



F

# COMITÉ DE PESCA

## SUBCOMITÉ DE ACUICULTURA

12.<sup>a</sup> reunión

Hermosillo (México), 16-19 de mayo de 2023

### RECONOCIMIENTO Y MEJORA DE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS ALGAS AL DESARROLLO DE LA ACUICULTURA MUNDIAL

#### RESUMEN

Las algas, incluidas las algas marinas (o macro algas marinas) y las microalgas, representan casi el 30 % de la producción de la acuicultura mundial (en peso húmedo), en su mayor parte constituido por algas marinas. Las algas marinas y las microalgas generan beneficios socioeconómicos para decenas de miles de hogares, principalmente en las comunidades costeras, incluido el empoderamiento de muchas mujeres gracias a su cultivo y procesamiento. La contribución a la salud humana, los beneficios medioambientales y los servicios ecosistémicos diversos que aportan las algas marinas y las microalgas han atraído una atención cada vez mayor hacia el potencial desaprovechado que tiene el cultivo de estos organismos. El gran desequilibrio en la producción y el consumo entre las distintas regiones geográficas implican un gran potencial para el desarrollo del cultivo de algas marinas y microalgas. Para aprovechar ese potencial, es necesario que se realicen esfuerzos conjuntos por parte de los gobiernos, la industria, la comunidad científica, las organizaciones internacionales, la sociedad civil y otras partes interesadas.

En este documento de trabajo se examinan la situación y las tendencias de la producción mundial de algas prestando especial atención a su cultivo, se reconoce la contribución y los beneficios actuales y potenciales del sector, se ponen de relieve una serie de limitaciones y retos que inciden en el desarrollo del potencial y se analizan las enseñanzas extraídas y el camino a seguir para liberar el pleno potencial del cultivo de algas, así como la función de la FAO en dicho proceso.

### Medidas cuya adopción se propone al Subcomité

#### Se invita al Subcomité a:

- reconocer la importancia actual y el futuro potencial del cultivo de algas marinas y microalgas;
- intercambiar experiencias y lecciones aprendidas en el desarrollo de este subsector de la acuicultura;
- recomendar medidas y actividades, en particular orientación específica para la FAO, con vistas a liberar el potencial del cultivo de algas marinas y microalgas.

## INTRODUCCIÓN

1. El ámbito de aplicación del presente documento son las algas, incluidas las algas marinas (macro algas) y las microalgas. No se delibera al respecto de otras plantas acuáticas, incluidos los macrófitos acuáticos de agua dulce.

2. Las algas, en particular las algas marinas, son un componente importante de la acuicultura mundial, y su producción recae actualmente en un número relativamente reducido de países marítimos. En 2020, el cultivo de algas, medido en peso húmedo, representó casi el 30 % de los 123 millones de toneladas de producción de la acuicultura mundial, y las algas marinas rojas y las algas marinas pardas fueron, respectivamente, el segundo y tercer mayor grupo de especies objeto de la acuicultura mundial. Pese a ser en su mayor parte un producto básico de poco valor, no obstante, las algas marinas representaron el 5,9 % de los 281 000 millones de USD a los que ascendió el valor de la producción de la acuicultura mundial en 2020.

3. Las algas marinas son poco conocidas en muchas partes del mundo, ya que su producción se concentra principalmente en Asia oriental y sudoriental. Si bien en los países y territorios de Asia oriental y de los Estados insulares del Pacífico las algas marinas son un alimento de consumo humano frecuente y generalizado desde hace mucho tiempo, en otras partes del mundo están consideradas un alimento especializado o novedoso. Las algas marinas tienen muchos otros usos en la industria alimentaria y no alimentaria, por ejemplo, aditivos alimentarios, piensos, productos farmacéuticos, productos nutracéuticos, cosméticos, textiles, biofertilizantes o estimulantes biológicos, envases biodegradables y biocombustible, entre otros. No obstante, el conocimiento de su contribución a estos productos se limita, por lo general, a las industrias relacionadas con las algas marinas y la comunidad científica.

4. Existe un interés creciente por las algas marinas, especialmente por tratarse de una fuente de alimentos nutritivos con potencial para alimentar a la población humana creciente y por los servicios ecosistémicos que prestan. La existencia de amplias zonas marinas aptas para el cultivo de algas puede alentar aún más la expansión de este importante subsector de la acuicultura, ya que los recursos silvestres no bastarán para suministrar tantas algas marinas como para satisfacer la creciente demanda internacional.

5. El cultivo comercial de microalgas como productos finales de la acuicultura, incluida el alga verde-azulada *Spirulina* spp., está escasamente supervisado por las estadísticas nacionales en general. La cifra de producción mundial registrada en las estadísticas de la FAO supuso menos del 0,2 % del tonelaje mundial de cultivo de algas en 2020. Las microalgas cultivadas como alimento para la cría de larvas en criaderos y para el acondicionamiento del entorno de cultivo en instalaciones de fomento del crecimiento no suelen constar en las estadísticas oficiales. Al igual que las algas marinas, las microalgas también tienen un gran potencial de usos alimentarios y no alimentarios diversos, muchos de los cuales, no obstante, requieren importantes esfuerzos conjuntos para alcanzar una comercialización plena.

