

Valoración nutricional y económica de la utilización de algas

JESÚS FLETA ZARAGOZANO (*)

JORGE FLETA ASÍN (**)

1. INTRODUCCIÓN

La capacidad para alimentar a una población mundial creciente es uno de los retos a los que se enfrenta la sociedad en los próximos años. Uno de los recursos marinos que presenta mayor abundancia y menor explotación en el planeta son las algas, por lo que podrían constituir una posibilidad para mitigar este problema (McHugh, 2003). En general, los vegetales marinos presentan un rápido crecimiento y facilidad para adaptarse al medio por lo que permiten aprovechar economías de escala aprovechando su crecimiento natural (Alfonso y Blanco, 2008).

Las algas pueden consumirse no sólo directamente como alimento, sino que de ellas pueden extraerse múltiples elementos (Burtin, 2003). El principal componente de las algas es el agua, por lo que su valor energético no es muy elevado; presentan valor nutricional porque son ricas en proteínas, fibra, antioxidantes, azúcares y vitaminas, específicamente vitamina K y ácido fólico, ácidos grasos omega-3, a la vez que son bajos en calorías y grasas (ver Tablas 1, 2 y 3) (Burtin, 2003; Dawczynski, 2007; Mĭsurcová et al., 2011).

Sus componentes, además de ser importantes desde el punto de vista nutricional, contienen sustancias de actividad biológica como el fucoidan,

(*) *Doctor en Medicina y en Veterinaria. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Zaragoza. jfleta@unizar.es.*

(**) *Doctor en Economía. Centro Universitario de la Defensa. Universidad de Zaragoza. jorge.fleta@unizar.es*

- Revista Española de Estudios Agrosociales y Pesqueros, n.º 253, 2019 (37-63).

Recibido agosto 2018. Revisión final aceptada abril 2019.

gliotoxina, laminarina, lofocladina o flavonoides (Moussavou et al, 2014). Éstas podrían ayudar a la prevención de algunas enfermedades, como pueden ser el cáncer de colon (Moussavou et al, 2014), mama (Funahashi et al, 2001), pulmón (Lee et al, 2012) y tiroides (Michikawa et al, 2012), así como cardiovasculares (Yamori et al. 2001; Bocanegra et al., 2009) o el síndrome metabólico (Kumar y Brown, 2013).

Estos organismos presentan ventajas que exceden a las proporcionadas por su consumo directo. Así, su producción presenta un gran potencial para ayudar en la lucha contra el cambio climático, ya que de ellos se puede obtener energía, como biodiesel, usarlos para el tratamiento de aguas residuales, como biofertilizantes e integrarse en la cadena alimenticia de los animales (Ibañez y Herrero, 2017). Asimismo, de su producción se derivan otros productos con múltiples usos que se utilizan en otras industrias como las alimenticias para productos de consumo humano y animal (p.e. los carragenatos como espesante), así como cosmética (McHugh, 2003; Alfonso y Blanco, 2008; Ferdouse et al, 2018). Por ello, en la actualidad se están investigando algunas de las características únicas que poseen estos organismos vivos, dado que pueden convertirse en una de las bases de la alimentación del futuro y constituyen una industria creciente para otros productos (Bocanegra et al., 2009; Gutiérrez et al., 2017).

Sin embargo, su importancia nutricional e industrial debería incluir no solo sus bondades, sino la valoración de posibles efectos perjudiciales y valor económico de su producción. Por ejemplo, las algas pueden contener niveles elevados de otras sustancias como yodo, arsénico o plomo que en determinadas cantidades pueden presentar efectos nocivos para el consumo humano y, por tanto, es preciso conocer (Salas et al., 2002; Burtin, 2003).

Con este objetivo, en el presente trabajo se exponen en el apartado dos las características generales de las algas. En el siguiente apartado tres se revisan las propiedades beneficiosas y posibles efectos perjudiciales de su utilización. A continuación, en el apartado cuatro, se valora la producción mundial de algas mediante el análisis de sus cuantías y concentración, así como su distribución por áreas geográficas y países, con especial atención al lugar que ocupa España en su conjunto. Finalmente, en el apartado quinto, se exponen las conclusiones.

2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LAS ALGAS

Se entiende por alga (del latín “alga”, cosa vil o despreciable) cada una de las plantas talofitas, unicelulares (microalgas) o pluricelulares (microalgas y macroalgas), que viven preferentemente en el agua, tanto dulce como salada, y que, en general, están provistas de clorofila, acompañada a veces de otros pigmentos de colores variados (Bocanegra et al., 2009). El talo de las pluricelulares tiene forma de filamento, de cinta o de lámina y puede ser ramificado (Brocks et al., 2017).

Aunque algunos expertos ubican las algas en el grupo de las plantas inferiores, no existe unanimidad ya que otros sitúan estos organismos entre los protistas, es decir, no las consideran animales, vegetales ni hongos (Hurd et al., 2014).

Las algas son organismos con capacidad de realizar la fotosíntesis oxigénica y obtener el carbono orgánico con la energía de la luz del sol, diferente de una embriofita o planta terrestre (Hurd et al., 2014). En la definición moderna del término se consideran solo organismos eucariotas. Esto incluye a las algas verdes, que se suelen clasificar entre las plantas; las algas pardas, que son protistas; las algas rojas, que se pueden clasificar entre las plantas o entre los protistas según el criterio que se tome; y varios grupos de protistas unicelulares o coloniales que forman parte del fitoplancton (Bocanegra et al., 2009; Gutiérrez et al., 2017).

En la literatura científica se han descrito algo más de 45.000 especies, si bien algunos grupos están pendientes de una clasificación definitiva (Ismail y Hong, 2002). Estos organismos son cosmopolitas y viven prácticamente en todos los medios, aunque están relacionados fundamentalmente con el medio acuático, se desarrollan también en ambientes variados y extremos como el suelo, la nieve o el hielo y sobre otros vegetales (Hurd et al., 2014). La importancia de las algas para los ecosistemas reside en que son los principales productores primarios y la base de la cadena trófica (Gómez, 2013).

3. PROPIEDADES DE LAS ALGAS

3.1. Efectos beneficiosos de las algas y usos de sus derivados

En general, las algas destacan por su alto poder nutritivo y su escaso contenido en calorías y grasas. Aun siendo bajo el contenido en grasas, des-

taca la presencia de ácidos grasos poliinsaturados, linoleico y α -linolénico que protegen la piel y las mucosas de la actividad de los radicales libres actuando contra el envejecimiento (Alfonso y Blanco, 2008). Contienen carbohidratos y son una fuente inigualable de proteínas vegetales completas porque aportan aminoácidos esenciales en cantidades significativas; son depurativas, ya que disponen del peculiar ácido algínico que contribuye a la eliminación en el organismo de metales pesados como el arsénico, el plomo y el mercurio; gracias a este elemento, se pueden eliminar la grasa y las toxinas depositadas en la sangre (Ortiz et al., 2006; Gómez-Ordóñez et al., 2010; Kumar et al., 2011).

Estos vegetales, mayoritariamente marinos, también poseen altas concentraciones de minerales como magnesio, yodo, fósforo, hierro, calcio, potasio, silicio y sodio, sustancias idóneas para remineralizar y fortalecer los huesos, las uñas, la piel y el cabello (Alfonso y Blanco, 2008). Además, aportan zinc, elemento necesario para la correcta secreción y asimilación de la insulina (Freitas, 1990). Contienen vitaminas A, B₁, B₂, B₆, C, D, E y K y, en menor medida de la vitamina B₁₂, de gran escasez en los vegetales terrestres, siendo fundamental en la síntesis del ADN, la formación de los glóbulos rojos y las células de las paredes del estómago (Mabeau y Fleurence, 1993; Chandini et al., 2008; Devi et al., 2011; Quitral et al., 2012). Esta última tiene potencial antianémico, además de que podría formar parte de la dieta de vegetarianos al ser sustitutiva de la de origen animal (Rauma et al, 1995). Sin embargo, otros estudios sostienen que en realidad la relación entre las algas y la presencia de vitamina B₁₂ funcional no está clara (Yamada et al, 1996), ya que en realidad contendrían compuestos relacionados con ésta como los cobalamínicos (Iwasaki, 1965; Yamada et al, 1999).

