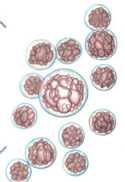
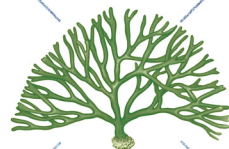
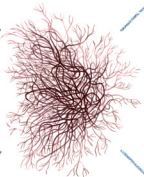
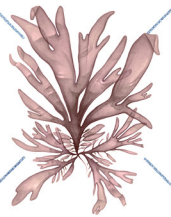
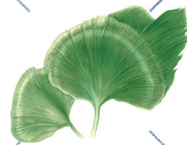
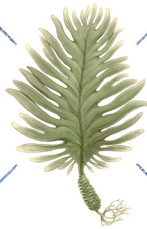
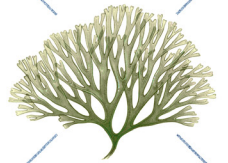
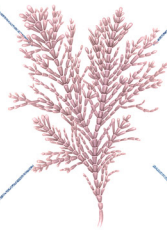
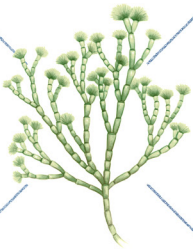
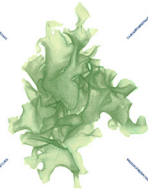


Algas

DE LAS COSTAS ESPAÑOLAS:
POTENCIALES USOS Y APLICACIONES





ALGAS DE LAS COSTAS ESPAÑOLAS

Potenciales usos y aplicaciones

Autores:

Manuel Macías Andrade (CTAQUA)

Claudia L. Cara Ortega (UCA/ U Galway)

Lara Méndez Rodríguez (ULPGC)

Ricardo Bermejo Lacida (UMA)

Giulia Raggi (CTAQUA/UniGe)

Beatriz Ramos Alba (UCA)

Ignacio Moreu Badia (UMA)

Ignacio Hernández Carrero (UCA)

Erik-jan Malta (CTAQUA)

Juan Luis Gómez Pinchetti (ULPGC)

Paula Iglesias González (ANFACO)

María del Mar Agraso Martínez (CTAQUA)

Ilustración y diseño:

Víctor Acosta Morillas

Maquetación y diseño:

Lsgrafico

ISBN:

978-84-09-61238-3

La idea de este libro surgió como resultado de las primeras reuniones sobre el proyecto INNOVALGA, al detectar que el uso actual de especies de algas en España resultaba muy limitado. Decidimos por tanto realizar una búsqueda bibliográfica sobre posibles aplicaciones en géneros de algas con representantes en las cinco demarcaciones marinas de nuestro país. ¡No sabíamos que iba a ser un trabajo tan laborioso! Desde estas líneas queremos agradecer la contribución de toda la comunidad de ficólogos que de forma desinteresada han suministrado fotografías que ilustran los géneros o especies de algas con interés en acuicultura, haciendo una mención especial a Ignacio Bárbara, por su generosa implicación. También dar las gracias a Víctor Acosta por la estupenda labor de diseño e ilustración y a todos los que habéis contribuido de una u otra forma a que este trabajo colectivo salga por fin a la superficie.



ÍNDICE

Introducción	9
Algas verdes	13
Algas pardas	55
Algas rojas	117
Microalgas	169
Referencias.....	197



INTRODUCCIÓN

La producción de algas por ahora está concentrada casi exclusivamente en países asiáticos, sin embargo, desde hace unos 10-15 años hay un crecimiento importante en el interés de cultivar estos organismos a escala mundial. Este interés tiene su origen en la necesidad de la búsqueda de nuevos alimentos y productos como combustibles sostenibles alternativos a los derivados del petróleo.

En este sentido, las algas también tienen un papel importante en la política de sostenibilidad de la Unión Europea, englobado en el Pacto Verde Europeo y la Estrategia De la Granja a la Mesa. En noviembre de 2022, la Comisión Europea formuló una política para fomentar el cultivo y la aplicación de micro- y macroalgas bajo el título "Hacia un sector de las algas en la UE sólido y sostenible" (COM (2022) 592), en el que se proponen 23 acciones concretas.

Uno de los cuellos de botella más importantes que impide la adopción de la producción de estos organismos por el sector de la acuicultura y otros emprendedores interesados son las lagunas de conocimiento sobre la presencia regional de especies y el potencial de explotación que podrán representar. Con un intento de aliviar este problema, el proyecto INNOVALGA publica este catálogo con la pretensión de que sea una herramienta de divulgación científica para contribuir al conocimiento de las principales algas marinas presentes en las costas españolas, el estado de su cultivo, sus usos conocidos y sus aplicaciones potenciales a escala industrial.

¿Qué son las algas?

Alga es un término genérico y ambiguo que comprende un grupo grande y diverso de organismos pertenecientes a varios reinos diferentes, que pueden ser tanto unicelulares como pluricelulares, y que abarca un grupo muy diverso en cuanto a su morfología, hábitat, ecología y ciclos biológicos. Hay un debate académico pendiente de si se deben incluir los procariontes (en particular las cianobacterias). En INNOVALGA, por motivos de función ecológica, como tradición de uso, se ha optado por incluirlas, así siguiendo la definición de Bolton (2016): las algas incluyen todos los organismos que realizan la fotosíntesis cloroxigénica, es decir, que convierten fuentes de carbono inorgánico como CO_2 o bicarbonato en oxígeno usando cloroplastos y que no incluyen a las embriofitas ("plantas terrestres").

Por motivos funcionales, la ciencia distingue dos grandes grupos taxonómicamente muy heterogéneos de algas en base a su tamaño: las microalgas (generalmente algas unicelulares no visibles a simple vista) y las macroalgas (principalmente algas pluricelulares de gran tamaño).

Metodología

La base principal de este catálogo es la lista crítica más reciente de algas bentónicas de España que se publicó en 2016 (Gallardo *et al.*, 2016), complementado con conocimiento de otros artículos científicos. De esta larga lista, se ha realizado una selección de las especies que tienen usos potenciales, basado en la amplia experiencia de los investigadores involucrados en el proyecto y la literatura científica. En total se han identificado los próximos 14 apartados: *Agricultura, Alguicida, Alimentación animal, Alimentación y nutrición, Antifouling, Biocombustible, Bioconservante, Bioembalaje, Bioindicador, Biorremediación, Cosmética y cosmecéutica, Farmacéutica, Insecticida y Otros usos industriales.*

Sobre esta lista final se ha hecho una extensa investigación de gabinete. Los nombres científicos oficiales se han comprobado usando sobre todo la base global de taxonomía AlgaeBase (Guiry y Guiry, 2023). Para la distribución, se ha mantenido la subdivisión de las cinco Demarcaciones Marinas de la costa Española en cinco sectores, acorde a la nomenclatura de la Directiva Marco de Estrategia Marina de la UE, que considera: Noratlántica (NOR), Suratlántica (SUR), Estrecho-Alborán (EsAl), Levantino-Balear (LeBa) y Canarias (CAN).

Para los casos en que un nombre comercial se refiere a varios géneros (por ejemplo “nori” que se aplica a los géneros *Porphyra*, *Pyropia* y *Neopyropia*) o cuya identificación en la práctica presenta muchas complicaciones, se ha optado por presentar la información agrupando especies por género. Sin embargo, en las descripciones si se ha mantenido la información de las especies individuales, haciendo mención de su distribución según se conoce en la literatura.

Notas sobre el uso

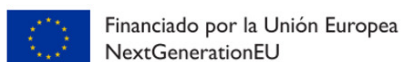
Es importante destacar que este catálogo únicamente representa un inventario científico de la distribución y potencial comercial teórico de las especies aquí enumeradas. No toma en cuenta la normativa existente española y europea sobre su uso. Por ejemplo, el hecho de que se ha identificado un uso en cierta especie como alimento en la literatura en ningún caso quiere decir que este uso esté autorizado por la normativa, ni que esté permitida su recolección o cultivo en la Comunidad Autónoma en cuestión.

Otro caso es el de las especies exóticas invasoras, cuya llegada a las costas españolas va en aumento, un proceso que se agrava a causa de la actividad humana y que se está convirtiendo en un serio problema, afectando la biodiversidad y los ecosistemas en algunos puntos del litoral. Es por ello, por lo que las posibles aplicaciones de este grupo de algas, listadas en el Catálogo Español de Especies Exóticas Invasoras – Algas del MITECO, también se recogen en este catálogo. Sin embargo, su explotación por ahora en general queda

prohibida o, en algunos casos, restringida debido a excepciones singulares o regionales, como por ejemplo en el caso de *Asparagopsis taxiformis*, que se considera natural sólo en Canarias. Estas especies particulares han sido señaladas (*) en el apartado "Especies en España" de cada ficha en las que pudieran aparecer.

Conclusión

Esperamos que este catálogo nacido del proyecto INNOVALGA, sea una importante y valiosa fuente de datos para todos los interesados en la explotación comercial de las algas, fomentando con ello el crecimiento de la economía azul mediante al impulso de un sector acuícola emergente y sostenible como es el desarrollo de la industria del cultivo y aprovechamiento de macroalgas y microalgas.



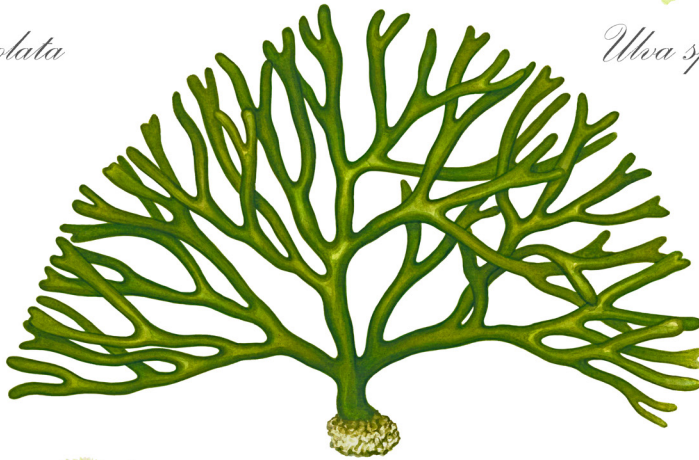
La financiación de este proyecto se enmarca en las subvenciones a agrupaciones de entidades que realicen proyectos de inversión y reforma en materia de investigación para el desarrollo tecnológico, la innovación y el equilibrio de la cadena de comercialización en el sector pesquero y de la acuicultura en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) a través del Real Decreto 685/2021.



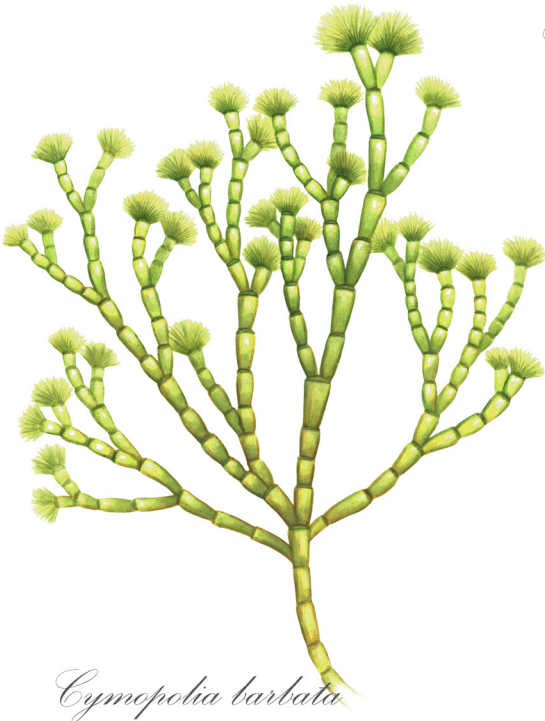
Flabellia petiolata



Ulva sp.



Codium sp.



Cymopolia barbata



Caulerpa cylindracea

ALGAS VERDES



Géneros de algas verdes



Phylum Chlorophyta

Clase Ulvophyceae

Orden Bryopsidales

Familia Bryopsidaceae

Género *Bryopsis* 18

Familia Caulerpaceae

Género *Caulerpa* 20

Familia Codiaceae

Género *Codium* 22

Familia Derbesiaceae

Género *Derbesia* 24

Familia Halimedaceae

Género *Flabellia* 26

Género *Halimeda* 27

Género *Penicillus* 29

Orden Cladophorales

Familia Anadyomenaceae

Género *Anadyomene* 30

Género *Microdictyon* 32

Familia Boodleaceae

Género *Cladophoropsis* 33

Familia Cladophoraceae	
Género <i>Chaetomorpha</i>	34
Género <i>Cladophora</i>	36
Género <i>Rhizoclonium</i>	38
Familia Pithophoraceae	
Género <i>Aegagropila</i>	40
Familia Valoniaceae	
Género <i>Valonia</i>	42
Orden Dasycladales	
Familia Dasycladaceae	
Género <i>Cymopolia</i>	43
Género <i>Dasycladus</i>	44
Orden Ulothrichales	
Familia Ulotrichaceae	
Género <i>Capsosiphon</i>	45
Género <i>Ulothrix</i>	47
Orden Ulvales	
Familia Gayraliaceae	
Género <i>Gayralia</i>	48
Familia Kornmanniaceae	
Género <i>Blidingia</i>	50
Familia Ulvaceae	
Género <i>Ulva</i>	52

GÉNERO *BRYOPSIS*



Figura 1. *Bryopsis plumosa* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 9 especies del género *Bryopsis*:

B. corymbosa (LeBa y CAN), *B. cupressina* (SUR, EsAl, LeBa y CAN), *B. duplex* (SUR, EsAl, LeBa y CAN), *B. feldmannii* (EsAl), *B. hypnoides* (NOR, SUR, EsAl, LeBa y CAN), *B. muscosa* (EsAl, LeBa y CAN), *B. pennata* (EsAl y LeBa), *B. plumosa* (NOR, SUR, EsAl, LeBa y CAN) (Fig. 1) y *B. secunda* (LeBa).

Cultivo

Se han desarrollado cultivos *in vitro* para incrementar la productividad de *B. hypnoides* frente a poblaciones salvajes (Wang y Tseng, 2006).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

En aves de corral, se ha demostrado que una alimentación basada en pienso y cumplimentada con algas verdes (ej., género *Bryopsis*, entre otras) ayuda a incrementar su peso corporal, disminuir los niveles de grasas y aumentar los niveles de proteínas comparados con grupos de aves alimentados exclusivamente con pienso (Morais *et al.*, 2020).

Alimentación y nutrición

Estudios preliminares han demostrado que la especie *B. plumosa* posee de forma natural una gran actividad antioxidante y de captación de radicales libres; en este sentido, esta actividad podría tener una importante aplicabilidad dentro de la industria alimentaria, entre otras (Song *et al.*, 2010).

Farmacéutica

Estudios previos de Hamann and Scheuer (1993) y Wang *et al.*, (2015) han evidenciado la presencia de componentes citotóxicos en *B. pennata* con una prometedora aplicación en el descubrimiento de fármacos antitumorales y anticancerígenos. Además, gracias a la actividad inhibitoria sobre el crecimiento de bacterias del género *Morganella* y *Salmonella*, el extracto algal de esta especie, podría ser usado por la industria farmacéutica como antibiótico selectivo o de amplio espectro (Agbaje-Daniels *et al.*, 2017).

GÉNERO CAULERPA



Figura 2. *Caulerpa prolifera* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 10 especies del género *Caulerpa*:

C. chemnitzia (CAN), *C. cupressoides* (CAN), *C. cylindracea* (EsA, LeBa y CAN), *C. mexicana* (CAN), *C. taxifolia** (LeBa), *C. racemosa*** (EsA, LeBa, CAN), *C. prolifera* (SUR, EsA, LeBa y CAN) (Fig. 2), *C. scalpelliformis* (CAN), *C. sertularioides* (CAN) y *C. webbiana* (CAN).

Cultivo

De acuerdo con De Gaillande *et al.*, (2017), el cultivo vegetativo de *Caulerpa* es altamente factible debido a su alta capacidad de propagación por fragmentos, bajo coste en cuanto a infraestructuras requeridas y mínima experiencia técnica necesaria.

En cuanto a las metodologías de cultivo de *Caulerpa*, la plantación sobre fondo o sobre palangres flotantes podrían ser técnicas potencialmente utilizadas.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Se ha visto reforzado su uso como fuente de proteína en acuicultura ya que se ha observado que *C. prolifera* forma parte de la dieta natural de especies como el sargo picudo (*Diplodus puntazzo*), tratándose de una importante fuente de lípidos, proteínas y carbohidratos.

Alimentación y nutrición

El género *Caulerpa* contiene fibra y metabolitos secundarios, así como un alto contenido en minerales, proteínas, grasas e hidratos de carbono, que hacen que especies como *C. racemosa* sean consideradas un ingrediente alimentario funcional (Tapotubun *et al.*, 2020). Su delicado sabor y textura en el paladar, hacen que ésta especie, conocida en Asia como "Caviar Verde", sea muy apreciada como alimento, sobre todo, en la cocina tradicional asiática (De Gaillande *et al.*, 2017). En este sentido, *C. racemosa* parece ser la única especie del género con suficiente sabor como para ser consumida en fresco o aderezada con limón y leche de coco. También se ha probado el posible uso de té de kombutcha a base de *C. racemosa* como potencial agente antiedad (Permatasari *et al.*, 2021).

Además, según Stabili *et al.*, (2016) el extracto lipídico de *C. cylindracea* se ha propuesto como una fuente potencial de antioxidantes naturales que pueden ser utilizados como aditivos alimentarios.

Bioembalaje

Caulerpa cylindracea podría ser útil en la fabricación de embalajes por la existencia de biopolímeros pertenecientes al grupo de los poliésteres (Stabili *et al.*, 2016).

Cosmética y cosmecéutica

Diversos estudios han concluido que los compuestos fenólicos extraídos de *C. racemosa* podrían ser usados para capturar la radiación ultravioleta como cremas solares (Ersalina *et al.*, 2020). Además, serían una fuente potencial de antioxidantes para cosméticos antienvjecimiento (Susilowati *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Kathiraven *et al.*, (2015) y Manikandakrishnan *et al.*, (2019) han demostrado la utilidad de los extractos de *C. racemosa* en la producción de nanopartículas de plata y oro. Estas nanopartículas poseen actividad antibacteriana y quimioterapéutica, respectivamente, por lo que pueden ser potencialmente utilizadas en la fabricación de nuevos medicamentos. Además, en cuanto a la especie *C. cylindracea*, también se observó una gran capacidad para actuar frente a diversos patógenos acuáticos. En este sentido, cabría destacar su posible uso potencial como fuente de compuestos antibacterianos con gran implicación en el control de enfermedades en maricultura (Stabili *et al.*, 2016).

GÉNERO *CODIUM*



Figura 3. *Codium fragile** (Fotografía: ANFACO).

Especies en España

Se han descrito 8 especies del género *Codium*:

C. adhaerens (NOR, SUR, EsAI, CAN), *C. bursa* (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. coralloides* (LeBa), *C. decorticatum* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. effusum* (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. fragile** (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 3), *C. tomentosum* (NOR, SUR, EsAI, CAN) y *C. vermilara* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN).

Cultivo

Se han desarrollado cultivos vegetativos de distintas especies del género como *C. tomentosum*, *C. fragile*, *C. adhaerens*, *C. bursa* y *C. vermilara*. Además del cultivo sencillo por fragmentación de los talos tanto libres como injertados en cuerdas, este se puede realizar a partir de una papilla hecha con individuos adultos en la que se embeben en las cuerdas de cultivo (Yang *et al.*, 1997).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Codium adhaerens, con un alto contenido en Ca, Mg, Fe, I, Cu, Mn y Se, tendría un gran potencial como fuente de minerales para la alimentación animal (Cabrita *et al.*, 2016). En este sentido, *C. fragile* también ha sido propuesta como una especie potencial de ser usada en piensos animales por su alto valor proteico (Ortiz *et al.*, 2009).

Alimentación y nutrición

El género *Codium* ofrece especies erectas y ramificadas que se consumen crudas o cocinadas como fuente importante de vitamina A (Novaczek, 2001), proteínas y hierro, con bajo contenido en grasas (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016). Se comercializan tanto deshidratadas como frescas y su sabor recuerda al del percebe con notas de melocotón. Se pueden consumir en ensaladas, como especia o como guarnición de platos de pescado, marisco o carne suave e incluso como purés, sopas o tortillas. En países como España y Portugal se está empezando a popularizar su consumo.

Biocombustible

Especies como *C. tomentosum* y *C. vermilara* han sido propuestas como una fuente de biomasa renovable en la producción de biodiesel (Gengiah *et al.*, 2022).

Bioconservante

Se ha demostrado la posibilidad de retrasar el proceso de degradación de la pera portuguesa gracias al uso de un extracto acuoso de *C. tomentosum* incorporado en su superficie previo al embalaje (Augusto *et al.*, 2022).

Cosmética y cosmeceútica

Según el estudio de G. E. Choi *et al.*, (2020), la especie *C. fragile* posee propiedades antioxidantes utilizadas en la elaboración de cosméticos. Este género, se utiliza mucho en tratamientos de belleza ya que su aplicación hidrata la piel, por lo que se suele incluir en mascarillas, cremas, bálsamos labiales y lociones (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016).

Además, recientes estudios con *C. fragile* han determinado la posibilidad del uso de sus vesículas extracelulares en cremas por su capacidad de reducir la síntesis de melanina en la piel (Jang *et al.*, 2021).

Farmacéutica

Especies del género como *C. decorticatum* y *C. tomentosum* han sido utilizadas como agentes antihelmínticos en medicina humana (Pérez Lloréns *et al.*, 2017). Además, ha sido tradicionalmente usado en el Sur de Asia para tratamientos frente a enfermedades urinarias, así como repelente de insectos (Wai *et al.*, 2009).

Además, extractos de la especie *C. fragile* podrían utilizarse frente a problemas de obesidad debido a su efecto regulador del microbiota intestinal (Kim *et al.*, 2020), frente a enfermedades fúngicas (Jerković *et al.*, 2019) así como frente a infecciones por el virus del herpes simple (VHS-1) (Lomartire y Gonçalves, 2022). Además, su capacidad de promover la activación de células naturales asesinas de células tumorales podría potenciar un uso quimioterapéutico (Park *et al.*, 2020).

GÉNERO *DERBESIA*

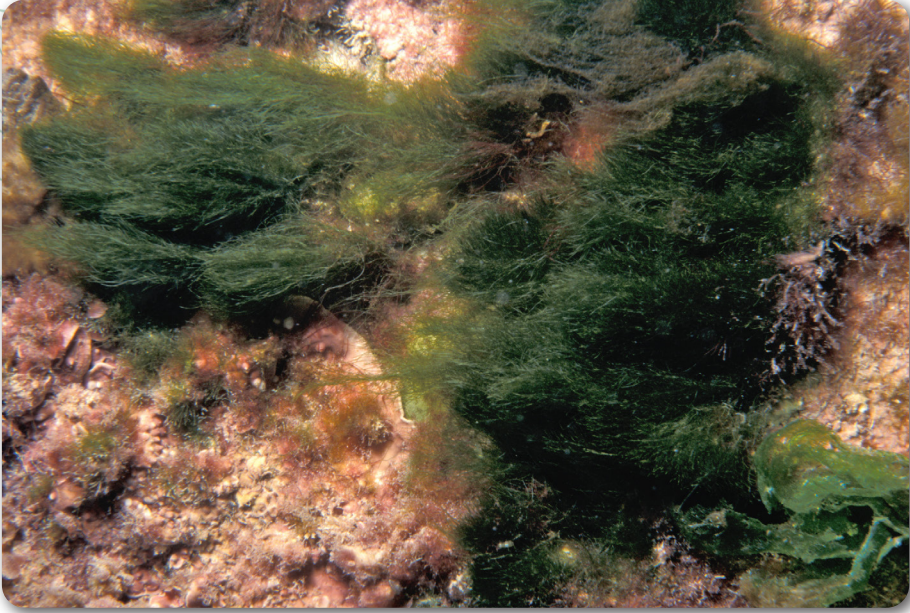


Figura 4. *Derbesia tenuissima* (Fotografía: J. M. Huisman).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Derbesia*:

D. marina (NOR, EsAI, LeBa, CAN) y *D. tenuissima* (NOR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 4).

Cultivo

Se han realizado cultivos de este género a partir de cultivos vegetativos (Magnusson *et al.*, 2014).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

La especie *D. tenuissima* tiene un gran potencial como pienso en los sistemas de producción ganadera por su crecimiento y su alto contenido en aminoácidos (Machado *et al.*, 2014).

Biocombustible

Potencial uso en biorrefinería de *D. tenuissima*, ya que es posible producir combustibles a partir de su biomasa (Mata *et al.*, 2016).

Farmacéutica

Según Mata *et al.*, (2016), *D. tenuissima* contiene α -linolénico, un ácido graso poliinsaturado asociado a la salud cardiovascular que disminuye la presión arterial, mejora la función cardíaca, hepática y reduce de la grasa corporal. Además, es capaz de atenuar los signos del síndrome metabólico cuando es utilizado como alimento funcional (Kumar *et al.*, 2015).

GÉNERO *FLABELLIA*



Figura 5. *Flabellia petiolata* (Fotografía: E. Santarelli)

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Flabellia*:

F. petiolata (SUR, EsLa, LeBa, CAN) (Fig. 5).

Cultivo

No se han realizado cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Se ha reportado actividad antibacteriana, fungicida, antiviral, citotóxica y antimicótica moderada en extractos de la especie *F. petiolata* (Ballesteros *et al.*, 1992). Recientemente, estudios de Kolsi *et al.*, (2015) han observado actividad antimicrobiana baja o moderada frente algunas bacterias (ej. *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*). En este sentido, *Flabellia petiolata* podría tener cierto potencial en cuanto a la fabricación de nuevos antibióticos o para la síntesis de nuevos medicamentos.

GÉNERO *HALIMEDA*

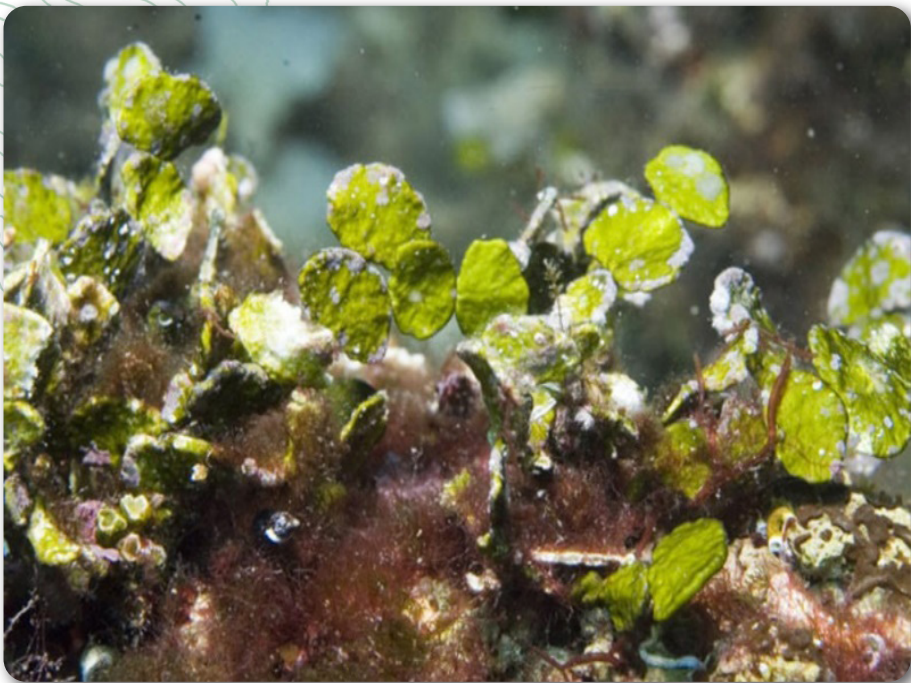


Figura 6. *Halimeda tuna* (Fotografía: M. Vestjens y A. Frijsinger).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Halimeda*:

H. incrassata (LeBa) y *H. tuna* (EsLa, LeBa, CAN) (Fig. 6).

Cultivo

Se han realizado cultivos vegetativos para la especie *Halimeda tuna* (Hillis-Colinvaux, 1980).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Algunas especies del género *Halimeda* son usadas como fertilizantes por su capacidad de reacondicionar suelos ácidos, así como para piensos animales (Trono, 1997).