## SITUACIÓN Y TENDENCIAS DE LA PRODUCCIÓN MUNDIAL DE ALGAS<sup>1</sup>

6. La producción mundial actual de algas marinas está sustentada fundamentalmente por la acuicultura. En 1970, los 2,2 millones de toneladas de producción mundial de algas marinas estaban repartidas casi por igual entre recolección silvestre y cultivo. Medio siglo más tarde, aunque la recolección silvestre se mantenía en torno a 1,1 millones de toneladas en 2020, su proporción era nimia comparada con la producción acuícola, que alcanzó los 35,1 millones de toneladas, lo que representa el 97 % de la producción mundial de algas marinas de dicho año.

7. El desarrollo de la producción acuícola de algas marinas registra grandes desequilibrios entre regiones y entre los distintos países que integran una misma región. En 2020, la producción de algas marinas en Asia (98,9 % procedentes de cultivo) representó el 97,4 % de la producción mundial, y seis de los 10 principales países productores de algas pertenecían a Asia oriental o sudoriental. En 2020, las Américas y Europa contribuyeron a la producción mundial de algas marinas con un 1,4 % y un 0,8 % respectivamente. La producción de algas marinas en estas dos regiones se obtuvo principalmente mediante recolección silvestre, y la producción mediante cultivo solo representó, respectivamente, el 5 % y el 7,7 % de la producción total de algas marinas. En contraposición, el cultivo constituyó la fuente principal de producción de algas marinas en África (77,4 %) y Oceanía (79,2 %), aunque su contribución a la producción mundial de algas marinas fue solo del 0,3 % y el 0,03 % respectivamente.

8. El cultivo mundial de algas pardas, con especies relativamente más diversas procedentes en su mayoría de zonas templadas y frías del hemisferio norte, alcanzó los 16,8 millones de toneladas en 2020, lo que representa el 48 % del cultivo mundial de algas en términos de tonelaje y el 47,7 % en términos de valor. El cultivo de algas pardas se ha concentrado en dos géneros de agua fría: *Laminaria/Saccharina* (fucáceas) y *Undaria* (wakame). La producción de algas marinas rojas ese mismo año ascendió a 18,1 millones de toneladas, es decir, el 51,7 % del cultivo mundial de algas marinas en términos de tonelaje y el 51,3 % en términos de valor. El cultivo de este tipo de algas marinas se concentra en dos géneros de agua caliente, *Kappaphycus/Eucheuma* y *Gracilaria*, y un género de aguas frías, *Porphyra* (luche). El cultivo de algas verdes es reducido, y en 2020 se cultivaron unas 23 000 toneladas (el 0,07 % del total de algas marinas cultivadas).

9. El cultivo significativo de microalgas registrado en las estadísticas de la FAO comenzó en 2003 con 16 483 toneladas de espirulina (un tipo de alga verde-azulada) cultivadas en China. En 2020, el cultivo mundial de microalgas se situó en torno a las 64 000 toneladas, fundamentalmente de espirulina, cultivadas en 12 países, y de microalgas verdes de agua dulce (básicamente, menos de 300 toneladas de *Haematococcus pluvialis*), cultivadas en dos países<sup>2</sup>.

---

<sup>1</sup> Datos de la FAO. 2022. Estadísticas de pesca y acuicultura. Producción mundial por origen de producción 1950-2020 (FishStatJ). En la circular n.º 1229 de la FAO se ofrecen más detalles sobre la situación acuícola mundial de las algas marinas y las microalgas y su potencial de desarrollo ([www.fao.org/3/cb5670en/cb5670en.pdf](http://www.fao.org/3/cb5670en/cb5670en.pdf)). Para obtener más información véase asimismo FAO. 2022. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Roma, FAO (<https://doi.org/10.4060/cc0461es>).

<sup>2</sup> Cabe señalar que, dado que el cultivo de microalgas tiende a estar regulado y supervisado en el plano nacional o local de forma separada de la acuicultura, las estadísticas de la FAO pueden pasar por alto una producción sustancial de microalgas en algunos países, como Australia, Chequia, los Estados Unidos de América, la India, Islandia, Israel, Italia, el Japón, Malasia y Myanmar. Véase FAO. 2020. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2020. La sostenibilidad en acción*. Roma (<https://doi.org/10.4060/ca9229es>).

## CONTRIBUCIÓN SOCIAL, ECONÓMICA Y MEDIOAMBIENTAL DE LAS ALGAS

### Contribución a la alimentación, la nutrición y la salud humana

10. Muchas especies de algas marinas son comestibles, y el consumo humano de algas marinas data de hace varios siglos. Las comunidades costeras de muchos países tienen como tradición cultural el consumo de algas. Las algas *Laminaria/Saccharina*, *Porphyra* y *Undaria* se han convertido en un alimento común en Asia oriental y se consumen de forma generalizada y frecuente como ingredientes en sopas, ensaladas, envoltorios de *sushi* y aperitivos, entre otros. Se han introducido en otros países como parte de la cocina asiática y han ganado una popularidad cada vez mayor en todo el mundo.

