

E.1.3.1. Informe de análisis socio-ambiental de la explotación de macroalgas

Alternativa integral para la explotación de macroalgas en
la zona de Galicia y Portugal

ALGALUP

0558_ALGALUP_6_E

Enero 2021

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	3
2. IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA EXPLOTACIÓN DE ALGAS EN GALICIA. 5	
2.1. Volumen de producción	5
2.2. Valor económico de la producción de macroalgas en Galicia	7
2.3. Regulación y gestión de la explotación de macroalgas en Galicia	10
2.4. Usos de las macroalgas en Galicia	12
3. GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN Y DEL IMPACTO AMBIENTAL	15
3.1. Normativa y metodología de la gestión de la explotación de poblaciones de macroalgas silvestres en Galicia	15
3.2. Gestión y buenas prácticas en la explotación de las macroalgas.....	17
3.3. Metodologías para la gestión de la explotación de macroalgas silvestres: los indicadores de sostenibilidad	18
3.4. Amenazas antropogénicas sobre las poblaciones de macroalgas	22
4. CONCLUSIONES	25
5. REFERENCIAS	26

1. INTRODUCCIÓN

Alternativa integral para la explotación de macroalgas en la zona del Galicia y Portugal (ALGALUP) es un proyecto transfronterizo que apoya el crecimiento inteligente a través de una cooperación transfronteriza para el impulso de la Innovación en el sector de las macroalgas. El proyecto ALGALUP pretende desarrollar una alternativa integral para promover la investigación y la innovación en el sector de la explotación de las macroalgas en la zona de Galicia y Portugal fomentado la interconexión entre centros tecnológicos y universidades especializadas del sector con la finalidad de mejorar el conocimiento sobre las especies de interés, la adaptabilidad de los procesos productivos a las condiciones específicas en la zona. Además, el proyecto intentará impulsar nuevas iniciativas para el aprovechamiento óptimo de la biomasa con la aplicación de derivados y compuestos bioactivos extraídos de las algas en sectores de interés estratégico.

La meta final del proyecto es aumentar el conocimiento de los usuarios finales, investigadores e inversores sobre las oportunidades que genera el sector de explotación de macroalgas. Implementar un sistema de explotación sostenible de los bancos naturales de macroalgas y fomentar la investigación en las diferentes etapas de cultivo de especies de interés. Desarrollar nuevas alternativas de aprovechamiento de los compuestos, extractos y bioactivos contenidos en las macroalgas. Fomentar la transferencia de los resultados obtenidos al tejido industrial de los sectores de interés.

En su primera actividad “A1. Evaluación preliminar del sector de macroalgas en Galicia y Portugal”, se pretende el desarrollo de una recopilación bibliográfica sobre los recursos naturales y especies de cultivo de interés, los sistemas de cultivos actuales y posibilidades de mejora además de los usos y valores añadido de las macroalgas.

Este documento se divide en dos partes. El objetivo de la primera sección es analizar la explotación de las macroalgas en Galicia, con un claro foco en la recolección del medio natural, que es la principal fuente de macroalgas en este territorio. En primer lugar, se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo de la explotación, en cuanto a especies, cantidades explotadas y valor económico. Las bases de datos de la Xunta de Galicia son la principal fuente de información del volumen de producción de macroalgas y sus precios de primera venta en lonja. Esta información está disponible en el portal www.pescadegalicia.com.

La segunda sección se centra en la gestión de la explotación de las poblaciones de macroalgas, concretamente a nivel gallego y español, aunque se aportan también ejemplos de terceros países o aplicables a nivel internacional, como son los estándares de certificación de ASC y MSC. También se mencionan las amenazas que sufren las poblaciones de macroalgas a nivel global, motivadas fundamentalmente por el calentamiento y la acidificación de los océanos, y cómo esta situación refuerza la necesidad de realizar una gestión correcta de su explotación, así como de apostar por la

acuicultura.

Para elaborar los contenidos acerca de la gestión de la explotación de las algas en Galicia y acerca del diseño y el seguimiento de los planes de explotación en el marco del decreto 153/2019, se ha contado con información proporcionada por técnicos de la Consellería do Mar, cuya colaboración para elaborar este documento agradecemos encarecidamente.

2. IMPACTO SOCIOECONÓMICO DE LA EXPLOTACIÓN DE ALGAS EN GALICIA

2.1. Volumen de producción

2.1.1. Galicia

En Galicia la producción de algas en la última década ha ido creciendo de manera sostenida, un 81 % entre 2010 y 2019, especialmente desde el 2014 (Figura 1). En 2019, la producción de algas fue de 404,4 toneladas, de las cuales el 99% provienen de la cosecha en el medio natural. (Xunta de Galicia, 2021).

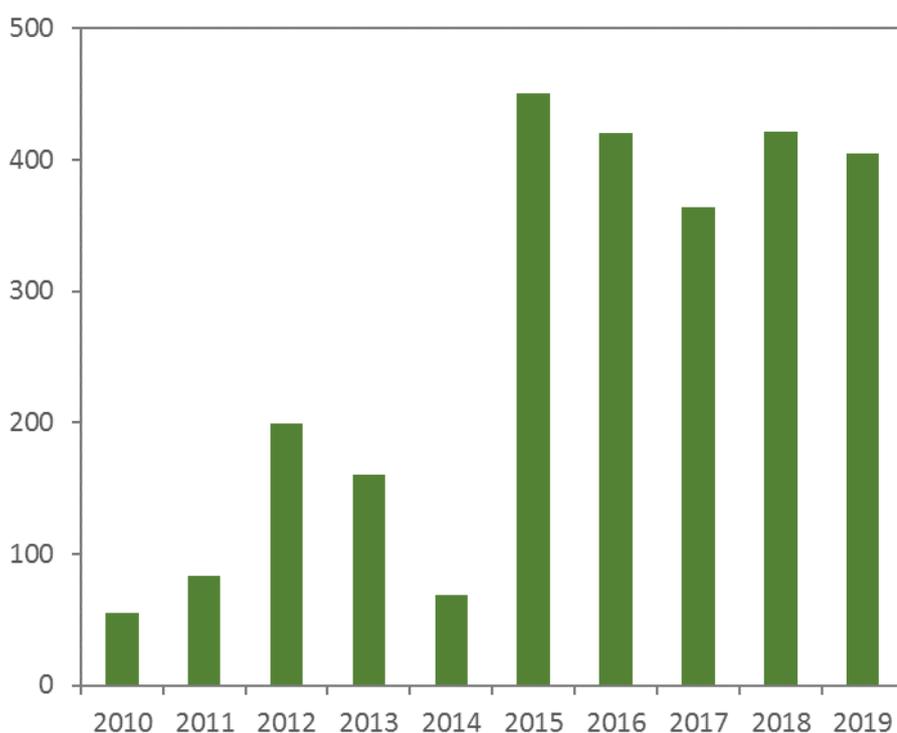


Figura 1. Volumen de producción de macroalgas en Galicia (miles de toneladas). Xunta de Galicia, 2021. <https://www.pescadegalicia.gal/gl/publicacions>. Acceso el 04-02-2021.

Como en España, en Galicia la acuicultura de las macroalgas es anecdótica y la mayor producción observada durante los últimos años fue de 1,6 t en el 2014. En 2019, la producción acuícola fue de 990 kg, de los que el 73 % son algas verdes en general, mientras que el resto a partes más o menos iguales corresponde a algas rojas en general y al alga parda *Saccharina latissima* (Figura 2).