Alimentación y nutrición

La presencia de antioxidantes naturales en este género como carotenoides, micosporinas y terpenoides pueden ser utilizadas con fines alimenticios (Rivero *et al.*, 2003).

Cosmética y cosmeceútica

Del mismo modo, estos antioxidantes naturales pueden ser utilizados en la cosmética (Zubia *et al.*, 2007).

Farmacéutica

Indira *et al.*, (2013) y El Nur *et al.*, (2021) han puesto de manifiesto las propiedades antibacterianas y antifúngicas de *Halimeda tuna*, útiles en la fabricación de nuevos fármacos. A su vez, estudios de Alam *et al.*, (2021) muestran como el aldehído diterpénico (halitunal) extraído de la misma especie con efectos antivirales podría tener una funcionalidad terapéutica frente al SARS CoV2.

A su vez, los carotenoides, micosporinas y terpenoides también tienen un alto potencial tanto en farmacología (Ferrara, 2020; Ramalingam *et al.*, 2022) como en futuros tratamientos quimioterapéuticos (Kurt *et al.*, 2018; Ramalingam *et al.*, 2022).

GÉNERO *PENICILLUS*



Figura 7. *Penicillus capitatus* (Fotografía: P. Neves).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Penicillus*:

P. capitatus (LeBa, CAN) (Fig. 7).

Cultivo

Se han llevado a cabo cultivos vegetativos de *P. capitatus* a partir de rizoides con un régimen de luz y oscuridad de 16 y 8 horas, respectivamente, según el estudio realizado por Friedmann y Roth (1977).

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Según Arata *et al.*, (2015) los extractos de *P. capitatus* tienen una actividad anticoagulante *in vitro* que puede ser útil en la fabricación de fármacos. Además, estudios de Puglisi *et al.*, (2004) y Li *et al.*, (2006) han puesto de manifiesto que la capacidad antifúngica de *P. capitatus* podría mejorar la actividad fungicida de medicamentos ya existentes.

GÉNERO *ANADYOMENE*



Figura 8. *Anadyomene stellata* (Fotografía: C. A. Da Silva).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Anadyomene*:

A. saldanhae (CAN) y *A. stellata* (LeBa, CAN) (Fig. 8).

Cultivo

Aunque el género *Anadyomene* ha sido inicialmente considerado como no apto para el cultivo, su amplia distribución y abundancia de especies como *A. stellata*, podría ser una forma muy valiosa de aprovechamiento (Radulovich *et al.*, 2015). Por ellos, es necesario seguir investigando para conseguir desarrollar metodologías de cultivo aptas para este género.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Anadyomene stellata se conoce comúnmente como "repollo de mar" y es utilizada en gastronomía. Esta especie tiene un fuerte olor y sabor a pescado y se utiliza en platos como el arroz con mejillones o incluso en postres (Radulovich *et al.*, 2015).

Cosmética y cosmeceútica

El ácido hexadecapentaenoico de *A. stellata* se utiliza en la preparación de cosméticos para la prevención de arrugas, la flacidez, el envejecimiento y para aumentar el colágeno (Gupta *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Mikhailova *et al.*, (1995) indican que las características de *A. stellata* la convierten en una especie atractiva para estudiar el metabolismo de los PUFA, las funciones biológicas de sus metabolitos y sus posibles aplicaciones farmacéuticas. Esta especie, contiene ácidos grasos conjugados que poseen propiedades anticancerígenas para controlar la obesidad, por lo que podría tener una posible aplicación en la creación de nuevos medicamentos (Nagao y Yanagita, 2005).

GÉNERO *MICRODICTYON*



Figura 9. *Microdictyon umbilicatum* (Fotografía: J. M. Huisman).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Microdictyon*:

M. umbilicatum (EsA1, LeBa, CAN) (Fig. 9).

Cultivo

El cultivo de *Microdictyon* ha sido posible a partir de la regeneración de protoplastos (Kim *et al.*, 2002).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Estudios como el de Winberg *et al.*, (2011) han demostrado que el uso del compost de *M. umbilicatum* ofrece una amplia gama de beneficios para las plantas. Estos incluyen una mejor germinación de las semillas, un aumento en el rendimiento de los cultivos, mayor resistencia a factores de estrés, un crecimiento de raíces más robusto, una reducción de los ataques de insectos y una mayor vida útil de los productos.

GÉNERO *CLADOPHOROPSIS*



Figura 10. *Cladophoropsis membranacea* (Fotografía: D. Rabeling).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Cladophoropsis*:

C. macromeres (CAN) y *C. membranacea* (LeBa, CAN) (Fig. 10).

Cultivo

No se han realizado cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Erfani *et al.*, (2015) demostró el efecto citotóxico de *Cladophoropsis* en células de cáncer de mama, lo que sugiere su potencial para la síntesis de medicamentos quimioterapéuticos. Además, Mickymaray y Alturaiki (2018) encontraron que la fracción etanólica de *Cladophoropsis* sp. tiene efecto antifúngico moderado. Por último, el extracto liposoluble de *C. membranacea* ha demostrado acción bactericida contra *Staphylococcus aureus* (Ballantine *et al.*, 1987).

GÉNERO *CHAETOMORPHA*



Figura 11. *Chaetomorpha linum* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 6 especies del género *Chaetomorpha*:

C. aerea (= *C. crassa*) (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. linum* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 11), *C. antenninna* (EsAI, CAN), *C. gracilis* (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. ligustica* (= *C. mediterranea*) (SUR, EsAI, LeBa, CAN) y *C. melagonium* (NOR).

Cultivo

El cultivo de ciertas especies, como *C. antenninna*, puede lograrse a través de esporas (Leliaert *et al.*, 2011). Sin embargo, estos cultivos no resultan interesantes para la producción de biomasa a gran escala. Por otro lado, Gao *et al.*, (2018) demostraron que *C. crassa*, en comparación con otras especies del género *Chaetomorpha*, exhibe una mayor tolerancia a condiciones de alta temperatura y baja salinidad, así como tasas de fotosíntesis y crecimiento más elevadas. Esto convierte a *C. crassa* en una opción más adecuada para el cultivo masivo, aunque aún se requiere investigar las condiciones óptimas de cultivo.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Varios estudios han demostrado la viabilidad y los numerosos beneficios del uso de *Chaetomorpha* sp. como alimento en la acuicultura de invertebrados, como el langostino tigre gigante, *Penaeus monodon* (Tsutsui *et al.*, 2015), y el pepino de mar, entre otros, *Apostichopus japonicus* (Song *et al.*, 2017).

Bioconservante

En el estudio realizado por Hamzaoui *et al.*, (2020), se ha demostrado que un polisacárido extraído de *C. linum* tiene propiedades prometedoras como aditivo alimentario. Este polisacárido exhibe una actividad antioxidante y antimicrobiana notable, lo que lo convierte en una opción viable como conservante natural en una amplia variedad de alimentos.

Biocombustible

Algunas especies de este género (*C. linum*, *C. antennina*, *C. gracilis*) muestran un potencial en la producción de biocombustibles (Sharmila *et al.*, 2012; Ben Yahmed *et al.*, 2016; Freile-Pelegrín *et al.*, 2020).

Farmacéutica

Se ha llevado a cabo la investigación sobre la formación potencial de nanopartículas de plata a través de la reducción de los iones metálicos de este elemento presentes en los extractos del alga *C. linum* (Kannan *et al.*, 2013). Recientemente, se ha descubierto que estas nanopartículas de plata podrían tener propiedades anticancerígenas y ser consideradas como fármacos potenciales (Acharya *et al.*, 2021). Por otro lado, se ha propuesto que *C. antennina* puede ser utilizada en la síntesis de nuevos fármacos tanto en medicina humana, para el tratamiento de la diabetes (Unnikrishnan y Jayasri, 2017), como en medicina veterinaria, debido a su actividad antioxidante y antibacteriana contra el patógeno *Vibrio parahaemolyticus*, que afecta a peces, crustáceos y moluscos (Thanigaivel *et al.*, 2014).

Otros usos industriales

La especie *C. gracilis* ofrece un polvo soluble en agua con capacidad gelificante y un material celulósico altamente cristalino. Ambos tienen potencial como refuerzo y pulpa en la fabricación de papel (Freile-Pelegrín *et al.*, 2020), abriendo nuevas posibilidades en la industria de los materiales.

GÉNERO *CLADOPHORA*

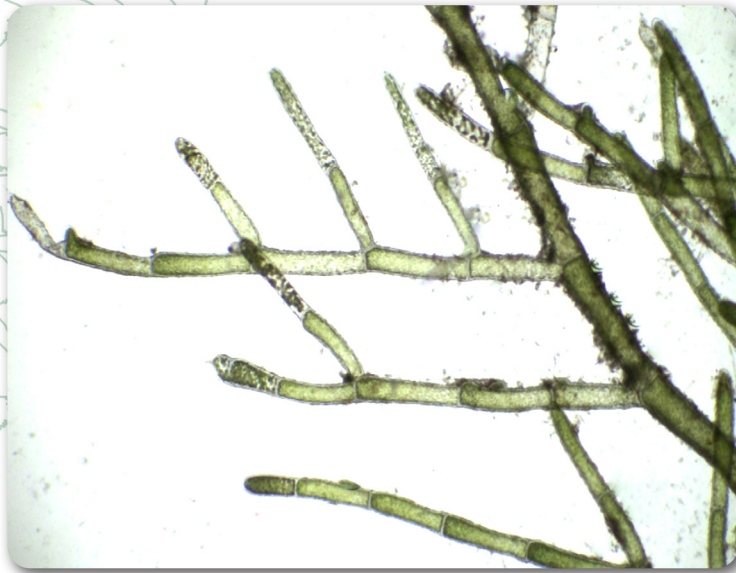


Figura 12. *Cladophora laetevirens* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 31 especies del género *Cladophora*:

- *C. albida* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. battersii* (EsAl), *C. coelothrix* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. conferta* (CAN), *C. cymopoliae* (CAN), *C. dalmatica* (NOR, EsAl, LeBa, CAN), *C. echinus* (LeBa), *C. feredayi* (CAN), *C. flexuosa* (CAN), *C. fracta* (LeBa), *C. globulina* (NOR), *C. hutchinsiae* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. inclusa* (CAN), *C. laetevirens* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 12), *C. lehmanniana* (NOR, EsAl, LeBa, CAN), *C. liebethuthii* (LeBa, CAN), *C. liniiformis* (NOR, LeBa), *C. nigrescens* (NOR, LeBa), *C. parriaudii* (SUR, LeBa), *C. pellucida* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. pellucidoidea* (CAN), *C. prolifera* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. refracta* (NOR), *C. retroflexa* (EsAl, LeBa), *C. rhodolithicola* (NOR), *C. ruchingeri* (NOR, LeBa), *C. rupestris* (NOR, EsAl, LeBa), *C. sericea* (NOR, LeBa, CAN), *C. socialis* (NOR, LeBa), *C. vadorum* (EsAl, LeBa, CAN) y *C. vagabunda* (NOR, EsAl, LeBa, CAN).

Cultivo

La estrategia más adecuada para el cultivo a gran escala de estas macroalgas es mediante sistemas de estanques abiertos. Se siembran fragmentos de alga o esporas en estanques con un medio de cultivo adecuado. Sin embargo, también se cultivan especies de *Cladophora* en sistemas cerrados de laboratorio para producir biomasa, tanto en monocultivo como en policultivo (Munir *et al.*, 2019).

Los patrones de crecimiento de *Cladophora* indican la presencia de especies tanto en primavera temprana como en verano en los ecosistemas interiores (Michalak y Messyasz, 2021). La recolección de biomasa de estas algas para fines industriales será estacional. *Cladophora glomerata* es una especie dominante en las comunidades de algas filamentosas, con amplia tolerancia a los cambios de temperatura y bajos requerimientos de luz. Esta especie se desarrolla en hábitats distintos a otros taxones del mismo género.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

El polvo de *C. prolifera* ha demostrado efectos positivos como fertilizante en plantas de tomate, aumentando su crecimiento y peso de los frutos, según Cavallo *et al.*, (2006).

Alimentación animal

Algunas especies del género *Cladophora* se cultivan para complementar la alimentación de los peces y proporcionar proteínas en las harinas de algas destinadas a la alimentación de las Tilapias (Munir *et al.*, 2019). Debido a su alto contenido de aminoácidos, *Cladophora* tiene potencial como suplemento alimenticio en animales (Messyasz *et al.*, 2015).

Alimentación y nutrición

Las algas del género *Cladophora* son una fuente de alimento popular en lugares como Francia, Hawaii y Tailandia. Son ricas en minerales, aminoácidos esenciales, vitaminas y fibra (Akköz *et al.*, 2011), por lo que a veces se agregan al pan para mejorar su valor nutricional. Los filamentos jóvenes de estas algas se utilizan en ensaladas debido a sus beneficios para prevenir el estreñimiento y ayudar en la cicatrización de úlceras estomacales (Munir *et al.*, 2019).

Biocombustible

Según Sharmila y Rebecca (2012), la especie *C. vagabunda* contiene ácidos grasos y puede ser utilizada para la producción de biodiesel. Además, varias especies del género *Cladophora* podrían ser potencialmente utilizadas para producir bioetanol (Munir *et al.*, 2019).

Bioembalaje

El extracto lipídico de *C. rupestris* se considera una fuente prometedora para aplicaciones biotecnológicas, como la fabricación de bioplásticos, según Stabili *et al.*, (2016).

Cosmética y cosmecéutica

La presencia de ciertos elementos en especies de *Cladophora* como cromo, plomo, cadmio o selenio puede ser beneficiosa para la producción de cosméticos (Messyasz *et al.*, 2015).

Farmacéutica

El extracto lipídico de *C. rupestris* inhibe el crecimiento de bacterias como *Enterococcus* sp., *Vibrio cholerae* y *Bacillus subtilis* (Zbakh *et al.*, 2014; Stabili *et al.*, 2016). También muestra actividad antidiabética (Krish y Das, 2014), antiinflamatoria (Payá *et al.*, 1993), antifúngica y produce metabolitos secundarios con potencial antioxidante, como tocoferol, carotenoides y polifenoles (Munir *et al.*, 2019). Además, *C. rupestris* es una fuente potencial de un agente antiprotozoario natural contra *Trypanosoma brucei rhodesiense*, *Trypanosoma cruzi* y *Leishmania donovani* (Spavieri *et al.*, 2010). Por último, Munir *et al.*, (2019) afirman que la especie de este género *C. albida* poseen además actividad anticancerígena.

GÉNERO *RHIZOCLONIUM*

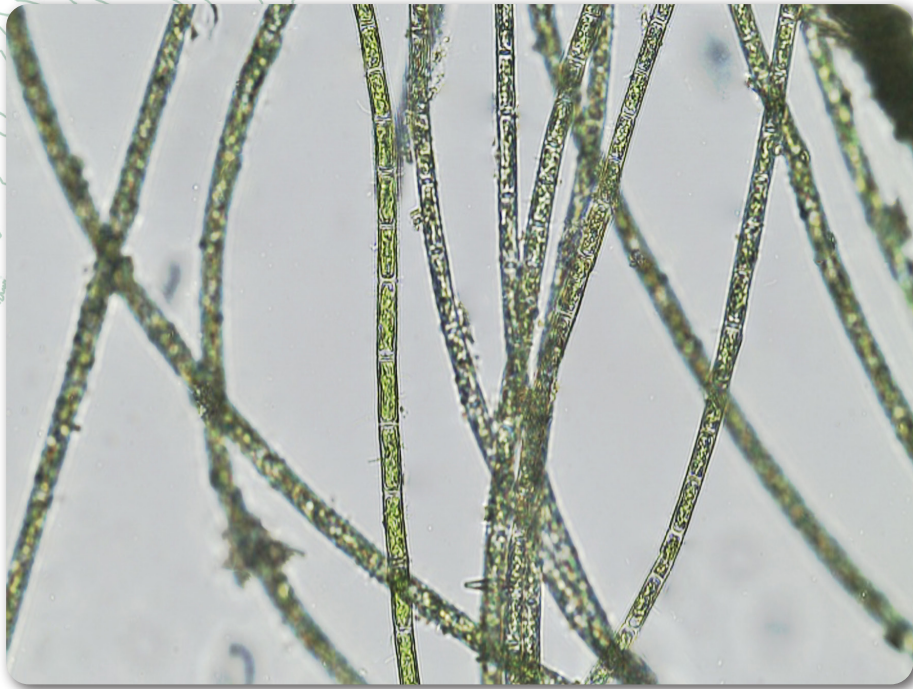


Figura 13. *Rhizoclonium riparium* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Rhizoclonium*:

R. riparium (NOR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 13) y *R. tortuosum* (NOR, EsAI).

Cultivo

Un estudio realizado por Chao *et al.*, (2005) consistió en llevar a cabo cultivos vegetativos de la especie *R. riparium* en tanques al aire libre. Los resultados obtenidos en estos experimentos demostraron que esta especie tiene un crecimiento favorable durante todo el año cuando se encuentra en condiciones naturales.

Usos conocidos y potenciales

Alguicida

La especie *R. riparium* tiene la capacidad de producir nanopartículas de plata que demuestran una notable eficacia para eliminar el alga unicelular *Chlorococcum infusionum*. Esta propiedad alguicida ha sido comprobada en un estudio realizado por Roychoudhury *et al.*, (2018).

Alimentación animal

Serrano *et al.*, (2020) aseguran que la especie *R. riparium* se puede utilizar sustituyendo a la harina de soja para la alimentación en cultivos acuícolas para obtener una mayor rentabilidad económica.

Alimentación y nutrición

De acuerdo a Osuna-Ruiz *et al.*, (2019), *R. riparium* presenta altos niveles de ácidos grasos polinsaturados reconocidos por su alto valor nutricional, por lo que puede considerarse apropiadas para el consumo humano y como promotoras de salud.

A su vez, los polisacáridos de *R. riparium* tienen propiedades de inmunomodulación, lo que los hace adecuados como aditivos en alimentos o productos alimenticios para regular la respuesta inmunitaria en humanos y animales (Hsu *et al.*, 2006).

Biocombustible

La especie *R. riparium* se caracteriza por tener altos niveles de glucosa, xilosa y galactosa, lo que la hace adecuada para la producción de etanol mediante fermentación (Chirapart *et al.*, 2014). Además, también se puede utilizar para la producción de biobutanol mediante una fermentación acetona-butanol-etanol (Salaeh *et al.*, 2019).

Farmacéutica

R. riparium tiene potencial para la síntesis de fármacos quimioterápicos debido a su capacidad de inhibir el crecimiento de células del linfoma (Osuna-Ruiz *et al.*, 2016). Además, se ha demostrado que esta especie tiene un efecto citotóxico en las células de cáncer de cuello uterino infectadas por el virus del papiloma humano (Paul y Kundu, 2013).

GÉNERO AEGAGROPILA



Figura 14. *Aegagropila linnaei* (Fotografía: G. O'Donohoe).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Aegagropila*:

A. linnaei (NOR) (Fig. 14).

Cultivo

No se han realizado cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Biocombustible

Según un estudio realizado por Yu *et al.*, (2022), se ha encontrado que *A. linnaei* es una excelente opción como biocarbón debido a la presencia de grupos funcionales de oxígeno en sus superficies altamente específicas. Además de sus propiedades únicas, este biocarbón es de bajo costo y tiene un impacto ambiental favorable. El biocarbón, también conocido como carbón vegetal, se utiliza ampliamente como enmienda del suelo. Se produce a través de la pirolisis, un proceso de transformación de biomasa vegetal. Sin embargo, su utilidad no se limita solo a la mejora de las características del suelo.

Bioestimulantes

Recientes investigaciones se centran en el uso del biocarbón como una estrategia para secuestrar carbono y reducir las emisiones de CO₂, lo que lo convierte en una herramienta potencialmente valiosa para mitigar el cambio climático. Además, este material tiene la capacidad de aumentar la fertilidad en suelos ácidos y mejorar la productividad agrícola.

Bioembalaje

Según un estudio realizado por Guo *et al.*, (2017), se descubrió que a partir de *A. linnaei* se pueden obtener nanopapeles translúcidos y flexibles, los cuales poseen superficies lisas y una impresionante resistencia mecánica. Estos nanopapeles tienen un amplio potencial en la fabricación de envases.

Biorremediación

Aegagropila linnaei podría ser un alga apropiada para ser aplicada en biorremediación, más concretamente en sistemas biológicos de depuración, un sistema verde de purificación de agua que puede ser utilizado en acuicultura (Contardo-Jara *et al.*, 2015).

GÉNERO *VALONIA*



Figura 15. *Valonia aegagropila* (Fotografía: M. Macías).

Especies en España

Se han descrito 4 especies del género *Valonia*:

V. aegagropila (EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 15), *V. macrophysa* (SUR, EsAl, LeBa, CAN), *V. utricularis* (SUR, EsAl, LeBa, CAN) y *V. ventricosa* (SUR).

Cultivo

Se ha desarrollado un método para cultivar de forma aislada la especie *V. ventricosa*, mediante el cual se estimula la producción de aplanosporas al exponer el organismo a un enfriamiento abrupto de 15°C durante un periodo de un día. Posteriormente, estas aplanosporas se cultivan en un medio de agar, y después de un lapso de 2 meses, se transforman en talos axénicos (Nakanishi y Saga, 1993).

Uso conocidos y potenciales

Otros usos industriales

Se ha investigado la viabilidad de obtener ácido levulínico a partir de la especie *V. aegagropila*. El ácido levulínico se clasifica como "producto químico de plataforma", lo que significa que se puede emplear como una sustancia intermedia en la fabricación de varios productos químicos (Gallettia *et al.*, 2019).

GÉNERO *CYMOPOLIA*



Figura 16. *Cymopolia barbata* (Fotografía: D. Rabeling).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Cymopolia*:

C. barbata (CAN) (Fig. 16).

Cultivo

No se han realizado cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Se ha demostrado que el extracto del alga *C. barbata* se podría utilizar para el desarrollo de fármacos contra el cáncer de mama (Pathirana *et al.*, 1995). Además, las propiedades antibióticas y antifúngicas de los extractos de esta misma especie podrían tener posibles usos farmacéuticos Martínez *et al.*, (1966) y Estrada *et al.*, (1987).

GÉNERO *DASYCLADUS*



Figura 17. *Dasycladus vermicularis* (Fotografía: I. Rubio).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Dasycladus*:

D. vermicularis (LeBa, CAN) (Fig. 17).

Cultivo

No se han realizado cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Se está investigando sobre el potencial de las cumarinas, moléculas absorbentes de radiación ultravioleta presentes en la especie *Dasycladus vermicularis*, para ser utilizadas como protectores solares. Su capacidad para reducir significativamente el daño celular causado por la radiación UV las convierte en un potencial candidato para este propósito (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2003).

GÉNERO *CAPSOSIPHON*



Figura 18. *Capsosiphon fulvescens* (Fotografía: G. Chung).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Capsosiphon*:

C. fulvescens (NOR) (Fig. 18).

Cultivo

A nivel experimental, se han realizado ensayos de cultivos vegetativos de *Capsosiphon fulvescens* a partir de maduración de germinados *in vitro* (Hwang *et al.*, 2008).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Capsosiphon fulvescens es ampliamente utilizada en la nutrición humana en países asiáticos, especialmente en Corea (Sohn, 1998), donde se utiliza tradicionalmente para preparar sopas (Hwang *et al.*, 2008). Esta especie de alga posee un alto valor nutritivo y constituye una importante fuente de proteínas y aminoácidos esenciales. Se consume tanto directamente como alimento, como en la industria alimentaria como suplemento dietético.

Estudios realizados por Son *et al.*, (2018) indican que una dieta complementada con *C. fulvescens* puede resultar eficaz en la prevención del cáncer de colon.

Bioembalaje

Se ha demostrado que los polisacáridos derivados de la especie *C. fulvescens* tienen potencial para la creación de películas de bioplástico (Go y Song, 2020). Estas películas exhiben propiedades antioxidantes, lo que las hace adecuadas como envolturas para alimentos con el fin de prevenir la oxidación de los lípidos presentes en ellos.

Farmacéutica

Según S. C. Kim *et al.*, (2022), *Capsosiphon fulvescens* posee un polisacárido sulfatado soluble en agua que exhibe actividad antiosteoporótica al actuar sobre los osteoclastos. Además, se ha demostrado que el extracto etanólico de esta alga produce un compuesto llamado feoforbida, el cual ha mostrado actividad antioxidante, antiglicación e inhibidora de la α -glucosidasa, sugiriendo su potencial para la prevención y el tratamiento de la diabetes (Lee *et al.*, 2013; Lee *et al.*, 2014).

Por otro lado, Y. M. Kim *et al.*, (2013) confirmaron en su estudio la capacidad de inhibición del crecimiento y la invasión de las células de cáncer gástrico por parte de *C. fulvescens*, lo que sugiere su posible utilidad en la fabricación de medicamentos quimioterapéuticos.

Además, estudios recientes realizados en ratas han demostrado que las glicoproteínas de *C. fulvescens* pueden mejorar los síntomas de deterioro cognitivo relacionados con la edad, lo que indica su potencial en el desarrollo de fármacos para tratar este tipo de patologías (Oh y Nam, 2019; Oh *et al.*, 2020).

Otros usos industriales

Capsosiphon fulvescens tiene aplicaciones prometedoras en la creación de nanocristales de celulosa, los cuales encuentran utilidad en la industria textil y la biomedicina (Ko *et al.*, 2018).