Tanto los minerales como las vitaminas de las algas constituyen micronutrientes a los que se atribuyen propiedades antibacterianas, antivirales, reducen el colesterol y presentan gran cantidad de fibra estimulando el tracto intestinal (Alfonso y Blanco, 2008).

Precisamente, investigaciones realizadas, han puesto de manifiesto que las algas rojas y pardas, tienen “*in vitro*” propiedades tecnológicas funcionales (capacidad de hinchamiento, retención de agua y aceite), así como propiedades biológicas atribuibles a los polisacáridos sulfatados de las fi-

bras (como la capacidad antioxidante y anticoagulante) (Wong y Cheung, 2000, 2001; Devi et al., 2011; Gómez, 2013).

Los estudios “*in vivo*”, realizados en ratas, también han mostrado efectos beneficiosos sobre el perfil lipídico, estado antioxidante general y efecto prebiótico (Kumari et al., 2010).

En las Tablas 1, 2 y 3 se muestran algunas de las características de determinadas algas (Burtin, 2003).

Tabla 1

CONTENIDO DE FIBRA (% PESO EN SECO) EN ALGUNAS ALGAS EN COMPARACIÓN CON UNA FRUTA, UNA VERDURA Y UN CEREAL

Alga	Soluble	Insoluble	Total
Nori (<i>Porphyra tenera</i>)	17,9	6,8	24,7
Espagueti de mar (<i>Himanthalia elongata</i>)	25,7	7,0	32,7
Wakame (<i>Undaria pinnatifida</i>)	30	5,3	35,3
Kombu de Bretaña (<i>Laminaria digitata</i>)	32,6	4,7	37,3
Manzana	5,9	8,3	14,2
Calabacín	16,8	17,5	34,3
Salvado de trigo	8,0	77,0	85,0

Fuente: Burtin P, 2003.

Tabla 2

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE ALGUNAS ALGAS (G/100 G BASE SECA) (TASAS MEDIAS)

Alga	Proteína	Lípidos	Cenizas	Fibra dietética total
<i>Laminaria saccharina</i>	25,7	0,79	34,7	-
<i>Grateloupia turuturu</i>	22,9	2,6	18,5	60,4
<i>Ulva clathrata</i>	20,1	2,2	27,5	40,6
<i>Ulva lactuca</i>	27,2	0,3	11,0	60,5
<i>Durvillaea antártica</i>	11,6	4,3	25,7	-
<i>Hizikia fusiforme</i>	10,9	1,4	-	62,3

Fuente: Burtin P, 2003.

Tabla 3

CONTENIDO DE LÍPIDOS, EPA, DHA Y RELACIÓN OMEGA-6: OMEGA-3, EN ALGAS

Alga	Lípidos(g/100)	EPA*(%)	DHA*(%)	Relación omega-6/omega-3
<i>Ulva lactuca</i>	0,3	1,0	0,8	1,3
<i>Durvillaea antártica</i>	0,8	4,9	1,6	2,0
<i>Cidium fragile</i>	1,5	2,1	-	0,3
<i>Gracilaria chilensis</i>	1,3	1,3	-	3,4
<i>Macrocystis pyrifera</i>	0,7	0,4	-	7,4
<i>Porphyra sp.</i>	-	10,4	-	1,8
<i>Undaria pinnatifida</i>	-	13,2	-	0,5

Fuente: Burtin P, 2003

*EPA: ácido icosa-pentaenoico, ácido graso poliinsaturado. DHA: ácido docosa-hexaenoico, ácido graso poliinsaturado

Paralelamente, muchas investigaciones concluyen que las algas pueden proporcionar nuevos ingredientes que podrían ser utilizados por la industria alimentaria en la elaboración de alimentos funcionales (Kumari et al. 2010; Gómez, 2013; Radulovich et al., 2013). Por eso su consumo puede resultar de utilidad para los tiempos actuales, en la que los malos hábitos dietéticos, los alimentos procesados y el uso de sustancias químicas en la agricultura, desvirtúan el sentido de la nutrición (Plaza et al., 2008). Por ejemplo, algunos tipos de algas, como las rojas, tienen gran valor nutricional porque presentan un alto contenido proteico (Mabeau y Florence, 1993) y fibra soluble (Dawczynski et al, 2007) en comparación con la ingesta de otros vegetales.

Los efectos beneficiosos de las algas no solo se encuentran en su consumo directo. En la industria alimenticia existe una proliferación en el uso de compuestos ajenos a la propia composición del alimento y aditivos, por ello se buscan sustitutos y se revalorizan productos naturales como estos vegetales. En concreto, las algas poseen características propias de estructuras proteicas lo que permite su incorporación en alimentos cárnicos y en pastas, manteniendo o mejorando su calidad sensorial y nutritiva mediante pigmentos, proteínas funcionales y ácidos grasos poliinsaturados. Precisamente algunas proteínas de microalgas e hidrolizados permiten su utilización como emulsionantes (para mezclar sustancias poco miscibles), espumantes (para mantener la homogeneidad de dispersión de una fase

gaseosa en alimentos líquidos o sólidos), gelificación (para dar textura a un alimento mediante la formación de un gel), o capacidad de absorción de grasa en procesos industriales dotando a numerosos productos de ventajas en su elaboración (Caporgno y Mathys, 2018). En concreto estas propiedades se pueden lograr a través de los aditivos E-401 o alginato sódico (utilizado en nata entera pasteurizada, mermeladas o zanahorias), E-402 o alginato potásico (utilizado en postres y pudín, nata entera pasteurizada, mermeladas o preparados a base de fruta), E-403 o alginato amónico, E-404 o alginato cálcico, y E-406 o Agar-Agar (utilizados en mermeladas o preparados a base de fruta) (Walker et al., 2012).

Aunque su utilización pueda parecer novedosa, la sociedad de consumo actual lleva años utilizando e ingiriendo algas, porque diariamente están presentes en otros muchos productos además de los citados, como son la pasta dentífrica, cosméticos, cremas, champú, alimentos para animales, comidas para bebés, derivados lácteos, zumos, pasta, galletas, sopas de preparación instantánea, recubrimiento de embutidos y muchos otros que constituyen claros ejemplos de la presencia de las algas marinas en la vida cotidiana (Alfonso y Blanco, 2008; Radulovich et al., 2013; Gutiérrez et al., 2017).

Respecto a sus usos, en el caso de Europa, la mayor parte de las algas recolectadas se emplean para la extracción de ficocoloides, que son hidrocoloides polisacáridos (principalmente presentes en alginatos, agares y carrageninas), exclusivos de estos vegetales que no tienen equivalente sintético (McHugh, 2003). Los ficocoloides se utilizan como agentes gelificantes, espesantes y estabilizantes, así como artículos del hogar y el sector de la biomedicina (Gutiérrez et al., 2017). En concreto, España destaca como segundo productor mundial de agar, un gelificador muy utilizado en alimentación (Quitral et al., 2012).

3.2. Efectos nocivos de las algas

Existen diversas situaciones en las que las algas pueden resultar perjudiciales para el ser humano. En algunos casos no es necesaria su ingesta para que tenga efectos nocivos para la salud, como es el caso del contacto con determinados tipos de algas verde-azules del tipo *Lyngbya majuscula*, que comúnmente se encuentra en aguas tropicales y templadas en todo el mundo. El contacto con la misma puede provocar dermatitis de con-

tacto irritativa denomina dermatitis de *Lyngbya* que puede generar lesiones inicialmente con picazón o ardor, evolucionando a erupciones con ampollas que finalmente se descaman dejando erosiones visibles de color rojo brillante, remitiendo espontáneamente en aproximadamente una semana (Werner et al., 2012).

Las algas también pueden resultar perjudiciales por su consumo, ya que presentan de forma natural cantidades elevadas de sustancias potencialmente nocivas para algunos individuos. Por ejemplo, no se recomienda tomar algas ante dietas con alimentos muy ricos en yodo, como lo son el pescado y la sal yodada, sobre todo si se consume con mucha frecuencia y en gran cantidad. Aunque las algas presentan un notable contenido de determinados nutrientes, no es menos cierto que su contenido en yodo suele ser alarmantemente alto (Zimmerman y Delange, 2004; Emdler y Jack, 2011; AESAN, 2012). Este mineral, en exceso, puede resultar peligroso. Un ejemplo: un solo gramo del alga *Kombu* puede multiplicar por 5 el límite máximo de consumo de yodo establecido por las autoridades sanitarias (Zava y Zava, 2011). Algo similar ocurre con otras algas como *Wakame*, *Nori* o *Dulse*, entre otras (Mac Artain, 2007).