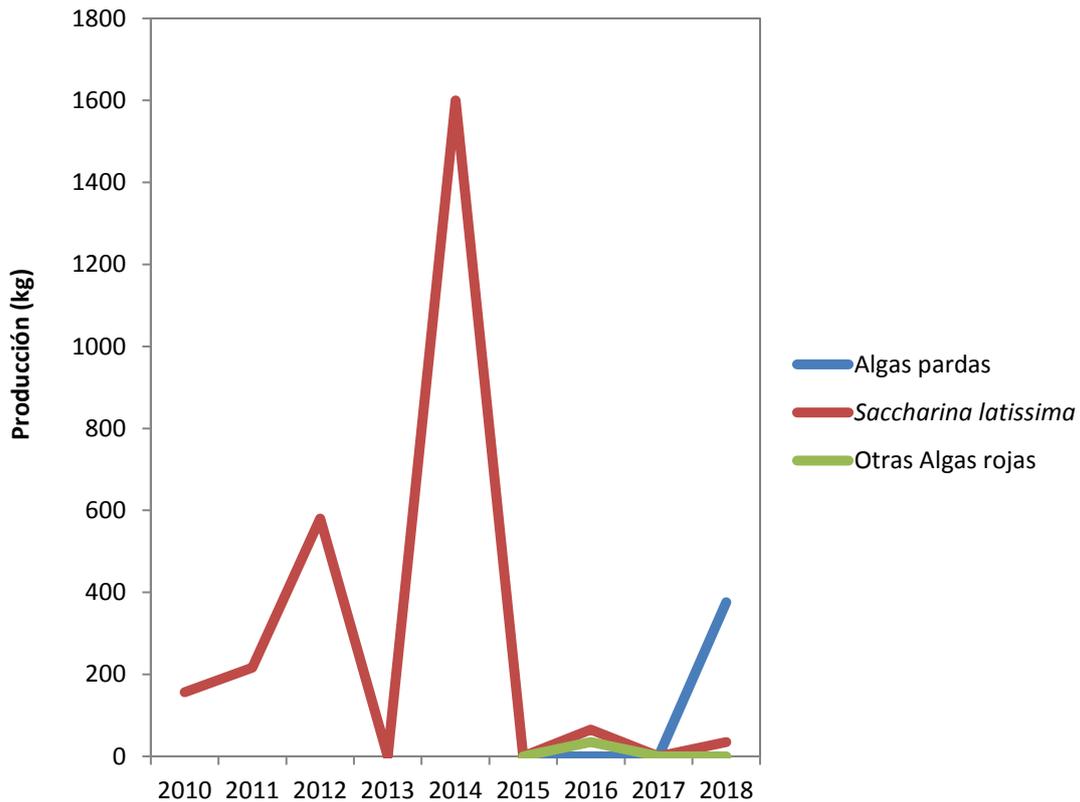


Figura 2. Producción y valor económico de las macroalgas de acuicultura durante la última década por especie. Xunta de Galicia, 2021, <https://www.pescadegalicia.gal/gl/publicacions>. Acceso el 04-02-2021.

En cuanto a las macroalgas recolectadas del medio natural, las especies o grupos de algas que los recolectores cosecharon en los últimos años se incrementaron de 6 a 8, según los datos consultados en la Plataforma Tecnológica da Pesca, dependiente de la Consellería do Mar.

En 2019, la producción fue dominada por la recolección de algas pardas, que representaron un 77,8% de las algas cosechadas como *Laminaria* spp. (51,79% de la producción), y *Laminaria ochroleuca* (15,53%), seguidas por un conjunto de algas verdes con 20,20%, específicamente *Codium* spp. con 3,76% y *Ulva* spp. con 16,47%. Las algas rojas representan solamente el 1,92% de las algas cosechadas del medio natural en Galicia y en su mayoría de la especie *Chondrus crispus* (Figura 3).

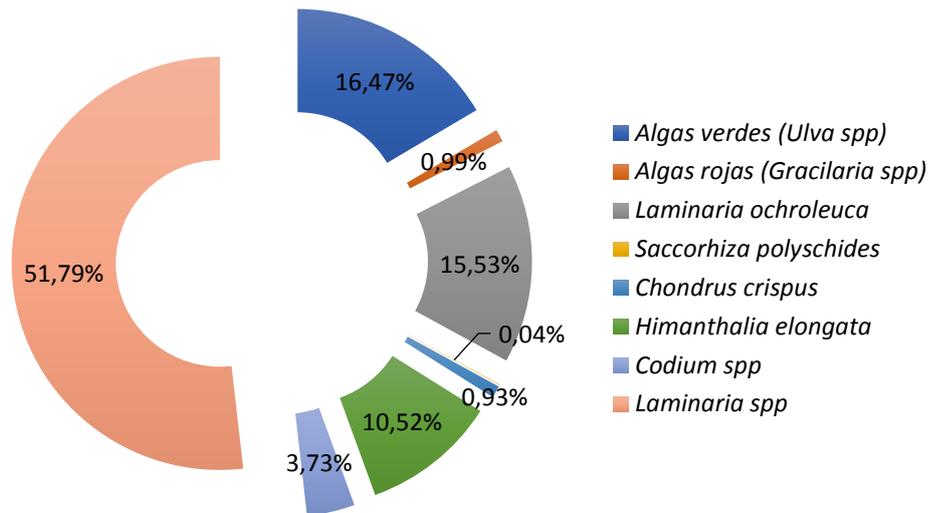


Figura 3. Distribución de la producción de macroalgas cosechadas del medio natural en Galicia por especie en 2019. Xunta de Galicia, 2021, <https://www.pescadegalicia.gal/gl/publicacions>. Acceso el 04-02-2021.

2.1.2. Portugal

Siguiendo los datos publicados por la Direcção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Recursos Maritimos (DGRM) en los boletines de Recursos de Pesca, la recogida de algas registrada desde 2000 hasta 2018, muestra una actividad extractiva mayor en algas agarófitas frente a carragenófitas. Esta actividad se encuentra documentada en zonas continentales de Portugal (6 zonas geográficas) y las Açores, siendo las zonas equivalentes a la parte más al norte de Portugal, la zona 1 (Foz Rio Miño hasta N. Estela) y la zona 2 (=Sul da Estela até N. da foz Rio Mondego). Sin embargo, no se encontraron registros de recogida de algas en la zona 2 en ninguno de los años.

La recogida de algas carragenófitas registrada en los años 2000, 2001, 2003 y 2004 llegó a un máximo de recogida de 19 toneladas/año, mientras que las agarófitas sólo alcanzaron en 2003 0,4 toneladas.

Los datos sobre las cantidades de algas vendidas en el mercado nacional e internacional solo están disponibles a partir de 2018, ambos inclusive. Las cifras de ventas en toneladas se refieren a peso fresco.

2.2. Valor económico de la producción de macroalgas en Galicia

2.2.1. Galicia

Las lonjas de Galicia ingresaron en 2019 un total de 336.500 € por la subasta de varias especies de algas, un crecimiento de 11 veces en comparación con las cifras alcanzadas en 2010, cuando los centros de primera venta gallegos facturaron 28.574 € por la venta de algas (Figura 4). En 2019, las algas verdes en su conjunto fueron las que alcanzaron mayor facturación en las lonjas gallegas, con 63.879 €, seguidas del argazo (nombre genérico para varias especies de la familia Laminariaceae) con 38.074 €, lo que supone un descenso del 37 % respecto al año anterior.

Los precios de primera venta han sido variables por especies (Figura 5). *Chondrus crispus* fue la especie más cotizada con un precio medio de venta de 1,25 €/kg, seguido por *Codium tomentosum* con 1,07 €/kg. El precio más bajo fue para *Himanthalia elongata* con 0,52 €/kg.

En cuanto al valor de la producción de acuicultura, no se dispone de datos desagregados por especies o grupos de especies, y también faltan datos de algunos años en el periodo 2010-2019. El valor más elevado se registró en 2014, con unos 16.000 € (Figura 6), que corresponden también al mayor volumen de producción de la década y en concreto al cultivo de *Saccharina latissima*. A partir de estos datos se estima que el precio medio de esta especie producida en cultivo fue de 10 €/kg.

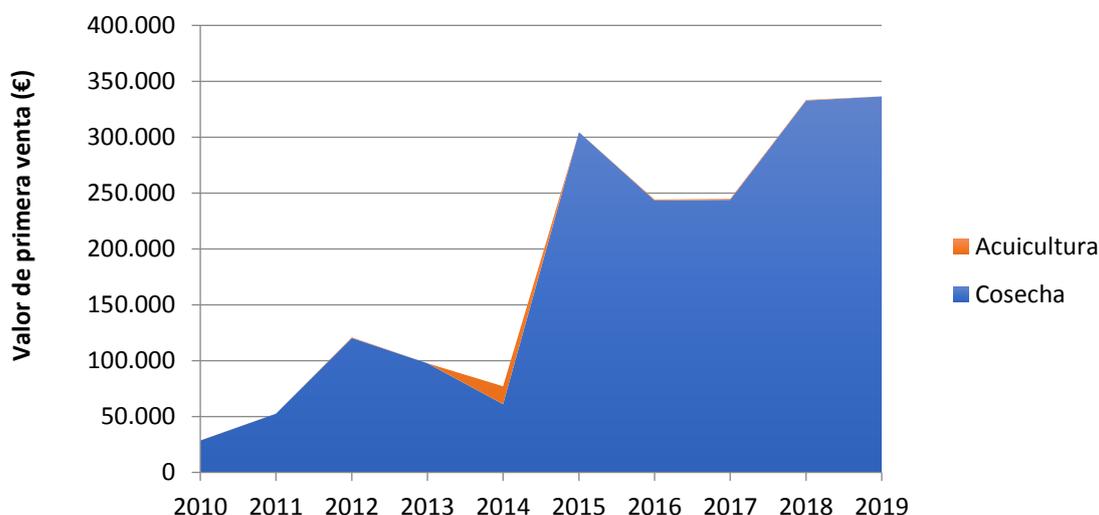


Figura 4. Evolución del valor de la facturación de las macroalgas los últimos años en Galicia. Xunta de Galicia, 2021, <https://www.pescadegalicia.gal/gl/publicacions>. Acceso el 04-02-2021.