11. Al ser generalmente ricas en fibras dietéticas, micronutrientes y compuestos bioactivos, las algas marinas son tratadas a menudo como alimentos saludables y bajos en calorías, elegidos particularmente por personas que optan por dietas vegetales o bajas en carbohidratos. Algunas especies de algas marinas son conocidas por su alto contenido de proteínas. Además, los múltiples beneficios del consumo de algas marinas para la salud (por ejemplo, mejora de la salud intestinal y reducción del riesgo de padecer enfermedades no transmisibles como la obesidad o la diabetes de tipo II) han quedado demostrados.

12. En general, las algas tienen un nivel de grasa relativamente bajo, pero pueden ser una buena fuente de ácidos grasos esenciales, como los ácidos grasos poliinsaturados omega 3 de cadena larga. El nivel de omega 3 varía según la especie, la estación del año y la parte del alga marina que se consume. Para satisfacer la ingesta diaria recomendada de omega 3 se necesitan menos de 100 gramos de *Calliblepharis jubata* o de *Undaria pinnatifida* frescas, mientras que serían necesarios 500 gramos de *Grateloupia turuturu*. Al mismo tiempo, las algas marinas son bajas en omega 6, lo que favorece la relación omega 6-omega 3.

13. Además de destinarse al consumo humano directo, las algas marinas también se utilizan para elaborar aditivos o suplementos alimenticios. La laminaria del Japón (*Saccharina japonica*) fue una de las primeras materias primas que se usaron para producir glutamato monosódico. El agar extraído de agarófitos (por ejemplo, la *Gracilaria*), la carragenina extraída de carragenófitos (*Kappaphycus/Eucheuma*) y el alginato extraído de algas pardas (*Saccharina*) son hidrocoloides a base de algas marinas ampliamente utilizados como aditivos alimentarios para mejorar la calidad de diversos alimentos, normalmente como agentes espesantes, estabilizadores, gelificantes y emulsionantes. Asimismo, los extractos de algas marinas, como el yodo, el fucoídano, la fucoxantina y los florotaninos se utilizan como suplementos alimenticios.

14. El valor nutricional de las microalgas y sus beneficios para la salud se han reconocido (por ejemplo, en el caso de la espirulina), y varios extractos de microalgas se utilizan como suplementos dietéticos o aditivos alimentarios.

### Contribución a los ingresos, los medios de vida y la cohesión social

15. En 2020, los 35,1 millones de toneladas de producción mundial de cultivo de algas marinas para diversos usos alimentarios y no alimentarios generaron un valor de primera venta de 16 500 millones de USD. Según estadísticas de la base de datos Comtrade de las Naciones Unidas, 98 países ganaron 2 480 millones de USD en moneda extranjera en 2020 gracias a la exportación de algas marinas (837 millones de USD) e hidrocoloides a base de algas marinas (1 650 millones de USD).

16. Las labores del cultivo de algas marinas suelen requerir gran intensidad de mano de obra y el empleo de numerosos trabajadores a tiempo parcial u ocasionales. Por lo tanto, gran parte del valor de primera venta de 16 500 millones de USD se convirtió en salarios o ingresos que sustentaron los medios de vida de numerosos hogares de las comunidades costeras. Las actividades posteriores tienden a generar más ingresos y empleo. Habida cuenta de las tecnologías disponibles hoy en día para la producción a gran escala, el nivel relativamente bajo de mecanización y automatización es uno de los factores limitantes detectados en el desarrollo del cultivo de algas marinas en los países desarrollados de ingreso alto, donde el coste de la mano de obra es elevado.

17. El cultivo de algas marinas aporta una gran contribución a la cohesión de la comunidad y el empoderamiento de la mujer. Las condiciones que caracterizan el cultivo de algas marinas, como son la intensidad de la mano de obra, una baja inversión de capital y una sencilla tecnología de cultivo, permiten la participación de muchos hogares con escasos recursos o personas vulnerables. Esto es particularmente notorio en el caso de las especies tropicales de algas rojas en los países de clima cálido.

### **Beneficios medioambientales y servicios ecosistémicos**

18. Las algas marinas y las microalgas proporcionan importantes beneficios medioambientales y servicios ecosistémicos. El cultivo de algas marinas no requiere el uso directo de suelos terrestres, agua dulce o alimentos. Las microalgas pueden producirse en medios marinos o de agua dulce, y cultivarse en tierras marginales de las zonas desérticas y áridas. Mediante la extracción de nutrientes (nitrógeno y fósforo) de las aguas circundantes y la absorción de dióxido de carbono, el proceso fotosintético de las algas marinas y microalgas puede mitigar la eutrofización, tratar aguas residuales, reducir la acidificación de los océanos y capturar carbono.

19. El cultivo de algas marinas y microalgas puede contribuir a satisfacer las necesidades mundiales de desarrollo relacionadas con el cambio climático (por ejemplo, a través de la captura o secuestro de carbono, o mediante la reducción de las emisiones de metano procedentes de la cría de ganado alimentado con suplementos de algas) y la seguridad alimentaria humana (por ejemplo, mediante la elaboración de productos comestibles a base de algas).