GÉNERO *ULOTHRIX*

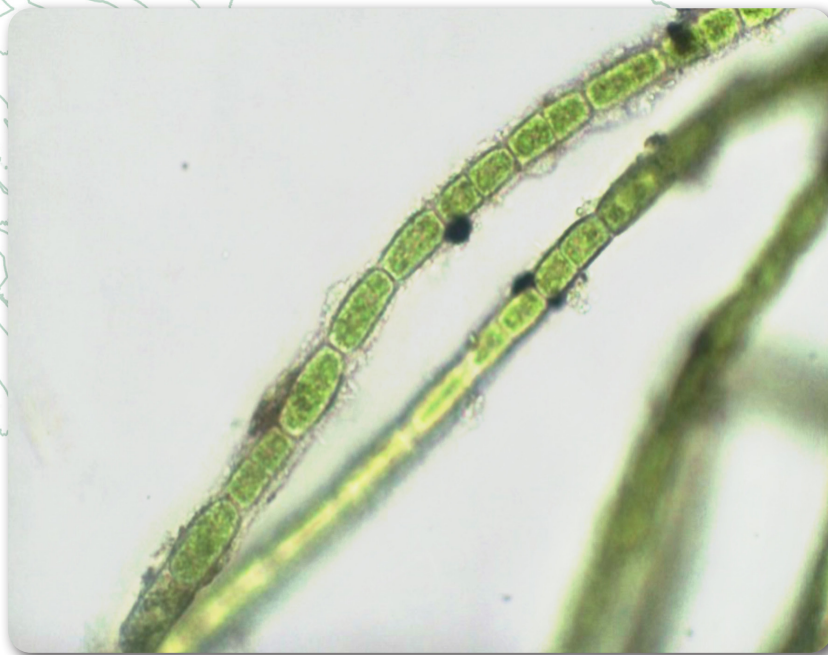


Figura 19. *Ulothrix flacca* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 3 especies del género *Ulothrix*:

U. flacca (NOR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 19), *U. implexa* (NOR, LeBa) y *U. subflaccida* (NOR, LeBa).

Cultivo

No se han realizado cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Ulothrix flacca es un alga que ha sido históricamente empleada en China como alimento (Li *et al.*, 2018).

Farmacéutica

Además de su uso en la medicina tradicional para tratar edemas, se ha encontrado que *U. flacca* exhibe una actividad anticoagulante moderada, lo que sugiere un posible uso en la industria farmacéutica (Li *et al.*, 2018). Este hallazgo destaca el potencial de esta especie para contribuir al desarrollo de medicamentos anticoagulantes.

GÉNERO *GAYRALIA*

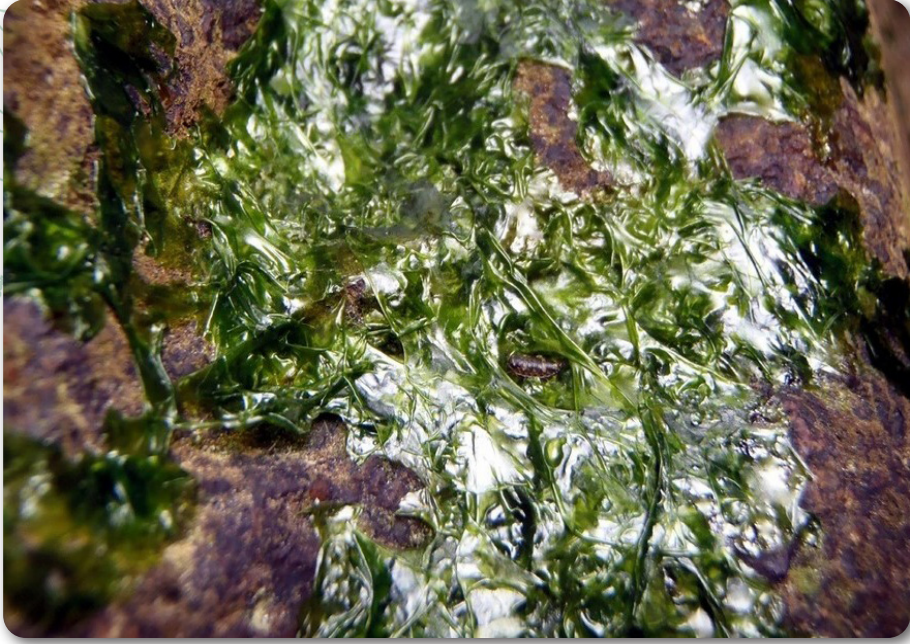


Figura 20. *Gayralia oxysperma* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Gayraliaceae*:

G. oxysperma (NOR, SUR, LeBa, CAN) (Fig. 20).

Cultivo

No se han realizado cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Cosmética y cosmecéutica

Gayralia oxysperma es una especie que contiene ácido palmítico, lo cual la hace potencialmente interesante para su aplicación en la industria farmacéutica y cosmética. Además, se ha encontrado que presenta un contenido significativo de calcio, lo que la convierte en un posible suplemento en dietas que requieran un aporte adicional de este mineral. Por último, destaca por su poder reductor, atribuido a su contenido fenólico superior al del ácido ascórbico, lo que podría desempeñar un papel importante en la eliminación de radicales libres (Pise *et al.*, 2012).

Farmacéutica

Según Da Silva *et al.*, (2018), se ha identificado un polisacárido en *Gayralia oxysperma* que posee la capacidad de contrarrestar múltiples efectos causados por los venenos de serpientes, incluyendo la hemorragia, los edemas, la letalidad y la miotoxicidad. Igualmente, Ropellato *et al.*, (2015) encontraron que este polisacárido también exhibe actividad antitumoral en líneas celulares de glioblastoma multiforme.

Además de su potencial antitumoral y neutralizador de venenos de serpientes, *G. oxysperma* muestra actividad antiviral contra el virus del *herpes simplex*, según lo demostrado por el estudio de Cassolato *et al.*, (2008).

Por otro lado, estudios de Mohamed *et al.*, (2012) y El-Beltagi *et al.*, (2022) han revelado que esta especie posee un alto contenido de fibra soluble, lo cual puede contribuir a la reducción de los niveles de colesterol y mejorar el síndrome metabólico.

GÉNERO *BLIDINGIA*



Figura 21. *Blidingia minima* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 5 especies del género *Blidingia*:

B. chadefaudii (NOR, LeBa), *B. marginata* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *B. minima* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 21), *B. ramifera* (NOR, SUR, LeBa) y *B. subsalsa* (NOR, SUR).

Cultivo

Se han realizado cultivos por esporas con especies de este género como *Blidingia ramifera* (Garbary y Barkhouse, 1987).

Usos conocidos y potenciales

Cosmética y cosmeceútica

Blidingia minima se ha identificado como una fuente potencial de un polisacárido con propiedades hidratantes (Couteau y Coiffard, 2016). Estas propiedades sugieren que esta especie podría ser utilizado en la industria cosmética.

Farmacéutica

Un estudio realizado por Song *et al.*, (2019) proporcionó evidencia de la actividad antiinflamatoria de los extractos de *Blidingia minima*. Estos hallazgos sugieren que esta especie tiene el potencial de ser utilizada en la fabricación de medicamentos nuevos y eficaces para tratar la inflamación intestinal.

GÉNERO *ULVA*



Figura 22. *Ulva ohnoi* (Fotografía: CTAQUA).

Especies en España

Se han descrito 26 especies del género *Ulva*:

U. australis (NOR, EsAI), *U. ardreana* (NOR, LeBa), *U. clathrata* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *U. compressa* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *U. curvata* (NOR, EsAI, LeBa), *U. fasciata* (NOR, LeBa, CAN), *U. flexuosa* (EsAI), *U. flexuosa* spp. *paradoxa*, *U. gigantea* (NOR), *U. intestinalis* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *U. kylinii* (EsAI), *U. lactuca* (NOR), *U. linearis* (LeBa), *U. linza* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *U. linzoides* (LeBa), *U. ohnoi* (SUR) (Fig. 22), *U. polyclada* (NOR, EsAI, LeBa, CAN), *U. prolifera* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *U. pseudocurvata* (NOR), *U. pseudolinza* (NOR, LeBa), *U. radiata* (NOR), *U. ralfsii* (NOR), *U. rhacodes* (NOR), *U. rigida* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *U. rigida* var. *fimbriata* (NOR), *U. rotundata* (NOR, SUR, LeBa, CAN), *U. simplex* (NOR, EsAI), *U. torta* (NOR, EsAI, CAN).

Cultivo

Se ha demostrado que el cultivo de este género es posible en tanques alimentados con agua rica en nutrientes provenientes de la acuicultura de peces (Copertino *et al.*, 2009; Pérez-Lloréns, 2018; Chatzoglou *et al.*, 2020). Israel, ha sido pionero en este tipo de cultivo, donde la biomasa resultante se utiliza tanto para fines culinarios como para alimentar a varias especies de peces e invertebrados. Además, existe la opción de cultivar estas especies a gran escala utilizando poblaciones naturales que prosperan en entornos acuícolas (Pérez-Lloréns, 2018). En países asiáticos, se ha implementado el cultivo de *Ulva* en cuerdas a las que se adhieren las zoosporas de las poblaciones naturales. Por otro lado, se han publicado estudios preliminares en Brasil sobre el cultivo de *U. lactuca* y *U. flexuosa* mediante la técnica de siembra de líneas con esporas inducidas en condiciones de laboratorio (Castelar *et al.*, 2014).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Las especies del género *Ulva* se utilizan como suplemento en la acuicultura para cubrir necesidades nutricionales específicas en la alimentación animal (Michalak y Chojnacka, 2009). Estudios han demostrado que la biomasa de *U. prolifera* contiene microelementos como Co, Cr, Cu, Zn y Mn, lo que la hace adecuada como suplemento alimenticio en la dieta animal (Shpigel *et al.*, 1999). En este sentido, Cruz-Suárez *et al.*, (2010) demostró que la ingesta de *U. clathrata* por parte de los camarones *Litopenaeus vannamei* mejoró el índice de conversión del alimento artificial y la tasa de crecimiento por lo que podría ser un ingrediente muy beneficioso en la fabricación de piensos.

En estudios previos, se ha comprobado que la harina de *U. rigida* puede reemplazar hasta el 15% de la harina de trigo en dietas destinadas a carpas (*Cyprinus carpius*) (Diler *et al.*, 2007). Además, se ha observado que la inclusión del 5% de esta harina en la alimentación de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) mejoraría el crecimiento, la eficiencia alimentaria, la utilización de nutrientes y la composición corporal (Ergün *et al.*, 2009).

Alimentación y nutrición

Se comercializa tanto deshidratada, como en sal y fresca, con sabores distintos dependiendo de su morfología: las de forma laminar tienen un sabor pronunciado y fresco con cierto amargor, similar a hierbas silvestres, mientras que las de forma tubular, poseen un sabor fresco, ligero y algo amargo, con notas de marisco o moluscos.

Se consumen de diversas formas: en ensaladas, acompañando verduras frescas, trituradas como especia, como guarnición de platos de pescado, marisco o carne suave, en purés, sopas, tortillas, croquetas, hamburguesas, como aperitivo crujiente o incluso para envolver pescado crudo en sushi. Además, su alto contenido en vitaminas A, B, C y E, además de magnesio, calcio, hierro, zinc, manganeso, proteínas y una cantidad considerable de fibra lo hacen un alimento completo y nutritivo (Pérez-Lloréns, 2018).

Biocombustible

Se ha comprobado que especies como *U. linza*, *U. fasciata* y *U. rigida* podrían ser utilizadas para la producción de biodiesel (Sivaprakash *et al.*, 2019), así como de bioetanol, además, para el caso de *U. fasciata* (Trivedi *et al.*, 2013).

Cosmética y cosmeceútica

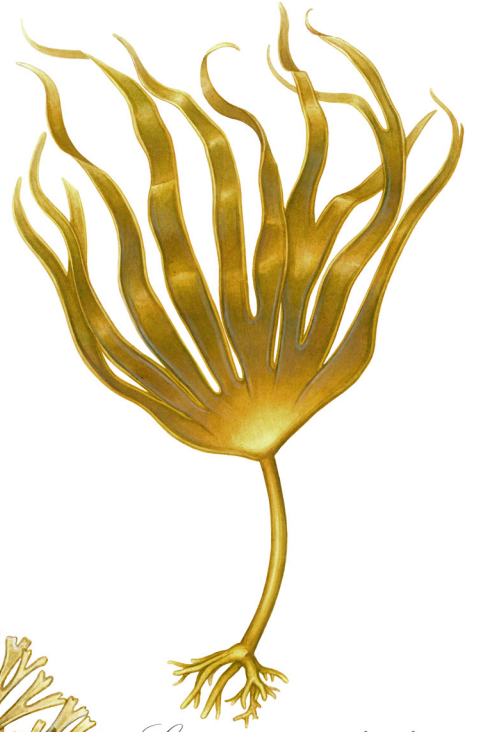
Los polisacáridos y oligosacáridos de *Ulva* spp., que estimulan la producción de ácido hialurónico en la piel (Adrien *et al.*, 2017), podrían ser útiles en aplicaciones dermocosméticas antienvjecimiento (Fournière *et al.*, 2021).

Farmacéutica

El género *Ulva* ha despertado un gran interés en la industria farmacéutica debido a su potencial terapéutico. Recientes investigaciones muestran el posible uso como antibióticos debido a la actividad antibacteriana contra patógenos como *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas fluorescens* y *Escherichia coli* (Rebecca *et al.*, 2012; Agbaje-Daniels *et al.*, 2020). Además, el efecto de polisacáridos aislados de *U. lactuca* y *U. fasciata* han de mostrado una significativa reducción de la glucosa en sangre, lo que sugiere su potencial uso en tratamientos de obesidad y diabetes (BelHadj *et al.*, 2013; Mohapatra *et al.*, 2016). Igualmente, *Ulva* también posee actividad inmunoestimulante, antitumoral (Yu-Qing *et al.*, 2016) y antiinflamatoria (Wang *et al.*, 2013), fungicida (Mickymaray y Alturaiki, 2018) y antiviral (Ivanova *et al.*, 1994).



Fucus serratus



Laminaria ochroleuca



Dictyota dichotoma



Saccorhiza polyschides



Undaria pinnatifida

ALGAS PARDAS



Géneros de algas pardas



Phylum Heterokontophyta

Clase Phaeophyceae

Orden Chordales

Familia Chordaceae

Género *Chorda* 60

Orden Desmarestiales

Familia Desmarestiaceae

Género *Desmarestia* 62

Orden Dictyotales

Familia Dictyotaceae

Género *Dictyopteris* 63

Género *Dictyota* 65

Género *Rugulopteryx* 65

Género *Lobophora* 67

Género *Padina* 68

Género *Spatoglossum* 70

Orden Ectocarpales

Familia Acinetosporaceae

Género *Feldmannia* 72

Familia Ectocarpaceae

Género *Ectocarpus* 73

Familia Chordariaceae	
Género <i>Asperococcus</i>	74
Género <i>Cladosiphon</i>	76
Género <i>Leathesia</i>	78
Familia Scytosiphonaceae	
Género <i>Colpomenia</i>	80
Género <i>Petalonia</i>	82
Género <i>Planosiphon</i>	82
Género <i>Rosenvingea</i>	84
Género <i>Scytosiphon</i>	85
Orden Fucales	
Familia Fucaceae	
Género <i>Ascophyllum</i>	86
Género <i>Fucus</i>	88
Género <i>Pelvetia</i>	90
Familia Himanthaliaceae	
Género <i>Himanthalia</i>	92
Familia Sargassaceae	
Género <i>Bifurcaria</i>	94
Género <i>Cystoseira</i>	96
Género <i>Gongolaria</i>	96
Género <i>Ericaria</i>	96
Género <i>Halidrys</i>	98
Género <i>Sargassum</i>	99
Orden Laminariales	
Familia Alariaceae	
Género <i>Undaria</i>	101

Familia Laminariaceae	
Género <i>Laminaria</i>	103
Género <i>Saccharina</i>	105
Orden Sphacelariales	
Familia Sphacelariaceae	
Género <i>Sphacelaria</i>	107
Familia Stypocaulaceae	
Género <i>Halopteris</i>	108
Orden Sporochnales	
Familia Sporochnaceae	
Género <i>Carpomitra</i>	110
Género <i>Sporochnus</i>	111
Orden Tilopteridales	
Familia Cutleriaceae	
Género <i>Cutleria</i>	112
Familia Phyllariaceae	
Género <i>Saccorhiza</i>	113

GÉNERO *CHORDA*



Figura 23. *Chorda filum* (Fotografía: C. L. Cara).

Especies en España

Se ha descrito una especie del género *Chorda*:

C. filum (NOR) (Fig. 23).

Cultivo

Mediante ensayos exclusivamente a nivel de laboratorio, se ha logrado un exitoso desarrollo completo de esporangios de *C. filum* a partir de esporofitos fértiles (South y Burrows, 1967).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

El consumo de *C. filum* está muy localizado en algunas poblaciones costeras de Japón. Para su uso los individuos en fresco se secan y se conservan durante un año a temperatura ambiente. Tras la espera, se consumen principalmente en bebidas calientes (Kuda *et al.*, 2002).

Farmacéutica

Se han determinado en *C. filum* muchas actividades biológicas como anticoagulantes, antitrombóticas, antiinflamatorias, antitumorales, contraceptivas y antivirales (Kuda *et al.*, 2002).

Otros usos industriales

La presencia de alginatos en su composición ha destacado su utilidad como estabilizador y emulsionante en diversos procesos industriales (Kuda *et al.*, 2002).

GÉNERO *DESMARESTIA*



Figura 24. *Desmarestia* sp. (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 3 especies del género *Desmarestia*:

D. aculeata (NOR, SUR, EsAI), *D. dudresnayi* (NOR, SUR, EsAI) y *D. ligulata* (NOR, SUR).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Recientemente, se ha descubierto un potencial citotóxico de una especie del género *Desmarestia* frente a células de cáncer colon-rectal sugiriéndolo como un posible agente quimioterapéutico (Frassini *et al.*, 2022), además, de cierta actividad antiinflamatoria (M. J. Kim *et al.*, 2013).

GÉNERO *DICTYOPTERIS*

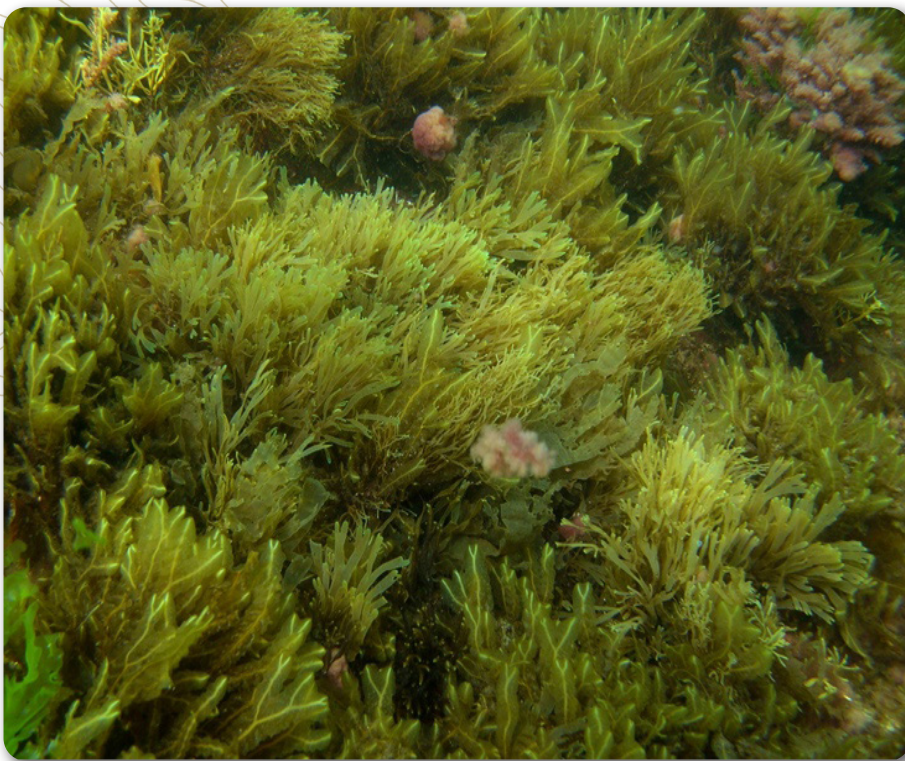


Figura 25. *Dictyopteris polypoides* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 4 especies del género *Dictyopteris*:

D. delicatula (CAN), *D. lucida* (NOR, LeBa), *D. plagiogramma* (CAN) y *D. polypodioides* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 25).

Cultivo

Se han realizado cultivos por esporas y una vez germinados, transferidos a cuerdas sumergidas en mar abierto para especies de este género como *Dictyopteris membranacea* Batters = *Dictyopteris polypodioides* (CODIF, 2016a).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Distintas especies del género *Dictyopteris* han sido calificadas con una potencial aplicación como comida funcional (Cui *et al.*, 2018).

Biocombustible

En un estudio piloto para una especie del género, no presente en España (*Dictyopteris australis*), se ha estudiado la viabilidad como posible fuente para la producción de bioetanol (Bhatt *et al.*, 2020).

Cosmética y cosmeceútica

El aroma desprendido por el género *Dictyopteris* está siendo usado cada día más por parte de la industria del perfume debido a su original fragancia y sensación de “calma” (Zatelli *et al.*, 2018).

A su vez, el aceite extraído de *D. membranacea* podría ser utilizado, por sus propiedades lipídicas, como un aceite nutritivo estimulante, restaurador y potenciador del volumen en tejidos donde se quiere aumentar densidad (ej., labios, pecho) (CODIF, 2016b).

Farmacéutica

Se han reportado usos de *D. membranacea* como tratamiento contra enfermedades crónicas pulmonares (Kyaw *et al.*, 2009). Además, recientes estudios han demostrado que los fucooidanos (grupos de polisacáridos presentes en algas pardas) obtenidos a partir de *D. membranacea* tiene actividad antitumoral frente a ciertos melanomas humanos (CODIF, 2016a). Además, para la misma especie, el aceites esencial o la fracción volátil extraída ha reportado actividad antibacteriana específica de *Staphylococcus aureus* y *Agrobacterium tumefaciens* (Riad *et al.*, 2020).

En cuanto a la especie *D. deliculata*, y para cultivos *in vitro*, se ha detectado que los polisacáridos extraídos de sus tejidos tienen la capacidad de suprimir la proliferación de células tumorales (Rushdi *et al.*, 2021).

GÉNERO *DICTYOTA* Y *RUGULOPTERYX*



Figura 26. *Rugulopteryx okamurae** (Fotografía: M. Macías).

Especies en España

Se han descrito 15 especies:

14 especies del género *Dictyota*: *D. bartayresiana* (CAN), *D. canariensis* (CAN), *D. ciliolata* (CAN), *D. cyanoloma* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *D. cymatophila* (CAN), *D. dichotoma* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *D. dichotoma* var. *intricata* (NOR, SUR, EsAI, LeBa), *D. fasciola* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *D. fasciola* var. *repens* (LeBa), *D. humifusa* (CAN), *D. implexa* (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *D. mediterranea* (LeBa), *D. mertensii* (CAN), *D. pleiakantha* (CAN), *D. pulchella* (CAN) y *D. spiralis* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN).

1 especie del género *Rugulopteryx*: *R. okamurae** (SUR, EsAI, LeBa) (Fig. 26).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Se ha propuesto el posible uso de la especie invasora *R. okamuræ*, combinada con otros agentes condicionantes, como fuente de biomasa para compostaje y subproductos relacionados con la agricultura debido a su buen perfil bioquímico (Barcellos *et al.*, 2023).

Alimentación animal

El género *Dictyota* ha sido tradicionalmente usado como complemento en la alimentación del ganado, aves y peces (Kaliaperumal y Chennubhotla, 2017). Recientemente, se ha observado que la adición de suplementos de *D. bartayresiana* a los piensos animales podría reducir la producción de metano *in vitro* de los rumiantes por lo que ofrece una alternativa a la mejora del bienestar animal, así como a reducir las emisiones de metano a la atmósfera (Gosch *et al.*, 2012; Machado *et al.*, 2014).

Alimentación y nutrición

Su uso en alimentación parece verse limitado al Caribe, Indonesia-Malaya o en regiones de Hawái donde son comidas en crudo, cocinadas con leche de coco, en escabeche o molidas como harina (Bogaert *et al.*, 2020).

Antifouling

Se ha demostrado para algunas especies del género *Dictyota* el efecto de sus extractos sobre las incrustaciones biológicas (*biofouling*) en las embarcaciones inhibiendo su formación (Bakar *et al.*, 2019).

Biocombustible

El alto contenido lipídico de *D. bartayresiana*, comparable o superior a diversas especies de microalgas como *Tetraselmis*, *Rhodomonas* o *Scenedesmus* ha sugerido la posibilidad de un uso potencial en la producción de biodiesel (Kumari *et al.*, 2013). Además, se está investigando un posible uso de *R. okamuræ* como sustrato en procesos de digestión anaeróbica para la producción de biogás (Barcellos *et al.*, 2023).

Farmacéutica

Se ha descrito una amplia variedad de posibles usos farmacéuticos del género *Dictyota* debido a su actividad neuro-protectora, anticoagulante y antihemolítica, antiinflamatoria, antimelanogénesis, antiviral, antifúngica, antibacteriana, antioxidante y antitumoral, entre otros (Bogaert *et al.*, 2020).

GÉNERO *LOBOPHORA*



Figura 27. *Lobophora canariensis* (Fotografía: F. Henriques).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Lobophora*:

L. variegata (SUR, EsAl, LeBa, CAN) y *L. canariensis* (CAN) (Fig. 27).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

El contenido químico asociado con el género *Lobophora* ha mostrado que éste alga es una fuente potencial de comida funcional (Vieira *et al.*, 2017).

Farmacéutica

De los estudios que han reportado un potencial farmacológico del género *Lobophora*, solo algunos han identificado y caracterizado compuestos bioactivos con funciones tales como antifúngico, citotóxico, antibiótico, antiinflamatorio, insecticida, antiviral así como una forma de vitamina E (tocoferol), entre otros (Vieira *et al.*, 2017).

GÉNERO *PADINA*



Figura 28. *Padina pavonica* (Fotografía: M. Zanolla).

Especies en España

Se han descrito 4 especies del género *Padina*:

P. ditristomatica (LeBa), *P. gymnospora* (CAN), *P. pavonica* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 28) y *P. pavonicoides* (LeBa).

Cultivo

Se han realizado a nivel científico pruebas de cultivo de *Padina* sp. mediante liberación de esporas en balsas en lagunas marinas y en mar abierto en la costa suroeste de la India (Ganesan *et al.*, 1999).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

El género *Padina* ha sido tradicionalmente usado como fertilizante natural, así como bioestimulante debido a sus altos niveles de nitrógeno, fósforo y potasio (Ansari *et al.*, 2019).

Alimentación animal

Además, también se emplea como alimento en acuariofilia para algunos animales acuáticos (Ansari *et al.*, 2019).

Alimentación y nutrición

Algunas especies del género *Padina* han sido tradicionalmente utilizadas en sopas o guisos en algunas partes del mundo como Indonesia y Filipinas (Anggadiredja, 2009). Además, de ser usado como sustitutivo de la sal para personas con problemas de alta tensión arterial (Novaczek y Athy, 2001).

Biocombustible

Su alto contenido en lípidos y crecimiento ha demostrado la posibilidad de uso del género *Padina* como una fuente potencial de biocombustibles (Ashokkumar *et al.*, 2017).

Cosmética y cosmeceútica

Se han reportado usos de extractos de *P. pavonica* para el cuidado de la piel, así como reducir la aparición de arrugas debido a su capacidad de restaurar el metabolismo del calcio en la epidermis y a su actividad hialurónica (Fayad *et al.*, 2017).