Figura 5. Precios medios (€/Kg) de las especies en lonja gallega en 2019. Xunta de Galicia 2021, <https://www.pescadegalicia.gal/gl/publicacions>. Acceso el 04-02-2021.

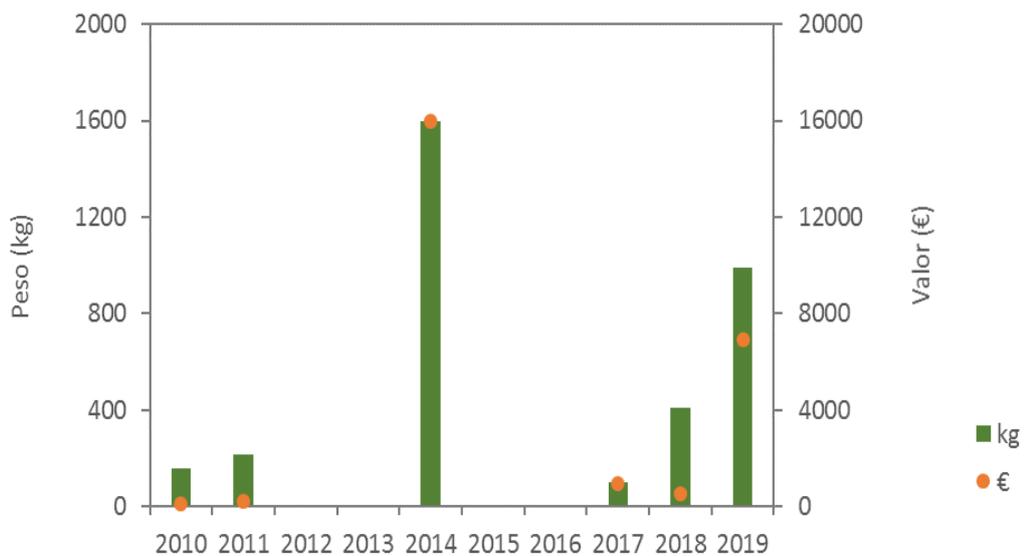


Figura 6. Producción y valor económico de las macroalgas de acuicultura. Xunta de Galicia, 2021, <https://www.pescadegalicia.gal/gl/publicacions>. Acceso el 04-02-2021.

2.2.2. Portugal

Con respecto al valor económico en Portugal, las algas carragenófitas tuvieron más inestabilidad a lo largo de los años, con fluctuaciones de 1,1 a 0,44 €/kg. Las agarófitas, sólo presentaron el valor de 1,05 €/kg.

Estos datos pueden mostrar que la actividad recolectora de macroalgas en el norte de Portugal parece baja en comparación con la zona sur.

Tabla 1. Extracción total (toneladas peso seco/año) y valorización anual (€/kg) de carragenófitas y agarófitas en el norte de Portugal. (Zona 1 = Foz Rio Minho hasta N. Estela). Los datos fueron recogidos de publicaciones de Recursos de Pesca de Direcção-Geral de Recursos Naturais, Segurança e Recursos Marítimos (DGRM).

	Año	t/año	€/kg
Carragenófitas	2000	19.0	0.70
	2001	10.2	0.91
	2003	14.2	1.10
	2004	10.6	0.44
Agarófitas	2003	0.4	1.05

2.3. Regulación y gestión de la explotación de macroalgas

2.3.1. Galicia

La gestión y conservación de los recursos marinos vivos en España es una competencia transferida a las comunidades autónomas. La recolección de algas en Galicia está regulada por la Ley 11/2008, de pesca de Galicia, y por el Decreto 153/2019, actualmente en vigor, que desarrolla esta ley. Su explotación debe ajustarse a un plan de gestión, que es elaborado por las personas o entidades interesadas en el aprovechamiento del recurso y aprobado por la Consellería do Mar. La excepción es la recogida de algas desprendidas del fondo de forma natural, denominadas genéricamente “argazos” en la legislación, que puede realizarse libremente durante todo el año, aunque bajo determinadas condiciones.

La Consellería do Mar aprobó para el ejercicio del 2019, 24 planes de explotación para las algas como recursos específicos. Cinco de estos planes corresponden a las empresas: Algamar, Ceamsa, HQ Seaweed, Mar de Ardora y Portomuños, otros siete planes corresponden a cofradías de pescadores coruñesas, otros 11 a cofradías de Pontevedra y uno a la profesional María Carmen Sánchez Sánchez, de A Coruña.

Las especies de mayor interés, para las que mayor número de entidades solicitan planes de gestión (Figura 7), son en su mayoría grandes algas pardas, localmente abundantes y que pueden recolectarse en grandes cantidades fácilmente: *Himanthalia elongata*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccorhiza polyschides* y *Undaria pinnatifida*. También entran en esta categoría *Ulva* spp., igualmente una especie con gran cantidad de biomasa,

Chondrus crispus y *Codium tomentosum*. Estas dos últimas tienen precios interesantes en primera venta (1,25 y 1,07 €/kg respectivamente); además, *C. crispus* es recolectada por una empresa fabricante de ficocoloides.

Cabe mencionar que los planes de explotación aprobados establecen cotas máximas de kg extraídos por persona o embarcación y día para la mayoría de las especies objeto de explotación, con la excepción observada de *Undaria pinnatifida*. Esto se debe probablemente a que se trata de una especie alóctona y con tendencia invasora, cuya proliferación se ha incrementado en los últimos años.

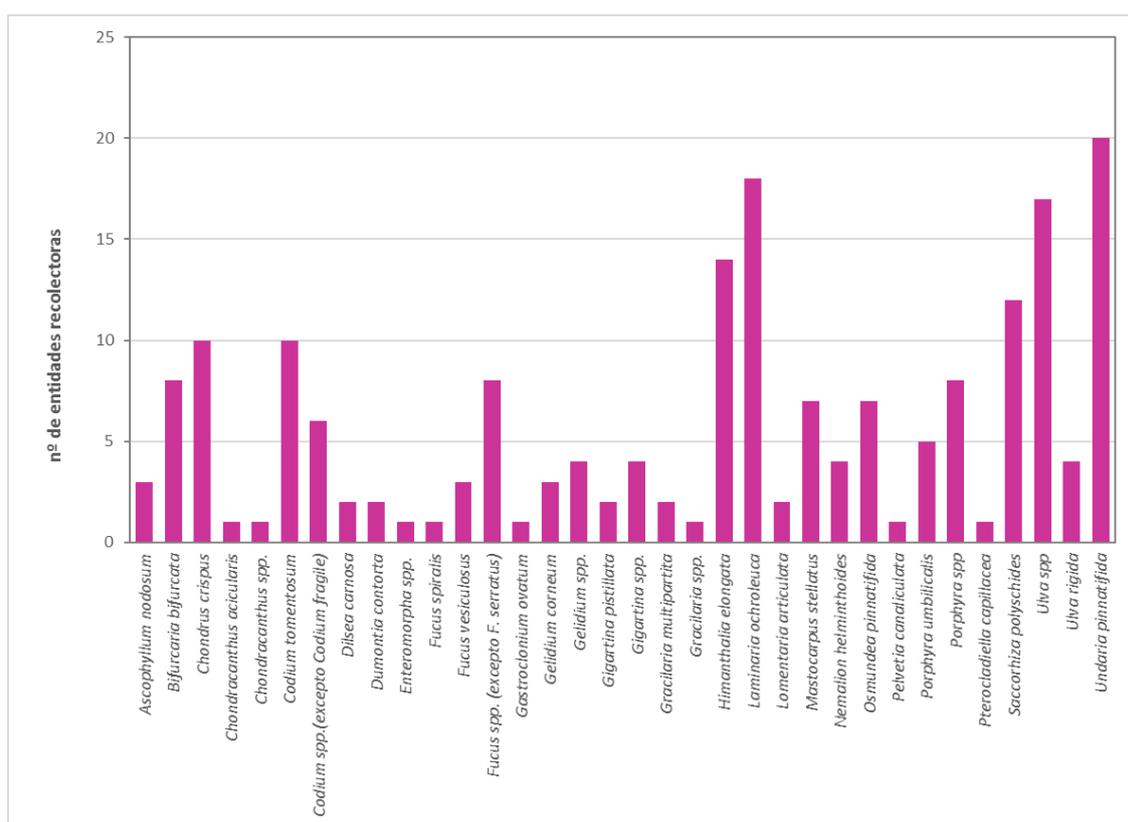


Figura 7. Número de planes de explotación presentados por cofradías de pescadores, empresas y particulares para las especies de algas recolectadas en Galicia. Xunta de Galicia, 2021, <https://www.pescadegalicia.gal/PlanesExp/index.htm>