20. Otros beneficios medioambientales y servicios ecosistémicos directos o indirectos de las algas marinas y las microalgas incluyen: i) proporcionar hábitats para los peces y otros organismos marinos; ii) cumplir una función de amortiguación frente a la fuerte acción de las olas para proteger la línea de costa; iii) proporcionar medios de vida alternativos para las comunidades de pescadores; iv) actuar como estimulador natural del crecimiento de las plantas y permitirles resistir sequías, enfermedades o heladas, y ofrecer métodos no químicos de control de enfermedades, ya que las algas marinas han demostrado tener efectos supresores similares a los de algunos plaguicidas (por ejemplo, fungicidas, nematocidas)<sup>3</sup>; v) producir mercancías y envases fácilmente biodegradables.

### **Contribución a la acuicultura**

21. Además de la contribución directa a la producción de la acuicultura, las algas marinas y las microalgas también contribuyen a facilitar otras actividades de la acuicultura. La capacidad de las algas marinas para asimilar el dióxido de carbono y extraer nutrientes inorgánicos (nitrógeno y fósforo) de las aguas circundantes hacen de la integración del cultivo de algas marinas con la cría de especies animales un atractivo sistema de producción capaz de incrementar los beneficios ambientales y económicos mediante un mejor reciclaje de nutrientes y un uso más eficiente de las áreas de cultivo.

22. Los sistemas de acuicultura multitrófica integrada (AMTI) tienen el potencial de generar beneficios ambientales, y también beneficios económicos. Se han adoptado sistemas AMTI diferentes, como i) el cultivo de *Gracilaria* en estanques de camarones o de peces de aleta; ii) el cultivo de laminarias y bivalvos (por ejemplo, mejillones, ostras o vieiras) juntos en mar abierto, a veces añadiendo detritívoros como los cohombros de mar.

23. Las algas marinas se utilizan como principal material de alimentación para la producción acuícola de abalones, erizos de mar y cohombros de mar. También se utilizan en alimentos para peces como ingredientes complementarios que aportan aminoácidos necesarios, así como polisacáridos beneficiosos, ácidos grasos, antioxidantes, vitaminas y minerales.

---

<sup>3</sup> Sultana, V., Baloch, G.N., Ara, J., Ehteshamul-Haque, S., Tariq, R.M. Athar, M. 2010. *Seaweeds as alternative to chemical pesticides for the management of root diseases of sunflower and tomato*. Journal of Applied Botany and Food Quality 84, págs. 162-168.

24. Las microalgas con un alto contenido en lípidos pueden utilizarse para producir aceites de algas como sustituto de los aceites de pescado. Asimismo, las microalgas constituyen la principal fuente de los beneficiosos aceites omega 3 de cadena larga para todos los animales acuáticos. La astaxantina extraída de la *Haematococcus pluvialis*, una especie de microalga verde, se utiliza como potenciador de la pigmentación en la industria de la cría de salmón. Muchos criaderos utilizan el cultivo de microalgas para proporcionar organismos alimenticios vivos, directa o indirectamente (por ejemplo, mediante el cultivo de zooplancton), como primera alimentación y para alimentar las larvas de peces, moluscos, crustáceos u otros animales acuáticos. Las microalgas así producidas son productos intermedios de la acuicultura que normalmente no se registran en las estadísticas oficiales.

25. Sin duda, una parte importante de la gestión del cultivo en estanques es el seguimiento y la promoción de la densidad y las pautas deseables de microorganismos, incluidas las microalgas, a fin de mantener la buena calidad del agua y proporcionar alimentos naturales para las especies meta a través de la fertilización, el intercambio de agua y el aireamiento. Puesto que el cultivo en estanques es el principal sistema de crecimiento utilizado en acuicultura en entornos de agua dulce o agua salobre para muchas de las principales especies de acuicultura (por ejemplo, carpas, tilapias, bagres y camarones), la producción oculta de microalgas, aunque no esté registrada en las estadísticas oficiales, suele ser enorme.

### **PROBLEMAS, LIMITACIONES Y RETOS**

26. Las experiencias en Asia oriental y sudoriental de las que se tiene constancia indican que el cultivo de algas marinas y microalgas puede convertirse en una sólida industria que genere beneficios y contribuya al desarrollo económico. No obstante, un mayor desarrollo de las algas marinas y las microalgas en la acuicultura mundial presenta múltiples problemas, limitaciones y retos.

#### **Demanda de algas marinas limitada o incierta**

27. Habría que incrementar la demanda de algas marinas para acompañar la expansión de su producción. Una forma de hacerlo es aumentando el consumo de dichas algas como alimento humano, con lo cual se haría un uso eficiente de las mismas y se generarían más ingresos para sus cultivadores. Aunque la mayor parte de la producción de algas marinas de Asia oriental se consume directamente como alimento humano, otras poblaciones fuera de la región tienen, por lo general, baja o poca exposición al consumo de algas marinas o preferencia por dicho consumo. La versatilidad y variedad de muchas algas marinas indican que pueden utilizarse en una amplia gama de productos alimentarios, añadiendo opciones saludables, bajas en calorías y ricas en nutrientes para los fabricantes y distribuidores alimentarios. Sin embargo, la demanda de estos usos sigue siendo baja a pesar del valor nutricional y los beneficios saludables de las algas marinas y de los diversos esfuerzos en curso para promover su consumo, especialmente en Europa y Norteamérica.