Farmacéutica

El género *Padina* ha levantado un gran interés dentro de la industria farmacéutica debido a su amplio campo de actuación. Se ha demostrado que posee actividad antibacteriana así como antimicótica frente a diversos patógenos humanos (Ismail *et al.*, 2016; Klimjit *et al.*, 2021), insecticida (Ansari *et al.*, 2019), antioxidante (Sobuj *et al.*, 2021), antiinflamatoria, hipoalérgica, hepatoprotectora y antidiabética (Samar *et al.*, 2022).

El alto valor antioxidante del género *Padina* podría ser usado para tratar enfermedades cardiovasculares, diabetes, así como en tratamientos contra el cáncer (Samar *et al.*, 2022). Además, se han reportado posibles usos extractos de *Padina* para la biosíntesis de nanopartículas, cada vez más importante dentro de la industria farmacéutica debido a su bioactividad con baja toxicidad (Abdel-Raouf *et al.*, 2019).

GÉNERO *SPATOGLOSSUM*



Figura 29. *Spatoglossum solierii* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Spatoglossum*:

S. schroederi (CAN) y *S. solierii* (NOR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 29).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Se han reportado diferentes usos del género como fertilizantes por su capacidad de mejorar la productividad de la planta del guisante (Vijayanand *et al.*, 2014), así como una capacidad antifúngica y nematocida de reducir la cantidad de hongos y nematodos patógenos presentes en las raíces de las plantas de algodón (Sultana *et al.*, 2018).

Alimentación y nutrición

Algunas especies del género podrían ser una fuente prometedora de comida funcional (Tanna *et al.*, 2021).

Cosmética y cosmeceútica

Añadidos a champús y cremas debido a que este género es una fuente de ácido algínico (Khan y Qari, 2012).

Farmacéutica

La medicina tradicional asiática utiliza este género de macroalgas para tratamientos convencionales de dolores de cabeza, fiebre y problemas respiratorios (Hakim y Patel, 2020). A día de hoy también se utilizan extractos del género para la producción de fármacos antivirales, antiinflamatorios (Kang *et al.*, 2011), antioxidantes (Tanna *et al.*, 2021). A su vez, se ha demostrado el posible uso potencial del género para la producción de nanopartículas de plata con actividad antibacteriana (Ravichandran *et al.*, 2018).

GÉNERO *FELDMANNIA*



Figura 30. *Feldmannia mitchelliae* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 8 especies del género *Feldmannia*:

F. paradoxa var. *donatae* (LeBa), *F. globifera* (EsAl, CAN), *F. irregularis* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *F. lebelii* (NOR, LeBa), *F. mitchelliae* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 30), *F. padinae* (NOR, LeBa), *F. paradoxa* (NOR, EsAl, LeBa, CAN) y *F. simplex* (NOR, EsAl).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

La especie *Feldmannia irregularis* ha demostrado poseer actividad antibacteriana y antioxidante (K. Habeebullah et al., 2020).

GÉNERO *ECTOCARPUS*



Figura 31. *Ectocarpus siliculosus* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 3 especies del género *Ectocarpus*:

E. fasciculatus (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN), *E. rallsiae* (CAN), *E. siliculosus* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 31), *E. siliculosus* var. *arctus* (LeBa), *E. siliculosus* var. *hiemalis* (NOR) y *E. siliculosus* var. *pygmaeus* (LeBa).

Cultivo

Se han realizado estudios recientes que demuestran la capacidad de aumentar el cultivo vegetativo de *Ectocarpus* sp. utilizando balsas fabricadas con tejido natural en comparación con materiales artificiales (Seböck *et al.*, 2022).

Usos conocidos y potenciales

Bioembalaje

Se ha demostrado a partir de extractos de *Ectocarpus siliculosus* que es posible generar partículas de sílice, lo que permite su utilización en el diseño de materiales orgánicos e inorgánicos complejos (Yeo *et al.*, 2017).

GÉNERO *ASPEROCOCCUS*



Figura 32. *Asperococcus bullosus* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 5 especies del género *Asperococcus*:

A. bullosus (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 32), *A. turneri* f. *profundus* (LeBa), *A. ensiformis* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN), *A. fistulosus* (NOR, SUR, EsA, CAN) y *A. scaber* (NOR, LeBa).

Cultivo

Asperococcus ensiformis, no presente en España, es la única especie del género que ha sido cultivada exitosamente bajo condiciones controladas. Se cultivan mediante un sistema de cuerdas que comienza con el crecimiento a partir de esporas liberadas por esporofitos maduros recolectados de poblaciones naturales o mediante el uso de gametos obtenidos de bancos de gametofitos. Una vez que estas algas jóvenes alcanzan un tamaño específico, son trasladadas al mar para continuar su desarrollo (Poza *et al.*, 2022).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

En relación con el consumo humano hay un único registro que menciona a *A. fistulosus*, como una potencial alga comestible. Sin embargo, es importante destacar que esta especie no ha sido consumida de forma tradicional (Drennan, 2016).

Cosmética y cosmeceútica

Los alginatos que poseen tienen características gelificantes con uso en la industria cosmética (Kim *et al.*, 2018).

Farmacéutica

El género *Asperococcus* destaca por sus propiedades antioxidantes y antitumorales, además de ser capaces de sintetizar grandes cantidades de fucoidanos, los cuales poseen propiedades anticoagulantes de gran relevancia (Poza *et al.*, 2023).

GÉNERO *CLADOSIPHON*

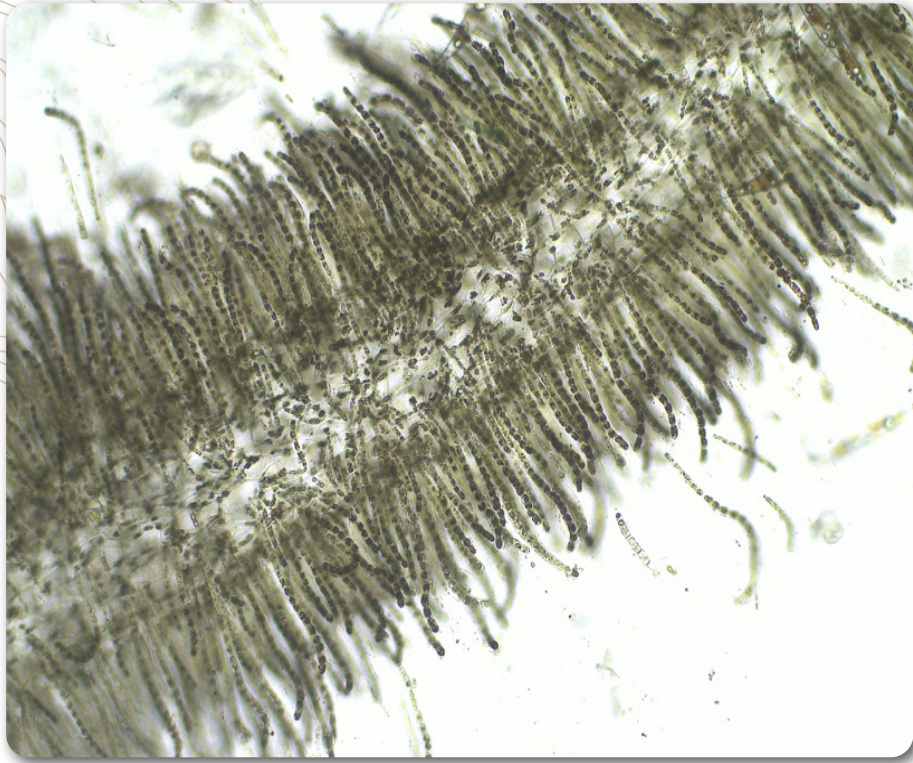


Figura 33. *Cladosiphon* sp. (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se han descrito 8 especies del género *Cladosiphon*:

C. contortus (CAN), *C. cylindricus* (LeBa), *C. cymodoceae* (CAN), *C. irregularis* (LeBa), *C. lubricus* (LeBa), *C. mediterraneus* (LeBa), *C. occidentalis* (CAN) y *C. zosteræ* (NOR).

Cultivo

Cultivada en Japón, el desarrollo de zoosporas se induce en esporangios pluriloculares y se establecen en redes dentro de tanques de cultivo con agua de mar (Ohno y Critchley, 1993). Después de dos semanas, en las redes se observan discos marrones de individuos inmaduros. Estas redes se transfieren a un vivero, que suele encontrarse en un lecho de pastos marinos. Una vez que los esporofitos juveniles alcanzan un centímetro de longitud, se trasladan a una zona más profunda para acelerar su crecimiento (Sato *et al.*, 2021).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Sólo una especie del género, *Cladosiphon okamuranus*, no presente en España, se consume tradicionalmente en Japón bajo el nombre de Mozuku (Nagamine *et al.*, 2015). Los extractos fucoidanos de las especies del género se usan como aditivos de bebidas, y comida saludable (Trejo-Avila *et al.*, 2014).

Cosmética y cosmeceútica

Los fucoidanos extraídos se usan para la producción de productos cosméticos (Trejo-Avila *et al.*, 2014).

Farmacéutica

Estudios con ratones han demostrado que la especie *Cladosiphon okamuranus*, podrían ser un alimento antitumoral funcional gracias a sus polisacáridos fucoidanos (Azuma *et al.*, 2012) así como previniendo la capacidad de infección de la bacteria *Helicobacter pylori* a la mucosa gástrica porcina (Shibata *et al.*, 2003). Además, también se le ha adjudicado un efecto cardio protector frente a infartos en ratones (Thomes *et al.*, 2010).

GÉNERO *LEATHESIA*

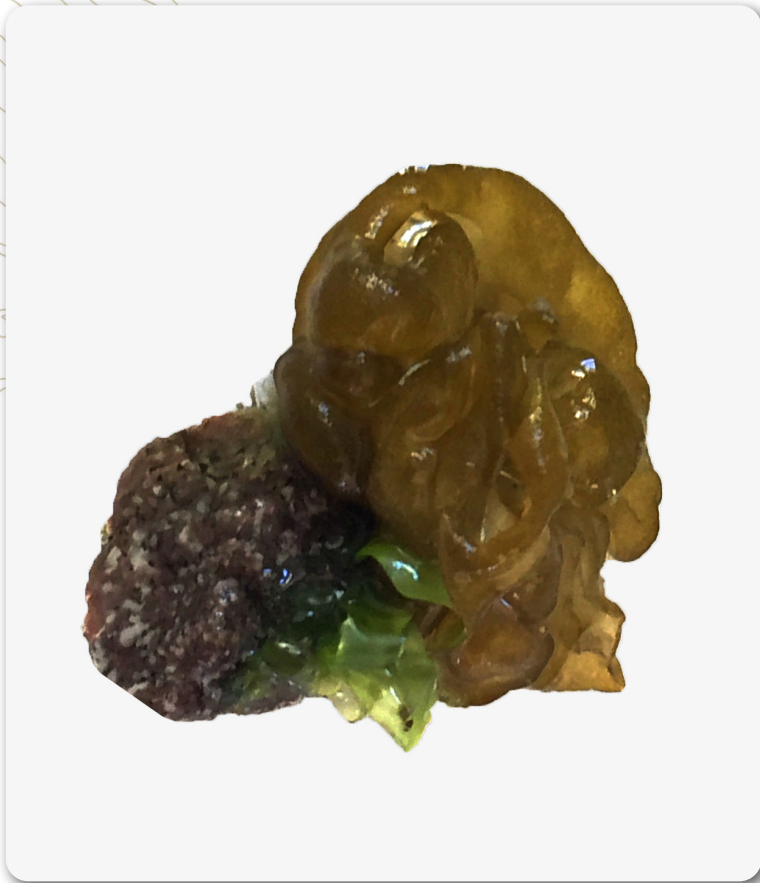


Figura 34. *Leathesia* sp. (Fotografía: C.L. Cara).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Leathesia*:

L. marina (NOR, SUR, EsAI, CAN) y *L. mucosa* (LeBa).

Cultivo

Sólo a escala de laboratorio y con esporofitos/gametofitos recolectados del mar, Estudios realizados por Poza *et al.*, (2018) han demostrado que las mejores condiciones de crecimiento son 8°C para los gametofitos con un volumen bajo de medio nutritivo y 24°C para los esporofitos con un volumen de nutrientes 10 veces mayor.

Usos conocidos y potenciales

Cosmética y cosmecéutica

Extractos extraídos de la especie *Leathesia marina* han sido considerados como agentes potenciales para el tratamiento de enfermedades relacionadas con la pigmentación de la piel por sus propiedades blanqueantes (Seo *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Se ha demostrado *in vivo* la capacidad antitumoral de los bromofenoles extraídos de una especie del género *Leathesia* (Shi *et al.*, 2009). Además, investigaciones recientes realizadas por K. W. Kim *et al.*, (2022) informan sobre el potencial de utilizar nanopartículas de carbono basadas en *Leathesia marina* para contrarrestar los efectos dañinos de los rayos UV-A, UV-B y UV-C.

GÉNERO *COLPOMENIA*

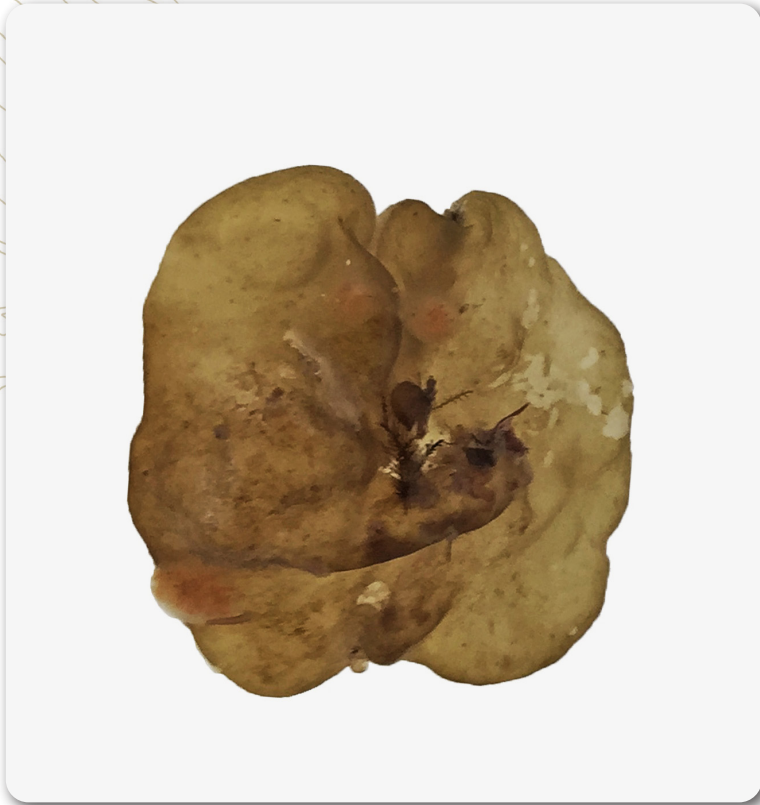


Figura 35. *Colpomenia peregrina* (Fotografía: C.L. Cara).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Colpomenia*:

C. peregrina (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 35) y *C. sinuosa* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Gracias a la composición química, los extractos de *Colpomenia* son óptimos para ser utilizado como biofertilizantes (Usov *et al.*, 2004).

Biocombustible

El género *Colpomenia* ha resultado una opción altamente adecuada para la producción de bioetanol gracias a la fermentación de etanol utilizando una fermentación natural de sus alginatos (Zhang *et al.*, 2022) así como para la producción de biogás metano (Farzanah *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Estudios recientes han demostrado que la combinación de vitamina C con fucoidanos y alginatos extraídos de *C. sinuosa* podría ser una fuente prometedora de compuestos anticancerígenos debido a los resultados de degeneración nuclear de las células tumorales observados (Al Monla *et al.*, 2022). Además, también se ha reportado su actividad bactericida (Al Monla *et al.*, 2020).

También se ha demostrado la posibilidad de biosíntesis de nanopartículas de plata a partir de *C. sinuosa* y su actividad antifúngica frente a hongos dérmicos y no-dérmicos (Manam, 2020).

GÉNERO *PETALONIA* Y *PLANOSIPHON*



Figura 36. *Petalonia fascia* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 3 especies:

1 especie del género *Petalonia*: *P. fascia* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 36).

2 especies del género *Planosiphon*: *P. zosterifolius* (NOR, SUR) y *P. complanatus* (NOR).

Cultivo

Para la especie *Petalonia binghamiae*, no presente en España, se han llevado a cabo ensayos a nivel de laboratorio utilizando la extracción de gametos de individuos maduros, los cuales se han germinado y madurado en condiciones controladas, dentro de un entorno *in vitro* (Kurashima *et al.*, 2023).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Sólo *P. binghamiae* del género *Petalonia* es consumida en los pueblos de pescadores a lo largo de la costa de Japón. Por lo general, se consume después de ser secada y tostada, y a veces, como parte de una sopa tradicional (Kuda *et al.*, 2006).

Biorremediación

Se ha reportado para el género *Petalonia* la capacidad de bioacumular grandes cantidades de cobre con aplicabilidad en adsorción de metales pesados de los efluentes proveniente de las industrias (Salama *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Además de su efecto antiinflamatorio, antidiabético, antialérgico, antioxidante y antiobesidad (Yang *et al.*, 2010), se ha descubierto el potencial antineuroinflamatorio de *Petalonia binghamiae* en células implicadas en la generación de trastornos neurodegenerativos como la enfermedad de Alzheimer y la enfermedad de Parkinson (Park *et al.*, 2017).

GÉNERO *ROSENVINGEA*



Figura 37. *Rosenvingea sanctae-crucis* (Fotografía: D. Rabeling).

Especies en España

Se han descrito 3 especies del género *Rosenvingea*:

R. antillarum (CAN), *R. intricata* (SUR, CAN) (Fig. 37) y *R. sanctae-crucis* (CAN).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

En estudios realizados con *Rosenvingea* se ha demostrado que la aplicación del fertilizante líquido de algas marinas derivado de esta especie produce excelentes resultados, para las plantas de cultivo, en términos de crecimiento, rendimiento y contenido de nutrientes en el suelo (Sathya *et al.*, 2010).

Farmacéutica

Se han llevado a cabo estudios utilizando extractos del género *Rosenvingea* sp., los cuales han mostrado resultados prometedores como antioxidantes y antibacterianos contra diversas especies, como *Klebsiella pneumonia*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Staphylococcus hominis* (Alim *et al.*, 2021).

GÉNERO *SCYTOSIPHON*



Figura 38. *Scytosiphon lomentaria* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Scytosiphon*:

S. dotyi (NOR, SUR, CAN) y *S. lomentaria* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 38).

Cultivo

A escala de laboratorio, se están llevando a cabo ensayos de cultivo de *Scytosiphon lomentaria* que abarcan diferentes etapas, tales como el establecimiento de germoplasma libre de contaminación, la amplificación de filamentos, la inducción reproductiva de filamentos de vida libre, el cultivo de plántulas en tanques de interior, y el cultivo *in situ*. Estos ensayos buscan asegurar un proceso de cultivo eficiente y controlado, abarcando desde la obtención de material genético no contaminado, hasta el desarrollo de plántulas tanto en condiciones de laboratorio como en su entorno natural (Zhang *et al.*, 2023).

GÉNERO *ASCOPHYLLUM*



Figura 39. *Ascophyllum nodosum* (Fotografía: M. Macías).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Ascophyllum*:

A. nodosum (NOR, SUR) (Fig. 39) y *A. nodosum* f. *scorpioides* (NOR).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Tradicionalmente se ha usado *A. nodosum* como fertilizante natural (Craigie, 2011) y como extracto bioestimulante para mejorar el crecimiento y fotosíntesis en plantas de tomate, pimientos, fresas, uva, arroz, maíz, entre otros (Pereira *et al.*, 2020).

Alimentación animal

Tradicionalmente, *A. nodosum* ha sido usada como suplemento alimenticio animal, pero recientemente se ha puesto de manifiesto el riesgo potencial para la salud del ganado por las cantidades significativas de arsénico presente en forma orgánica (Chávez-Capilla *et al.*, 2016). Dentro de sus beneficios, se ha reportado que una alimentación suplementada, normalmente menor que un 3% de extracto seco de *A. nodosum*, podría beneficiar el tracto digestivo del ganado debido a su actividad probiótica y por lo tanto, mejorar su calidad de vida (Pereira *et al.*, 2020).

Alimentación y nutrición

Los alginatos extraídos de *A. nodosum* tienen muchas aplicaciones comerciales debido a su capacidad gelificante y emulsionante. Han sido comúnmente usadas por parte de la industria alimentaria para mejorar la textura de los productos como helados, cervezas, gelatinas y bebidas lácticas (Pereira, 2018).

Bioindicador

Ascophyllum nodosum se ha usado en la naturaleza para monitorizar la distribución artificial y natural de partículas radioactivas por parte de la industria nuclear (Pereira *et al.*, 2020).

Biorremediación

Varios estudios han demostrado la efectiva capacidad bio-acumulativa de cobalto, cadmio y plomo por parte de *A. nodosum* (Pereira *et al.*, 2020).

Farmacéutica

Los polisacáridos sulfatados obtenidos de las algas pardas son conocidos por poseer actividad anticoagulante, antifúngica, antiviral, inmunoinflamatoria (Pereira, 2018); además, los alginatos presentes lo han hecho también formar parte de la industria farmacéutica debido a su capacidad de retener agua. Gracias a esta capacidad, se usan para preparar fármacos donde la velocidad de liberación es importante (Pereira *et al.*, 2020; Tønnesen y Karlsen, 2002).

Además, los fucoidanos presentes en *A. nodosum* con actividad anticoagulante reportada, se ha comprobado que podría ser utilizado como tratamiento antitrombótico natural debido a que activa los inhibidores de la trombina (Wu *et al.*, 2016).

GÉNERO *FUCUS*



Figura 40. *Fucus spiralis* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 6 especies del género *Fucus*:

F. ceranoides (NOR, SUR), *F. ceranoides* var. *limicola* (NOR), *F. chalonii* (NOR), *F. guiryi* (NOR, SUR, EsA, CAN), *F. serratus* (NOR), *F. spiralis* (NOR, SUR, EsA, CAN) (Fig. 40), *F. vesiculosus* (NOR, SUR, EsA, CAN), *F. vesiculosus* var. *compressus* (NOR), *F. vesiculosus* var. *linearis* (NOR), *F. vesiculosus* var. *vadorum* (NOR) y *F. vesiculosus* f. *volubilis* (NOR, SUR).

Cultivo

Recientemente, se están llevando a cabo en el mar Báltico ensayos de cultivo vegetativos de *F. vesiculosus* y *F. serratus*, separados de sustrato, flotando en redes o en cestas de plástico (Meichssner *et al.*, 2021).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

En países como Irlanda, previo al cultivo de patatas, tradicionalmente se ha fertilizado el suelo con macroalgas del género *Fucus* y *Ascophyllum*. Por otro lado, en Francia, suelos que luego van a ser cultivados con coliflor, alcachofa, patatas o árboles frutales, son previamente abonados con *Fucus* que se arroja sobre el sedimento (Fleurence, 2021).

Alimentación animal

En países como Islandia, Normandía, Bretaña y Francia el ganado que pasta libre en zonas costeras se alimenta de algas (Mooney, 2021). Además, en Alemania, en tiempos de escasez, los cerdos, vacas, patos y ovejas también se alimentaban con macroalgas del género *Fucus* (Fleurence, 2021).

Alimentación y nutrición

El género *Fucus*, a pesar de su fuerte sabor a yodo y sal, ha sido tradicionalmente consumida para hacer sopas, cocinada, en fresco para ensaladas o como infusión (André *et al.*, 2020).

Cosmética y cosmecéutica

Los extractos de *Fucus* son usados para producción de cosméticos debido a sus altos contenidos en ingredientes bioactivos como los florotaninos y la fucoxantina (Torres *et al.*, 2020). Se ha comprobado su potencial antiedad (Fujimura *et al.*, 2002), antioxidante (Poyato *et al.*, 2017), anticelulítico, como protector natural solar y como inhibidores de la tirosina (Fabrowska *et al.*, 2015). Este alga, además, tiene un alto potencial como blanqueadores de la piel (André *et al.*, 2020).

Farmacéutica

Tradicionalmente, *F. vesiculosus* ha sido administrada oralmente para diferentes tratamientos como pérdida de peso, aterosclerosis, hipercolesterolemia, déficit de minerales, artritis, artrosis y como adyuvante de la menopausia (André *et al.*, 2020). Además, los fucoidanos presentes en *Fucus* son usados en la industria farmacéutica debido a sus propiedades antioxidante, antivirales, antiinflamatorias y antialérgicas (Fabrowska *et al.*, 2015). Además, en recientes descubrimientos *in vitro* con hidrolizados de proteínas extraídos de *Fucus* se observó un alto potencial debido a su actividad antimicrobiana y anticancerígena (André *et al.*, 2020).

GÉNERO *PELVETIA*



Figura 41. *Pelvetia canaliculata* (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Pelvetia*:

P. canaliculata (NOR) (Fig. 41).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Tradicionalmente, usada como sustento en Irlanda en los años de la “Gran hambruna”. A día de hoy, se comercializa desecada para sazonar alimentos o cocinada, en pequeñas cantidades, junto con verduras (Lalegerie y Stengel, 2022).

Alimentación animal

Pelvetia canaliculata, que ha sido tradicionalmente usada para alimentación animal, se ha puesto recientemente en valor debido a la capacidad de mejorar la calidad de vida del ganado por capacidad antimetanogénica y por consiguiente, disminuir la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera (Molina-Alcaide *et al.*, 2017).

Biorremediación

Pelvetia canaliculata se ha reportado como una especie con potencial biorremediador debido a la capacidad de retirar metales del medio ambiente como el cobre, zinc, plomo, níquel, bario o cromo (Bulgariu y Bulgariu, 2020).

Cosmética y cosmeceútica

A pesar de que actualmente los extractos de *P. canaliculata* no son ampliamente reconocidos, su aplicación en la industria cosmética ha ganado popularidad debido a su destacada capacidad antiedad. Estos extractos son utilizados en la fabricación de cremas y emulsiones (Lalegerie y Stengel, 2022).

Farmacéutica

Los compuestos fenólicos presentes en *P. canaliculata* se destacan por su alta capacidad antioxidante, lo que la convierte en una especie con gran potencial para la industria farmacéutica. Asimismo, los polisacáridos extraídos de esta especie han demostrado una notable actividad anticoagulante. Además, se ha comprobado que *P. canaliculata* contiene polifenoles con propiedades inhibitoras de las enzimas digestivas, lo cual podría resultar beneficioso tanto en la alimentación humana como en el tratamiento de pacientes con diabetes (Lalegerie y Stengel, 2022).

GÉNERO *HIMANTHALIA*



Figura 42. *Himantalia elongata* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se ha descrito una especie del género *Himantalia*:

H. elongata (NOR) (Fig. 42).

Cultivo

Se han realizado estudios recientes para investigar la viabilidad del cultivo inicial de *Himantalia elongata* en condiciones de laboratorio utilizando sustratos como otras algas o vieiras. Posteriormente, se plantea trasladar el segundo estadio de crecimiento al medio marino, aprovechando las condiciones naturales para completar el ciclo de desarrollo (ATLAS-PRO, 2020).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Se han reportado usos de *H. elongata* en la región de Bretaña (Francia) para fertilizar los campos de cultivo de alcachofas (Guiry y Blunden, 1991).