2.3.2. Portugal

En Portugal, se cuenta con una larga tradición de utilización de algas marinas para uso como fertilizantes naturales en campos de cultivo, en el litoral norte principalmente, entre el río Ave y río Minho, recogidas con marea baja por pescadores de tierra, labradores-sargaceiros de Apúlia y de otras tierras del litoral minhoto (Sousa-Pinto 1998). El desarrollo de esta actividad llevó consigo la publicación, en 1909, de la regulación “Apanha de Vegetais Marítimos na Costa de Portugal (Portaria de 19 de

Janeiro), actualizado y revisto en 1934 (Decreto-Lei nº 23 924 de 29 de Maio 2007). Como referentes de cultivo de macroalgas en Portugal, se encuentra la empresa ALGAPLUS, que se encarga desde el 2012, al cultivo controlado y sustentable de algas marinas autóctonas de la costa del Atlántico. Su producción incluye el cultivo de *Porphyra* spp. con escala comercial, dentro de una perspectiva de bio economía circular azul, apostando además por la integración de una acuicultura de peces con certificación biológica en todo el proceso.

El marco normativo de explotación de macroalgas en Portugal se encuentra definido desde 1980, a partir del cual se han ido regulando las actividades extractivas de macroalgas, hasta el día de hoy. El Decreto ley nº 504/80, de 20 de octubre, que regula el ejercicio de actividad de recolecta de especies de algas marinas, establece que la recolección de plantas marinas industrializables, con fines comerciales, está sujeta a una licencia anual, ya sea realizada por buzos autonomistas registrados en buques pesqueros preparados para la actividad. En este contexto, la concesión de licencias de buques y receptores es realizada por la Direção-Geral Recursos Naturais, Segurança e Serviços Marítimos (DGRM):

- El número máximo de embarcaciones y recolectores/buceadores a autorizar se fija para cada cosecha
- Los períodos para la cosecha de las diferentes especies de plantas marinas fijas son establecidos por el DGRM y se hacen públicos, cada año, mediante avisos públicos
- Las actividades de adquisición, selección, conservación y distribución de plantas marinas deben ser realizadas, en cada área de cosecha, por personas individuales o colectivos, llamados concentradores de zona

2.4. Usos de las macroalgas en Galicia

Al igual que en la mayor parte de Europa, en España los recursos algológicos son explotados fundamentalmente por métodos extractivos para su utilización en la industria de los ficocoloides, aunque en los últimos años se ha generado una nueva industria basada en productos para la alimentación humana directa. En Galicia estas dos industrias son las que requieren un mayor volumen de biomasa, pero existen otros usos que requieren una demanda de pequeñas cantidades de algas como en el sector farmacéutico, dietético, cuidado personal, entre otros.

Especies importantes en la costa gallega son las carragenófitas, *Mastocarpus stellatus*, *Chondrus crispus* y *Gigartina pistillata*, en esta costa se recolecta aproximadamente el 80% de la producción nacional mediante campañas de extracción.

En lo que se refiere a un uso para la alimentación humana, las especies cosechadas para este fin son muy variadas, pero actualmente las más demandadas son *Laminaria*

ochroleuca, Saccharina latissima, Ulva spp., Codium spp., Porphyra spp., Chondrus crispus, Saccorhiza polyschides y Osmundea pinnatifida.

A continuación se describen brevemente las empresas gallegas que se dedican a la recolección y transformación de algas:

- **Algamar S.L.** Fue fundada en 1996 siendo pionera a nivel español en la recolección, secado y elaboración de algas marinas para uso alimentario dando a conocer el valor nutritivo de las algas autóctonas. En su gama de productos predominan las algas deshidratadas, pero también se incluyen pastas y productos de panadería que incorporan algas, mezclas de algas con arroz, quinoa y verduras deshidratadas, conservas de algas y agar-agar. Toda su producción proviene de algas recolectadas en el medio natural, en la costa sur de Galicia.
- **Porto-Muiños S.L.** Es una empresa familiar fundada en 1998 y otra de las grandes pioneras en la explotación y comercialización de algas en Galicia. Es una pequeña conservera de vocación internacional, especializada en algas de producción ecológica, pero dedicada también a la elaboración de otros productos del mar de Galicia. Empresa de fuerte carácter innovador, está continuamente ampliando su gama de productos. Entre los elaborados a base de algas, se encuentran diversas especies deshidratadas, conservas -solas o combinadas con otros ingredientes-, agar-agar, infusiones, preparados para repostería o snacks. Sus productos cuentan con certificación ecológica y se distribuyen en los cinco continentes. Porto-Muiños recolecta la mayoría de las algas que utiliza para elaborar sus productos, pero también dispone de instalaciones piloto en tanques y long-line de las que obtiene una pequeña producción.
- **Ceamsa S.A.** La Compañía Española de Algas Marinas fue fundada en el año 1966. Es una compañía pionera especializada en la producción, elaboración y comercialización a nivel mundial de hidrocoloides naturales, tanto de origen marino como terrestre: carragenina, alginato, pectina, fibra vegetal o goma de garrofín. Sus productos presentan aplicaciones en las industrias alimentaria, farmacéutica y cosmética. Explotan 10 variedades de algas autóctonas gallegas de las que obtienen el producto deshidratado o en conserva que permite consumirlo directamente. Al contrario que el resto de empresas del sector en Galicia, CEAMSA, no abastece su demanda para la elaboración de los productos con materia prima exclusivamente autóctona, importando una gran cantidad de toneladas de algas al año.
- **Conservas Mar de Ardora S.L.** Fundada en 2012, se dedica a la elaboración artesanal de conservas ecológicas a base de algas de temporada, con una producción limitada y métodos de extracción sostenible. Se garantiza así, además del respeto al medio ambiente, la preservación de las cualidades y propiedades organolépticas y nutricionales de los diferentes recursos.
- **HQ Seaweed S.L.** Se trata de una empresa muy joven, fundada en 2017. Mayorista

y distribuidora a nivel mundial de algas salvajes. Comercializa seis especies en formatos fresco, congelado, salado y deshidratado. Recientemente, HQ Seaweed ha obtenido una concesión experimental para la instalación de long-lines para el cultivo de macroalgas en las rías de Vigo y Arousa. Sus productos poseen certificación ecológica.

- **Ecocelta Galicia S.L.** Además de las empresas que elaboran productos destinados a alimentación humana, puede también citarse a esta empresa, dedicada a la fabricación de abonos y enmiendas orgánicas para uso como fertilizantes en agricultura y jardinería, mediante compostaje. Ecocelta utiliza argazos como materia prima en la elaboración de algunos de sus productos, valorizando un material que en muchos casos está destinado a ser gestionado como residuo.

En cuanto a las cofradías de pescadores y mariscadores y a los recolectores a título personal, venden su cosecha en lonja o directamente a las empresas transformadoras.

2.5. Usos de las macroalgas en Portugal

Las algas intermareales portuguesas son un recurso natural poco estudiado en términos de beneficios económicos potenciales (Gaspar et al., 2019; Sousa-Pinto, 1998). En Portugal, las algas se han recolectado para su uso como fertilizante en la agricultura desde al menos el siglo XIV (Monagail et al. 2017). Existen principalmente dos mezclas de algas que se utilizan artesanalmente como fertilizante agrícola: el “moliço” y el “sargaço”. El “moliço” es una mezcla de algas y pastos marinos recolectados en la laguna Ria de Aveiro (compuesta principalmente por algas como *Ulva*, *Rhizoclonium*, *Gracilaria* y las angiospermas marinas *Zostera*, *Ruppia* y *Potamogeton*). El “sargaço” (Fig. 1) es también una mezcla de algas (principalmente *Saccorhiza polychides*, *Laminaria*, *Fucus*, *Codium*, *Palmaria palmata* y *Chondrus crispus*) y se recolecta tradicionalmente en el norte de Portugal (Viana do Castelo y Póvoa do Varzim) (Sousa-Pinto 1998, Gaspar et al. 2019). Por otro lado, *Gelidium corneum* (antes *G. sesquipedale*) ha sido cosechado comercialmente por buzos desde la década de 1960 (Santos & Duarte 1991, Santos et al. 2003). Actualmente, esta especie se explora comercialmente como uno de los principales recursos de algas en Portugal, siendo recolectada principalmente a lo largo de la costa suroeste para la extracción de agar (Santos & Melo 2018, Matos et al. 2020).