Asimismo, no se recomienda comer el alga *Hizikia*, por su elevado contenido en arsénico (AESAN, 2009; Zava y Zava, 2011). Los síntomas del envenenamiento con esta sustancia incluyen la pérdida de memoria, de cabello, dolores de cabeza, somnolencia y confusión general (Salas et al., 2002). No obstante, conviene tomar con cautela estos resultados, ya que las algas en su forma orgánica, tanto como su lavado y forma de preparación para el consumo, pueden provocar que la cantidad de arsénico presentes en la misma reduzca su toxicidad (Devesa et al, 2008; AESAN, 2009)

Además, las algas pueden almacenar otro tipo de partículas que pueden presentar un peligro para el ser humano. Precisamente, Greenpeace encontró altos niveles de radiación en algas de la costa de Fukushima y solicitó a las autoridades japonesas que llevaran a cabo urgentemente análisis de radiación en las algas a lo largo de la costa de esta zona. Los controles de radiación en este material, mostraron niveles de contaminación muy por encima de los niveles permitidos (Reuters Agency, 2011).

El consumo de algas también se desaconseja cuando existen contraindicaciones en personas que sufren patologías concretas. Esto ocurre en el

caso de enfermos con hiper e hipotiroidismo, enfermedades autoinmunes (esclerosis múltiple, lupus, artritis reumatoide y pénfigo vulgar), ante medicación inmunosupresora, ingesta de anticoagulantes y otras situaciones con problemas similares (Minelli et al., 1997). Tampoco se deben tomar algas de la especie *Spirulina* ante la fenilcetonuria, alteración metabólica, ya que esta alga contiene el aminoácido esencial fenilalanina y los enfermos con esta enfermedad no la pueden metabolizar (Mazokopakis et al, 2008; Hoseini et al., 2013). Del mismo modo, durante el embarazo y la lactancia es conveniente consultar al especialista antes de ingerir algas, especialmente si se trata de especies nuevas o nuevos preparados comestibles (Zimmerman y Delange, 2004), dado que existen casos de hipotiroidismo neonatal en países asiáticos (Emder y Jack, 2011).

En otras ocasiones las algas resultan perjudiciales porque el consumo de algunas variedades está asociado a la presencia de determinados tóxicos naturales, resultando nocivo su consumo directo o por intoxicación a través de la cadena alimenticia, como es el caso de la ciguatera. Así, en algunas regiones de Cuba y otros países centro y sudamericanos se han identificado dinoflagelados tóxicos, como *Gambierdiscus toxicus* y *Prorocentrum lima*, en cinco géneros de macroalgas, encontrándose las mayores densidades de *G. toxicus* en *Dyctyota menstrualis* y las de *P. lima* en el alga roja *Briothamnium triquetrum* (Gascón et al, 2003; Delgado, 2017). Precisamente la ciguatera, o intoxicación por ciguatera, es una enfermedad autolimitada producida por la ingesta de determinados pescados que consumen ciguatoxina, tóxico localizado en algunas algas y arrecifes de coral en los que se encuentra un dinoflagelado protista, generalmente *G. toxicus* (Fleta, 2018), que algunos autores consideran una microalga (Tosteson et al, 1989). El envenenamiento en humanos, especialmente en niños, produce alteraciones neurológicas y, ocasionalmente, cardiovasculares (Fleta, 2018). En España ha sido considerada como un riesgo emergente por el pescado procedente de las costas de África que se consume en las Islas Canarias (Boada et al, 2010).

Finalmente, las algas también pueden presentar un peligro para el desarrollo de la fauna y flora, como es el caso del alga *Sargassum sp.* Esta especie se caracteriza porque es un alga flotante que puede ocupar grandes áreas, pudiendo impedir que la luz solar traspase la superficie del mar, por lo

que dificultaría el desarrollo de las especies que la necesitan para su supervivencia (Yamasaki et al, 2014). Su invasión se ha documentado en numerosos países como España (Andrew y Viejo, 1998) y Dinamarca (Stæhr et al, 2000), así como en zonas del mediterráneo (Knoepffler-Peguy et al, 1985), África occidental o el Caribe (United Nations, 2016), entre otras.

3.3. Control y seguridad alimentaria

Es necesario un control estricto en los nuevos alimentos, condimentos y aditivos, derivados de las algas. En nuestro país se siguen las recomendaciones de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN), del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, que vela por los intereses y la salud de los ciudadanos. Además de que periódicamente se publican las listas de los nuevos alimentos e ingredientes autorizados y denegados, también han emitido informes respecto al riesgo asociado al consumo de algas con alto contenido en arsénico (AESAN, 2009) y yodo (AESAN, 2012). Las advertencias respecto a estas sustancias en las algas y productos derivados, además de otras como el cadmio, plomo y mercurio también aparecen en la Recomendación de la Comisión de la Unión Europea 2018/464, de 19 de marzo de 2018.

Por otra parte, la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA, en inglés) realiza una evaluación científica del riesgo de los nuevos alimentos cuya autorización se solicita para todos los países de la Unión Europea. La normativa permite además reducir la burocracia al dar paso a un procedimiento a nivel europeo y permitir las autorizaciones genéricas. Por ejemplo, el Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la comisión de 20 de diciembre de 2017, regula como alimento novedoso la utilización de aceite de la microalga *Ulkenia sp* para productos de panadería (pan y galletas dulces), barritas de cereales y bebidas alcohólicas, o la microalga *Odontella aurita* para pasta alimenticia aromatizada, sopas de pescado, galletas saladas o pescado congelado empanado.

4. VALORACIÓN ECONÓMICA MUNDIAL DE LA PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ALGAS

El interés de la Organización para las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, en inglés) por el sector se debe a que la pro-

ducción, valor, consumo, exportaciones e importaciones de las algas y sus productos derivados crecen gradualmente a nivel mundial desde que se tienen registros estadísticos (1950) hasta el último año disponible (2016). Dentro de este periodo destaca especialmente el incremento registrado en el valor de la producción de algas desde 2008 a 2016, lo que revela la aceleración del ritmo de crecimiento de su demanda mundial (Base de Datos FAO, 2018). Tabla 4 y Figura 1.

Tabla 4

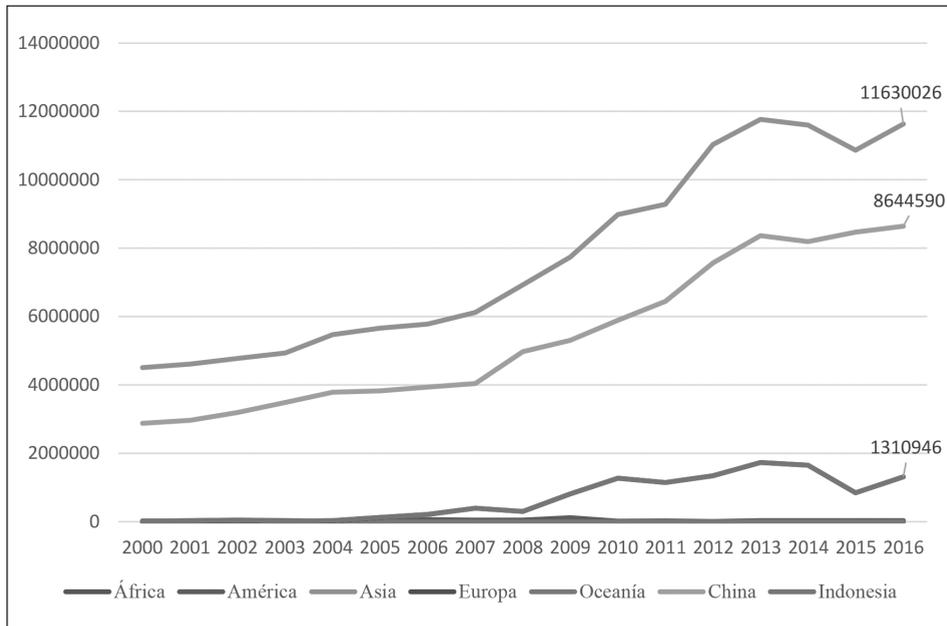
VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE ALGAS EN MILES DE DÓLARES POR CONTINENTES Y SUS DOS PRINCIPALES PRODUCTORES ACTUALES 2000-2016