Alimentación y nutrición

Himanthalia elongata es un alga consumida principalmente en Irlanda y en Francia. Tiene un sabor ligeramente iodado y azucarado y es comercializada en seco, en encurtidos, pero también se vende en fresco para su consumo en ensaladas (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016).

Recientemente, se ha descubierto que la combinación de *H. elongata* y el alga verde *Spirulina* ofrece una interesante posibilidad de crear una pasta integral con un contenido proteico notablemente mayor. De hecho, se ha observado que esta pasta, en comparación con la versión sin algas, presenta un 13% más de proteínas (Oliveira *et al.*, 2018).

Cosmética y cosmeceútica

Se ha descubierto recientemente que el uso de extractos de *H. elongata* tienen la capacidad de atenuar manchas hiperpigmentadas en la piel provocadas por la edad o por la exposición al sol gracias a la reactivación de un proteína celular (Meunier *et al.*, 2023).

Farmacéutica

Himanthalia elongata ha despertado un gran interés en la industria farmacéutica debido a su amplia gama de propiedades beneficiosas. Se ha demostrado que posee propiedades antimicóticas, antihistamínicas, anticlorogénicas, antiosteoporosis, antioxidantes, antidiabéticas y hepatoprotectoras. Además, se ha observado que tiene la capacidad de reducir el colesterol en sangre y prevenir la formación de trombosis vasculares. Estas cualidades la convierten en una especie de gran relevancia y potencial para el desarrollo de nuevos medicamentos y tratamientos farmacológicos (Ilyas *et al.*, 2023).

GÉNERO *BIFURCARIA*



Figura 43. *Bifurcaria bifurcata* (Fotografía: I. Folgueira).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Bifurcaria*:

B. bifurcata (NOR) (Fig. 43).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Biorremediación

Se ha demostrado la capacidad de *B. bifurcata* para eliminar colorantes catiónicos y aniónicos de efluentes de industrias textiles (Bouzikri *et al.*, 2020).

Farmacéutica

Se ha reportado el potencial antioxidante (Martínez *et al.*, 2023), antiinflamatorio (Santos *et al.*, 2017) y neuroprotector (Silva *et al.*, 2019) de extractos de *B. bifurcata* en estudios *in vitro*. Además, ensayos llevados a cabo por Gallé *et al.*, (2013) con patógenos humanos que dan lugar a la 'enfermedad del sueño', han demostrado la potencial capacidad antiprotozoario del alga.

Recientemente, se ha descubierto que la síntesis de nanopartículas utilizando extractos de *B. bifurcata* no solo es una técnica segura, sino que también muestra actividad antibacteriana significativa (Abboud *et al.*, 2014).

GÉNERO *CYSTOSEIRA*, *GONGOLARIA* Y *ERICARIA*

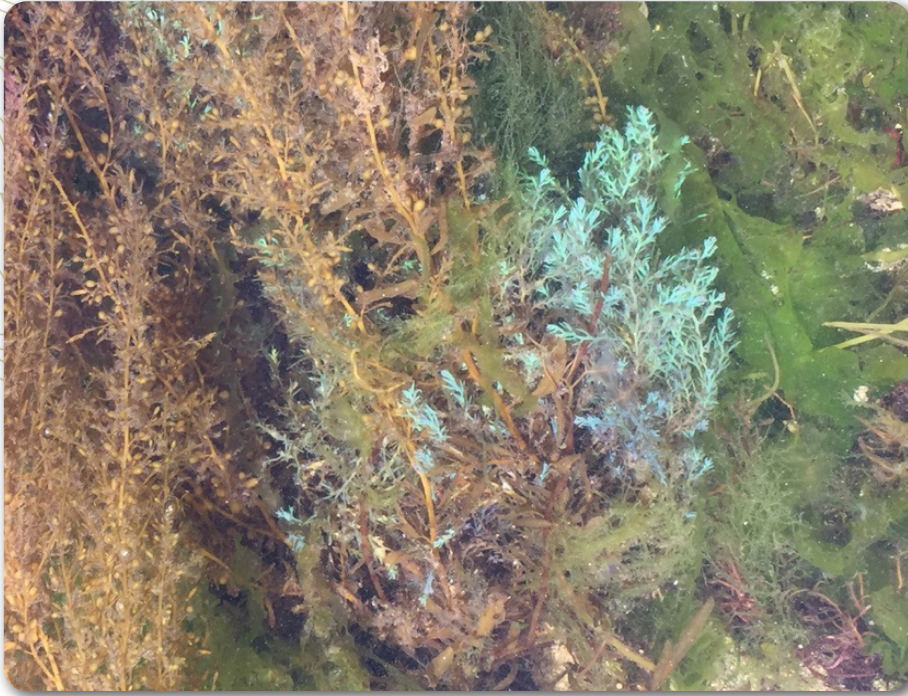


Figura 44. *Ericaria selaginoides* (Fotografía: C.L. Cara).

Especies en España

Se han descrito 19 especies:

5 especies del género *Cystoseira*: *C. compressa* (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. compressa* f. *plana* (LeBa), *C. pustulata* (LeBa), *C. foeniculacea* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. foeniculacea* f. *latiramosa* (LeBa), *C. foeniculacea* f. *tenuiramosa* (NOR, SUR, LeBa), *C. humilis* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. humilis* var. *myriophylloides* (NOR, EsAI) y *C. wildpretii* (CAN).

4 especies del género *Ericaria*: *E. mediterranea* (LeBa), *E. selaginoides* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 44), *E. funkii* (LeBa) y *E. zosteroides* (EsAI, LeBa).

10 especies del género *Gongolaria*: *G. abies-marina* (NOR, LeBa, CAN), *G. baccata* (NOR, EsAI, CAN), *G. barbata* (LeBa), *G. elegans* (SUR, EsAI, LeBa), *G. gibraltaria* (SUR, EsAI), *G. gibraltaria* f. *lacunarum* (SUR, LeBa), *G. nodicaulis* (NOR, SUR, EsAI, CAN), *G. aff. rayssiae* (CAN), *G. sauvageauana* (SUR, EsAI, LeBa), *G. montagnei* (LeBa), *G. montagnei* var. *compressa* (LeBa), *G. montagnei* var. *tenuior* (LeBa) y *G. usneoides* (NOR, SUR, EsAI).

Cultivo

Sólo a nivel de laboratorio y con el fin de restaurar poblaciones naturales, se han realizado ensayos para *E. amantacea* con germinados a partir de receptáculos fértiles (Falace *et al.*, 2018).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Según el estudio realizado por Güroy *et al.*, (2007) se ha investigado el potencial uso de suplementos alimenticios con un bajo porcentaje de *G. barbata* en la alimentación de la tilapia del Nilo. Además, ensayos realizados con rumiantes han reportado la evaluación de distintos porcentajes de algas mezcladas con alfalfa para determinar su digestibilidad óptima (Kabirifard *et al.*, 2019).

Biorremediación

Se ha reportado la capacidad de la especie *Gongolaria barbata* para bioabsorber metales pesados como el plomo y cobre (Trica *et al.*, 2019), así como para bioacumular micro-contaminantes orgánicos (bifenilos policlorados y pesticidas) (Pavoni *et al.*, 2003).

Cosmética y cosmecéutica

Debido a sus propiedades antioxidantes, se ha propuesto el uso de extractos de *E. amentacea* en lociones cosméticas con fines antienvjecimiento y para aliviar todo tipo de episodios inflamatorios de la piel (De La Fuente *et al.*, 2021).

Farmacéutica

Tradicionalmente, se ha usado el género *Cystoseira* para tratamiento de úlceras de estómago y reflujo gástrico (Trica *et al.*, 2019). Recientemente, se le han atribuido más de 50 propiedades, siendo las más importantes su capacidad antioxidante, antiinflamatoria, citotóxica, anticancerígena, como inhibidor de la colinesterasa, antidiabética y antiherpética (Çagalj *et al.*, 2022).

GÉNERO *HALIDRYS*



Figura 45. *Halidrys siliquosa* (Fotografía: F. Lalegerie).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Halidrys*:

H. siliquosa (NOR) (Fig. 45).

Cultivo

Con fines de investigación, se han realizado cultivos celulares a partir de cigotos (Hardy y Moss, 1978).

Usos conocidos y potenciales

Antifouling

Su actividad *antibiofilm* la ha sugerido como una especie con potencial antiincrustante frente a bacterias marinas (Busetti *et al.*, 2015).

Farmacéutica

Se ha reportado la capacidad antibiótica de los extractos de *H. siliquosa* frente a diversos patógenos oportunistas como *Bacillus subtilis*, *E. coli*, *Proteus* y *Streptococcus pyrogens* (Nag *et al.*, 2022). Además, también se le ha atribuido a la especie actividad antioxidante y antitumoral (Stiger-Pouvreau *et al.*, 2014).

GÉNERO SARGASSUM



Figura 46. *Sargassum muticum** (Fotografía: I. Folgueira).

Especies en España

Se han descrito 12 especies del género *Sargassum*:

S. acinarium (LeBa, CAN), *S. cymosum* (CAN), *S. desfontainesii* (CAN), *S. filipendula* (CAN), *S. flavifolium* (NOR, CAN), *S. furcatum* (EsAI, CAN), *S. hornschurchii* (LeBa), *S. muticum** (NOR, LeBa) (Fig. 46), *S. natans* (CAN), *S. rotavicum* (CAN), *S. trichocarpum* (EsAI, LeBa) y *S. vulgare* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN).

Cultivo

Se han realizado ensayos de cultivo de especies del género, no presentes en España, demostrando la viabilidad de obtener esporas, lograr su germinación *in vitro* y su posterior cultivo en el mar mediante un sistema de cuerdas (Hwang *et al.*, 2007; Ko *et al.*, 2020).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Investigaciones recientes (Carrillo-Domínguez *et al.*, 2023) han sugerido la posibilidad de utilizar *Sargassum* spp. como alimento para animales debido a su contenido elevado de fibras y carbohidratos. No obstante, es necesario realizar investigaciones adicionales debido a la presencia de elementos potencialmente tóxicos, como el arsénico.

Alimentación y nutrición

El alto contenido en nutrientes y fibras del género *Sargassum* lo proponen como posible alimento funcional para humanos (Dewinta *et al.*, 2020).

Cosmética y cosmeceútica

Según un estudio de Shanura Fernando *et al.*, (2018), se ha demostrado que los extractos de *Sargassum* spp. tienen propiedades prometedoras para su uso en cosméticos. Estos extractos han mostrado ser inhibidores de la colagenasa y elastasa, lo que los hace efectivos en la reducción de arrugas y el aclaramiento de la piel. Además, se ha comprobado la eficacia de una crema que combina *Sargassum* spp. con la especie de alga verde *Euclima cottonii*, resultando en un protector solar con capacidad antioxidante (Nurjanah *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Según investigaciones anteriores sobre el género *Sargassum*, se ha demostrado que posee diversas propiedades beneficiosas, como capacidad antioxidante, actividad anticolinesterasa, efectos anticancerígenos, propiedades antiinflamatorias e inmunomoduladoras, entre otros (Ko *et al.*, 2020).

Otros usos industriales

El género *Sargassum* es conocido por su contenido de alginato, un compuesto ampliamente utilizado en la industria textil y papelera (Dewinta *et al.*, 2020). Este polisacárido natural es utilizado en la fabricación de textiles para mejorar su resistencia y durabilidad, así como en la producción de papel para mejorar la retención de agua y la calidad de la fibra.

GÉNERO *UNDARIA*



Figura 47. *Undaria pinnatifida** (Fotografía: I. Hernández).

Especies en España

Se ha descrito una especie del género *Undaria*:

*U. pinnatifida** (NOR, CAN) (Fig. 47).

Cultivo

Undaria pinnatifida, cultivada históricamente en Japón, Corea y China, también es cultivada hoy en día en la Bretaña francesa y en el norte de España (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016). Su cultivo se realiza mediante un sistema de cuerdas y posterior siembra en praderas. Las esporas se recolectan en cuerdas de fibra sintética y se fijan en marcos de madera hasta el otoño. Luego, las algas se trasladan a balsas flotantes en el mar, donde crecen rápidamente alcanzando tamaños de hasta un metro en invierno. En áreas donde crecen de forma natural, se colocan piedras o bloques de cemento cercanos para fijar las esporas y promover su desarrollo (Dan *et al.*, 2015).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Diversos estudios han determinado la posibilidad del uso de *U. pinnatifida* como suplemento en la alimentación de animales (ej., rumiantes, cerdos, entre otros) debido a sus altos beneficios nutricionales y digestivos (Choi *et al.*, 2020; Shimazu *et al.*, 2019).

Alimentación y nutrición

También conocida como “wakame”, *U. pinnatifida* es una especie de alga comercializada deshidratada, en sal o en fresco con un sabor suave a mar parecido al de las ostras.

Del individuo completo, principalmente son consumidas 3 partes: el nervio central, las láminas membranosas y el esporofilo del estipe (Nadeeshani *et al.*, 2022). Su consumo es principalmente en fresco para ensaladas, triturada como especia, en sopas o como guarnición de pescados, marisco o carne (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016).

Biocombustible

Estudios realizados recientemente han demostrado la posibilidad de conversión de *U. pinnatifida* en un activo potencial para la obtención de biodiesel (Balasubramaniam *et al.*, 2021).

Cosmética y cosmeceútica

Se ha comprobado que los aceites esenciales extraídos de *U. pinnatifida* podrían servir como una fuente alternativa a compuestos naturales antioxidantes con potencial en la industria cosmética (Patra *et al.*, 2017).

Farmacéutica

En la medicina tradicional china se usaba como purificador de la sangre, así como para mejorar la calidad del pelo y regularizar el periodo menstrual (Patra *et al.*, 2017). Además, debido a su alta concentración de calcio e iodo, es un alimento tradicionalmente consumido por las mujeres durante la etapa de lactancia (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016).

Además, las proteínas extraídas de *U. pinnatifida* se ha comprobado tener propiedades antioxidantes, antihipertensión, anticoagulantes, antidiabetes, antimicrobianas, antiobesidad y anticancerígenas (Nadeeshani *et al.*, 2022).

GÉNERO *LAMINARIA*



Figura 48. *Laminaria ochroleuca* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 3 especies del género *Laminaria*:

L. hyperborea (NOR), *L. ochroleuca* (NOR, EsAI) (Fig. 48), *L. rodriguezii* (LeBa).

Cultivo

El cultivo de *Laminaria* implica una fase inicial de crecimiento de gametofitos microscópicos, los cuales requieren un sistema de criadero *in vitro* para promover una reproducción eficiente y favorecer el cultivo de la fase posterior de crecimiento macroscópico. Una vez alcanzada esta etapa, los esporofitos son trasplantados a un entorno oceánico cercano a la costa, donde continúan su desarrollo (Purcell-Meyerink *et al.*, 2021).

La adición de estas especies a los cultivos multitróficos podría mejorar potencialmente la productividad de las algas marinas, al tiempo que produce múltiples productos acuícolas a partir de una huella ambiental única (Purcell-Meyerink *et al.*, 2021).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Estas algas se han utilizado, en fresco, en Europa como alimento para animales consumidores de algas como en la maricultura de abulón y erizos de mar. Además, comercializado en polvo, es añadido como suplemento alimenticio en la dieta de cabras, toros, conejos, peces y gambas (Morrissey *et al.*, 2001).

Alimentación y nutrición

La *Laminaria* es un alga consumida principalmente en Asia con un sabor iodado y ligeramente ahumado (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016) utilizada para la elaboración de caldos de sopa así como “verdura” en bocadillos, aderezos y condimentos (Purcell-Meyerink *et al.*, 2021).

Los alginatos extraídos de estas algas se usan como estabilizador de productos alimenticios como helados, yogures y natas, así como en alimentos a modo de emulsionante y agente gelificante para salsas y aderezos (Stiger-Pouvreau *et al.*, 2016).

Biocombustible

En Francia y Estados Unidos, se han realizado investigaciones sobre la producción de gas metano a través de ensayos de bioconversión utilizando *L. digitata* (Morrissey *et al.*, 2001), así como para la producción de etanol utilizando *L. hyperborea* (Horn *et al.*, 2000).

Biorremediación

En el ámbito de la acuicultura, la especie *L. digitata* (no encontrada en las costas españolas, pero similar) tiene un doble propósito potencial: su cultivo como especie acuícola y su capacidad para eliminar metales que representan un riesgo ambiental (Purcell-Meyerink *et al.*, 2021).

Cosmética y cosmeceútica

Los fucoidanos extraídos de géneros como *Laminaria*, con propiedades antiinflamatorias, se han estudiado como ingredientes en cosméticos para productos antienvjecimiento y protectores solares (Purcell-Meyerink *et al.*, 2021).

Farmacéutica

Los alginatos extraídos del género se ha demostrado que poseen propiedades inmunoestimulantes, antioxidantes, anticelulíticas y antiinflamatorias (Stengel *et al.*, 2011). Además, dentro de su composición, los fucoidanos tienen propiedades terapéuticas potencialmente usadas frente al cáncer y enfermedades infecciosas (Ale *et al.*, 2011).

GÉNERO *SACCHARINA*



Figura 49. *Saccharina latissima* (Fotografía: C. L. Cara).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Saccharina*:

S. latissima (NOR) (Fig. 49).

Cultivo

Su cultivo se lleva a cabo utilizando una técnica convencional que implica la recolección de grandes individuos reproductores y la liberación de esporas. Para inducir la esporogénesis, se aplican ciclos de luz cortos. Estas esporas resultantes se distribuyen en tanques que contienen las líneas de cultivo, donde se adhieren, potencialmente fomentado con aglutinantes (ej. agar) (Visch *et al.*, 2023) y crecen *in vitro* hasta alcanzar los 3 mm de tamaño antes de trasladarlos al mar (Marinho *et al.*, 2015).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Usado recientemente en alimentación animal debido a su alta concentración de minerales esenciales (iodo y calcio), azúcares y proteínas (Rey *et al.*, 2019).

Alimentación y nutrición

Saccharina latissima es un alga que se consume deshidratada o fresca, con un suave sabor a mar y ligero dulzor, y una textura carnosa. Se utiliza en ensaladas, como especia y guarnición en platos de pescado, marisco o carne (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016). Actualmente, se investiga su uso en hamburguesas vegetarianas y como sustituto de la sal marina (Slegers *et al.*, 2021); sin embargo, su consumo en Europa es limitado debido a su alto contenido de iodo (Lüning y Mortensen, 2015).

Biocombustible

Se ha demostrado que *S. latissima* se puede utilizar con éxito en la producción de biocombustibles, convirtiéndola en un sustrato final que genera acetona, butanol y etanol (Schultze-Jena *et al.*, 2022).

Cosmética y cosmeceútica

Las propiedades antioxidantes de los extractos de *S. latissima* hacen de esta especie una fuente potencial para la industria cosmética con la producción de cremas faciales (Hermund *et al.*, 2018).

Farmacéutica

El perfil lipídico de *S. latissima* son ampliamente conocidos por su potencial como agente antiinflamatorio, inmunomodulador, antiviral, antioxidante, antimicrobiano y antiproliferativo (Rey *et al.*, 2019). Además, se está empezando a considerar el posible uso de sus fucoïdanos (polisacáridos) como agentes anticancerígenos basados en pruebas antitumorales y antimetastásicas *in vivo* (Schneider *et al.*, 2015).

GÉNERO *SPHACELARIA*



Figura 50. *Sphacelaria cirrosa* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 7 especies del género *Sphacelaria*:

S. brachygonia (NOR), *S. cirrosa* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 50), *S. fusca* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN), *S. plumula* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN), *S. rigidula* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN), *S. solitaria* (CAN) y *S. tribuloides* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN).

Cultivo

El cultivo de *Sphacelaria* ha sido posible gracias a la regeneración de protoplastos (Ducreux y Kloareg, 1988).

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Se han estudiado posibles usos de polisacáridos extraídos de *Sphacelaria* como antivirales frente al virus del herpes simple (Bandyopadhyay *et al.*, 2011).

GÉNERO *HALOPTERIS*



Figura 51. *Halopteris scoparia* (Fotografía: M. Zanolla).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Halopteris*:

H. filicina (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) y *H. scoparia* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 51).

Cultivo

De acuerdo con Gibson (2013) el cultivo vegetativo de *H. scoparia* es altamente factible debido al alto poder de regeneración de las células apicales.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Consumida a pequeña escala como suplemento alimenticio (Campos *et al.*, 2019).

Biocombustible

Se han determinado posibles usos de *H. scoparia* para la producción de bioetanol, biogás y biodiesel (Hadjkacem *et al.*, 2022).

Farmacéutica

El género *Halopteris* posee diferentes compuestos bioactivos con capacidades tales como antifúngicas, antimicrobicas, antiedad, antibacteriana y antioxidantes (Patarra *et al.*, 2017). Además, recientemente se han descubierto posibles propiedades anticancerígenas de *H. scoparia* (Güner *et al.*, 2019).

GÉNERO *CARPOMITRA*



Figura 52. *Carpomitra costata* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Carpomitra*:

C. costata (NOR, SUR, LeBa, CAN) (Fig. 52) y *C. costata* var. *mediterranea* (SUR, EsAl, LeBa).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Cosmética y cosmecéutica

Se ha demostrado ampliamente el potencial dermatológico de los extractos fenólicos de *C. costata* debido a su efecto fotoprotector en la piel frente a los rayos ultravioleta (Susano *et al.*, 2021).

Farmacéutica

Se han realizado ensayos recientemente sobre el efecto antiinflamatorio beneficioso de extractos de *C. costata* frente a enfermedades de desorden inflamatorio (Yim *et al.*, 2018).

GÉNERO *SPOROCHNUS*



Figura 53. *Sporochnus pedunculatus* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 3 especies del género *Sporochnus*:

S. anomalus (SUR, CAN), *S. bolleanus* (CAN) y *S. pedunculatus* (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 53).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Se ha demostrado cierta actividad antifúngica para este género (Pesando y Caram, 1984).

GÉNERO *CUTLERIA*



Figura 54. *Cutleria multifida* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 3 especies del género *Cutleria*:

C. adspersa (NOR, SUR, EsA), *C. chilosa* (SUR, LeBa, CAN) y *C. multifida* (NOR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 54).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Se ha descubierto cierto nivel de actividad antioxidante, antimicrobiana y anticancerígena para *C. multifida* (Kosanin *et al.*, 2018).

GÉNERO *SACCORHIZA*



Figura 55. *Saccorhiza polyschides* (Fotografía: M. Zanolla).

Especies en España

Se ha descrito una especie del género *Saccorhiza*:

S. polyschides (NOR, SUR, EsAI, CAN) (Fig. 55).

Cultivo

El cultivo de *S. polyschides* comienza en instalaciones terrestres, donde se generan esporofitos pequeños a partir de esporas o gametofitos. Posteriormente, estos esporofitos son trasladados al medio marino para su desarrollo *in vivo* (Barbosa *et al.*, 2020). Sin embargo, el cultivo en tierra ofrece ventajas como un mejor control del sistema, acceso a la biomasa sin depender del clima y menores niveles internos de mercurio y cadmio. En estos sistemas, se pueden controlar la luz, los nutrientes y obtener un mayor control sobre el rendimiento y la composición de la biomasa (Cardoso *et al.*, 2023).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Se han realizado experimentos de biofortificación utilizando extractos de esta especie, los cuales han demostrado contener un alto nivel de nutrientes esenciales apto para su uso como fertilizantes (Soares *et al.*, 2020).

Alimentación y nutrición

Con un aroma a pepino muy pronunciado, *S. polyschides*, consumida en el norte de Portugal y España, es ideal para ser utilizada como verdura en ensaladas, y también para ser encurtida en vinagre y especias. No obstante, su textura es bastante dura y no resulta agradable al paladar. Sin embargo, es posible suavizarla mediante su cocción en una solución de bicarbonato de sodio (Leite, 2017).

Cosmética y cosmeceútica

Diferentes extractos de *S. polyschides* ha demostrado tener propiedades bioactivas relevantes como antioxidante y fotoprotectora, mostrando así potencial para incorporarse en formulaciones para el cuidado de la piel (Susano *et al.*, 2022).

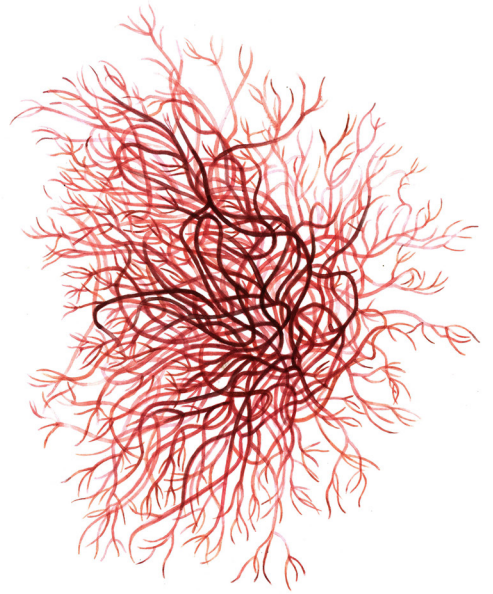
Farmacéutica

Se ha descubierto por parte de *S. polyschides* cierta actividad antiinflamatoria y altos niveles de elementos esenciales como el selenio y el yodo (Cardoso *et al.*, 2023).

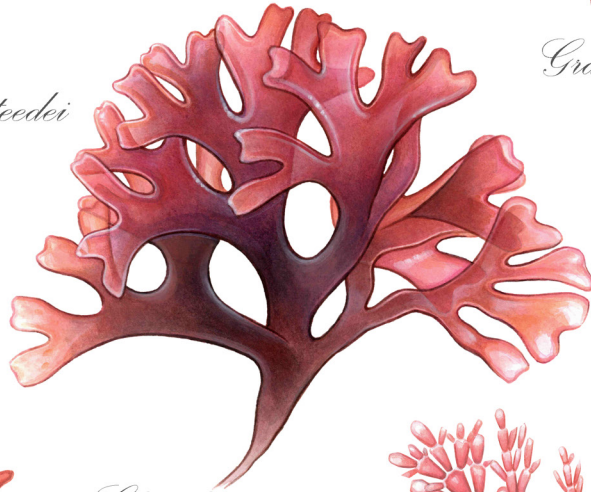




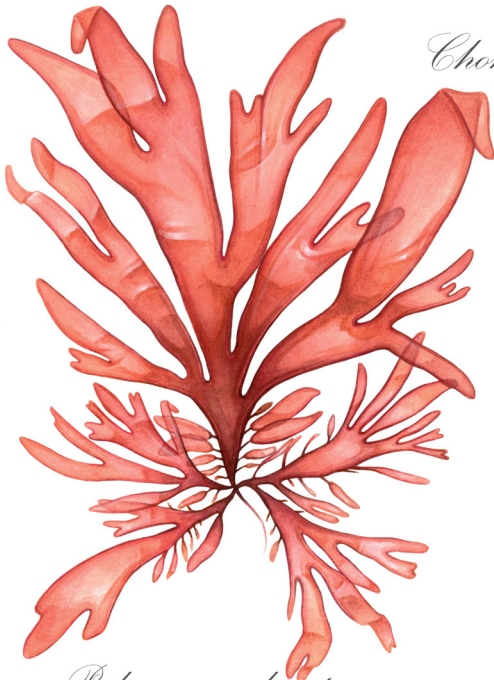
Chondracanthus teedei



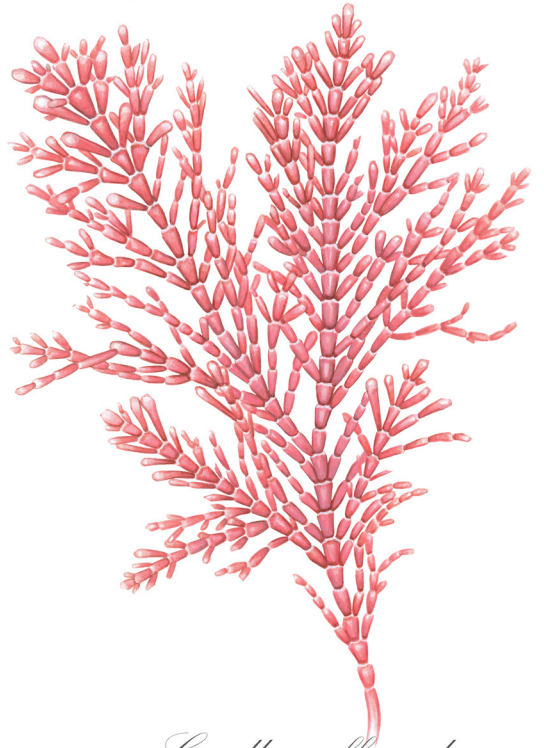
Gracilaria sp.