28. Muchos de los usos no alimentarios de las algas marinas (por ejemplo, farmacéutico, nutracéutico, cosmético, alimentación animal, fertilizante o estimulante biológicos, embalaje biodegradable, fibra textil, captura o secuestro de carbono y biocombustible) son prometedores, pero presentan limitaciones y dificultades de carácter técnico, económico o de mercado. No está claro cuál (o cuáles) de estos usos se convertirá en el principal motor que impulse el siguiente gran avance en el desarrollo de las algas marinas, con un éxito similar al de las algas *Laminaria/Saccharina* o *Kappaphycus/Eucheuma*.

### **Limitada o reducida disponibilidad de lugares adecuados de cultivo cercanos a la orilla**

29. La mayoría de las algas marinas se cultivan cerca de la superficie del agua con el fin de tener suficiente luz solar para la fotosíntesis; por lo tanto, se cultivan generalmente en zonas próximas a la orilla por razones de conveniencia operativa y logística. Las operaciones cercanas a la orilla suelen ser menos costosas en lo que respecta a los costos tanto de inversión como operativos. Sin embargo, existen numerosos factores que limitan o dificultan el cultivo de algas marinas en las zonas próximas a la orilla, entre ellos: i) la competencia por las zonas cercanas a la costa procedente del desarrollo urbano y de actividades de recreo, pesca y piscicultura, entre otras; ii) la contaminación de las aguas costeras; iii) el aumento de temperatura de las aguas marinas.

30. El cultivo de algas marinas a una distancia mayor de la costa, en aguas más profundas, puede contribuir a superar las limitaciones que plantea la proximidad a la costa. Además, dicho cultivo podría integrarse con otras actividades realizadas mar adentro, como la generación de energía eólica. No obstante, el cultivo de algas marinas en mar abierto presenta la dificultad de la viabilidad técnica y económica y de la ausencia general de reglamentos relativos a la acuicultura en alta mar.

### **Falta de mano de obra**

31. Por lo general, el cultivo de algas marinas requiere una gran cantidad de mano de obra para tareas de plantación, mantenimiento diario, recolección y manipulación posterior a la recolección, con una demanda estacional u ocasional. La falta de mano de obra adecuada (barata, flexible y estable) ha constituido un importante obstáculo para el cultivo de algas marinas en las regiones desarrolladas. La escasez de mano de obra también plantea retos a los países cultivadores de algas marinas de las regiones en desarrollo en su camino hacia una economía más desarrollada y urbanizada, ya que el desarrollo económico crea oportunidades de empleo más atractivas en otros sectores (por ejemplo, el turismo) que los laboriosos y extenuantes trabajos que ofrece el cultivo de algas marinas, en particular para la generación más joven. Contar con sistemas de cultivo y tecnologías más automatizados podría contribuir a resolver la escasez de mano de obra y mejorar la salud ocupacional, pero tendería a incrementar los costos de producción.

### **Limitaciones para la integración de los sistemas de cultivo**

32. Pese a su atractivo conceptual y sus eficaces usos, los obstáculos técnicos, económicos e institucionales complican la integración del cultivo de algas marinas con otras actividades de acuicultura. Técnicamente, el sistema AMTI es un complejo sistema de acuicultura cuyo funcionamiento depende del equilibrio de una amplia variedad de interacciones entre las especies cultivadas y de la pericia general de los acuicultores que manejan más de una especie y tienen la capacidad de adoptar protocolos de cultivo adecuados para todas las especies integradas y mantener un ecosistema en buen funcionamiento.

33. En un sistema AMTI, la infraestructura y el funcionamiento necesarios para el cultivo de una especie puede dificultar el de otras especies integradas. Por ejemplo, las líneas de cultivo de algas marinas pueden interferir con el acceso de embarcaciones grandes a las jaulas de peces de aleta, que pueden atraer peces herbívoros que se alimentan de las algas marinas.

34. Desde el punto de vista económico, los sistemas AMTI, en particular las operaciones a gran escala, se enfrentan al reto de comercializar múltiples productos a lo largo de diferentes cadenas de valor. Si bien la composición diversificada de especies de un sistema AMTI puede contribuir a reducir los efectos de las fluctuaciones de los precios de las diferentes especies, las complejidades enumeradas de dicho sistema tenderían a incrementar los costos operativos, y el bajo valor de las algas marinas podría no ofrecer a los acuicultores de peces de aleta suficiente incentivo económico para modificar sus modelos de negocio.

35. Desde el punto de vista institucional, los acuicultores de peces de aleta suelen carecer de incentivos para integrar las algas marinas en sus sistemas de cultivo si la normativa no les obliga a internalizar los efectos acumulativos de sus operaciones de cultivo en el ecosistema a una escala mayor (fiordos, canales o bahías enteras) y no les permite beneficiarse de los efectos positivos de las algas marinas en la calidad del agua (por ejemplo, aumentando el número de peces que se les permite criar). La integración también puede verse dificultada por la falta de reglamentación que facilite la colaboración entre los propietarios de lugares de cultivo de diferentes especies.