Actualmente, las principales algas recolectadas en Portugal con fines industriales son *G. corneum*, en la costa continental, *Pterocladia capillacea*, cosechada en las Islas Azores y, en menor medida, *Gracilaria* spp. *G. corneum* se cosecha en la bahía de São Martinho do Porto de forma manual, por buzos acompañados de embarcaciones especializadas para la actividad. La cosecha comercial de *P. capillacea* en las Azores fue llevada a cabo por buzos y buceadores (en aguas poco profundas), y complementada con la recolección de arribazones en playas después de las tormentas. Su cosecha estuvo paralizada durante años, pero en 2013 el Gobierno Regional de las Azores puso en marcha una

iniciativa para revitalizar el sector y volvieron a explotarse nuevamente. Esta cosecha se lleva cabo actualmente en cuatro de las nueve islas del archipiélago, Islas Faial, Graciosa, Terceira y São Miguel y es vendida casi exclusivamente a dos empresas, IBERAGAR S.A. y Terceira Algae Export TAE Unipessoal, Lda (Gaspar et al. 2019).

3. GESTIÓN DE LA EXPLOTACIÓN Y DEL IMPACTO AMBIENTAL

3.1. Normativa y metodología de la gestión de la explotación de poblaciones de macroalgas silvestres en Galicia

La Comunidad Autónoma de Galicia tiene competencias exclusivas en la conservación y gestión de los recursos marinos vivos, por lo que es la administración responsable de regular la actividad pesquera y marisquera, así como la recolección de algas, y garantizar la explotación sostenible de estos recursos.

La recolección de algas en Galicia está regulada por la Ley 11/2008, de pesca de Galicia, y por el Decreto 153/2019, actualmente en vigor, que desarrolla esta ley. La Ley de Pesca equipara las algas a los recursos marisqueros (moluscos, crustáceos, tunicados, equinodermos y otros invertebrados marinos) y al igual que éstos, determina que su explotación debe ajustarse a un plan de gestión, que es elaborado y presentado por las personas, colectivos o empresas que desean aprovechar el recurso y aprobado por la Consellería do Mar. La excepción a esta norma es la recogida de algas desprendidas del fondo de forma natural y acumuladas en las playas, denominadas “argazos” en la legislación, que puede realizarse libremente y sin necesidad de autorización durante todo el año, siempre y cuando se realice de modo no intensivo y no suponga una alteración de las condiciones adecuadas del medio marino.

Los planes de gestión son la herramienta fundamental de regulación de la explotación de los recursos marisqueros y las algas desde la década de 1990. Se trata de un sistema de cogestión en el que participan la administración autonómica y las entidades que forman el sector extractivo. Éstas presentan planes de explotación relativos a especies, zonas y técnicas de extracción. La administración, a través de la Consellería de Pesca, evalúa y aprueba las propuestas de las entidades del sector teniendo en cuenta criterios biológicos y socioeconómicos, introduciendo las mejoras que considere necesarias. Por otra parte, el seguimiento y evaluación de los planes de explotación ejecutados permite obtener información de interés acerca del estado ambiental de los ecosistemas litorales y de diversos descriptores de la Directiva Marco sobre la Estrategia Marina.

La nueva normativa reguladora de la explotación y conservación de los recursos marisqueros y de algas (Decreto 153/2019), en vigor desde finales de 2019, establece planes trianuales de gestión de los recursos, en lugar de los planes anuales que se presentaban hasta ese momento. Aunque dichos planes anuales tenían entre sus finalidades la explotación sostenible de las algas, los indicadores que utilizaban eran las

metas productivas de explotación anual (kg a extraer y valor económico a generar en primera venta). Los nuevos planes de explotación contienen un nuevo concepto de gestión, que incluye objetivos biológicos, ecológicos, económicos y sociales, y se refuerza el papel de la actividad marisquera tradicional en el mantenimiento del buen estado ambiental de la costa y en el desarrollo socioeconómico en las zonas costeras. Así, el cumplimiento de los objetivos de los planes de explotación debe llevarse a cabo mediante estrategias dirigidas, como conseguir el tamaño medio de las capturas de una especie, mantener la biodiversidad, controlar la presencia de especies alóctonas y de basuras marinas, proteger la integridad de los fondos, mejorar las rentas de los participantes en el plan o generar empleo.

El aumento de la duración de los planes de explotación, con niveles de referencia e indicadores para su seguimiento y revisión cada tres años, se debe a que el cumplimiento de dichos objetivos necesita plazos medios para ser verificado, y por otra parte, su evolución puede estar muy influenciada por la variabilidad ambiental o económica, por lo que son necesarios plazos superiores a un año para observarla correctamente. Se considera que periodos de tres años son adecuados para este tipo de planes de gestión. Sin embargo, es posible solicitar y aprobar planes de gestión de duración inferior, en caso de explotación de nuevos recursos o nuevas zonas, o el empleo de nuevas técnicas.

Cada entidad interesada en la explotación de macroalgas elabora su propio plan de gestión y establece los objetivos del mismo en función de sus circunstancias y necesidades, pero la Consellería do Mar ofrece asesoramiento técnico, con listados de objetivos que pueden usar de referencia, valores para los indicadores y estrategias a seguir para alcanzarlos. Se busca que los objetivos sean concretos y medibles, y adaptados a la biología de las especies, a las características del medio natural en la zona y a la situación social del sector. También es imprescindible que los valores de los indicadores sean realistas y consecuentes con el nivel de referencia inicial del plan. Para la revisión de los planes y el asesoramiento a las entidades promotoras, la Consellería do Mar cuenta con documentos técnicos propios y también se apoya en publicaciones científicas y documentos técnicos relativos a la explotación sostenible de las macroalgas, tanto propios como elaborados por otras entidades. La correcta ejecución de los planes de explotación y el cumplimiento de los objetivos e indicadores son supervisados por el personal técnico de la Consellería.

En cuanto a la metodología para la extracción de macroalgas, el Decreto 15/2011 regula los periodos de actividad, los horarios de trabajo y las técnicas y herramientas autorizadas, tanto para la recolección de macroalgas como para todos los demás recursos marinos vivos explotados mediante pesca y/o marisqueo. Según este decreto, la recolección de macroalgas puede ejercerse de lunes a viernes en días laborables, salvo autorización específica a petición del sector, que debe reflejarse en el plan de gestión. El horario de trabajo abarca desde dos horas y media antes hasta dos horas y media después de la bajamar diurna, con tope a las 18 h. El acceso a las poblaciones de algas se realizará a pie o desde embarcación, en este caso buceando en apnea o mediante suministro de aire desde la superficie. La modalidad de recolección es manual en todos

los casos, pudiendo utilizarse hoces y cuchillos. Los planes de gestión establecen que las algas se recolectarán mediante corte del estipe, y en ningún caso se arrancarán las estructuras de fijación al sustrato.

3.2. Gestión y buenas prácticas en la explotación de las macroalgas

El aumento de la explotación de las poblaciones de macroalgas en la economía mundial está llevando a los distintos países a desarrollar una legislación específica que regule y garantice el aprovechamiento racional y sostenible de este recurso. Esto implica establecer un marco normativo para lograr un equilibrio entre la conservación de las macroalgas, imprescindibles para la conservación y el buen funcionamiento de los ecosistemas litorales, y el desarrollo socioeconómico.

Es necesario que dentro de esta normativa se incluyan códigos de buenas prácticas e indicadores que garanticen la sostenibilidad del sector. También es necesario fomentar la participación en la elaboración, normativa, control y seguimiento de los planes de explotación de todos los actores involucrados en el sector (administración, sector productivo, transformador y científico). Para que los planes aprobados garanticen una explotación sostenible, deben realizarse continuamente estudios biológicos de los recursos naturales explotados sobre los que basar dichos planes y demás estrategias a seguir. Para ello es necesario contar con herramientas que permitan analizar y evaluar el impacto generado por la explotación de las macroalgas con el fin de asegurar su correcta gestión.

Por este motivo, la elaboración de indicadores de sostenibilidad para la explotación de las macroalgas es un elemento clave para garantizar la sostenibilidad de este recurso. Además, resulta clave la definición de códigos de buenas prácticas para la explotación de macroalgas, con el fin de establecer y aplicar estrategias y planes de explotación que aseguren su sostenibilidad en el tiempo.