Chondrus crispus



Palmaria palmata



Corallina officinalis

ALGAS ROJAS



Géneros de algas rojas



Phylum Rhodophyta

Clase Bangiophyceae

Orden Bangiales

Familia Bangiaceae

Género *Porphyra* 122

Género *Pyropia* 122

Género *Neopyropia* 122

Clase Florideophyceae

Orden Bonnemaisoniales

Familia Bonnemaisoniaceae

Género *Asparagopsis* 124

Orden Ceramiales

Familia Rhodomelaceae

Género *Acanthophora* 126

Género *Bostrychia* 128

Género *Chondria* 129

Género *Laurencia* 129

Género *Ohelopapa* 129

Género *Osmundea* 129

Género *Palisada* 129

Género *Halopithys* 131

Orden Corallinales	
Familia Corallinaceae	
Género <i>Corallina</i>	133
Género <i>Ellisolandia</i>	133
Orden Gelidiales	
Familia Gelidiaceae	
Género <i>Gelidium</i>	135
Familia Gelidiellaceae	
Género <i>Gelidiella</i>	135
Familia Pterocladaceae	
Género <i>Pterocladella</i>	135
Orden Gigartinales	
Familia Cystocloniaceae	
Género <i>Hypnea</i>	137
Familia Furcellariaceae	
Género <i>Furcellaria</i>	139
Familia Gigartinaceae	
Género <i>Chondracanthus</i>	141
Género <i>Gigartina</i>	141
Género <i>Chondrus</i>	143
Familia Kallymeniaceae	
Género <i>Croisettea</i>	145
Género <i>Kallymenia</i>	145
Género <i>Verlaquea</i>	145
Familia Phylloporaceae	
Género <i>Gymnogongrus</i>	146
Género <i>Ahnfeltiopsis</i>	146
Género <i>Mastocarpus</i>	143

Familia Solieriaceae	
Género <i>Solieria</i>	148
Orden Gracilariales	
Familia Gracilariaceae	
Género <i>Gracilaria</i>	150
Género <i>Gracilariopsis</i>	150
Orden Halymeniales	
Familia Grateloupiaceae	
Género <i>Grateloupia</i>	153
Familia Halymeniaceae	
Género <i>Halymenia</i>	155
Orden Hapalidiales	
Familia Hapalidiaceae	
Género <i>Lithothamnion</i>	157
Género <i>Phymatolithon</i>	157
Orden Nemaliales	
Familia Nemaliaceae	
Género <i>Nemalion</i>	159
Familia Scinaiaceae	
Género <i>Scinaia</i>	161
Orden Palmariales	
Familia Palmariaceae	
Género <i>Palmaria</i>	162
Orden Peyssonneliales	
Familia Peyssonneliaceae	
Género <i>Peyssonnelia</i>	164
Orden Rhodymeniales	
Familia Rhodymeniaceae	
Género <i>Rhodymenia</i>	166

GÉNERO *PORPHYRA*, *PYROPIA* Y *NEOPYROPIA*



Figura 56. *Porphyra* sp. (Fotografía: J. Huisman).

Especies en España

Se han descrito 9 especies:

4 especies del género *Porphyra*: *P. dioica* (NOR), *P. linearis* (NOR, SUR, EsAI), *P. purpurea* (NOR), *P. umbilicalis* (NOR, SUR, EsAI, CAN) y *P. umbilicalis* f. *puddica* (NOR).

4 especie del género *Pyropia*: *P. elongata* (EsAI, LeBa), *P. koreana* (LeBa), *P. parva* (EsAI, CAN) y *P. suborbiculata* (NOR, EsAI, LeBa, CAN).

1 especie del género *Neopyropia*: *N. leucosticta* (NOR, EsAI, CAN) (Fig.56).

Cultivo

Estos géneros, mayormente cultivados en China y Corea, contribuyendo con un 71% y un 20% de la biomasa a nivel mundial, está ganando un reciente interés en su cultivo en el noreste Atlántico según un estudio de Cai *et al.*, (2021). La técnica tradicional de cultivo de los géneros descritos implica el uso de "conchocelis" de vida libre, que es la forma haploide del alga capaz de evolucionar al gametofito, se siembra o se adhiere a ostras. Posteriormente, las plántulas se trasladan a granjas de aguas abiertas utilizando varios métodos de cultivo, como poste fijo, balsa semiflotante o balsa flotante (Kim *et al.*, 2017).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Este género es especialmente conocido por ser una fuente excepcionalmente rica de vitamina B12, un nutriente esencial para la salud humana. Su textura y sabor umami también la hacen versátil en la cocina, utilizada en una variedad de platos, desde sushi, deshidratada como snack, cocinada con almejas, huevos de salmón o con pescado en sopas, así como en condimento en ensaladas (Turner *et al.*, 2003).

Cosmética y cosmeceútica

Numerosos estudios han confirmado que su excepcional capacidad antioxidante y su potencial antienviejimiento pueden ser empleados eficazmente en la lucha contra el proceso de envejecimiento (Venkatraman *et al.*, 2019). Además, se está estudiando su posible uso como protector solar (Chuang *et al.*, 2014).

Farmacéutica

Se han identificado numerosos beneficios asociados a estos géneros, como son sus propiedades inmunomoduladoras y antitumorales. Además, esta alga exhibe un potencial protector para el hígado, propiedades anticoagulantes y efectos antihiper glucémicos, analgésicos, antiúlceras y antiinflamatorios. Asimismo, destaca por su contenido de nutrientes esenciales, incluida la vitamina B12 (Venkatraman *et al.*, 2019).

GÉNERO *ASPARAGOPSIS*



Figura 57. *Asparagopsis taxiformis* (Fotografía: I. Moreu).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Asparagopsis*:

*A. armata** (fase filamentosa, *Falkenbergia rufolanosa*) (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) y *A. taxiformis*** (fase filamentosa, *Falkenbergia hildenbradii*) (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 57).

Cultivo

En su ciclo de vida presenta 2 fases heteromórficas, un gametófito de talo erecto y un tetraesporófito filamentoso, este último con mayor capacidad de propagación vegetativa y más fácil de cultivar. Con las condiciones adecuadas, las cepas en fase filamentosa pueden cultivarse en acuarios verticales durante años (Mata, 2008). En Portugal se ha cultivado en fase filamentosa en acuarios con efluente de acuicultura de peces (Schuenhoff *et al.*, 2006).

La fase erecta o gametófito de *A. armata* presenta unas estructuras en forma de arpón que permite fijarla a cuerdas para su cultivo en el mar. La siembra de *A. armata* se puede realizar en acuarios, fragmentando el gametófito sobre cuerdas para facilitar su fijación (Wright *et al.*, 2022).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Se ha demostrado que pequeñas cantidades de *Asparagopsis* en la dieta del ganado reduce considerablemente la producción de metano intestinal de los rumiantes (Roque *et al.*, 2019). Esta capacidad antimetanogénica tiene una gran aplicación en la industria ganadera, que produce más del 18% de los gases de efecto invernadero (FAO, 2015).

En cultivos de salmón atlántico, un estudio reciente ha demostrado que su incorporación en la dieta mejora la respuesta inmune y la tasa de crecimiento (Thépot *et al.*, 2021).

Antifouling

Asparagopsis armata destaca por su capacidad *antifouling*, ya que inhibe el crecimiento de bacterias marinas y microalgas, reduce la formación de biopelículas y actúa como un disruptor de neurotransmisores a través de la inhibición de la actividad de la acetilcolinesterasa (Pinteus *et al.*, 2021).

Biorremediación

Es una buena candidata para usarse como biofiltro en sistema de acuicultura de peces en. Los estudios muestran que su tasa de captación de N puede ser superior a otras especies biofiltradoras como *Ulva* (Mata *et al.*, 2010).

Cosmética y cosmeceútica

Esta misma capacidad antibacteriana y antifúngica la hacen también atractiva para la industria cosmética. La compañía francesa "Algues et Mer" estableció en 1966 la primera granja comercial de *Asparagopsis* para producir extractos cosméticos (Zanolla *et al.*, 2022).

Farmacéutica

Sus compuestos halogenados de bromo han despertado gran interés en la industria farmacéutica por su capacidad antibiótica. Varios estudios demuestran su efectividad contra a patógenos humanos como *Leishmania* o *Acinetobacter baumannii* (Genovese *et al.*, 2009; Greff *et al.*, 2014).

GÉNERO ACANTHOPHORA



Figura 58. *Acanthophora nayadiformis* (Fotografía: R. Hoffman).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Acanthophora*:

A. nayadiformis (LeBa) (Fig. 58).

Cultivo

Se han llevado a cabo cultivos vegetativos en cuerdas de polipropileno usando 5 cm de fragmentos y colocándolos a 1 metro de profundidad (Kaliaperumal *et al.*, 1987).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Debido a sus propiedades bioquímicas, podría ser usado como alimentación potencial de animales acuáticos favoreciendo su crecimiento, su porcentaje de supervivencia y sus mecanismos de defensa frente a patógenos (Guillén *et al.*, 2022; Lawanyawut *et al.*, 2002).

Biocombustible

La riqueza en polisacáridos de sus tejido, con un bajo contenido en lignina, hace del género *Acanthophora* un interesante candidato para la producción de biofuel (Budiyanto *et al.*, 2022).

Bioindicador

Género usado como bioindicador de la calidad del medioambiente en arrecifes coralinos expuestos a impactos por el turismo en la costa de Brasil (Budiyanto *et al.*, 2022).

Farmacéutica

Otras especies del género han demostrado tener actividad antiviral, antioxidante, antiinflamatoria, anticoagulante y anticancerígena, entre otras (Budiyanto *et al.*, 2022).

GÉNERO *BOSTRYCHIA*



Figura 59. *Bostrychia scorpioides* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Bostrychia*:

B. scorpioides (NOR, SUR, EsA) (Fig. 59).

Cultivo

Según un ensayo realizado por Mercado *et al.*, 1999, el alga se puede mantener en una habitación con temperatura controlada de 16°C con 12 horas de luz al día, manteniendo los talos en cilindros de plexiglás con agua de mar natural, siendo esta aireada vigorosamente. A su vez, el método más común de propagación es la fragmentación (Prud'homme Van Reine *et al.*, 1980).

Usos conocidos y potenciales

Cosmética y cosmeceútica

Los aminoácidos similares a las micosporinas actúan como protector solar y podrían ser útiles en la producción de cremas solar (Orfanoudaki *et al.*, 2019). Además, por el alto contenido de polialcoholes, en particular D-sorbitol y D-dulcitol, se podrían utilizar en la química de polímeros.

GÉNEROS *CHONDRIA*, *LAURENCIA*, *OHELOPAPA*, *OSMUNDEA* Y *PALISADA*

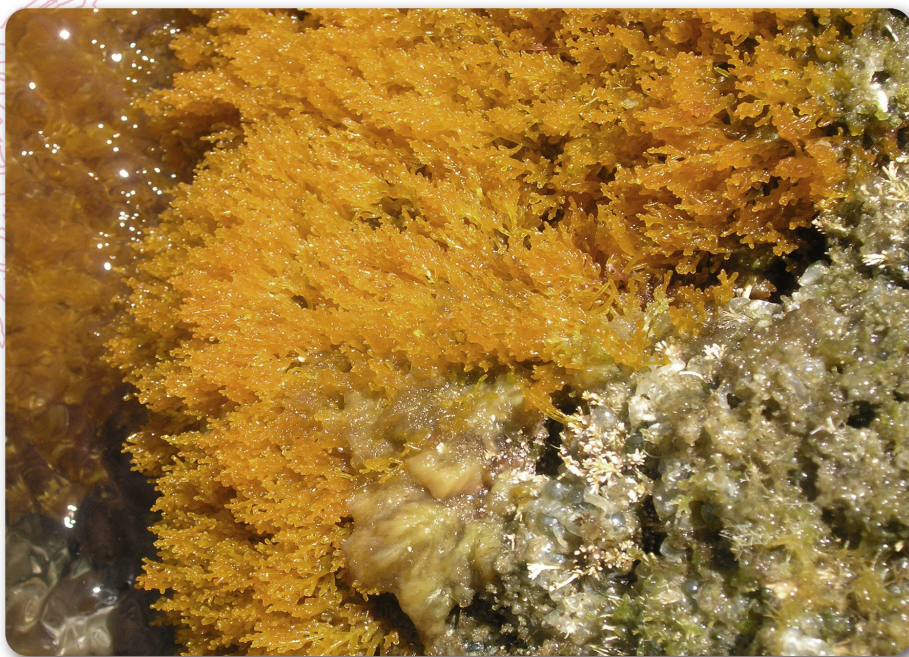


Figura 60. *Laurencia obtusa* (Fotografía: A. Bermejo).

Especies en España

Se han descrito 34 especies:

6 especies del género *Chondria*: *C. capillaris* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. coerulescens* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. dasyphylla* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *C. mairei* (LeBa, CAN), *C. mediterranea* (LeBa) y *C. scintillans* (NOR, SUR, EsAl, LeBa).

14 especies del género *Laurencia*: *L. brongniartii* (CAN), *L. caduciramulosa* (CAN), *L. catariensis* (CAN), *L. chondrioides* (LeBa, CAN), *L. dendroidea* (LeBa, CAN), *L. epiphylla* (LeBa), *L. glandulifer* (LeBa, CAN), *L. intricata* (CAN), *L. microcladia* (SUR, EsAl, LeBa, CAN), *L. minuta* (NOR, CAN), *L. minuta* ssp. *scammaccae* (LeBa), *L. obtusa* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 60), *L. obtusa* var. *gracilis* (LeBa), *L. pyramidalis* (NOR, LeBa, CAN), *L. tenera* (CAN) y *L. viridis* (CAN).

1 especie del género *Ohelopapa*: *O. flexilis* (CAN).

7 especies del género *Osmundea*: *O. hybrida* (NOR, SUR, EsAl, CAN), *O. osmunda* (NOR, SUR), *O. pelagosae* (LeBa), *O. pinnatifida* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *O. ramosissima* (CAN), *O. truncata* (NOR, LeBa, CAN) y *O. verlaquei* (LeBa).

6 especies del género *Palisada*: *P. corallopsis* (CAN), *P. flagilifera* (CAN), *P. patentiramea* (LeBa), *P. perforata* (NOR, SUR, EsAl, LeBa), *P. tenerrima* (SUR, LeBa) y *P. thuyoides* (NOR, SUR, EsAl, LeBa).

Cultivo

El cultivo de *Laurencia sensu lato* se ha desarrollado de forma experimental, no existiendo hasta la fecha ningún cultivo comercial. Los taxones incluidos en este complejo de especies presentan un ciclo de vida trigenético, siendo el gametofito y el esporofito isomórficos. Como en el resto de las algas rojas los gametos y esporas carecen de flagelos y se dispersan mediante las corrientes. El hecho de que los gametos y esporas no posean movilidad propia ha limitado hasta ahora el desarrollo de técnicas de cultivo a partir de estos. Cabe reseñar que en Europa durante los últimos tiempos se han realizado importantes esfuerzos para cerrar el ciclo y conseguir cultivar *Osmundea pinnatifida*, la cual posee un elevado interés para gastronomía y puede llegar a alcanzar altos precios (nombre común: "pepper-dulce"). Algunos intentos de cultivo en balsas han sido desarrollados en la India con especies del género *Laurencia* no presentes en las costas españolas.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Los extractos de *Laurencia obtusa* parecen mejorar la germinación y favorecer el desarrollo de la carilla (*Vigna sinensis*) y el maíz (*Zea mays*), sin embargo existe poca literatura científica al respecto (Hussein *et al.*, 2021).

Además, algunos de los compuestos halogenados presentes en estos géneros poseen propiedades bactericidas, anti fúngicas e insecticidas que pueden ser de interés para la industria agrosanitaria (Shen *et al.*, 2010). En este sentido, observaciones de campo y ensayos de laboratorio indican que los extractos de *L. majuscula* parecen tener un importante potencial contra la enfermedad "ice-ice" que afecta a muchos cultivos de carragenofitas en el sudeste asiático (Vairappan *et al.*, 2010).

Alimentación animal

La inclusión de estas algas en piensos de acuicultura parecen mejorar el estado fisiológico de los peces cultivados y su respuesta inmune (Salem *et al.*, 2021; Thépot *et al.*, 2021).

Alimentación y nutrición

La especie *O. pinnatifida* ha adquirido una especial relevancia durante los últimos años en la cocina de vanguardia, si bien esta especie ya había sido consumida tradicionalmente en Escocia, Irlanda o las Azores (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016).

Farmacéutica

Los taxones pertenecientes al complejo *Laurencia sensu lato* suelen mostrar una gran diversidad de compuestos bioactivos y metabolitos secundarios halogenados con una gran variedad de propiedades, incluyendo actividades antibacteriana, citotóxica e insecticida que pueden ser de gran interés para la industria farmacéutica (Shen *et al.*, 2010; Harizani *et al.*, 2016). Hasta la fecha, entre compuestos obtenidos de especies de estos taxones, y compuestos derivados extraídos de herbívoros que se alimentan de estas especies se han descrito más de 1000 metabolitos secundarios (Harizani *et al.*, 2016).

GÉNERO *HALOPITHYS*



Figura 61. *Halopithys incurva* (Fotografía: BEA).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Halopithys*:

H. incurva (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 61).

Cultivo

Halopithys incurva, es un alga roja pequeña filamentosa, de crecimiento lento, perenne y adaptada al sol. *H. incurva* ha sido estudiada en términos de respuesta adaptativa a los cambios estacionales (Talarico y Maranzana, 2000). Es especialmente abundante en el mar Mediterráneo, generalmente situada sobre sustratos rocosos en zonas poco soleadas a una profundidad que va desde unos pocos centímetros hasta un máximo de veinte metros. (Vasarri *et al.*, 2020).

GÉNERO *HALOPITHYS*

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Algunos estudios realizados han demostrado que la adición de esta macroalga en la dieta de peces puede resultar beneficiosa en su capacidad antioxidante, sistema de defensa innato y expresión de genes relacionados con el sistema inmunológico y antioxidante (Hoseinifar *et al.*, 2022).

Farmacéutica

Se han realizado diversos estudios donde se constata actividad con potencial empleo en áreas biotecnológicas (Güenaga, 2011; Álvarez-Gómez *et al.*, 2019; Vasarri *et al.*, 2020): antimicrobiana, antiinflamatoria, antioxidante y producción de polifenoles.



GÉNERO *CORALLINA* Y *ELLISOLANDIA*

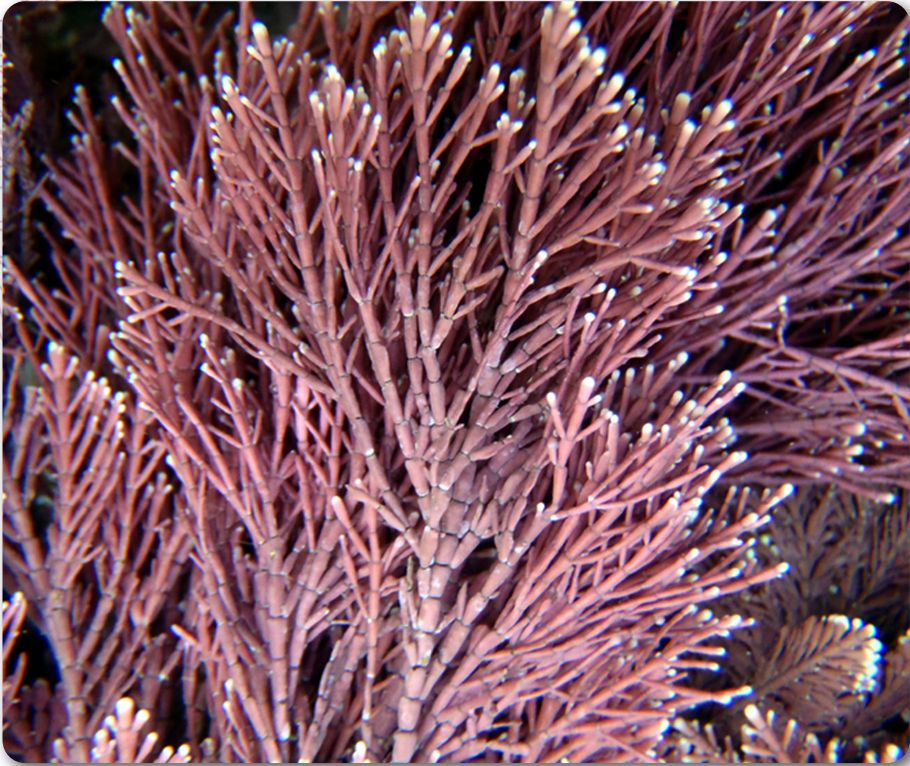


Figura 62. *Ellisolandia elongata* (Fotografía: M. Macías).

Especies en España

Se han descrito 5 especies:

C. caespitosa (NOR, SUR, LeBa, CAN), *C. microptera* (CAN), *C. millegrana* y *C. officinalis* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN).

1 especie del género *Ellisolandia*:

E. elongata (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 62).

Cultivo

Según Li *et al.*, 2009 el alga puede ser cultivada en acuarios con medio f/2 (Guillard y Ryther, 1962), mientras que el aire se suministra continuamente mediante una bomba. El cultivo se mantiene a 20°C/25°C durante el día y la noche con un fotoperiodo de 12 horas bajo una intensidad de iluminación de 70 μmol de fotones PAR proporcionado por lámparas fluorescentes con luz fría de 30 W.

GÉNERO *CORALLINA* Y *ELLISOLANDIA*

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Además, la adición del 5% de *C. officinalis* mejora los parámetros de crecimiento y la clorofila contenida en las hojas de frijol. La toxicidad del cromo se reduce en el cultivo de habas (Bouhadi *et al.*, 2019).

Alimentación y nutrición

C. officinalis ha demostrado sus propiedades antibacterianas y antioxidantes. Por tanto, existe la posibilidad de utilizar extractos de algas como conservantes alimentarios en productos cárnicos. El extracto resultó ser completamente seguro para uso humano, con características satisfactorias y sin impacto negativo sobre las propiedades sensoriales de la carne (Hamad *et al.*, 2023).

Bioindicador

Corallina es también un excelente bioacumulador de Cd, Pb y Ni. Por lo tanto, es un indicador potencialmente adecuado de los efectos de la contaminación localizada a corto plazo (AbouGabal *et al.*, 2023).

Cosmética y cosmeceútica

Los extractos de *Corallina* son utilizados en la industria cosmética para la producción de cremas y productos para la piel.

Farmacéutica

Los extractos del género *Corallina*, en concreto *C. officinalis*, tienen propiedad contra las células del cáncer de mama (El Kassas *et al.*, 2014), y tienen actividades antioxidantes, antiinflamatorias, anticoagulantes, antibacterianas, antifúngicas y antiincrustantes (Ismail *et al.*, 2020).

Las frondas se pueden secar y convertir en hidroxipatita, pudiéndose utilizar como material formador de hueso (Ewers *et al.*, 1987).

Además, el extracto de acetona de *C. officinalis* exhibe una actividad citotóxica significativa contra el adenocarcinoma de colon (HCT-15), actividad antibacteriana notable contra *B. mycooides*, *B. subtilis* y actividad antifúngica significativa contra *Candida albicans* (Youssef *et al.*, 2023).

Otros usos industriales

C. officinalis es un biosorbente eficiente, asequible y ecológico para eliminar el tinte verde malaquita tóxico de soluciones acuosas (Youssef *et al.*, 2023).



Figura 63. *Gelidium corneum* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 20 especies:

13 especies del género *Gelidium*: *G. arbusculum* (CAN), *G. attenuatum* (NOR, SUR, EsAI), *G. canariense* (CAN), *G. cantabricum* (NOR), *G. corneum* (NOR, SUR, EsAI, CAN) (Fig. 63), *G. crinale* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *G. maggsiae* (NOR), *G. microdon* (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *G. pulchellum* (NOR, LeBa), *G. pusillum* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *G. pusillum* var. *pulvinatum* (NOR, SUR, EsAI), *G. serra* (SUR, EsAI, LeBa), *G. spathulatum* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *G. spinosum* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) y *G. spinosum* var. *hystrix* (EsAI, LeBa).

5 especies del género *Gelidiella*: *G. calcicola* (NOR, LeBa), *G. lubrica* (EsAI, LeBa), *G. nigrescens* (SUR, EsAI, LeBa), *G. ramellosa* (LeBa) y *G. tinerfensis* (CAN).

2 especies del género *Pterocliadiella*: *P. capillacea* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) y *P. melanoidea* (NOR, SUR, LeBa, CAN).

Cultivo

Se han desarrollado varias técnicas de cultivo a partir de fragmentos vegetativos o esporas. Puede cultivarse en tanques en instalaciones en tierra (Salinas, 1991; Boulus *et al.*, 2007) o en mar usando bolsas de red, fijadas sobre conchas o en estructuras flotantes (Aken *et al.*, 1993; Rojas *et al.*, 1996; Seoane-Camba, 1997). No obstante, el cultivo de estas especies no se considera rentable debido a su lento crecimiento y sus graves problemas de epifitismo (Friedlander *et al.*, 2009; Patarra *et al.*, 2020). Actualmente, la producción proviene de la extracción del medio natural.

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Los residuos resultantes de la industria de los ficocoloides derivados de estas especies han mostrado potencial como fertilizantes en la agricultura (Elalami *et al.*, 2020).

Alimentación y nutrición

Tradicionalmente, *Gelidium* ha sido usada en países asiáticos en alimentación y en medicina tradicional (Meinita *et al.*, 2023). Otros estudios señalan el potencial de *Pterocladia capillacea* en la industria nutracéutica como fuente de ácidos grasos poliinsaturados, proteínas y vitaminas, entre otros (Patarra *et al.*, 2020).