	África	América	Asia	Europa	Oceanía	China	Indonesia	Total
2000	745	16.761	4.509.843	16.679	679	2.874.001	22.575	4.544.706
2001	1.126	29.532	4.609.052	1.263	466	2.967.718	21.247	4.641.439
2002	1.789	46.665	4.778.681	288	185	3.197.231	36.636	4.827.609
2003	2.066	32.116	4.936.231	103	182	3.484.530	17.059	4.970.697
2004	2.003	14.206	5.468.146	275	201	3.783.601	32.846	5.484.830
2005	2.202	11.638	5.663.481	310	282	3.829.413	127.489	5.677.913
2006	3.039	61.673	5.780.161	1.676	440	3.934.993	210.600	5.846.989
2007	2.566	43.317	6.122.062	1.329	98	4.043.174	392.980	6.169.373
2008	2.998	46.768	6.926.795	1.943	251	4.974.912	300.309	6.978.755
2009	3.166	114.737	7.737.350	2.463	434	5.308.723	811.822	7.858.149
2010	3.670	15.931	8.980.233	2.512	951	5.894.052	1.268.367	9.003.296
2011	3.253	25.202	9.281.926	4.215	856	6.443.957	1.143.653	9.315.452
2012	3.387	9.808	11.030.595	4.450	1.261	7.570.209	1.346.858	11.049.501
2013	3.015	27.897	11.766.877	2.748	1.020	8.364.710	1.731.090	11.801.556
2014	4.340	33.174	11.596.498	5.036	1.224	8.191.343	1.651.991	11.640.272
2015	5.465	29.484	10.862.842	4.394	1.180	8.472.177	841.661	10.903.365
2016	6.275	33.703	11.630.026	3.158	779	8.644.590	1.310.946	11.673.942

Fuente: elaboración propia a partir de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/c>

Figura 1

VALOR DE LA PRODUCCIÓN DE ALGAS EN MILES DE DÓLARES POR CONTINENTES Y SUS DOS PRINCIPALES PRODUCTORES ACTUALES 2000-2016



Fuente: elaboración propia a partir de la Subdivisión de Información y Estadística de la Organización de las Naciones Unidas.

Así, el valor de su producción global aumentó más del doble desde el año 2000 (4.554 millones de dólares) hasta el 2016 (11.673 millones de dólares). Su cultivo no se distribuye de forma homogénea en el conjunto global, ya que la mayoría se concentra en zonas geográficas específicas. En el último año disponible 2016, la casi totalidad de esta producción se localizaba en el continente asiático (99% de la producción), seguido a nivel residual por América, África, Europa y Oceanía (Base de Datos FAO, 2018).

Precisamente, dentro del continente asiático se encuentran los dos grandes productores de algas del mundo (Ferdouse et al., 2018), China (74% del valor) e Indonesia (11% del valor), que aglutinan una cuota de mercado del 85% del valor total generado en el planeta en el año 2016. A estos países les siguen Japón (7%), Corea del Norte (4%) y Filipinas (1%).

De este modo, los cinco principales productores del mundo acumulan aproximadamente un 98% de la producción y valor de las algas, con un gran peso respecto a los restantes países productores. En el caso de España, ésta se sitúa en la posición número 12 respecto a 44 países, con 1.239.000 dólares, que representan un 0,01% del valor total producido en el planeta (Base de Datos de Comercio Internacional de las Naciones Unidas, 2018). Tabla 5.

Tabla 5

ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE LOS PRODUCTORES DE ALGAS EN VALOR MONETARIO
EN 2016 EN MILES DE DÓLARES

	Área	Exportaciones (US\$)	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Peso (toneladas)	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	China	8.644.590	74,05%	74,05%	14.475.940	48,03%	48,03%
2	Indonesia	1.310.946	11,23%	85,28%	11.631.000	38,59%	86,62%
3	Japón	887.929	7,61%	92,89%	391.208	1,30%	87,92%
4	Corea del Norte	558.043	4,78%	97,67%	1.351.258	4,48%	92,40%
5	Filipinas	128.537	1,10%	98,77%	1.404.519	4,66%	97,06%
6	Corea del Sur	73.350	0,63%	99,40%	489.000	1,62%	98,68%
7	Chile	33.596	0,29%	99,68%	14.863	0,05%	98,73%
8	Malasia	24.828	0,21%	99,90%	205.989	0,68%	99,42%
9	Madagascar	2.742	0,02%	99,92%	17.423	0,06%	99,48%
10	Zanzíbar	2.042	0,02%	99,94%	111.142	0,37%	99,84%
...
12	ESPAÑA	1.239	0,01%	99,96%	3	0,00%	99,84%
...
44	Myanmar	1	0,00%	100,00%	30	0,00%	100,00%
	TOTAL	11.673.942	100,00%	100,00%	30.139.389	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia a partir de la Balanzas Comerciales de Naciones Unidas (Código del producto 121220). Disponible en: <https://comtrade.un.org/data/>

Cabe destacar que el valor de esta producción es distinto según el tipo de alga y lugar donde se realiza, ya que no en todos los países se cultivan y

comercializan todos los tipos de algas, además pueden presentar diferentes estructuras productivas. Precisamente, el mayor número de variedades que se comercializan se encuentra en Asia (22 variedades), seguida de Europa (17), América (15), África (8) y Oceanía (4). En el caso de España destacan las variedades *Spirulina spp*, *Saccharina latissima*, *Undaria pinnatifida*, *Chlorophyceae* y *Dunaliella salina*. Para algunas la cotización asciende a 200 euros el kilo, como es el caso de la variedad *Palmaria sp*. Pero el precio de mercado depende no sólo del tipo de alga sino también de si es o no fresca, en polvo, grageas o con otra presentación. Tabla 6.

Tabla 6

PRINCIPALES ALGAS CULTIVADAS POR CONTINENTES Y EN ESPAÑA SEGÚN LA CLASIFICACIÓN ESTADÍSTICA INTERNACIONAL UNIFORME DE ANIMALES ACUÁTICOS Y PLANTAS (ISSCAAP EN INGLÉS)

	Rojas	Pardas	Verdes	Otras algas
África	<i>Eucheuma denticulatum</i> <i>Eucheuma spp</i> <i>Gracilaria spp</i> <i>Kappaphycus alvarezii</i>			<i>Spirulina maxima</i> <i>Spirulina platensis</i> <i>Spirulina spp</i>
América	<i>Chondracanthus chamissoi</i> <i>Eucheuma denticulatum</i> <i>Eucheuma spp</i> <i>Gracilaria spp</i> <i>Kappaphycus alvarezii</i> <i>Porphyra columbina</i>	<i>Macrocystis pyrifera</i> <i>Macrocystis spp</i> <i>Phaeophyceae</i> <i>Sargassum spp</i>	<i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Plantae aquaticae</i> <i>Spirulina maxima</i> <i>Spirulina platensis</i> <i>Spirulina spp</i>
Asia	<i>Eucheuma denticulatum</i> <i>Eucheuma spp</i> <i>Gelidium amansii</i> <i>Gelidium spp</i> <i>Gracilaria spp</i> <i>Gracilaria verrucosa</i> <i>Kappaphycus alvarezii</i> <i>Porphyra spp</i> <i>Porphyra tenera</i>	<i>Laminaria japonica</i> <i>Phaeophyceae</i> <i>Sargassum fusiforme</i> <i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Caulerpa spp</i> <i>Chlorophyceae</i> <i>Codium fragile</i> <i>Enteromorpha clathrata</i> <i>Haematococcus pluvialis</i> <i>Monostroma nitidum</i>	<i>Plantae aquaticae</i> <i>Spirulina spp</i>
Europa	<i>Asparagopsis spp</i> <i>Gracilaria spp</i> <i>Palmaria palmata</i> <i>Rhodophyceae</i>	<i>Alaria esculenta</i> <i>Laminaria digitata</i> <i>Phaeophyceae</i> <i>Saccharina latissima</i> <i>Undaria pinnatifida</i> <i>Undaria spp</i>	<i>Chlorella vulgaris</i> <i>Chlorophyceae</i> <i>Dunaliella salina</i> <i>Haematococcus pluvialis</i>	<i>Spirulina platensis</i> <i>Spirulina spp</i>
Oceanía		<i>Nemacystus decipiens</i>	<i>Caulerpa racemosa</i>	<i>Eucheuma spp</i> <i>Kappaphycus alvarezii</i>
ESPAÑA		<i>Saccharina latissima</i> <i>Undaria pinnatifida</i>	<i>Chlorophyceae</i> <i>Dunaliella salina</i>	<i>Spirulina spp</i>

Fuente: elaboración propia a partir de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Disponible en: <http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>

El incremento de la producción se debe a una serie de circunstancias que permiten su explotación y uso. Una de las principales causas de esta tendencia es que las algas constituyen una gran masa de vegetación, muy abundante en todos los mares e incluso entre las aguas dulces y sobre la superficie húmeda de la tierra. Esto hace que sea una fuente de alimentación con menor escasez relativa con respecto a otros productos de consumo y que su reducida explotación permita rendimientos crecientes a escala con mayor facilidad (Ferdouse et al, 2018).