### **Plántulas de calidad baja o disminuida**

36. La producción de plántulas es fundamental para el éxito y la sostenibilidad del cultivo de algas marinas. La calidad de las plántulas se ha vuelto cada vez más crucial en entornos de cultivo en deterioro, como el aumento de la temperatura del agua del mar y unos brotes de enfermedades más frecuentes y graves.

37. La gestión indebida de la producción de plántulas o las limitaciones en dicha producción, como el uso de poblaciones endocriadas o la propagación vegetativa repetida, puede dar lugar a la degeneración de rasgos y la consiguiente pérdida de valor agronómico del tipo cultivado, debido a las posibilidades de menor crecimiento, peor calidad y mayor probabilidad de enfermedades, entre otras cosas. La calidad baja o disminuida de las plántulas también podría incitar a la introducción de especies o genotipos de algas marinas no autóctonos, lo que plantearía riesgos para la biodiversidad y la bioseguridad.

38. Las tecnologías de mejoramiento genético, como la selección de cepas, la reproducción selectiva, la hibridación y la micropropagación pueden contribuir a mejorar la calidad de las plántulas y la eficiencia productiva. Sin embargo, suelen exigir capacidad técnica y financiera y a menudo requieren ayuda pública. Si bien los programas y progresos relacionados con el mejoramiento de las algas marinas han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo del cultivo de algas marinas en Asia oriental, sigue habiendo una falta de mejoramiento genético de algas rojas tropicales (por ejemplo, *Kappaphycus/Eucheuma*), que se multiplican principalmente por reproducción vegetativa. Pese a que los distintos tipos morfológicos de las algas *Kappaphycus/Eucheuma* están identificados, la base genética de estos morfotipos no está suficientemente estudiada y no se conoce bien.

### **Problemas diversos y limitaciones que afectan al cultivo y las cadenas de valor de las algas marinas**

39. Otros problemas importantes que suponen un obstáculo para el cultivo y las cadenas de valor de las algas marinas incluyen: i) el deterioro de los entornos de cultivo debido a las consecuencias del cambio climático, como el aumento de la temperatura del agua del mar, condiciones meteorológicas cada vez más extremas, el incumplimiento de las medidas de bioseguridad (por ejemplo, la medición del contenido de nitrógeno en nutrientes y el caudal del movimiento/flujo de agua), y un apetito más voraz de los depredadores; ii) brotes de enfermedades más frecuentes y graves; iii) elevados costos de transporte; iv) elevados costos de intermediarios; v) precios de mercado bajos e inestables, incluida la incertidumbre de los precios de exportación debido a las fluctuaciones del tipo de cambio; vi) bajos ingresos para los cultivadores de algas marinas; vii) prácticas no óptimas (por ejemplo, la recolección prematura, el cultivo durante todo el año y el incumplimiento de los períodos de pausa similares a los ciclos de barbecho para los cultivos terrestres) como consecuencia de limitaciones económicas o condiciones de mercado inestables; viii) calidad deficiente debido a una manipulación inadecuada posterior a la recolección; ix) falta de agregación de valor.

### **Problemas y limitaciones en el cultivo de microalgas**

40. Pese a los esfuerzos de la FAO, entre otros, por promover las microalgas como nueva fuente de alimentación humana para combatir el hambre y la malnutrición, el consumo humano mundial de microalgas se produce fundamentalmente a través de productos de suplementación dietética de gama alta (por ejemplo, *Chlorella* o espirulina en polvo) suministrados por la industria nutracéutica.



41. Algunos de los factores que restringen el uso de microalgas en la alimentación humana son: i) sabor o color poco atractivos; ii) posible presencia de metales pesados o contaminación por microcistina en cultivos mal gestionados; iii) posibles efectos secundarios causados por la ingestión de microalgas (por ejemplo, alergias y problemas gastrointestinales); iv) los precios relativamente elevados de los productos de microalgas de calidad.

42. El elevado costo de la recolección y refinación de la biomasa de microalgas cultivadas es otro factor que contribuye al elevado costo de producción de las microalgas, el cual constituye un obstáculo importante para la comercialización viable de la producción de biocombustibles obtenidos a partir de microalgas.

## **ENSEÑANZAS ADQUIRIDAS Y CAMINO A SEGUIR**

### **La gobernanza como base**

43. Es esencial contar con leyes, normas y directrices fundamentadas en la ciencia y la evidencia (entre otras, normativa ambiental, planificación espacial, normas de inocuidad alimentaria, requisitos de salud en el trabajo, directrices técnicas y buenas prácticas de acuicultura) relativas a las algas marinas y las microalgas con el fin de establecer una base sólida para el desarrollo sostenible del sector. El cultivo de algas marinas debe respetar las mejores orientaciones técnicas y normativas contenidas en los instrumentos mundiales —por ejemplo, las próximas Directrices para la acuicultura sostenible—, adaptando las mejores prácticas a las condiciones nacionales y locales.

44. Aunque normalmente es competencia de cada país establecer o adoptar estos criterios según sus condiciones socioeconómicas y ambientales y sus prioridades de desarrollo, la comunidad internacional y la comunidad científica pueden contribuir a la creación y el intercambio de conocimientos y experiencias mundiales para facilitar la adopción informada de decisiones en el proceso.