Biocombustible

Varios estudios han conseguido producir biocombustibles a partir de *Gelidium* (Park *et al.*, 2011; Meinita *et al.*, 2013; Amamou *et al.*, 2018).

Bioembalaje

Los polisacáridos presentes en estas algas tienen potencial en la fabricación de bioplásticos (Mouga *et al.*, 2022).

Cosmética y cosmeceútica

Varios estudios *in vitro* han reportado propiedades antienvjecimiento de extractos de *Gelidium* (Nursid *et al.*, 2020).

Farmacéutica

Estas especies producen una gran variedad de compuestos bioactivos (Mohy El-Din y Alagawany, 2019; Sukwong *et al.*, 2019) con propiedades antibacterianas, antivirales, antioxidantes, anticancerígenas, antiinflamatorias, antiobesidad, antidiabéticas, inmunomoduladoras y neuroprotectoras (Devi *et al.*, 2012; Wang *et al.*, 2013; Kang *et al.*, 2016; Alghazeer *et al.*, 2018; Saeed *et al.*, 2020; Meinita *et al.*, 2023).

Aun así, el principal uso de estas especies es la extracción de agar, un ficocoloide con capacidad de formar geles. Su composición es una mezcla heterogénea de 2 polisacáridos, la agarosa y la agarpectina (Mouga *et al.*, 2022). El agar extraído de *Gelidium* o *Pterocladia* tiene especial interés en microbiología y farmacología por su capacidad de formar geles de gran dureza (Patarra *et al.*, 2020; Meinita *et al.*, 2023).

GÉNERO *HYPNEA*



Figura 64. *Hypnea musciformis* (Fotografía: BEA).

Especies en España

Se han descrito 6 especies del género *Hypnea*:

H. arbuscula (CAN), *H. coccinea* (SUR), *H. flagelliformis* (CAN), *H. musciformis* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 64), *H. spinella* (EsAl, LeBa, CAN) y *H. valentiae* (EsAl, CAN).

Cultivo

Hypnea presenta un ciclo de vida trifásico: dos fases diploides (carposporofito y tetrasporofito) y una fase haploide (gametofitos). La reproducción vegetativa puede ocurrir por fragmentación del talo o por propágulos (Yokoya *et al.*, 2020), y se han reportado altas tasas de crecimiento en cultivo en tanques (Castelar *et al.*, 2016). La mayoría de los experimentos de cultivo han sido realizados con *H. musciformis*, considerada una especie cosmopolita muy extendida en las regiones tropicales y subtropicales, y sin embargo recientemente y a partir de datos moleculares, se ha reportado que especímenes conocidos de *H. musciformis* representaban en realidad un complejo de especies estrechamente relacionadas, en lugar de una sola especie cosmopolita (Nauer *et al.*, 2019a, 2019b), lo que podría explicar la variabilidad encontrada en la experimentación con esta especie y en la transferencia de tecnología de cultivo.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Las especies de *Hypnea* se han explotado en lechos naturales o se han cultivado principalmente como fuente de alimento y de carragenanos en regiones tropicales y orientales (Cox y Metcalf, 2017; Yokoya *et al.*, 2020).

Biorremediación

Se ha estudiado su capacidad biorremediadora en sistemas acuícolas (Ashkenazi *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Hypnea spp. tiene una amplia diversidad química, teniendo una gran variedad de compuestos bioactivos. Se han realizado estudios donde se ha comprobado actividad antiviral contra los virus del herpes simple (Mendes *et al.*, 2012), propiedades hemaglutinantes (Rogers y Hori, 1993), actividad de inhibición de la acetilcolinesterasa, considerada como estrategia terapéutica contra la enfermedad de Alzheimer (Machado *et al.*, 2015), actividad antioxidante (Rafiqzaman *et al.*, 2016) y reducción de colesterol, triglicéridos y colesterol de lipoproteínas de baja densidad, siendo un potencial empleo en enfermedades cardiovasculares (Najam *et al.*, 2010).

GÉNERO *FURCELLARIA*



Figura 65. *Furcellaria lumbricalis* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Furcellaria*:

F. lumbricalis (NOR, SUR, EsAI) (Fig. 65).

Cultivo

Se ha intentado cultivar en el mar fija a un sustrato o libre en cajas de red flotantes. Sin embargo, no es fácil fijarla a un sustrato y es muy susceptible a ser colonizada por epibiontes indeseados. La liberación de esporas se puede inducir con periodos cortos de luz (<8h) si la temperatura es inferior a 10°C (Kersen *et al.*, 2017).

Cuando crece libre en la columna de agua se reduce su contenido en polisacáridos (Tuvikene *et al.*, 2010) pero puede alcanzar mayor biomasa (Martin *et al.*, 2006).

GÉNERO *FURCELLARIA*

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

El mayor uso comercial de *F. lumbricalis* es la extracción de carragenano, carragenato o carragenina (Tuvikene *et al.*, 2010), un polisacárido usado ampliamente como gelificante en alimentación, cosmética y farmacéutica (Holdt y Kraan, 2011).

Furcellaria contiene oligosacáridos derivados del carrageno con elevada actividad inmunomoduladora que la hacen buena candidata para la extracción de alimentos funcionales (Yang *et al.*, 2011).

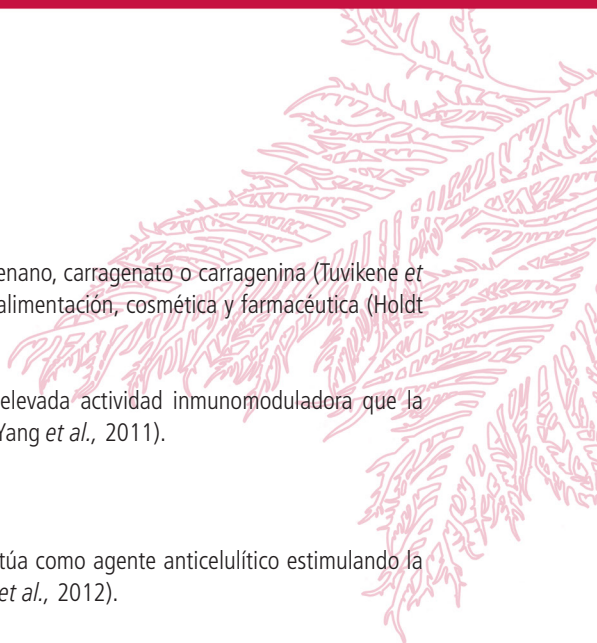
Cosmética y cosmeceútica

Estudios in vitro han demostrado que el extracto de *Furcellaria* actúa como agente anticelulítico estimulando la producción de colágeno de los fibroblastos de nuestra piel (Al-Bader *et al.*, 2012).

Además, presenta un alto contenido en compuestos fenólicos muy apreciados en la industria cosmética por su capacidad antioxidante (Zubia *et al.*, 2009).

Farmacéutica

Presenta gran cantidad de pigmentos con potencial en la industria farmacéutica como ficoeritrinas o luteína. La R-ficoeritrina es un compuesto bioactivo con efectos antitumorales, antioxidantes, antidiabéticos y moduladores de la tensión y el sistema inmune (Dumay *et al.*, 2014). La luteína es un carotenoide con actividad antioxidante que podría desempeñar un papel importante en preservar la visión y proteger contra enfermedades cardíacas (Kim, 2015).



GÉNERO *CHONDRACANTHUS* Y *GIGARTINA*



Figura 66. *Chondracanthus teedei* var. *lusitanicus* (Fotografía: M. Macías).

Especies en España

Se han descrito 3 especies:

2 especies del género *Chondracanthus*: *C. acicularis* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *C. teedie* (NOR, SUR, EsAI, LEBA), *C. teedei* var. *lusitanicus* (NOR) (Fig. 66).

1 especie del género *Gigartina*: *G. pistillata* (NOR, SUR, EsAI, CAN).

Cultivo

El cultivo de *Chondracanthus* y *Gigartina* se ha desarrollado de forma experimental, no existiendo hasta la fecha ningún cultivo comercial. Las especies de *Chondracanthus* y *Gigartina* presentan un ciclo de vida trigenético, siendo el gametofito y el esporofito isomórficos. Como en el resto de algas rojas los gametos y esporas carecen de flagelos y se dispersan mediante las corrientes. Aunque se ha cerrado el ciclo de vida de estas especies en laboratorio, el hecho de que los gametos y esporas no posean movilidad propia ha limitado hasta ahora el desarrollo de técnicas de cultivo a partir de estos. La mayor parte de los estudios de cultivo de estas especies han partido de material vegetativo obtenido por la fragmentación del talo o la inducción de discos de fijación secundarios.

GÉNERO *CHONDRACANTHUS* Y *GIGARTINA*

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

La literatura científica referente al uso de estos géneros como biofertilizantes y bioestimulantes es muy escasa, aunque ensayos preliminares indican que los kappa/iota carragenatos presentes en los gametofitos femeninos de *C. teedei* parecen estimular el crecimiento de la col (Pacheco *et al.*, 2021).

Alimentación animal

Algunas especies de *Chondracanthus*, no presentes en España, se han utilizado de forma experimental en piensos para acuicultura (Johnson *et al.*, 2020). Por otra parte, ensayos *in vitro* utilizando diversas especies de macroalgas, mostraron que una especie indeterminada de *Gigartina*, probablemente *G. pistillata*, fue la especie que más inhibió la producción de gases cuando se simuló el proceso de fermentación llevado a cabo por los rumiantes durante la digestión.

Alimentación y nutrición

Las especies *C. teedei* y *G. pistillata* han sido y son consumidas de forma testimonial en Europa (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016). La especie *C. chamisoii*, muy similar y cercana a *C. teedei*, es consumida en Japón bajo el nombre "shikin nori" y actualmente se cultiva a pequeña escala en Chile y Perú a partir de material vegetativo. El valor de esta especie, cuando se destina a consumo humano directo, es relativamente elevado (más de 25\$ por kilo seco; Bulboa-Contador *et al.*, 2020).

Farmacéutica

Los polisacáridos sulfatados extraídos de estos géneros se ha demostrado que poseen propiedades antivirales, antifúngicas, antiinflamatorias, inmunoestimulantes y antioxidantes (Bulboa-Contador *et al.*, 2020).

Otros usos industriales

Las especies de los géneros *Chondracanthus* y *Gigartina* poseen en general un alto contenido en carragenatos y han sido explotadas de forma comercial como fuente de ficocoloides.

GÉNERO *CHONDRUS* Y *MASTOCARPUS*



Figura 67. *Chondrus crispus* (Fotografía: C. L. Cara).

Especies en España

Se han descrito 2 especies:

1 especie del género *Chondrus*: *C. crispus* (NOR) (Fig. 67) y *C. crispus* var. *filiformis* (NOR).

1 especie del género *Mastocarpus*: *M. stellatus* (NOR, CAN).

Cultivo

Aunque la información detallada sobre el cultivo de *C. crispus* se mantiene como información privada dentro de las compañías acuícolas (Pereira *et al.*, 2013), se han establecido diferentes formas de cultivo tanto de forma vegetativa creciendo en tanques en tierra o crecidos *in vitro* y luego transferidos a cuerdas en la costa o libremente dentro de tanques de flotación costeros (Tanoeiro *et al.*, 2023).

GÉNERO *CHONDRUS* Y *MASTOCARPUS*

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Especies como *C. crispus*, entre otras, que llegaban en arribazón a las costas de Portugal han sido recolectadas y usadas como fertilizantes desde el siglo XIV (Santos y Duarte, 1991).

Alimentación y nutrición

Chondrus crispus y *M. stellatus* ("Irish mosh") son unas especies de amplia distribución en las costas del Atlántico noroccidental y nororiental comercializadas principalmente deshidratada, en sal o en fresco con una textura cartilaginosa y un sabor intenso a marisco. Dentro de la variedad de sus formas de consumo, es comúnmente utilizada en fresco para preparación de sopas, potajes, cremas, guisos y arroces. Además, una vez procesadas, los carragenatos extraídos de *M. stellatus* y *C. crispus* actúan como espesante de salsas, postres y gelatinas (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016), y puede ser encontrado en la comida en lata, *mousse*, relleno de repostería, helados y en la comida de los animales, entre otros (Morrissey *et al.*, 2001).

Biorremediación

Se ha comprobado que la integración de macroalgas en cultivos intensivos y semi-intensivos de acuicultura podría brindar la posibilidad de utilizar el agua de desecho para el cultivo de especies específicas de macroalgas, como *C. crispus* o *M. stellatus*, así como contribuir a mejorar la calidad del agua en el efluente antes de su vertido en el mar (Matos *et al.*, 2006; Domingues *et al.*, 2015).

Cosmética y cosmeceútica

Sus propiedades de viscosidad unido al efecto antioxidante hacen que las especies *C. crispus* y *M. stellatus* tengan una alta aplicabilidad en la industria cosmética para la producción de champús, cremas y aceites corporales, entre otros (López-Hortas *et al.*, 2022).

Farmacéutica

Aunque existen diferencias en el tipo de carragenatos extraídos del género *Chondrus* y *Mastocarpus* (Azevedo *et al.*, 2022), numerosos estudios han demostrado el similar potencial beneficioso de sus carragenatos de bajo peso molecular en el campo de los medicamentos antivirales, anticancerígenos, anticoagulantes, antioxidantes e inmunomoduladores (Torres *et al.*, 2021). En el caso de los carragenatos (kappa), característicos de *Mastocarpus*, estudios recientes han puesto en valor la posibilidad de su uso junto alcohol polivinílico y goma de algarroba para crear toallitas cicatrizantes (González-Ballesteros *et al.*, 2021).

GÉNERO *CROISETTEA*, *KALLYMENIA* Y *VERLAQUEA*

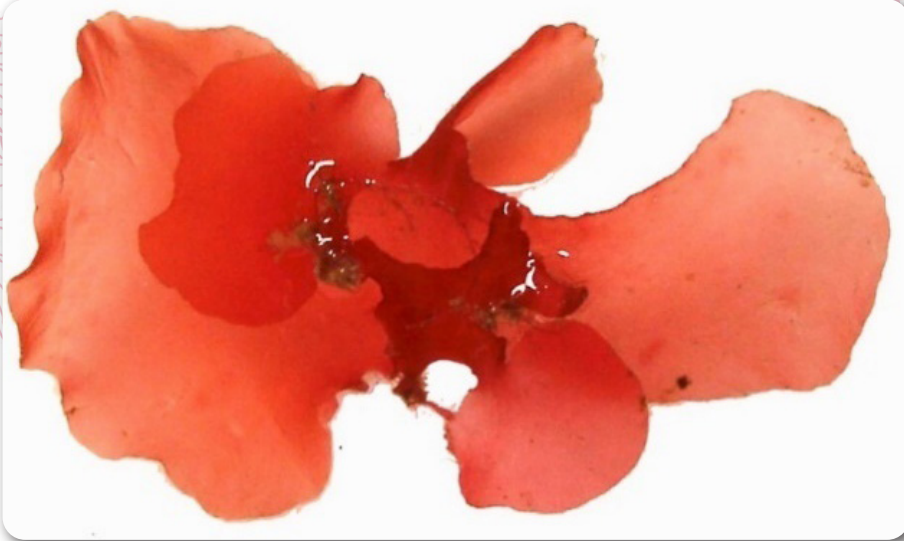


Figura 68. *Kallymenia reniformis* (Fotografía: C. Rodríguez-Prieto).

Especies en España

Se han descrito 5 especies:

1 especie del género *Croisettea*: *C. requienii* (NOR, LeBa, CAN).

3 especies del género *Kallymenia*: *K. feldmannii* (LeBa, CAN), *K. patens* (LeBa) y *K. reniformis* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN) (Fig. 68).

1 especie del género *Verlaquea*: *V. lacerata* (LeBa).

Cultivo

El cultivo de especies de la familia *Kallymeniaceae* apenas se ha desarrollado de forma experimental. La mayor parte de la bibliografía sobre esta familia esta referida a su taxonomía, la cual continúa siendo compleja y se actualiza de forma regular. No obstante, la especie *K. reniformis* ha sido incluida en la lista "Novel Food Priorities" del "New Algae For Food Forum" (<https://naff.eaba-association.org/priorities>).

Usos conocidos y potenciales

Otros usos industriales

Debido a los importantes cambios en la taxonomía de esta familia, los compuestos de interés presentes deben ser reevaluados. Entre los compuestos de interés para la industria se encuentran los carragenatos, los cuales parecen ser muy diversos dentro de esta familia (Chopin *et al.*, 1994).

GÉNERO *GYMNOGONGRUS* Y *AHNFELTIOPSIS*



Figura 69. *Gymnogongrus crenulatus* (Fotografía: R. Bermejo).

Especies en España

Se han descrito 5 especies:

3 especies del género *Gymnogongrus*: *G. crenulatus* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 69), *G. griffithsiae* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) y *G. patens* (SUR, EsAI).

2 especies del género *Ahnfeltiopsis*: *A. devoniensis* (SUR) y *A. pusilla* (NOR, SUR).

Cultivo

El cultivo de *Gymnogongrus* se ha desarrollado de forma experimental. Los ensayos desarrollados para el escalado de estos cultivos han sugerido que el cultivo comercial en tanques no es viable económicamente (Santelices *et al.*, 1989). Las especies de *Gymnogongrus* presentan un ciclo de vida digenético heteromórfico, ya que carecen de carposporofito, y en su lugar aparece lo que puede interpretarse como un tetrasporofito parásito que crece como una pústula sobre los gametofitos femeninos. En el caso del género *Ahnfeltiopsis* sí encontramos cistocarpos (Silva y Decew, 1992). Como en el resto de algas rojas los gametos y esporas carecen de flagelos y se dispersan mediante las corrientes. Aunque se ha cerrado el ciclo de vida de estas especies en laboratorio, el hecho de que los gametos y esporas no posean movilidad propia ha limitado hasta ahora el desarrollo de técnicas de cultivo a partir de estos. La mayor parte de los estudios de cultivo de estas especies han partido de material vegetativo obtenido por la fragmentación del talo.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Las especies *Gymnogongrus* y *Ahnfeliopsis* han sido y son consumidas de forma testimonial en Europa (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016).

Cosmética y cosmeceútica

Las propiedades de las micosporinas presentes en *A. devoniensis* podrían ser utilizadas para el desarrollo de cremas solares, protegiendo de la radiación ultravioleta (De La Coba *et al.*, 2009).

Farmacéutica

Los galactanos sulfatados extraídos de algunas especies pertenecientes a estos géneros han demostrado propiedades antiviricas (ej. Talarico *et al.*, 2004), inmunoestimulantes, y antioxidantes (De La Coba *et al.*, 2009).

Otros usos industriales

Las especies de los géneros *Gymnogongrus* y *Ahnfeliopsis* poseen en general un alto contenido en carragenatos y han sido explotadas como fuente de Ficoloides. Estas y otras especies de carragenofitas como *Chondrus crispus*, *Gigartina pistillata*, *Chondracanthus accicularis*, o *Chondracanthus teedei* son cada vez menos utilizados por la industria de los ficocoloides al haber sido sustituidas por otras especies de carragenofitas tropicales más rentables como *Kappaphycus alvarezii* o *Euchema denticulatum* (Pereira y Yarish, 2008).

GÉNERO *SOLIERIA*



Figura 70. *Solieria chordalis* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 2 especies del género *Solieria*:

S. filiformis (CAN) y *S. chordalis* (NOR, SUR, EsAI) (Fig. 70).

Cultivo

Se han realizado experiencias donde se ha demostrado que el cultivo de este género es posible en condiciones controladas de laboratorio. El material sano tiene que limpiarse minuciosamente con agua de mar filtrada con rayos UV y cultivado durante 2 meses en tanques de 300 litros, con aireación continua. Se utiliza agua de mar enriquecida con minerales según Provasoli (1968), pero sin vitaminas y renovado una vez por semana, siendo la irradiancia máxima entre 1100 y 1300 $\mu\text{mol fotón m}^{-2}\text{s}^{-1}$. Después del período de cultivo de 2 meses las plantas exhiben morfología esférica (Gómez-Pinchetti *et al.*, 1992).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Soliera contiene macro y microelementos de importancia para el crecimiento y desarrollo de las plantas. En concentraciones bajas son bioestimulantes eficaces del crecimiento de las plantas (Spain *et al.*, 2022; Choulot *et al.*, 2023).

Biorremediación

El género *Soliera* muestra posibles aplicaciones en acuicultura porque limita el crecimiento de epifitos y tiene la capacidad potencial para mitigar los impactos ambientales de la acuicultura al mejorar la calidad del agua debido a su capacidad de biofiltración (Peñuela *et al.*, 2018). A su vez, tiene la capacidad de adsorber iones Cr (III) (Spain *et al.*, 2022).

Farmacéutica

El género *Soliera* ha despertado un gran interés en la industria farmacéutica debido a su potencial terapéutico. Recientes investigaciones muestran el posible uso como antiinflamatorio (Monteiro *et al.*, 2016), antitumoral (Chaves *et al.*, 2018) y antiviral por la presencia de carragenano puro con actividad contra el virus herpes simplex. (Peñuela *et al.*, 2018). Además, el polisacárido sulfatado de *S. filiformis* está compuesto por iota-carragenano y el alto grado de sustitución del sulfato es eficaz en la protección gástrica contra las lesiones inducidas por el etanol. Tiene también una actividad antioxidante relevante (Sousa *et al.*, 2016).

GÉNERO *GRACILARIA* Y *GRACILARIOPSIS*



Figura 71. *Gracilaria gracilis* (Fotografía: M. Macías).

Especies en España

Se han descrito 10 especies:

9 especies del género *Gracilaria*: *G. armata* (SUR, EsAI, LeBa, CAN) *G. bursa-pastoris* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *G. cervicornis* (EsAI, CAN), *G. corallicola* (LeBa), *G. dura* (NOR, SUR, LeBa, CAN), *G. gracilis* (NOR, SUR, CAN) (Fig. 71), *G. longa* (CAN), *G. multipartita* (NOR, SUR, EsAI, CAN), *G. multipartita* var. *crispa* (SUR), *G. multipartita* var. *elongata* (SUR) y *G. vermiculophylla** (NOR, SUR).

1 especie del género *Gracilariopsis*: *G. longissima* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN).

Cultivo

Hoy en día hay diferentes métodos para desarrollar cultivos de *Gracilaria* y de *Gracilariopsis*. A partir de esporas hay un método para inducir la esporulación del cistocarpo y otro para inducir la germinación de las esporas (López-Campos *et al.*, 2022). Los dos métodos tienen aplicaciones potenciales para la creciente acuicultura comercial de algas marinas debido a la simplicidad del procedimiento. En cuanto a la esporulación, la metodología propuesta para inducir la maduración de los cistocarpos antes de la esporulación permite al usuario considerar trabajar con cistocarpos inmaduros de inmediato en lugar de esperar su desarrollo natural. La biomasa obtenida de las algas cultivadas exclusivamente en laboratorio tiene un perfil nutricional similar al obtenido de poblaciones naturales (Bermejo *et al.*, 2020; Freitas *et al.*, 2021).

Además, también se propagan vegetativamente simplemente por fragmentación. Los dos métodos más populares para el cultivo de *Gracilaria* en China son los cultivos en balsas flotantes y en estanques. El crecimiento en estanques mejora cuando se utiliza agua con el pH cercano a 8,1 (Santelices *et al.*, 1989). Finalmente, el método de la balsa flotante se ha utilizado en la mayoría de las zonas costeras de China desde 2000. Este es ideal para acomodar múltiples especies ecológicamente compatibles, como peces, abalones, otras algas y bivalvos que se alimentan por filtración en los ecosistemas, convirtiéndolo en un entorno de cohabitación; los organismos cocultivados incluso se benefician mutuamente (Yang *et al.*, 2015; Bermejo *et al.*, 2019, 2020).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

El uso de *G. gracilis*, en piensos y alimentos para animales ha sido ampliamente estudiado. En términos nutricionales, estas algas se pueden utilizar, por ejemplo, en sustitución de proteínas o como enriquecimiento nutricional.

La presencia de compuestos antioxidantes y/o antimicrobianos en la alimentación animal puede conducir a niveles adicionales de protección contra mecanismos de oxidación celular y enfermedades patógenas, contribuyendo a la mejora de la salud especialmente en peces. Este uso de *Gracilaria* como aditivo en piensos se puede conseguir en forma de biomasa o de extracto (Afonso *et al.*, 2021).

El uso de esta alga liofilizada como aditivo alimentario resultó en un aumento significativo en la tasa de crecimiento de *Salmo salar*, y también exhibió una marcada actividad antiviral contra el virus de la anemia del salmón. Además, se han realizado estudios sobre la actividad antimicrobiana de extractos de algas marinas del género *Gracilaria* y sus efectos contra el patógeno *Vibrio* spp. en peces (Cavallo *et al.*, 2013).

Por último, estas algas secadas contienen niveles altos de pigmentos, pudiendo utilizarse como aditivo alimentario eficaz para realzar el color de los peces ornamentales (Samarakoon *et al.*, 2014).

Alimentación y nutrición

Gracilaria como alimento, particularmente como verdura de mesa, se ha vuelto cada vez más popular en el Caribe y Hawaii donde se utilizan como guarnición de la ensalada de pescado conocida como "poke" (Jensen, 2004). Además, en Jamaica se les conoce como "musgo irlandés" y se utilizan para preparar una bebida típica (Gordon, 2017).

A su vez, *G. edulis* es uno de los principales componentes de los "nidos de golondrina" que se utilizan en la cocina china para hacer una sopa con supuestos efectos afrodisíacos (Santelices *et al.*, 1989).

Gracilariopsis es también conocida en los países occidentales como "ogonori" (Guiry *et al.*, 2007). Este género se consume tradicionalmente en Asia como vegetales marinos (Patwarty *et al.*, 1992; Paull *et al.*, 2008; Pereira, 2016), pero también su consumo está aumentando en los países occidentales ya que las algas marinas se utilizan a menudo como un nuevo ingrediente en la alta cocina (Pérez-Lloréns *et al.*, 2016; Mouritsen *et al.*, 2019).

El género *Gracilaria* es uno de los géneros más utilizados para la producción de agar por la presencia de ficocoloides (De Almeida *et al.*, 2011). El agar de *Gracilaria* es un agar de calidad alimentaria que se utiliza como agente espesante, estabilizante o gelificante para la industria de la panificación y la confitería en la producción de postres, como tartas, glaseados y gelatinas (Nussinovitch, 1997).

Cosmética y cosmeceútica

Estas Gracilariales son usadas también en cosméticos, como champús, jabones, cremas hidratantes, mascarilla facial, lociones y desodorantes. Las aplicaciones de estas algas en cosmética se deben principalmente a las propiedades espesantes, estabilizantes y gelificantes del agar (Pereira, 2018).

Los extractos crudos acuosos de *G. longissima* mostraron una buena capacidad fotoprotectora (Factor de Protección Solar, SPF) debido a la presencia de cinco tipos de aminoácidos tipo micosporina (Álvarez-Gómez *et al.*, 2019), que podrían ser útiles en la producción de cremas solares.