A esta circunstancia se añade la Globalización y la mejora de la tecnología de cultivo y producción. De este modo, la interconexión generalizada de mercados distintos y alejados, así como la mejora de la tecnología, transporte, almacenamiento y usos alternativos como biofuel, cosméticos, fertilizantes o productos intermedios para alimentar a otras especies animales, producen un aumento de su demanda. El aumento de su consumo provoca a su vez que los costes de producción puedan disminuir gradualmente al aprovechar las economías de escala, resultando más competitivo respecto a otras opciones de consumo. Además, el desarrollo y aplicación de nuevas técnicas de cultivo y la facilidad de almacenaje en sus diferentes formas (por ejemplo, liofilizadas) permiten que exista mucho margen de mejora que puede aumentar la rentabilidad de esta actividad.

Aunque la mayoría de la producción se realiza para consumo nacional, existe un incremento en los intercambios comerciales entre países de la producción de algas, tanto de exportaciones como importaciones. En concreto, las exportaciones de algas en el conjunto mundial alcanzaron un valor de 678.532.289 dólares en 2016. Un análisis de la concentración del valor de las algas exportadas entre los 80 países que informaron a las Naciones Unidas (Base de Datos de Comercio Internacional de las Naciones Unidas, 2018), permite observar que el primer exportador mundial es Corea del Sur (27%), seguido de Indonesia (18%), Chile (15%), China (8%) e Irlanda (3%), acumulando entre ellos un 74% del cómputo de algas exportadas respecto al conjunto de países en 2016. En este caso, España también es exportador de algas, situándose en la posición 15 respecto a los 80, lo que supone en términos económicos 5.592.946 dólares, que representa un 0,82% de las exportaciones totales de algas (Base de Datos de Comercio Internacional de las Naciones Unidas, 2018). Tabla 7. Figura 2.

Tabla 7

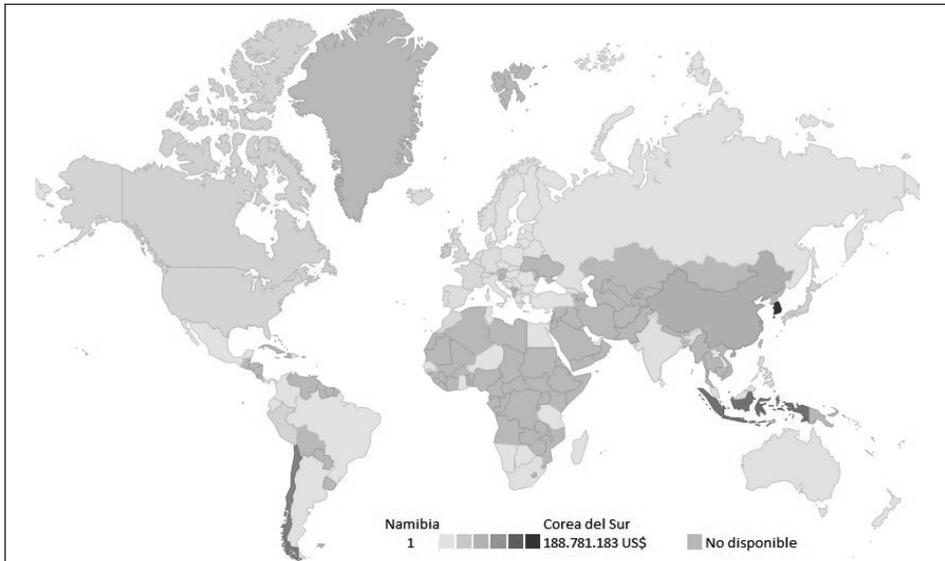
PRINCIPALES EXPORTADORES DE ALGAS EN VALOR MONETARIO EN 2016

	Área	Exportaciones (US\$)	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Peso (Kg)	Porcentaje	Porcentaje acumulado
1	Corea del Sur	188.781.183	27.82%	27.82%	31.800.852	7,45%	7,45%
2	Indonesia	124.007.688	18.28%	46.10%	182.371.133	42,70%	50,15%
3	Chile	107.895.305	15.90%	62.00%	75.917.382	17,78%	67,92%
4	China	57.059.797	8,41%	70,41%	16.148.209	3,78%	71,71%
5	Irlanda	24.961.920	3,68%	74,09%	45.105.435	10,56%	82,27%
6	Japón	19.005.201	2,80%	76,89%	1.257.447	0,29%	82,56%
7	Canadá	17.687.410	2,61%	79,49%	4.877.906	1,14%	83,70%
8	Perú	16.162.132	2,38%	81,88%	21.727.604	5,09%	88,79%
9	Estados Unidos	14.902.131	2,20%	84,07%	1.358.328	0,32%	89,11%
10	Marruecos	10.515.154	1,55%	85,62%	2.507.020	0,59%	89,70%
...
15	ESPAÑA	5.592.946	0,82%	91,80%	1.183.513	0,28%	95,55%
...
80	Namibia	1	100,00%	100,00%	1	100,00%	100,00%
	TOTAL	678.532.289	100,00%	100,00%	427.075.779	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia a partir de las Balanzas Comerciales de los países de la Organización de las Naciones Unidas (Código del producto 121220). Disponible en: <https://comtrade.un.org/data/>

Figura 2

VALOR DE LAS EXPORTACIONES DE ALGAS EN 2016 EN DÓLARES AMERICANOS



Fuente: elaboración propia a partir de las Balanzas Comerciales de Naciones Unidas (Código del producto 121220). Disponible en: <https://comtrade.un.org/data/>

En cuanto a los principales países importadores de algas, el principal comprador fue Japón (26%), seguido por China (25%), Estados Unidos (11%), Francia (3%) y Australia (2%), que acumularon el 74% del valor de las importaciones mundiales en 2016. Cabe destacar que España ocupa el sexto lugar respecto al conjunto de 114 países importadores, con compras que alcanzaron los 21.592.425 dólares en 2016 (2% del total mundial) (Base de Datos de Comercio Internacional de las Naciones Unidas, 2018). Tabla 8.

Tabla 8

ANÁLISIS DE CONCENTRACIÓN DE LOS IMPORTADORES DE ALGAS EN VALOR MONETARIO
EN 2016

	Área	Importaciones (US\$)	Porcentaje	Porcentaje Acumulado	Peso (Kg)	Porcentaje	Porcentaje Acumulado
1	Japón	236.270.565	26,74%	26,74%	46.249.910	9,13%	9,13%
2	China	225.130.421	25,48%	52,22%	249.276.468	49,21%	58,33%
3	Estados Unidos	102.098.557	11,56%	63,78%	29.660.379	5,85%	64,19%
4	Francia	28.336.877	3,21%	72,06%	20.920.336	4,13%	71,65%
5	Australia	23.758.872	2,69%	74,75%	12.176.694	2,40%	74,05%
6	ESPAÑA	21.592.425	2,44%	77,20%	10.552.660	2,08%	76,14%
7	Corea del Sur	17.604.633	1,99%	79,19%	13.208.528	2,61%	78,75%
8	Reino Unido	16.944.357	1,92%	81,11%	10.444.743	2,06%	80,81%
9	Malasia	12.846.007	1,45%	82,56%	1.294.467	0,26%	81,06%
10	Italia	9.632.048	1,09%	83,65%	2.642.414	0,52%	81,58%
...
114	Níger	87	0,00%	100,00%	320	0,00%	100,00%
	TOTAL	883.510.574	100,00%	100,00%	506.606.213	100,00%	100,00%

Fuente: elaboración propia a partir de la Balanzas Comerciales de Naciones Unidas (Código del producto 121220). Disponible en: <https://comtrade.un.org/data/>

Del análisis de la evolución mundial de producción e impacto económico de las algas, así como sus exportaciones e importaciones, se deduce que el comercio exterior está incrementando, si bien representan un peso muy discreto respecto la producción total. La mayoría de los países pro-

ductores también son exportadores de dicho producto y, de entre los principales compradores, también se encuentran China y Japón, así como otras naciones más desarrolladas como Estados Unidos, Francia y Australia. Aunque puede llamar la atención que países como China y Japón importen algas (además de producirlas y exportarlas) se debe principalmente a la alta demanda y a que existen distintas especies que no se cultivan en su territorio. Además, en el caso de Japón los costes laborales elevados y la contaminación procedente del reactor de Fukushima, son unas de las causas de adquisición de algas en el exterior. Del mismo modo, países como Corea del Sur, a pesar de su reducido tamaño, resultan líderes en la exportación porque su producción excede el consumo de su mercado doméstico más reducido. Por otra parte, de los países que más compran destacan los altamente desarrollados con menor tradición de consumo y cultivo que presentan mayor capacidad adquisitiva (Base de Datos de Naciones Unidas, 2018).