### **La demanda del mercado como factor impulsor**

45. La demanda del mercado ha sido el factor que ha impulsado el desarrollo del sector de las algas. Por ejemplo, el auge de la laminaria en Escocia en el siglo XVIII estuvo motivado por la demanda de álcali para producir jabón y vidrio; el apogeo del musgo marino irlandés (*Chondrus crispus*) en el Canadá se produjo gracias a la demanda de materia prima para producir carragenina, que después impulsó el auge de las algas *Kappaphycus/Eucheuma* en Filipinas e Indonesia.

46. La demanda de alimentos acuáticos saludables y sabrosos ha sido el principal factor impulsor del auge de la laminaria en Asia oriental, fundamentalmente en China y la República de Corea. Este auge se ha visto sustentado o consolidado en su trayectoria por otras fuerzas del mercado, como la demanda de extractos de algas marinas pardas (yodo, alginato, manitol, fucoïdan, etc.) y la demanda de algas marinas frescas para alimentar abalones.

47. Las algas nutritivas, respetuosas con el medio ambiente y versátiles tienen un gran potencial de aplicaciones diversas en el ámbito alimentario y no alimentario, pero ese potencial puede no convertirse en una demanda inmediata del mercado debido a una serie de limitaciones, como la baja exposición o escasa preferencia por parte de los consumidores, los costos de producción elevados, la competencia dentro del mercado y unas reglamentaciones estrictas.

48. Aunque atraen la atención, muchas de las contribuciones potenciales de las algas (por ejemplo, aportes a la salud, beneficios ambientales y servicios ecosistémicos) pueden no desembocar de manera automática en la demanda inmediata del mercado o en oportunidades posteriores de negocio que atraigan la inversión privada hacia el sector con fines lucrativos. Se podrían establecer mecanismos basados en

el mercado, como los créditos del carbono, los créditos del nitrógeno, los bonos azules y la financiación verde, entre otros, para facilitar la internalización de las externalidades positivas de las algas. Es crucial el apoyo coordinado de los gobiernos, los donantes, la sociedad civil y las organizaciones internacionales para facilitar el desarrollo del sector de las algas y su integración en los sistemas alimentarios mundiales.

49. Otra lección fundamental que nos enseña la historia del desarrollo mundial de las algas es que una dependencia excesiva de un estrecho abanico de aplicaciones (en particular, materias primas industriales) puede resultar arriesgada o insostenible. Por ejemplo, el mencionado auge de la luminaria en Escocia sufrió una profunda decadencia a comienzos del siglo XIX, cuando se descubrieron formas más económicas de producir soda y potasa. La rápida expansión del cultivo de *Kappaphycus/Eucheuma* en las zonas tropicales, que proveen materias primas mucho más económicas para la producción de carragenina, ha hecho que la industria del musgo irlandés experimente un proceso similar de auge y fracaso en el Canadá, y el declive de la industria ha generado importantes repercusiones socioeconómicas.

50. La utilización de las algas (especialmente las algas marinas) como alimento humano, en particular para el consumo local, tiende a ser la fuerza de mercado más estable y puede servir como estabilizador para el desarrollo del sector de estos organismos. Sin embargo, la inercia de los hábitos alimentarios y los comportamientos de los consumidores supone un reto importante para el desarrollo de los mercados de productos alimenticios a base de algas, especialmente en lugares en los que la producción, el consumo y las tradiciones culinarias en relación con las algas son escasos. Crear o cambiar hábitos alimentarios suele ser un proceso a largo plazo que implica esfuerzos conjuntos de las partes interesadas y los expertos en políticas, los sectores empresariales y las comunidades científicas.

51. Pese a la evidencia anecdótica de un aumento mundial o local de la popularidad del *sushi* y de otros productos alimenticios a base de algas marinas, en general faltan información y conocimientos detallados sobre el potencial del mercado de alimentos a base de algas (en particular, precio y volumen de mercado), lo cual es fundamental para adoptar decisiones informadas en materia de políticas y planificación de cara al desarrollo del cultivo de algas marinas. Es preciso realizar evaluaciones profundas y exhaustivas sobre los mercados y las cadenas de valor de las algas a escala mundial, regional, nacional y subnacional para subsanar esta laguna.

### **La innovación como agente de cambio**

52. La ciencia y las innovaciones han constituido las principales fuerzas motoras que han impulsado los avances en el desarrollo de las algas marinas o las microalgas. Es necesario fomentar la estrecha colaboración entre la industria de las algas y la comunidad de investigación interdisciplinaria para transformar el amplio potencial de las algas marinas y las microalgas en productos alimentarios o no alimentarios que sean aceptables, accesibles y asequibles. El sector público puede facilitar el proceso prestando apoyo a la investigación básica sobre temas importantes como nutrición, recursos genéticos y enfermedades.

53. El respaldo del sector público (incluidos los incentivos financieros) también es necesario para apoyar el desarrollo y la comercialización de innovaciones que tiendan a generar beneficios importantes de carácter técnico, económico, ambiental o social.