Algunas regiones europeas en las que los recursos algológicos son objeto de explotación comercial han desarrollado este tipo de herramientas. Se puede destacar la guía de buenas prácticas “Recolte des algues de rive – Guide de bonnes pratiques” (2013) realizada por cultivadores de la Bretaña (Francia) y disponible en <https://bretagne-environnement.fr/recolte-algues-rive-guide-bonnes-pratiques>. Esta guía pretende asegurar la explotación sostenible de los recursos algológicos a través de la difusión de información relativa a la biología de las diferentes especies, buenas prácticas de cosecha para cada una de ellas y legislación al respecto. Dicha guía va dirigida a los recolectores de algas y otras personas pertenecientes al sector o sectores afines, y contiene recomendaciones de obligado cumplimiento para la obtención de certificaciones de producción ecológica.

El gobierno de Escocia publicó en 2017 la denominada “Declaración sobre las políticas de cultivo de macroalgas” (Seaweed Policy Cultivation Statement, SPCS), que busca facilitar el crecimiento de la acuicultura de macroalgas a través de políticas reguladoras de esta actividad en diferentes escenarios, proporcionando seguridad jurídica y asesoramiento a los interesados en dedicarse al cultivo de macroalgas en cuanto a tipos de instalaciones autorizables, emplazamientos, especies autorizadas y medidas de mitigación del impacto ambiental en caso necesario.

También en la misma línea está el protocolo de certificación desarrollado por ASC y MSC (Seaweed Standard), en vigor desde 2018 y dirigido a promover la explotación ambiental y socialmente responsable de las algas. El incremento de la demanda de este recurso a nivel global lleva aparejada la sensibilización por asegurar la explotación sostenible, y por tanto de certificaciones que garanticen esta sostenibilidad.

El Seaweed Standard tiene un alcance global respecto a todas las formas y escalas de explotación de las macroalgas, incluyendo tanto la recolección del medio natural como la acuicultura. La explotación de las poblaciones silvestres debe garantizar que se minimiza el impacto sobre el ecosistema, mientras que la acuicultura debe gestionarse de forma responsable, garantizando la protección de los trabajadores y la colaboración con las comunidades locales.

El Seaweed Standard consiste en cinco principios, cada uno de los cuales cuenta con sus respectivos indicadores:

1. Mantener la sostenibilidad de las poblaciones silvestres
2. Minimizar el impacto ambiental
3. Asegurar una gestión eficiente
4. Promover la responsabilidad social
5. Reforzar los lazos con las comunidades

En España, la Asociación Empresarial de Acuicultura de España (APROMAR) llevó a cabo en 2014 el proyecto “Evaluación del Estado de Explotación y Propuestas de gestión Sostenible de Cultivo de macroalgas en Andalucía, Asturias y Galicia”, entre cuyos productos se encuentran un documento de análisis sobre la explotación y el cultivo de macroalgas en las comunidades de Andalucía, Asturias y Galicia, una guía de buenas prácticas para la gestión sostenible de las poblaciones silvestres y el cultivo y una propuesta para la elaboración de planes de gestión. Todos estos documentos están disponibles a través del enlace <http://www.apromar.es/content/proyecto-sobre-la-gesti%C3%B3n-sostenible-y-cultivo-de-macroalgas>.

3.3. Metodologías para la gestión de la explotación de macroalgas silvestres: los indicadores de sostenibilidad

El correcto seguimiento de cualquier proyecto, plan o actividad requiere la utilización de indicadores, que establecen referencias acerca del progreso y los resultados de una

acción y el cumplimiento de sus objetivos. Esto puede aplicarse también a la gestión sostenible de los recursos de macroalgas silvestres. En este ámbito, la sostenibilidad debe entenderse como un concepto que comprende aspectos medioambientales, pero también sociales y económicos: debe garantizarse la conservación en buen estado de las comunidades ecológicas, pero también que se generen beneficios para los colectivos que explotan dichos recursos.

Los indicadores deben aplicarse o analizarse en un contexto o modelo de explotación, que puede adoptar definiciones muy variadas. Por ejemplo, puede consistir en un área geográfica, en una especie o grupos de especies, una modalidad de extracción, o una combinación de varias características.

El ejemplo más claro y completo de la aplicación de indicadores a la gestión de la explotación de las macroalgas es el estudio “Elaboración de indicadores de sostenibilidad para la explotación de macroalgas en España”, llevado a cabo por APROMAR en 2016. Este estándar de sostenibilidad se elaboró siguiendo la metodología Principio-Criterio-Indicador (FOESA, 2010). Según esta metodología, un estándar debe basarse en los siguientes conceptos:

- Impacto: es el efecto de la acción realizada sobre un determinado ámbito, ej. ambiental, social, económico, etc.
- Principio: es el objetivo de mayor nivel sobre el que se dirige el impacto. Establece las bases o el marco a partir del cual se definirán los posteriores criterios e indicadores. Así, se expresa mediante criterios y se mide con los indicadores.
- Criterio: cada uno de los elementos en los que se descompone el principio, que puede expresarse en grados o estados.
- Indicador: es cada una de las variables con las que pueden describirse los criterios. Permite medir el impacto y darle un valor. Los indicadores deben ajustarse a la definición “SMART”, es decir, ser específicos (S), medibles (M), alcanzables (A), relevantes (R) y comprometidos con el tiempo (T).

En la siguiente tabla se resumen los indicadores desarrollados por APROMAR, a modo de ejemplo de herramienta para trazar un plan de gestión. Se agrupan en tres bloques: ambiental, socio-territorial y económico, que constituirían las áreas de impacto. Se desarrollaron 5 indicadores para los bloques ambiental y socio-territorial y 3 para el bloque económico, sumando un total de 13 indicadores.

ÁREA DE IMPACTO		
AMBIENTAL	SOCIO-TERRITORIAL	ECONÓMICA
<u>Principio:</u> Adquirir un nivel exhaustivo de información disponible en relación a la biología y ecología de las especies que se pretenden explotar.	<u>Principio:</u> Desarrollar leyes y normas de obligado cumplimiento que garanticen la sostenibilidad del recurso. <u>Criterio:</u> Nivel de compromiso de la Administración por regular	<u>Principio:</u> Reforzar el nivel de información publicada que existe en relación a datos productivos primarios, de procesos de transformación, de

<p><u>Criterio:</u> Nivel de conocimiento biológico sobre el recurso.</p> <p>Indicador: Disponibilidad de conocimiento biológico sobre el recurso explotado</p>	<p>adecuadamente la actividad del sector.</p> <p>Indicador: Existencia de legislación específica</p>	<p>comercialización y de consumo del grupo de especies a explotar.</p> <p><u>Criterio:</u> Nivel de datos generales estadísticos en el sector productivo, transformador y comercial.</p> <p>Indicador: Disponibilidad de datos estadísticos relacionados con el sector productivo, transformador y comercial del sector.</p>
<p><u>Principio:</u> Identificar los efectos que la explotación de macroalgas ejerce sobre el medio en el que habitan.</p> <p><u>Criterio:</u> Adecuación de la actividad sobre el recurso a las características del ecosistema para proteger el ambiente en su conjunto.</p> <p>Indicador: Impacto ambiental de la explotación sobre el ecosistema</p>	<p><u>Principio:</u> Garantizar la aplicación el cumplimiento de la legislación específica.</p> <p><u>Criterio:</u> Nivel de aplicación y cumplimiento de la legislación específica.</p> <p>Indicador: Grado de aplicación y cumplimiento de la legislación específica</p>	<p><u>Principio:</u> Promover el equilibrio del sector de cara al mercado.</p> <p><u>Criterio:</u> Enfoque de mercado (oferta/demanda).</p> <p>Indicador: Evolución de la producción (t/año) de la especie o grupo de macroalgas objetivo.</p>
<p><u>Principio:</u> Fomentar el grado de asociacionismo del sector.</p> <p><u>Criterio:</u> Existencia de asociaciones y grado de especificidad de las mismas.</p> <p>Indicador: Vulnerabilidad del recurso natural explotado</p>	<p><u>Principio:</u> Fomentar el grado de asociacionismo del sector.</p> <p><u>Criterio:</u> Existencia de asociaciones y grado de especificidad de las mismas.</p> <p>Indicador: Grado de asociacionismo del sector</p>	<p><u>Principio:</u> Fortalecer la acuicultura como principal actividad de explotación de las macroalgas.</p> <p><u>Criterio:</u> Nivel de diversificación de la explotación de macroalgas.</p> <p>Indicador: Índice de cultivo</p>
<p><u>Principio:</u> Determinar cómo la actividad extractiva o acuícola afecta a las poblaciones naturales de macroalgas.</p> <p><u>Criterio:</u> Evaluación de efectos de la explotación sobre el recurso</p> <p>Indicador: Impacto de la actividad sobre el stock natural de algas</p>	<p><u>Principio:</u> Contribuir a la formación de los actores del sector.</p> <p><u>Criterio:</u> Niveles y especificidad de la formación.</p> <p>Indicador: Existencia de niveles de formación</p>	
<p><u>Principio:</u> Conocer la huella ecológica derivada del uso al que se destinan las macroalgas.</p> <p><u>Criterio:</u> Identificación de impactos colaterales a la producción.</p> <p>Indicador: Efecto del procesado y transformación de las macroalgas sobre el impacto.</p>	<p><u>Principio:</u> Garantizar unas adecuadas condiciones de trabajo en el sector.</p> <p><u>Criterio:</u> Existencia de regulación laboral y especificidad de la misma.</p> <p>Indicador: Existencia de regulación laboral específica y cobertura social.</p>	