Las actividades económicas relacionadas con las algas están altamente concentradas geográficamente, aunque en el caso de las exportaciones e importaciones existe una mayor diversificación de las áreas. Aproximadamente el 98% lo concentran los 5 principales productores, mientras que el 74% lo concentran los 5 principales países exportadores e importadores. En el caso de España, tanto la producción como exportaciones e importaciones de este producto son escasas, si bien constituye uno de los países que más adquiere este producto fuera de sus fronteras.

El mayor consumo de algas y sus bondades no están exentas de riesgos económicos. Uno de los principales es el relacionado con la incertidumbre que rodea su transacción en el mercado (Besanko et al., 2009; Fleta-Asín y Muñoz, 2017), donde se incluyen los derechos de propiedad de las aguas donde se realiza el cultivo en sistemas abiertos, así como el desarrollo de una normativa y sistemas de seguros que garanticen su producción para diversificar los riesgos que puede tener su explotación (Capuzzo y McKie, 2016). Precisamente, los derechos de propiedad de aguas donde se realicen los cultivos en mar abierto deben ser claros y acordes con el derecho internacional, dado que pueden realizarse en delimitaciones que excedan zonas costeras de soberanía internacional. Este aspecto, aunque poco probable en zonas desarrolladas, puede ocurrir en zonas costeras

en disputa entre los distintos estados nación, como ocurre en costas de países asiáticos y cultivos en zonas de posible conflicto o cercanas a ellas.

Otro reto económico son los sistemas de producción de algas para usos alternativos como es la energía. Las compañías de biocombustibles están actualmente buscando escalar la producción comercial de algas y están aplicando varios enfoques de ingeniería, utilizando sistemas cerrados y sistemas de estanques abiertos, para el diseño de un sistema económico para su cultivo (McHugh, 2003).

Además, existen otros retos económicos tras el cultivo y recolección de las algas. Se debe desarrollar un marco regulatorio para su transporte, preparación del producto (liofilización, esterilización etc.), envasado y venta. Posteriormente, una normativa alimentaria específica para cada uno de estos procesos (Capuzzo y McKie, 2016). Existen países de origen de producción donde los estándares de control y calidad son inferiores a los que existen en España, produciendo a costes más bajos y pudiendo exportar estos productos a zonas comerciales comunes más laxas, para posteriormente introducirlo en un país socio de un espacio económico.

En parte, ya hay algunas medidas cautelares para la comercialización y consumo de algas. De hecho, hace muchos años que se consumen en nuestro país con las debidas garantías sanitarias, especialmente en restaurantes con comida china y oriental; el origen de las mismas son herboristerías, grandes superficies y mercados chinos y orientales, debidamente autorizados.

5. CONCLUSIONES

La calidad nutritiva de algas marinas junto al alto contenido de compuestos bioactivos con efecto saludable, son dos razones importantes para aumentar su consumo. Por otra parte, hay que tener en cuenta que no todas las algas marítimas son comestibles y, que su composición química y nutricional depende de muchos factores, incluidas las especies, el origen geográfico o el área de cultivo, las variaciones estacionales, ambientales y fisiológicas, el tiempo de cosecha, el agua, la temperatura, así como los métodos de procesamiento y almacenamiento (Plaza et al., 2008; Bocanegra et al., 2009). También hay que tener en cuenta que uno de los prin-

cipales riesgos asociados a las algas destinadas al consumo humano es su capacidad para acumular tóxicos, sobre todo arsénico.

Desde la perspectiva económica cabe destacar que las algas constituyen un alimento que apenas se produce en España, siendo el 6º comprador del mundo y que cuenta con una localización que presenta una ventaja competitiva por número de kilómetros de costa a diferentes mares, ello permitiría aprovechar sus recursos y presentar una oportunidad económica. Precisamente, la diversificación de la economía española y su internacionalización son objetivos estratégicos para España (Gobierno de España, 2017).

Así, el hecho de que una economía presente una mayor diversificación de su actividad productiva cultivando un alimento cada vez más demandado, que puede procesar y tener diferentes usos para posteriormente exportarlo, podría mejorar la respuesta a crisis económicas focalizadas en sectores donde el país se especializa. Además, su actividad puede generar externalidades positivas, dado que el cultivo y procesado presentan mayor facilidad de realizarse en zonas costeras de España, disminuyendo la estacionalidad del empleo asociado al turismo en dichas zonas, fomentando el tejido industrial y el desarrollo de una industria incipiente. Su mayor desarrollo permitiría exportar e incluso realizar inversiones extranjeras directas desde España en otros países, siempre que encontrasen factores donde localizar sus actividades en otros puntos (Ramírez-Alesón y Fleta-Asín, 2013; Ramírez-Alesón y Fleta-Asín, 2016).

Son necesarios, no obstante, un mayor número de estudios de análisis de la demanda y posibilidades de exportación, así como la valoración del impacto económico y ambiental de incentivar esta actividad económica. Además, se deberían priorizar aquellas especies más aptas de cultivo en España, con demandas más rígidas y que presentan mayor valor en el mercado.

BIBLIOGRAFÍA

AESAN (2009). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) relativo a la evaluación del riesgo asociado a la

- posible presencia de arsénico en algas destinadas al consumo humano. 19 p.: <http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/ARSENICO_ALGAS.pdf> [Consulta 21 de marzo de 2019].
- AESAN (2012). Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición. Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición sobre la evaluación del riesgo asociado al consumo de algas macroscópicas con alto contenido en yodo. 16 p.: <http://www.aecosan.msssi.gob.es/AECOSAN/docs/documentos/seguridad_alimentaria/evaluacion_riesgos/informes_comite/YODO_MACROALGAS.pdf> [Consulta 21 de marzo de 2019].
- ALFONSO, Y.A., y BLANCO, M.F. (2008). Algas, aliadas en el pasado y sustento para el futuro. *Tecnología Química*, 28(3): p. 46-50.
- ANDREW, N. L., y VIEJO, R. M. (1998). Ecological limits to the invasion of *Sargassum muticum* in northern Spain. *Aquatic Botany*, 60(3): p. 251-263.
- BASE DE DATOS DE COMERCIO INTERNACIONAL DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS (UN Comtrade Database): <<https://comtrade.un.org/data/>> [Consulta 18 de agosto de 2018]
- BASE DE DATOS DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO Database): <<http://www.fao.org/fishery/statistics/global-aquaculture-production/query/en>> [Consulta 18 de agosto de 2018].
- BESANKO, D., DRANOVE, D., SHANLEY, M. y SCHAEFER, S. (2009). *Economics of Strategy*. 6th Edition. John Wiley & Sons. Singapore. 533 p.
- BOADA, L.D., ZUMBADO, M., LUZARDO, O.P., ALMEIDA-GONZÁLEZ, M., PLAKAS, S.M., GRANADE, H. R., y DICKEY, R.W. (2010). Ciguatera fish poisoning on the West Africa Coast: An emerging risk in the Canary Islands (Spain). *Toxicon*, 56(8): p. 1516-1519.
- BOCANEGRA, A., BASTIDA, S., BENEDI, J., RODENAS, S., y SÁNCHEZ-MUNIZ, F. J. (2009). Characteristics and nutritional and cardiovascular-health properties of seaweeds. *Journal of Medicinal Food*, 12(2): p. 236-258.
- BROCKS, J.J., JARRETT, A.J., SIRANTOINE, E., HALLMANN, C., HOSHINO, Y. y LIYANAGE, T. (2017). The rise of algae in Cryogenian oceans and the emergence of animals. *Nature*, p. 578-581.
- BURTIN, P. (2003). Nutritional value of seaweeds. *Electronic Journal of Environmental, Agricultural and Food Chemistry*, 2(4): p. 498-503.
- CAPORGNO, M. P., y MATHYS, A. (2018). Trends in microalgae incorporation into innovative food products with potential health benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5 (58): p. 1-10 .