### **Apoyo del sector público para la creación de un entorno propicio**

54. El sector privado puede carecer de incentivos para destinar grandes esfuerzos a largo plazo al desarrollo de unos mercados de algas marinas con perspectivas inciertas, especialmente en países en los que la producción y el consumo de algas marinas son escasos. Por lo tanto, es necesario el apoyo del sector público para que la población reconozca y aprecie en mayor medida el valor nutritivo de las algas marinas como alimento humano y para ayudar a establecer hábitos alimentarios que incluyan el consumo de algas marinas. Por ejemplo, habiendo garantizado la inocuidad y el valor nutricional de las algas marinas pueden llevarse a cabo programas públicos tales como educación nutricional e introducción de

las algas marinas en los menús de los hospitales, los centros de enseñanza y otras instituciones públicas, con el objetivo de promover su consumo, lo cual no solo incrementará inmediatamente la demanda de algas marinas, sino que también contribuirá a potenciar su consumo en el futuro.

55. El sector público debería crear un entorno favorable para facilitar el desarrollo del cultivo de algas. Por ejemplo, los gobiernos pueden reconocer el cultivo de algas marinas o microalgas como una prioridad para el desarrollo y utilizar mecanismos como la concesión de licencias y el apoyo financiero, entre otros, para contribuir a recompensar al sector por sus beneficios medioambientales y servicios ecosistémicos.

56. Teniendo en cuenta el importante desequilibrio regional en la producción y consumo de algas marinas, tal vez convendría reforzar su cultivo y su cadena de valor en algunas regiones, y también promover su consumo.

### **El papel de la FAO**

57. La FAO ha llevado a cabo diferentes proyectos que o bien se centran en las algas marinas o incluían como componente su desarrollo; asimismo, la Organización ha creado y difundido una serie de productos del conocimiento dedicados a las algas.

58. La labor de la FAO relativa a la Senda progresiva de gestión para mejorar la bioseguridad en la acuicultura puede contribuir al establecimiento de un marco de gestión progresivo, basado en el riesgo y colaborativo para la bioseguridad en el cultivo de algas marinas a escala empresarial, nacional e internacional. Una próxima publicación de la FAO sobre las enfermedades de los organismos acuáticos incluirá una sección relativa a las algas.

59. La FAO está elaborando un documento de antecedentes que determina posibles peligros de inocuidad alimentaria (sustancias químicas, patógenos y toxinas) que podrían estar vinculados al consumo de algas marinas. El documento sentará las bases para un trabajo posterior en este ámbito. La FAO considera que podría ser provechoso elaborar orientaciones pertinentes del Codex sobre esta materia y sometió esta cuestión a consideración en la 14.<sup>a</sup> reunión del Comité del Codex sobre Contaminantes de los Alimentos, celebrada en mayo de 2021 (Secretaría del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios, 2021). El asunto será objeto de seguimiento por parte de la Comisión del Codex Alimentarius.

60. Como parte de su labor relacionada con los recursos genéticos acuáticos, la FAO está elaborando un sistema de información sobre los tipos de recursos genéticos acuáticos cultivados, incluidas las algas, que puede contribuir a paliar la escasez de información sobre la base genética del cultivo de algas marinas.

61. Las bases de datos de la FAO sobre la producción de la pesca y la acuicultura en el mundo han constituido una fuente única de datos y estadísticas sobre la producción mundial silvestre y cultivada de algas. Existe mucho margen de mejora en las estadísticas sobre la producción de algas en términos de exactitud y exhaustividad (por ejemplo, una cobertura más amplia de los países y un mayor desglose de la composición de las especies). También son insuficientes la información y los conocimientos sobre otras partes de las cadenas de suministro de las algas (por ejemplo, procesamiento y consumo). Para que la FAO pueda mejorar la cantidad y la calidad de los datos y de la información sobre las algas es necesario que cuente con el apoyo continuo de sus Miembros.

62. En las Directrices para la acuicultura sostenible se propone a los Miembros una hoja de ruta hacia sistemas alimentarios acuáticos más eficientes, inclusivos, resilientes y sostenibles mediante buenas prácticas de gestión de la producción, innovación e inversión. En ese sentido, las Directrices pueden utilizarse en los ámbitos nacional y regional para fortalecer y mejorar las políticas propicias, los

marcos jurídicos e institucionales, las asociaciones y las medidas de inversión para el desarrollo continuo del cultivo de algas marinas y microalgas. Además de las Directrices para la acuicultura sostenible, las Orientaciones sobre la responsabilidad social en las cadenas de valor de la pesca y la acuicultura proporcionan a los Miembros instrumentos para incrementar la responsabilidad social en las cadenas de valor del cultivo de algas marinas, incluidos el trabajo decente y la protección social en el sector.

63. Otras esferas de trabajo de la FAO sobre el desarrollo del cultivo de algas (fundamentalmente algas marinas) y su cadena de valor podrían ser, entre otras: i) la elaboración de manuales prácticos sobre el cultivo de algas marinas; ii) el establecimiento de plataformas técnicas para facilitar la creación de capacidad, la transferencia de tecnología y el intercambio de conocimientos en ámbitos clave (sistemas y tecnología de cultivo, mejoramiento genético y control de enfermedades, entre otros); iii) el apoyo al desarrollo del mercado para la utilización de las algas marinas como alimento humano; iv) la facilitación de la colaboración y cooperación entre los Miembros con vistas a mejorar la gobernanza en pro del desarrollo sostenible del sector de las algas.