Al aplicar estos indicadores sobre un modelo de explotación de macroalgas (recolección o cultivo), cada uno de ellos se analiza y recibe una puntuación mayor o menor que indica la sostenibilidad del mismo. En función de la puntuación total obtenida por el

modelo de explotación, se obtendrá una valoración de su sostenibilidad: sostenible, cercano a la sostenibilidad, alejado de la sostenibilidad, o insostenible.

Si lo que pretendemos es valorar la sostenibilidad de la explotación de una especie determinada es interesante que las puntuaciones obtenidas tras valorar una extracción del medio natural sean comparadas con las obtenidas de valorar el cultivo de esa misma especie. En muchos casos la diferencia entre ambos modelos viene determinada por el bloque de los indicadores de la dimensión ambiental. Hay que tener en cuenta que en muchos casos los indicadores ambientales tienen escasa o ninguna capacidad de mejora, así que cuando se obtiene una valoración negativa en términos de sostenibilidad motivada por la parte ambiental en un modelo de extracción de la especie del medio natural debe evaluarse si ocurre lo mismo con el cultivo. En caso contrario en caso de que no ocurra, fomentar el cultivo de la especie en cuestión resulta imprescindible para mantener las poblaciones naturales.

3.4. Amenazas antropogénicas sobre las poblaciones de macroalgas

Los ecosistemas marinos y en concreto los sistemas costeros son de los más valiosos a nivel global desde el punto de vista ecológico y socioeconómico. En sistemas costeros las macroalgas de gran porte, formadoras de dosel (la gran mayoría algas pardas) modifican el ambiente, ofrecen un nicho para otras especies y son fuente de materia y energía para otros organismos situados en niveles superiores de la cadena trófica. En la actualidad estos ecosistemas se encuentran amenazados por el calentamiento y acidificación de los océanos y la acción directa del hombre sobre ellos (Harley et al. 2006). La contaminación, la sobreexplotación y otras actividades como la pesca de arrastre son ejemplos de estos efectos antropogénicos. Todos estos factores provocan cambios en las poblaciones de macroalgas a escala local, las cuales pueden adaptarse, desplazarse o desaparecer.

El calentamiento de los océanos ejerce un efecto diferente sobre las distintas especies de macroalgas en función del rango de temperatura tolerable de cada una de ellas, afectando a su patrón geográfico de distribución y a su abundancia (Piñeiro-Corbeira et al., 2018). Por otra parte, el incremento de la concentración de CO₂ puede, a priori, beneficiar a las especies incapaces de utilizar el HCO₃⁻ resultante de la disolución del CO₂ en el agua, mientras que las que sí son capaces de utilizarlo podrían adaptarse a la utilización de CO₂ y disminuir así su gasto energético (Harley et al., 2012; Pajusalu et al., 2020). En contraste, la acidificación provocada por el incremento de los niveles de CO₂ disuelto afectaría negativamente a las algas calcáreas ya que dificulta los procesos de calcificación (Harley et al., 2012; Martin and Hall-Spencer, 2017). La principal consecuencia es el desplazamiento de aquellas especies más sensibles por otras capaces de adaptarse a las nuevas condiciones.

Los efectos de estos cambios en las condiciones físico-químicas del océano sobre las comunidades de algas se manifiestan en múltiples localizaciones a nivel global (Airoldi et al., 2008; Ugarte et al., 2009; Wernberg et al., 2011; Wilson et al., 2018; Fernández de la Hoz et al., 2019).

Debe tenerse en cuenta que las consecuencias de estas alteraciones en las poblaciones de macroalgas tienen ya un impacto cuantificable en las actividades humanas y la economía. Un ejemplo muy concreto es la disminución de la producción de agar ocasionada por la regresión de las poblaciones de *Gelidium* spp. a nivel global. La cosecha de estas algas en países históricamente grandes productores de agar como Corea, Japón, Portugal y España ha disminuido significativamente en los últimos años (Santos y Melo, 2018). En 2015, esta menor disponibilidad de materia prima llegó a comprometer el suministro de agar bacteriológico en todo el mundo (Callaway, 2015).

Estos efectos se están produciendo también en las costas de la Península Ibérica, en algunos casos con extinciones y modificaciones en la distribución de varias de estas algas

pardas de gran porte (Díez et al., 2012; Martínez et al., 2012; Nicastro et al., 2013). Investigaciones relacionan este hecho con un incremento en la temperatura superficial del océano en la Península en los últimos 50 años (Lima et al., 2007). Diversos estudios han confirmado la disminución de las algas formadoras de bosques marinos en el litoral de España y Portugal, llegando algunas especies a desaparecer de numerosas localidades. Un ejemplo lo encontramos en el alga parda *Himanthalia elongata*, la cual ha desaparecido prácticamente de toda la costa del Cantábrico (Fernández y Anadón, 2008) y ha disminuido su abundancia en el límite meridional del norte de Portugal. Actualmente sólo aparece de manera abundante en las costas gallegas donde se recolecta y se comercializa para su consumo (García Tasende, 2010). *H. elongata* presenta en la actualidad la distribución más restringida, desde que se tienen registros científicos (a partir de finales del siglo XIX).

Distintas especies de los órdenes Fucales y Laminariales también han visto disminuir su abundancia en la costa atlántica de España y Portugal. *Fucus serratus*, *Fucus vesiculosus* y *Ascophyllum nodosum* entre las Fucales y *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca*, *Saccorhiza polyschides* y *Saccharina latissima* entre las Laminariales han sufrido un descenso en su abundancia en las costas, llegando a desaparecer en el Cantábrico (Fernández y Anadón, 2008) y el litoral de Portugal (Nicastro et al., 2013), aunque algunas de estas especies aún presentan cierta abundancia en algunas localidades gallegas. *Chondrus crispus*, usado como fuente de carrageninas y explotado comercialmente en la costa occidental asturiana, ha experimentado una regresión notable; de esta especie que dominaba el litoral rocoso inferior actualmente sólo persisten algunos ejemplares aislados en grietas (Martínez et al., 2015). En el interior del Golfo de Vizcaya se ha constatado la disminución de la cobertura de *Gelidium corneum* (Borja et al., 2013). Esta especie forma extensas praderas submarinas y ha sufrido un retroceso significativo en la costa vasca. Como ejemplo, en Gipuzkoa esta especie alcanzó en 2014 las 4.500 t, siendo la menor biomasa registrada de la serie cuyo inicio data en 1983, muy por debajo del máximo alcanzado en 1993 de 17.000 t. De la mano del declive de *G. corneum* se constatan otros cambios en la vegetación submarina, como son el incremento de algas calcáreas y la desaparición completa de las laminarias *L. ochroleuca* y *S. polyschides* en el interior del golfo.

Martínez et al. (2015) ponen de manifiesto que desde hace casi una década nos encontramos en un escenario de fuerte retracción e incluso extinción local de algunas especies templado-frías en las costas españolas. En el mismo trabajo documentan la aparición de especies meridionales y/o cantábricas en aguas más frías como las de la comunidad gallega. Este cambio en la distribución de especies lo relacionan directamente con el incremento de la temperatura del mar, que se lleva produciendo desde los años 80 pero que se ha visto intensificado los últimos veinte años. Los mismos investigadores señalan que la desaparición o declive de las grandes comunidades de algas formadoras de bosques y praderas tendrá un impacto ambiental negativo para las

comunidades costeras. Estas especies de algas proporcionan bienes y servicios ecosistémicos, como refugio y alimento para diversa fauna como moluscos, crustáceos o alevines de peces de importancia económica, y a la vez sirven como los mayores productores primarios del sistema costero. También actúan disipando el oleaje y contribuyen de forma significativa en la captura de CO₂ (Christie et al., 2009; Smale et al., 2013).