- CAPUZZO, E., y MCKIE, T. (2016). Seaweed in the UK and abroad—status, products, limitations, gaps and Cefas role. Cefas contract report FC002I. 78 p.
- CHANDINI, S.K., SURESH, P.V. y BHASKAR, N. (2008). Seaweeds as source of nutritionally beneficial compounds. A review. *Journal of Food Science and Technology*, 45 (1): p. 1-13.
- DAWCZYNSKI C, SCHUBERT R y JAHREIS G. (2007). Amino acids, fatty acids and dietary fibre in edible seaweed products. *Food Chemistry*, 103 (3): p. 891-899.
- DELGADO, G. (2017). Dinoflagelados bentónicos tóxicos asociados a la ciguatera: abundancia, toxicidad y relación con los factores ambientales en un área del litoral noroccidental de Cuba. Tesis doctoral Ciencias del Mar, Centro Investigaciones Biológicas Noroeste SC La Paz, México. 88 p.
- DEVESA, V., VÉLEZ, D. y MONTORO, R. (2008). Effect of thermal treatments on arsenic species contents in food. *Food and Chemical Toxicology*, 46(1): p. 1-8.
- DEVI, G.K., MANIVANNAN, K., THIRUMARAN, G., RAJATHI, A.A. y ANANTHARAMAN, P. (2011). In vitro antioxidant activities of selected seaweeds from Southeast coast of India. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 4(3): p. 205-11.
- EMDER, P.J. y JACK, M.M. (2011). Iodine induced neonatal hypothyroidism secondary to maternal seaweed consumption: A common practice in some Asian cultures to promote breast milk supply. *Journal of Paediatrics and Child Health*, 47(10): p. 750-752.
- FERDOUSE, F., HOLDT, S.L., SMITH, R., MURUA, P. y YANG, Z. (2018). The global status of seaweed production, trade and utilization. Rome, Italy: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 124 p. < [http://orbit.dtu.dk/files/163078059/FAO report Global seaweed 2018.pdf](http://orbit.dtu.dk/files/163078059/FAO_report_Global_seaweed_2018.pdf) > [Consulta 22 de marzo de 2019].
- FLETA, J. (2018). Ciguatera y consumo de pescado. *Acta Pediátrica Española*, 76(5-6): p. 68-71.
- FLETA-ASÍN, J. y MUÑOZ, F. (2017). Determinants of contract duration in outsourced services in the defense sector. *Applied Economics Letters*, 24(19): p. 1408-1411.
- FREITAS, J.C. (1990). Biomedical importance of marine natural products. *Ciência e Cultura*, 42(1): p. 20-24.
- FUNAHASHI, H., IMAI, T., MASE, T., SEKIYA, M., YOKOI, K., HAYASHI, H. y Hibi, Y. (2001). Seaweed prevents breast cancer? *Japanese Journal of Cancer Research*, 92(5): p. 483-487.

- GASCÓN, J., MACIÀ, M., OLIVEIRA, I. y CORACHÁN, M. (2003). Intoxicación por ciguatoxina en viajeros. *Medicina Clínica*, 120(20): p. 777-779.
- GOBIERNO DE ESPAÑA (2017). Estrategia de Seguridad Nacional. Presidencia de Gobierno. 128p.: < <http://www.dsn.gob.es/es/documento/estrategia-seguridad-nacional-2017>> [Consulta 18 de agosto de 2018].
- GÓMEZ, E. (2013). Evaluación nutricional y propiedades biológicas de algas marinas comestibles. Estudios in vitro e in vivo. Tesis doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. 238 p.
- GÓMEZ-ORDÓHEZ, E., JIMÉNEZ-ESCRIG, A. y RUPÉREZ, P. (2010). Dietary fibre and physicochemical properties of several edible seaweeds from the north western Spanish coast. *Food Research International*, 43(9): p. 2289-2294.
- GUTIÉRREZ, R., GONZÁLEZ, K., HERNÁNDEZ, Y., ACOSTA, Y. y MARRERO, D. (2017). Algas marinas, fuente potencial de macronutrientes. *Revista de Investigaciones Marinas*, 37(2): p. 16-28.
- HOSEINI, S.M., KHOSRAVI-DARANI, K. y MOZAFARI, M.R. (2013). Nutritional and medical applications of spirulina microalgae. *Mini Reviews in Medicinal Chemistry*, 13(8): p. 1231-1237.
- HURD, C.L., HARRISON, P.J., BISCHOF, K. y LOBBAN, C.S. (2014). *Seaweed Ecology and Physiology*. Cambridge University Press. 384 p.
- IBAÑEZ, E. y HERRERO, M. (2017). Las algas que comemos (Vol. 81). Ed. Los Libros de la Catarata. 112 p.
- ISMAIL, A., y HONG, T.S. (2002). Antioxidant activity of selected commercial seaweeds. *Malaysian Journal of Nutrition*, 8(2): p. 167-177.
- IWASAKI, H. (1965). Nutritional studies of the edible seaweed *Porphyra tenera* I. The influence of different B12 analogues, plant hormones, purines and pyrimidines on the growth of *conchocelis*. *Plant and Cell Physiology*, 6(2): p. 325-336.
- KNOEPFFLER-PEGUY, M., BELSHER, T., BOUDOURESQUE, C.F., y Lauret, M. (1985). *Sargassum muticum* begin to invade the Mediterranean. *Aquatic Botany*, 23(3): p. 291-295.
- KUMAR, S.A., y BROWN, L. (2013). Seaweeds as potential therapeutic interventions for the metabolic syndrome. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 14(3): p. 299-308.
- KUMAR, M., GUPTA, V., KUMARI, P., REDDY, C. y JHA B. (2011). Assessment of nutrient composition and antioxidant potential of *Caulerpaceae* seaweeds. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (2): p. 270-278.
- KUMARI, P., KUMAR, M., GUPTA, V., REDDY, C.R.K. y JHA, B. (2010). Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. *Food Chemistry*, 120(3): p. 749-757.

- LEE, H., KIM, J. S., y KIM, E. (2012). Fucoidan from seaweed *Fucus vesiculosus* inhibits migration and invasion of human lung cancer cell via PI3K-Akt-mTOR pathways. *PLoS One*, 7(11): e50624.
- MABEAU, S. y FLEURENCE, J. (1993). Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends in Food Science & Technology*, 4(4): p. 103-107.
- MAC ARTAIN, P., GILL, C.I., BROOKS, M., CAMPBELL, R. y ROWLAND, I.R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutrition Review*, 65 (12): p. 535-543.
- MAZOKOPAKIS, E. E., KAREFILAKIS, C. M., TSARTSALIS, A. N., MILKAS, A. N. y GANOTAKIS, E. S. (2008). Acute rhabdomyolysis caused by *Spirulina* (*Arthrospira platensis*). *Phytomedicine*, 15(6-7): p. 525-527.
- McHUGH, D.J. (2003). A guide to the seaweed industry FAO Fisheries Technical Paper 441. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. 118 p.
- MICHIKAWA, T., INOUE, M., SHIMAZU, T., SAWADA, N., IWASAKI, M., SASAZUKI, S. y JAPAN PUBLIC HEALTH CENTER-BASED PROSPECTIVE STUDY GROUP. (2012). Seaweed consumption and the risk of thyroid cancer in women: the Japan Public Health Center-based Prospective Study. *European Journal of Cancer Prevention*, 21(3): p. 254-260.
- MINELLI, R., BRAVERMAN, L.E., GIUBERTI, T., SCHIANCHI, C., GARDINI, E., SALVI, M. y ROTI, E. (1997). Effects of excess iodine administration on thyroid function in euthyroid patients with a previous episode of thyroid dysfunction induced by interferon alpha treatment. *Clinical Endocrinology*, 47(3): p. 357-361.
- MIŠURCOVÁ, L., MACHU, L. y ORSAVOVÁ, J. (2011). Seaweed minerals as nutraceuticals. *Advances in Food and Nutrition Research*, 64: p. 371-390.
- MOUSSAVOU, G., KWAK, D., OBIANG-OBONOU, B., MARANGUY, C., DINZOUNA-BOUTAMBA, S. D., LEE, D. 3 y CHOO, Y. (2014). Anticancer effects of different seaweeds on human colon and breast cancers. *Marine Drugs*, 12(9): p. 4898-4911.
- ORTIZ, J., ROMERO, N., ROBERT, P., ARAYA, J., LOPEZ-HERNÁNDEZ, J., BOZZO, C., NAVARRETE, E., OSORIO, A. y RIOS A. (2006). Dietary fiber, amino acid, fatty acid and tocopherol contents of the edible seaweeds *Ulva lactuca* and *Durvillaea antarctica*. *Food Chemistry*, 99(1): p. 98-104.
- PLAZA, M., CIFUENTES, A. e IBÁÑEZ E. (2008). In the search of new functional food ingredients from algae. *Trends in Food Science and Technology*, 19(1): p. 31-39.

