. J., Saljoughian, S., Amid, M., Greiner, R. (2017). Application of seaweeds to develop new food products with enhanced shelf-life, quality and health-related beneficial properties. *Food Research International* 99, 1066-1083. doi:10.1016/j.foodres.2016.08.016
- | Rothäusler, E., Gutow, L., Thiel, M. (2012). Floating seaweeds and their communities. *Seaweed Biology* 219, 359-380. doi:10.1007/978-3-642-28451-9_17.
- | Sernapesca (2019). *Anuarios Estadísticos de Pesca y Acuicultura*. <http://www.sernapesca.cl/informacion-utilidad/anuarios-estadisticos-de-pesca-y-acuicultura> [consulta 20 de octubre de 2020].
- | Shi, Q., Wang, A., Lu, Z., Qin, C., Hu, J., Yin, J. (2017). Overview on the antiviral activities and mechanisms of marine polysaccharides from seaweeds. *Carbohydrate Research* 453-454, 1-9. doi:10.1016/j.carres.2017.10.020.
- | Shu, N., Shen, H. (2012). Identification of odour-active compounds in dried and roasted nori using a simplified gas chromatography-SNIF technique. *Flavor and Fragrance Journal* 27(2), 157-164. doi:10.1002/ffj.2096.
- | Subpesca (2009). Instituto de Fomento Pesquero. https://www.subpesca.cl/portal/616/articles-4806_documento.pdf [consulta 21 de mayo de 2021].
- | Suwonsichon, S. (2019). The importance of sensory lexicons for research and development of food products. *Foods* 8 (1), 27. doi:10.3390/foods8010027.
- | Tinellis, C. (2014). *Coastal Chef: Culinary art of seaweed and algae in the 21st century*. Harbour Publishing House, Australia.
- | Tiwari, B., Troy, D. (2015). *Seaweed Sustainability – Food and nonfood applications*. Academic Press, London.
- | Turner, H. (2021) Plant proteins: 'Sei-what'? *Today's Dietitian* 23(1), 16. <https://www.todaysdietitian.com/newarchives/0121p16.shtml> [consulta 29 de junio de 2021].
- | Uchida, M., Miyoshi, T. (2013). Algal fermentation - The seed for a new fermentation industry of foods and related products. *Japan Agricultural Research Quarterly* 47(1), 53-63.
- | Universidad Arturo Prat (2014). *Incorporación de la industria alimentaria de consumo humano directo como fuente de agregación de valor para las macroalgas nacionales*. https://www.subpesca.cl/fipa/613/articles-89395_informe_final.pdf [consulta 21 de septiembre de 2020].
- | Venkatesan, J., Anil, S., Kim, S.-K. (2017). Introduction to seaweed polysaccharides. In: *Seaweed Polysaccharides: Isolation, biological and biomedical applications*, pp 1-9. Elsevier, Amsterdam.
- | Vergara, T., Jerez, G. (2017). *Alimentos Nutritivos Gourmet*. ValueOcean Comunicaciones. http://valueoceancocomunicaciones.cl/site/wp-content/uploads/2018/03/ALGOURMET_26MARZ.pdf [consulta 29 de junio de 2021].
- | Vo, T.S., Kim, S.-K. (2013). Fucoidans as a natural bioactive ingredient for functional foods. *Journal of Functional Foods* 5(1), 16-27. doi:10.1016/j.jff.2012.08.007.
- | Westermeier, R., Murúa, P., Robles, Barría, M. et al. (2019). Population biology and chemical composition of the red alga *Callophyllis variegata* (Rhodophyta; Cryptonemiales) in southern Chile. *Journal of Applied Phycology*, doi:10.1007/s10811-019-01988-2
- | Yaich, H., Garna, H., Besbes, S., et al. (2011). Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry* 128(4), 895-901.

www.gastronomicengineering.com
@GastronomicEng (Twitter)
@ing.gastronomica (Instagram)



FACULTAD DE INGENIERÍA
PONTIFICIA UNIVERSIDAD
CATÓLICA DE CHILE



Las costas de Chile albergan una multitud de especies de algas marinas comestibles. Sin embargo, su consumo directo es muy bajo en comparación con países como China, Corea del Sur y Japón. Además de su gran aporte como alimentos, estos "vegetales marinos" contribuyen a capturar CO₂ de la atmósfera y crean nichos ecológicos en el mar que albergan una rica biodiversidad de otros organismos.

Los capítulos de este libro contienen antecedentes históricos, culturales y científicos sobre las algas y sus derivados en la alimentación y la gastronomía mundial y nacional. Detalla las características de las principales algas comestibles de Chile, su papel en la cocina tradicional y vanguardista de nuestros cocineros, y variadas aplicaciones en productos de consumo masivo. Concluye con diez innovadoras recetas elaboradas en nuestra cocina experimental y una completa lista con más de 80 referencias.

Las Algas Chilenas sobre la Mesa es una invitación a apreciar el valor alimenticio y culinario de este valioso recurso, de este modo acercarlo a nuestras cocinas y paladares.

The coast of Chile is home to a multitude of edible seaweed species, however, their direct consumption is very low compared to countries such as China, South Korea and Japan. In addition to their major contribution as food, these "sea vegetables" help capture CO₂ from the atmosphere and create ecological niches in the sea that are home to a rich biodiversity of other organisms.

Chapters of this book contain a historical, cultural and scientific background on seaweeds and their applications in food and gastronomy. They detail the characteristics of the main edible seaweeds in Chile, their role in the traditional and avant-garde cuisine of our chefs, and several novel applications in commercial products. The book concludes with ten innovative recipes made in our experimental kitchen, and over 80 useful references.

Seaweeds from Chile on the Table is an invitation to appreciate the nutritional and culinary value of this valuable resource, thus, bringing it closer to our kitchens and palates.