La regresión de las poblaciones de grandes algas pardas provoca una transición hacia comunidades dominadas por especies de menor tamaño formadoras de céspedes (Wilson et al., 2018), con la consiguiente transformación de los hábitats y el impacto en la fauna. Este fenómeno puede verse agravado por la sobreexplotación, por lo que es fundamental realizar un análisis exhaustivo del impacto de la actividad extractiva en las costas y a partir de este establecer recomendaciones y normas para un aprovechamiento sostenible (García Tasende y Peteiro, 2015).

En los últimos años se ha generado mucho interés acerca del potencial de la ficocultura como generadora de capacidad biorremediadora y de servicios ecosistémicos (Kim et al., 2017; Hasselström et al., 2018). En efecto, las algas cultivadas pueden actuar como sumideros de CO₂ y contribuir a extraer el exceso de nutrientes, principalmente nitratos y fosfatos, liberados al medio marino por la actividad humana. Se ha calculado que una producción anual de 500 millones de t de biomasa seca de macroalgas requeriría cultivar el 0,03 % de la superficie de los océanos y sería capaz de secuestrar el 30 % de los vertidos de nitrógeno y 135 millones de toneladas de carbono, aproximadamente un 3,2 % de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (Bjerregaard et al., 2016). Además las instalaciones de cultivo pueden ayudar a proporcionar abrigo a los hábitats costeros y ser ellas mismas fuente de alimento y hábitat para numerosas especies animales, incluidas algunas de interés económico. Sin embargo, estos planteamientos son todavía fundamentalmente teóricos, aunque es posible observar efectos positivos del cultivo de macroalgas a escala local (Hasselström et al., 2018; Froehlich et al., 2019). La necesidad de espacios adecuados, de disponer instalaciones capaces de resistir las condiciones del medio marino y de un mercado adecuado para los productos derivados de algas son los principales factores que determinarán la expansión de la acuicultura de algas, junto con un apoyo decidido de los actores involucrados (Duarte et al., 2017).

1. CONCLUSIONES

En Galicia, el aprovechamiento de las macroalgas es una actividad que genera un interés creciente. La cantidad explotada aumentó de forma desde el año 2014, aunque se ha mantenido en valores estables desde entonces. Dicha producción se destina al consumo humano directo y a la producción de ficocoloides.

Recientemente, la administración reguladora de su explotación ha iniciado el refuerzo de la gestión sostenible de las poblaciones de macroalgas gallegas, con el fin de mejorar su viabilidad ambiental y también la generación de beneficios económicos y sociales en las áreas de producción. De hecho, la explotación sostenible de las macroalgas es una tendencia en diversas partes del mundo, que ha llevado a la creación de códigos de buenas prácticas, planes de gestión y estándares de certificación para la extracción y la acuicultura sostenibles.

En Galicia, al igual que en otras partes del mundo, las especies con mayor interés comercial pertenecen al grupo de las grandes algas pardas. Estas algas están siendo de las más afectadas por el calentamiento y la acidificación de los océanos, al distribuirse fundamentalmente en aguas frías y templadas. Así pues, se pone de manifiesto la crucial importancia de adaptar la explotación de estas especies a las actuales condiciones ambientales, con el fin de no poner más en peligro su viabilidad.

Al mismo tiempo, el cultivo de macroalgas se propone como una actividad con potencial para contribuir a la mitigación del carbono y otros nutrientes generados por la actividad humana, pero persisten limitaciones a su pleno desarrollo. En este contexto, lograr una explotación sostenible de las macroalgas depende de evaluar de forma continua el estado de las distintas poblaciones, establecer prácticas sostenibles de cosecha limitando si es necesario la cantidad de biomasa extraída y potenciar el desarrollo tecnológico de la acuicultura.

2. REFERENCIAS

- Airoldi L, Balata D, Beck, MW (2008) *The Gray Zone: relationships between habitat loss and marine diversity and their applications in conservation. JExp Mar Biol Ecol* 366: 8-15
- APROMAR. 2014. *Evaluación del estado de explotación y propuestas de gestión sostenible y cultivo de macroalgas en Andalucía, Asturias y Galicia.* www.apromar.es/content/documentosfinales-proyecto-algas.
- Bracken MES, Friberg SE, Gonzalez-Dorantes CA, Williams SL (2008) *Functional consequences of realistic biodiversity changes in a marine ecosystem. Proc Natl Acad Sci, USA* 105: 924-928
- Christie H, Norderhaug KM, Fredriksen S (2009) *Macrophytes as habitat for fauna. Mar Ecol Prog Ser* 396: 221-233
- García Tasende, M y Peteiro, C. (2015) *Explotación de las macroalgas marinas: Galicia como caso de estudio hacia una gestión sostenible de recursos. Ambienta* 111: 116-131
- García Tasende, M. (2010) *Macroalgas marinas: situación actual y requerimientos legales para su explotación. En Las algas en Galicia: factores que condicionan su explotación y oportunidades*
- Gaspar, R., Pereira, L. & Sousa-Pinto, I. 2019. *The seaweed resources of Portugal. Botanica Marina.* 62:499–525.
- Díez, I. et al. (2012) *Seaweed assemblage changes in the eastern Cantabrian Sea and their potential relationship to climate change. Estuarine Coastal and Shelf Science,* 99: 108–120.
- Fernández, C. & R. Anadón (2008) *La cornisa Cantábrica: un escenario de cambios de distribución de comunidades intermareales. Algas, Boletín de la Sociedad Española de Ficología,* 39: 30–31.
- Harley CDG, Hughes AR, Hultgren KM, Miner BG, Sorte CJB, Thornber CS Laura F, Rodriguez LF, Lars Tomanek L, Williams SL (2006) *The impacts of climate change in coastal marine systems. Ecol Lett* 9: 228-24
- Martinez,B et al. (2015). *Regresión de las algas marinas en la costa atlántica de la Península Ibérica y en las Islas Canarias por efecto del cambio climático.. Algas.* 49: 5-12.
- Martínez, B. et al. (2012) *Physical factors driving intertidal macroalgae distribution: physiological stress of a dominant furoid at its southern limit. Oecologia,* 170(2): 341–353
- Matos, J., Gomes, A., Cardoso, C., Afonso, C., Campos, A.M., Gomes, R., Falé, P. et al. 2020. *Commercial Red Seaweed in Portugal (Gelidium sesquipedale and Pterocladia capillacea, Florideophyceae): Going beyond a Single-Purpose Product Approach by Valorizing Bioactivity. Thalassas: An International Journal of Marine Sciences.* 36:213–24.
- Monaqail, M. Mac, Cornish, L., Morrison, L., Araújo, R. & Critchley, A.T. 2017. *Sustainable harvesting of wild seaweed resources. European Journal of Phycology ISSN:.* 52:371–90.
- Nicastro, K. R., et al. (2013) *Shift happens: trailing edge contraction associated with recent warming trends threatens a distinct genetic lineage in the marine macroalga Fucus vesiculosus." BMC Biology,* 11: 6.
- Lima FP, Ribeiro PA, Queiroz N, Hawkins SJ, Santos AM (2007) *Do distributional shifts of northern and southern species of algae match the warming pattern? Glob Change Biol* 13: 2592-2604
- Santos, R., Cristo, C. & Jesus, D. 2003. *Stock assessment of the agarophyte Gelidium sesquipedale using harvest effort statistics. Seventeenth International Seaweed Symposium. Proceedings of the XVIIth International Seaweed Symposium, Cape Town, South Africa. 28 January- 2 February 2001.* 145–50.

- Santos, R. & Duarte, P. 1991. Marine plant harvest in Portugal. Journal of Applied Phycology. 3:11–8.
- Santos, R. & Melo, R.A. 2018. Global shortage of technical agars: back to basics (resource management). Journal of Applied Phycology. 30:2463–73.
- Sousa-Pinto, I. 1998. Seaweed resources of Portugal. In Critchley, A. T. & Ohno, M. [Eds.] Seaweed Resources of the World. JICA, Yokosuka, pp. 176–85.
- 2007. Decreto-Lei no 23 924 de 29 de Maio.
- Ugarte RA, Critchley A, Serdynska AR, Deveau JP. 2009. Changes in composition of rockweed (*Ascophyllum nodosum*) beds due to possible recent increase in sea temperature in Eastern Canada. J Appl Phycol. 21: 591-598
- Wernberg T, Russell BD, Thomsen MS, Gurgel CFD, Bradshaw CJ, Poloczanska ES, Connell SD. 2011. Seaweed communities in retreat from ocean warming. Curr Biol. 21: 1828-183