- QUITRAL, V., MORALES, C., SEPÚLVEDA, M. y Schwartz, M. (2012). Propiedades nutritivas y saludables de algas marinas y su potencialidad como ingrediente funcional. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(4): p. 196-202.
- RADULOVICH, R., UMANZOR, S. y CABRERA, R. (2013). Algas tropicales, cultivo y uso como alimento. Ed: R. Radulovich. University of Costa Rica Press. 58 p.
- RAMÍREZ, M. y FLETA-ASÍN, J. (2013). Tipologías de los inversores europeos (UE15) en España. *ICE. Nuevas Tendencias de los Flujos Inversores*, 870: p. 31-43.
- RAMÍREZ-ALESÓN, M. y FLETA-ASÍN, J. (2016). Is the importance of location factors different depending on the degree of development of the country? *Journal of International Management*, 22(1): p. 29-43.
- RAUMA, A. L., TÖRRÖNEN, R., HÄNNINEN, O., y MYKKÄNEN, H. (1995). Vitamin B-12 status of long-term adherents of a strict uncooked vegan diet ("living food diet") is compromised. *The Journal of Nutrition*, 125(10): p. 2511-2515.
- Recomendación (UE) 2018/464 de la Comisión, de 19 de marzo de 2018. 3 p.: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018H0464&from=ES> > [Consulta 21 de marzo de 2019]
- Reglamento de Ejecución (UE) 2017/2470 de la comisión de 20 de diciembre de 2017. 130 p.: < <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=CELEX:32017R2470&from=EN> > [Consulta 21 de marzo de 2019]
- REUTERS AGENCY (2011). < <https://www.reuters.com/article/us-japan-nuclear-radiation/radiation-found-in-seaweed-near-crippled-japan-plant-idUSTRE74C2RB20110513> > [Consulta 18 de agosto de 2018]
- SALAS, J., CRUZ, G., LAYNEZ, F. y Díez, F. (2002). Hipertiroidismo inducido por consumo de algas marinas. *Medicina Clínica*, 118 (20): p. 797-798.
- STÆHR, P.A., PEDERSEN, M.F., THOMSEN, M.S., WERNBERG, T. y KRAUSE-JENSEN, D. (2000). Invasion of *Sargassum muticum* in Limfjorden (Denmark) and its possible impact on the indigenous macroalgal community. *Marine Ecology Progress Series*, 207: p. 79-88.
- TOSTESON, T.R., BALLANTINE, D.L., TOSTESON, C.G., HENSLEY, V. y BARDALES, A.T. (1989). Associated bacterial flora, growth, and toxicity of cultured benthic dinoflagellates *Ostreopsis lenticularis* and *Gambierdiscus toxicus*. *Applied and Environmental Microbiology*, 55(1): p.137-141.
- UNITED NATIONS (2016). Paper on the *Sargassum* seaweed invasion of West African and Caribbean Coasts UNEA-2 Side Event. 7 p.: < <https://bit.ly/2un-OtjS> > [Consulta 22 de marzo de 2019]

- WALKER, M.J., COLWELL, P., CRASTON, D., AXFORD, I. P. y CRANE, J. (2012). Analytical Strategy for the Evaluation of a Specific Food Choking Risk, a Case Study on Jelly Mini-Cups. *Food Analytical Methods*, 5(1): p. 54-61.
- WERNER, K. A., MARQUART, L. y Norton, S. A. (2012). Lyngbya dermatitis (toxic seaweed dermatitis). *International Journal of Dermatology*, 51(1): p. 59-62.
- WONG, K.H. y CHEUNG, P.C. (2000). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds: Part I—proximate composition, amino acid profiles and some physico-chemical properties. *Food Chemistry*, 71(4): p. 475-482.
- WONG, K.H. y CHEUNG, P.C. (2001). Nutritional evaluation of some subtropical red and green seaweeds Part II. In vitro protein digestibility and amino acid profiles of protein concentrates. *Food Chemistry*, 72(1): p.11-17.
- YAMADA, S., SHIBATA, Y., TAKAYAMA, M., NARITA, Y., SUGAWARA, K. y FUKUDA, M. (1996). Content and characteristics of vitamin B12 in some seaweeds. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 42(6): p. 497-505.
- YAMADA K., YAMADA, Y., FUKUDA, M. y YAMADA, S. (1999). Bioavailability of dried asakusanori (*Porphyra tenera*) as a source of cobalamin (vitamin B12). *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 69(6): p. 412-418.
- YAMASAKI, M., AONO, M., OGAWA, N., TANAKA, K., IMOTO, Z. y NAKAMURA, Y. (2014). Drifting algae and fish: Implications of tropical Sargassum invasion due to ocean warming in western Japan. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 147: p. 32-41.
- YAMORI, Y., MIURA, A. y TAIRA, K. (2001). Implications from and for food cultures for cardiovascular diseases: Japanese food, particularly Okinawan diets. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 10(2): p. 144-145.
- ZAVA, T.T. y ZAVA, .DT. (2011). Assessment of Japanese iodine intake based on seaweed consumption in Japan: A literature-based analysis. *Thyroid Research*, 4(14): p. 1-7.
- ZIMMERMANN, M. y DELANGE, F. (2004). Iodine supplementation of pregnant women in Europe: a review and recommendations. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(7): p. 979-984.

RESUMEN

Valoración nutricional y económica de la utilización de algas

En el presente trabajo se revisan los efectos derivados del consumo de algas, así como la valoración económica de su producción y comercio por áreas geográficas en el mundo en el periodo 2000-2016. De la revisión de la literatura se concluye que, aunque el consumo de algas puede ser beneficioso por los nutrientes que aporta, conviene moderar su consumo en el caso de determinados tipos de algas y patologías previas del consumidor. Respecto a su valoración económica mundial, en los últimos diez años del periodo se ha duplicado el valor de su producción, concentrada casi en su totalidad en el continente asiático, principalmente en China e Indonesia. A pesar del poco peso relativo de los restantes países, España ocupa el puesto número doce en valor de su producción, el quince como exportador y el sexto como importador mundial en el año 2016, por lo que puede constituir una oportunidad para la industria agroalimentaria.

PALABRAS CLAVE: Algas, consumo seguro, distribución geográfica, contenido en nutrientes, valoración económica.

CÓDIGOS JEL: Q13, Q17, Q22.

ABSTRACT

Nutritional and economic assessment of the use of algae

In the present work, we review the effects derived from the consumption of algae, as well as the economic valuation of its production and trade by geographical areas in the period 2000-2016. From the review of the literature, it is concluded that, although the consumption of algae can be beneficial for the nutrients it provides, it is advisable to moderate its consumption in the case of certain types of algae and previous pathologies of the consumer. Regarding its global economic valuation, in the last ten years of the period the value of its production has doubled, concentrated almost entirely in the Asian continent, mainly in China and Indonesia. Despite the low relative weight of the other countries, Spain occupies the twelfth position in value of its production, the fifteenth as an exporter and the sixth as a global importer in 2016, so it can constitute an opportunity for the agri-food industry.

KEY WORDS: Algae, safe consumption, geographical distribution, nutrient content, economic valuation.

JEL CODES: Q13, Q17, Q22.