Farmacéutica

El género *Gracilaria* ha despertado un gran interés en la industria farmacéutica debido a su potencial terapéutico. Los extractos de *G. edulis* mostraron una inhibición del 100% de la motilidad de los espermatozoides y este efecto se relacionó con la alteración de la membrana plasmática por compuestos espermicidas. El extracto de metanol y las fracciones de polisacáridos de *G. verrucosa* mostraron actividad antioxidante e inmunopotenciadora. A su vez, el extracto de *G. gracilis* mostró actividad antibacteriana contra *Staphylococcus aureus* y el extracto de *G. cervicornis* fue activo contra *S. aureus* (De Almeida *et al.*, 2011). Los extractos de *Gracilariopsis* también mostraron una actividad antimicrobiana, en particular contra el género *Vibrio* (Stabili *et al.*, 2012).

GÉNERO *GRATELOUPIA*



Figura 72. *Grateloupia turuturu* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 7 especies del género *Grateloupia*:

G. doryphora (EsAl, LeBa), *G. filicina* (NOR, SUR, EsAl, LeBa, CAN), *G. imbricata* (CAN), *G. lanceola*, (NOR, SUR, ESAL), *G. minima* (NOR), *G. subpectinata* (NOR, EsAl, LeBa) y *G. turuturu** (NOR, CAN) (Fig. 72).

Cultivo

El cultivo de *Grateloupia* se ha desarrollado de forma experimental, no existiendo hasta la fecha ningún cultivo comercial. Las especies de *Grateloupia* presentan un ciclo de vida trigenético con esporofitos y gametofitos isomórficos. Como en el resto de algas rojas los gametos y esporas carecen de flagelos y se dispersan mediante las corrientes. Aunque se ha cerrado el ciclo de vida de estas especies en laboratorio, el hecho de que los gametos y esporas no posean movilidad propia ha limitado hasta ahora el desarrollo de técnicas de cultivo a partir de estos. La mayor parte de los estudios de cultivo de estas especies han partido de material vegetativo obtenido por la fragmentación del talo, o a partir de protoplastos.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Algunas especies de *Grateloupia* se han utilizado como pienso en acuicultura en Asia (Jiang *et al.*, 2016). Sin embargo, diferentes ensayos llevados a cabo con *G. turuturu* sugieren que esta especie no es apta para su uso como pienso debido a que se degrada rápidamente tras su rehidratación (Castilla-Gavilán *et al.*, 2019).

Alimentación y nutrición

Algunas especies *Grateloupia* han sido y son consumidas como alimento en Asia (Jiang *et al.*, 2016; Pérez-Lloréns *et al.*, 2016).

Farmacéutica

Debido a sus propiedades antimicrobianas y antiesquitosómicas, algunas especies son utilizadas de forma tradicional para el tratamiento de la fiebre, la diarrea o como agente antibacteriano o antihelmíntico (Jiang *et al.*, 2013). Existe una cantidad importante de literatura científica sobre la identificación de compuestos de interés para la industria farmacéutica en especies del género *Grateloupia* (Jiang *et al.*, 2013; Cardoso *et al.*, 2019).

Otros usos industriales

La combinación de alginatos obtenidos de diferentes especies de Laminariales, en combinación con los carragenatos obtenidos de especies pertenecientes al género *Grateloupia*, han sido utilizadas para el desarrollo de adhesivos (Oh *et al.*, 2019). La cantidad y la calidad de los carragenatos extraídos de estas especies las hacen ser susceptibles de explotación (Jiang *et al.*, 2016).

GÉNERO *HALYMENIA*



Figura 73. *Halymenia latifolia* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se han descrito 6 especies del género *Halymenia*:

H. elongata (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *H. elongata* var. *decipiens* (LeBa), *H. floresii* (NOR, SUR, LeBa, CAN), *H. floresii* var. *pinnata* (LeBa), *H. floridana* (CAN), *H. latifolia* (SUD, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 73), *H. rosea* (CAN) y *H. vinacea* (CAN).

Cultivo

Según las investigaciones realizadas por Irfan *et al.*, (2023), el mejor crecimiento de *Halymenia* se ha dado utilizando cultivos con bolsa de red, con un rango de temperatura del agua recomendado para el manejo de estas algas entre 20 y 32°C a una profundidad de 1 metro, siendo la velocidad de corriente ideal para el cultivo de estas entre 20 y 40 cm s⁻¹. El cultivo de *Halymenia* a su vez, requiere un pH entre 7,8 y 8,4 y una salinidad entre 28 y 33 UPS y un contenido de oxígeno disuelto entre 4 y 6 ppm.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Los estudios *in vitro* e *in vivo* demostraron la eficacia antibacteriana del galactano sulfatado de *Halymenia* contra *Aeromonas hydrophila*. Los peces *Oreochromis* pretratados con Hd-SG mostraron la mayor supervivencia y mejores cambios histológicos que los peces infectados solo con *A. hydrophila*. Estos resultados concluyeron que el Hd-SG aislado tiene amplias propiedades terapéuticas y puede utilizarse como medicina preventiva (Vinosha *et al.*, 2020).

Alimentación y nutrición

Halymenia floresii es una especie comestible consumida en el mercado asiático (Ortega-Godínez *et al.*, 2008).

Farmacéutica

El género *Halymenia* ha despertado un gran interés en la industria farmacéutica debido a su potencial terapéutico. Recientes investigaciones muestran la presencia de polisacáridos con propiedades antivirales contra el SARS-CoV-2. (Jousselin *et al.*, 2023).

Además, se pueden sintetizar nanopartículas de platino y oro del alga roja *Halymenia*. Las nanopartículas sintetizadas muestran excelentes actividades antioxidantes, anticancerígenas, contra células de adenocarcinoma colorrectal humano y antibacterianas, contra *Aeromonas hydrophila* y *Streptococcus pneumoniae*. Además, se aisló un nuevo derivado de esterol monohidroxiacetilado del alga roja marina *Halymenia floresii* el cual tiene actividad inhibidora del crecimiento contra la cepa *Plasmodium falciparum* (Meesala *et al.*, 2017).

Insecticida

El género *Halymenia* tiene actividad larvicida contra las larvas de mosquito *Aedes aegypti*. Se evaluó la actividad larvicida del extracto crudo metanólico de alga *H. palmata*. El análisis reveló la presencia de 20 compuestos bioactivos con dos principales: Phytol y 2-propamina que pueden ser responsables de la toxicidad. Estas larvas de mosquito tratadas, mostraron deformidades progresivas en el pelo lateral (Deepak *et al.*, 2019).

GÉNERO *LITHOTHAMNION* Y *PHYMATOLITHON*



Figura 74. *Phymatolithon carcareum* (Fotografía: J. Lugilde).

Especies en España

Se han descrito 10 especies:

5 especies del género *Lithothamnion*: *L. corallioides* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *L. crispatum* (LeBa), *L. purpureum* (SUR), *L. sonderi* (LeBa, CAN) y *L. valens* (EsAI, LeBa).

5 especies del género *Phymatolithon*: *P. calcareum* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 74), *P. lenormandii* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *P. lusitanicum* (NOR, SUR, EsAI, LeBa), *P. purpureum* (NOR) y *P. tenuissimum* (CAN).

Cultivo

Según algunos estudios realizados, *P. lenormandii* se puede cultivar en acuarios con agua de mar filtrada con una salinidad de 22,1 UPS y una temperatura de 17,7 °C (Sarazin *et al.*, 1999). Con un pH entre 8,00 y 7,55 (Brasassi *et al.*, 2013).

Usos conocidos y potenciales

Agricultura

Lithothamnium, debido a su elevado contenido en calcio, puede ser un excelente corrector de terrenos ácidos tales como los suelos de labor gallegos. A esto hay que añadir su considerable contenido en magnesio, lo que, unido al nitrógeno, potasio y fósforo, hacen de estas algas un magnífico abono (López-Benito, 1963). *Lithothamnion* sp. destaca también por promover el crecimiento vegetativo y se ha consolidado como un bioestimulante invaluable en la producción de plántulas de diversas especies. Su aplicación, ya sea vía suelo o vía foliar, ha permitido mejorar el rendimiento y la calidad de hortalizas, frutas, cultivos oleaginosos, cereales y plantas forrajeras (Ramos *et al.*, 2023).

Alimentación animal

Lithothamnium sp. se utiliza como materia prima para la alimentación del ganado (bovino, caprino, ovino y equino).

Alimentación y nutrición

El alga roja *Lithothamnium calcareum*, denominada en ocasiones como “maërl”, tiene las paredes impregnadas de carbonato de calcio, conteniendo del 25 al 34% de calcio. Aparece también en el mercado de los complementos alimentarios minerales (Bourgougnon *et al.*, 2011). Se han desarrollado complementos alimenticios como *Lithothamne*, una fuente de calcio esencial y necesaria para mantener los huesos en buen estado. Además, el alga *L. calcareum* se encuentra presente en bebidas con calcio como las bebidas de avena que podemos encontrar en los supermercados.

Cosmética y cosmeceútica

Lithothamnion calcareum es considerado como una joya cosmética marina para la piel. El alga se incluye en la formulación de algunos productos cosméticos ecológicos específicos para hidratar, nutrir, restaurar, revitalizar e iluminar la piel. Presentan también alta tolerancia cutánea, por lo que están indicados para todo tipo de pieles (Bourgougnon *et al.*, 2011).

GÉNERO *NEMALION*



Figura 75. *Nemalion helminthoides* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se ha descrito una especie del género *Nemalion*:

N. helminthoides (NOR, SUR, EsA, LeBa, CAN) (Fig. 75).

Cultivo

Cuando los filamentos de los gérmenes tetraspóricos y los tejidos gametofíticos se cortan en pequeños trozos, regeneran brotes y nuevos talos filamentosos. Antes del cultivo, se permite que los filamentos se adhieran a redes de hilos de siembra como plántulas de acuerdo con los siguientes procedimientos: los filamentos propagados en cultivo se cortan en trozos pequeños y los trozos se esparcen sobre los hilos de la red sumergidos en recipientes de cultivos llenos de medio de cultivo. Se mantiene la aireación con compresor de aire durante 2 a 3 meses. Después de ser transferidos al mar en invierno, los trozos de talos filamentosos en los hilos de la red dan lugar a talos erectos en una semana y crecen hasta convertirse en talos de *Nemalion* cilíndricos adultos de 10 a 15 cm de longitud después de 4 a 5 meses (Yotsui, 1989).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

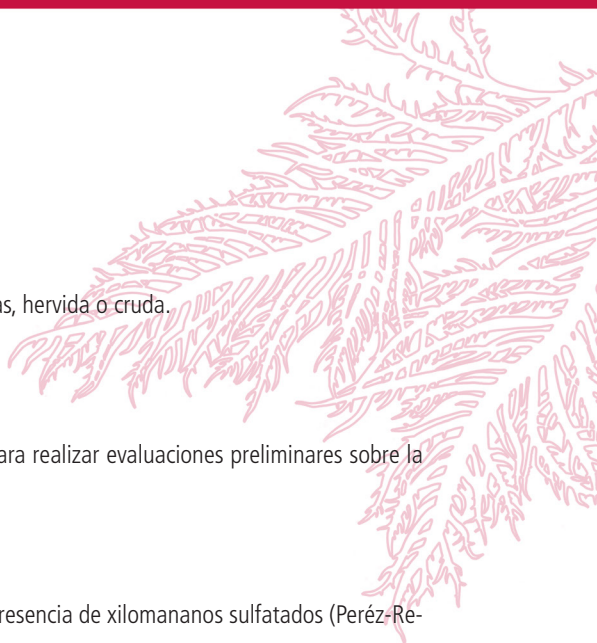
Esta especie de alga se ha consumido de forma tradicional en sopas, hervida o cruda.

Bioindicador

Dado que necesita pocos nutrientes para vivir y crecer, se utiliza para realizar evaluaciones preliminares sobre la contaminación de una determinada zona.

Farmacéutica

En la fabricación de nuevos fármacos inmunomoduladores por la presencia de xilomananos sulfatados (Pérez-Recalde *et al.*, 2014).



GÉNERO SCINAIA



Figura 76. *Scinaia furcellata* (Fotografía: I. Barbara).

Especies en España

Se han descrito 5 especies del género *Scinaia*:

S. acuta (CAN), *S. caribaea* (CAN), *S. complanata* (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *S. furcellata* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 76) y *S. interrupta* (NOR, SUR, EsAI).

Cultivo

Se han iniciado cultivos en laboratorio mediante propagación vegetativa de fragmentos o a partir de carposporas fértiles (Van den Hoek y Cortel-Breeman 1970; León-Cisneros *et al.*, 2011).

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

Algunas especies de este género han mostrado actividad antiparasitaria contra *Leishmania major* (Sabina *et al.*, 2005). La especie *S. hatei* contiene xilanos que al sufrir un proceso de sulfatación química adquieren actividad antiviral contra el virus del Herpes Simplex (Mandal *et al.*, 2010; Ray *et al.*, 2015).

GÉNERO *PALMARIA*



Figura 77. *Palmaria palmata* (Fotografía: I. Bárbara).

Especies en España

Se ha descrito 1 especie del género *Palmaria*:

P. palmata (NOR) (Fig. 77).

Cultivo

Palmaria palmata puede cultivarse en tanques en tierra o en cuerdas sembradas en el mar. Sin embargo, el cultivo a gran escala es escaso y se deberían desarrollar protocolos y tecnologías adaptadas a esta especie para hacer su cultivo más rentable (Werner y Dring, 2011). A pesar de ello, se han llevado a cabo cultivos a pequeña escala a partir de propagación vegetativa (Schmedes y Nielsen, 2020b) y se ha investigado su cultivo con efluente de peces planos (*Hippoglossus hippoglossus*) (Manríquez-Hernández *et al.*, 2016). Para el cultivo en el mar es necesaria una fase de criadero en tierra para realizar la liberación y siembra de esporas. En este sentido, se han investigado diferentes técnicas de siembra a partir de esporas (Werner y Dring, 2011; Schmedes, 2020) o de ejemplares fértiles (Schmedes *et al.*, 2019).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Palmaria palmata tiene un alto nivel proteico y un perfil de aminoácidos adecuado para ser usada en nutrición animal. Sin embargo, sus proteínas y aminoácidos presentan una baja digestibilidad debida a la interacción con xilanos o polisacáridos de membrana (Bikker *et al.*, 2020), que podría mejorarse mediante un procesado previo de cocción, fermentación con *Trichoderma* o digestión enzimática (Marrion *et al.*, 2003; Mæhre *et al.*, 2015; Naseri *et al.*, 2020). Por el contrario, la incorporación de *P. palmata* en la dieta de salmón no afectó significativamente a su crecimiento o bienestar (Wan *et al.*, 2016).

Alimentación y nutrición

Palmaria palmata es una de las macroalgas más populares para el consumo humano en países occidentales debido a su sabor y textura (Stévant *et al.*, 2023), usada directamente como aperitivo o en diferentes preparaciones alimenticias (Mouritsen *et al.*, 2019). Tiene un perfil nutricional remarcable y un alto contenido proteico, comparable a los encontrados en las algas alimentarias más comunes (Mæhre *et al.*, 2014). También es una buena fuente de vitamina B, particularmente B1 (tiamina), B2 (riboflavina) y B12 (cianocobalamina) (MacArtain *et al.*, 2007; Kraan, 2013).

Además, los extractos lipídicos polares de *Palmaria palmata* han mostrado capacidad antioxidante (Lopes *et al.*, 2019) que podrían tener aplicaciones en la industria alimentaria prolongando la vida útil y mejorando el valor nutricional de los alimentos.

Cosmética y cosmecéutica

Presenta péptidos, micosporinas (MAAs) de gran interés por su capacidad antioxidante (Yuan *et al.*, 2009; Harnedy *et al.*, 2017). Estos antioxidantes naturales son una alternativa a los filtros de UV sintéticos usados en las cremas de sol (Lawrence *et al.*, 2018).

También presenta un alto contenido en ficoeritrina, un pigmento soluble en agua usado como colorante en cosmética y alimentación (Sekar y Chandramohan, 2008).

Farmacéutica

La floridosida, un carbohidrato presente en *P. palmata*, está asociada con una actividad inmunomoduladora en respuesta a antígenos con posibles aplicaciones terapéuticas (Courtois *et al.*, 2008). En Irlanda y Gales, se suministraba *P. palmata* a niños y animales como tratamiento contra gusanos intestinales. Esta capacidad antihelmíntica se ha relacionado con el ácido kainico, un aminoácido neuroactivo (Stévant *et al.*, 2023).

GÉNERO PEYSSONNELIA



Figura 78. *Peyssonnelia rubra* (Fotografía: M. Altamirano).

Especies en España

Se han descrito 16 especies del género *Peyssonnelia*:

P. armorica (SUR, EsAI, LeBa, CAN), *P. atropurpurea* (NOR, EsAI, LeBa), *P. bornetii* (SUR, EsAI, LeBa), *P. coriácea* (NOR, SUR, EsAI, LeBa), *P. crispata* (LeBa), *P. dubyi* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *P. harveyana* (NOR, SUR, EsAI, LeBa, CAN), *P. inamoena* (LeBa, CAN), *P. immersa* (NOR), *P. magna* (LeBa), *P. orientalis* (LeBa), *P. polymorpha* (LeBa, CAN), *P. rosa-marina* (LeBa), *P. rosa-marina* f. *saxicola* (LeBa), *P. rubra* (SUR, EsAI, LeBa, CAN) (Fig. 78), *P. squamaria* (EsAI, LeBa) Y *P. stoechas* (EsAI, LeBa).

Cultivo

Para el cultivo de *P. rubra* en condiciones controladas de laboratorio, se ha utilizado un sistema con agua corriente continuamente filtrada y decantada, a una temperatura de 17°C, con adición de aire comprimido hasta su saturación. Para *P. squamaria* y para *P. inamoena*, la temperatura ideal es de entre 13 y 15°C, con una esterilización del agua con rayos UV y el uso de luz artificial con una intensidad entre 800 y 1400 luxes. Si las condiciones ambientales no son estrictamente favorables para el desarrollo de la planta, la segmentación celular aparece muy irregular y asimétrica (Bressan, 1972).

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

A partir de este género, se aislaron dos ácidos peyssonoiicos, nuevas hidroquinonas sesquiterpénicas. En concentraciones ecológicamente realistas, ambos compuestos inhibieron el crecimiento de *Pseudoalteromonas bacteriolytica*, una bacteria patógena de las algas marinas, y *Lindra thalassiae*, un hongo patógeno de las algas marinas, y exhibieron una modesta actividad antineoplásica contra las células de cáncer de ovario (Lane *et al.*, 2010).

Se aislaron también dos nuevos glucósidos de esteroides, y dos alcaloides conocidos. Los glucósidos de esteroide inhibieron el crecimiento de distintas células cancerosas para 11 líneas celulares de cáncer humano, siendo las líneas celulares de cáncer más sensibles la de mama y pulmón (Lin *et al.*, 2010).

GÉNERO *RHODYMENIA*



Figura 79. *Rhodymenia holmesii* (Fotografía: F. Bunker).

Especies en España

Se han descrito 7 especies del género *Rhodymenia*:

R. ardissoni (SUR, LeBa, CAN), *R. caespitosa* (CAN), *R. delicatula* (LeBa), *R. holmesii* (NOR, SUR, EsAI, CAN) (Fig. 79), *R. ligulata* (LeBa), *R. pseudopalmata* (NOR, SUR, EsAI, CAN) y *R. mediterraneus* (LeBa).

Cultivo

No se han llevado a cabo cultivos de este género hasta el momento.

Usos conocidos y potenciales

Biocombustible

La alta cantidad de ácidos grasos saturados en este género confiere una notable estabilidad oxidativa y una elevada eficiencia en la combustión de los biocombustibles que se obtienen a partir de ellos (Peralta-García *et al.*, 2017).

Farmacéutica

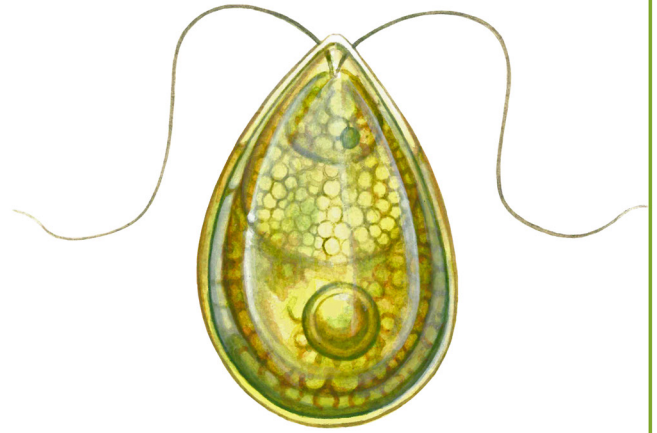
Diferentes compuestos del género han mostrado actividades antimicrobianas, antioxidantes, antiinflamatorias, antialérgicas, inmunoestimulantes y anticonceptivas, entre otras (Peralta-García *et al.*, 2017).

Otros usos industriales

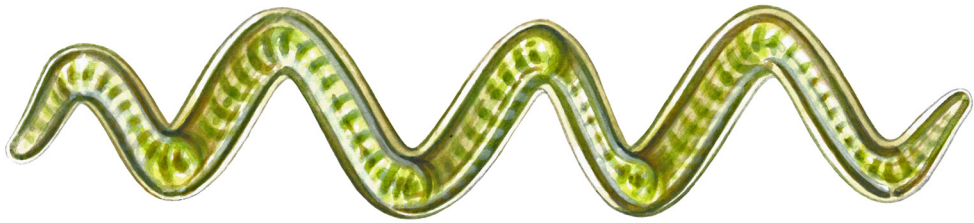
Este género, al albergar biomoléculas con potencial promisorio, pueden desempeñar un papel esencial en la creación de una amplia variedad de productos, que abarcan desde alimentos y cosméticos hasta aplicaciones médicas. No obstante, es crucial resaltar que su aprovechamiento completo aún demanda una investigación más exhaustiva (Pliego-Cortés *et al.*, 2019).



Rhodomonas sp.



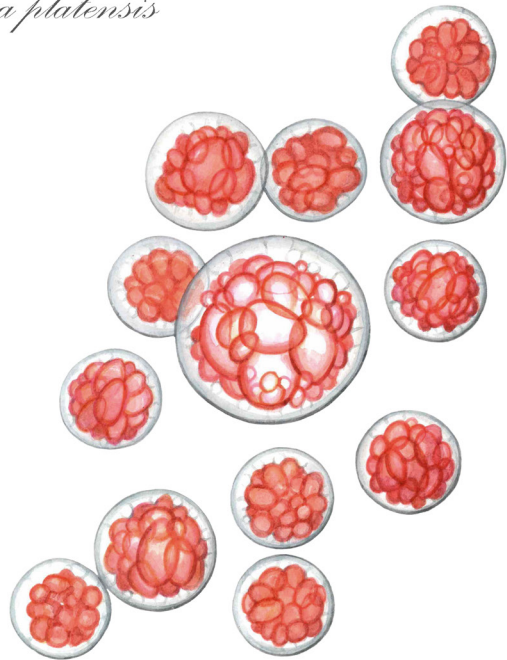
Dunatiella sp.



Arthrospira platensis



Euglena sp.



Porphyridium purpureum

MICROALGAS



Géneros de microalgas



Phylum Cyanobacteriota

Clase Cianophyceae

Orden Oscillatoriales

Familia Microcoleaceae

Género *Arthrospira* 174

Phylum Chlorophyta

Clase Chlorophyceae

Orden Chlamydomonadales

Familia Chlamydomonadales incertae sedis

Género *Halochlorella* 177

Clase Chlorodendrophyceae

Orden Chlorodendrales

Familia Chlorodendraceae

Género *Tetraselmis* 179

Clase Chlorophyceae

Orden Chlamydomonadales

Familia Dunaliellaceae

Género *Dunaliella* 181

<i>Phylum</i> Rhodophyta	
Clase	Porphyridiophyceae
Orden	Porphyridiales
Familia	Porphyridiaceae
Género	<i>Porphyridium</i> 184
Clase	Stylonematophyceae
Orden	Stylonematales
Familia	Stylonemataceae
Género	<i>Rhodosorus</i> 186
<i>Phylum</i> Heterokontophyta	
Clase	Eustigmatophyceae
Orden	Eustigmatales
Familia	Monodopsidaceae
Género	<i>Microchloropsis</i> 188
Clase	Pelagophyceae
Orden	Sarcinochrysidales
Familia	Chrysocystaceae
Género	<i>Chrysoreinhardia</i> 190
<i>Phylum</i> Cryptista	
Clase	Cryptophyceae
Orden	Pyrenomonadales
Familia	Pyrenomonadaceae
Género	<i>Rhodomonas</i> 191
<i>Phylum</i> Euglenophyta	
Clase	Euglenophyceae
Orden	Euglenales
Familia	Euglenaceae
Género	<i>Euglena</i> 193

GÉNERO *ARTHROSPIRA*

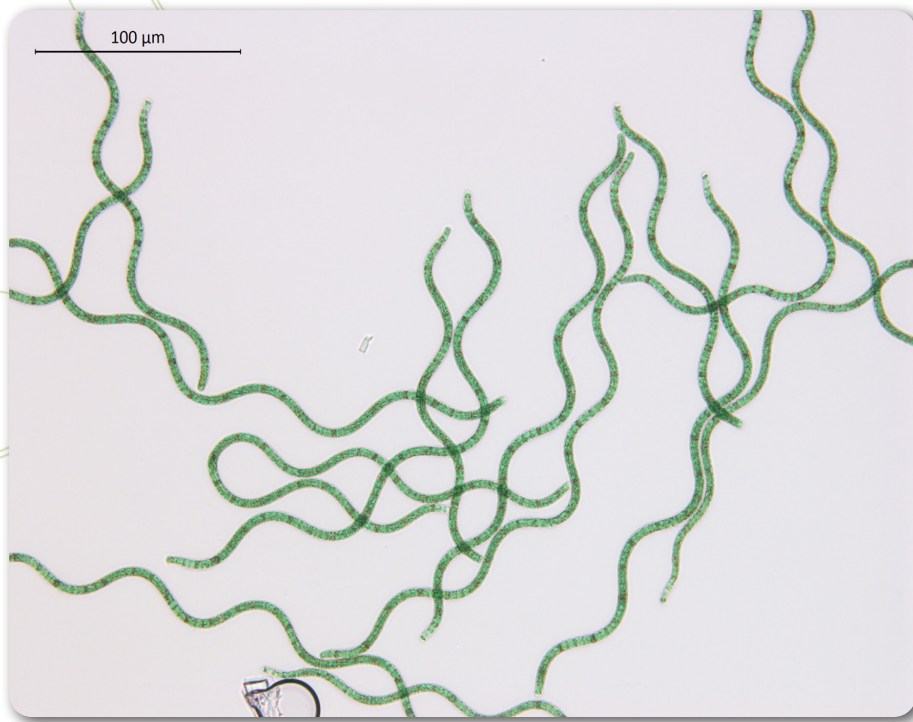


Figura 80. *Arthrospira platensis* (Fotografía: BEA).

Especies de relevancia en España

Se han descrito 2 especies con relevancia para el género *Arthrospira*:

A. maxima y *A. platensis* (Fig. 80).

Cultivo

La producción de *Arthrospira* se lleva a cabo principalmente en estanques que pueden contener entre 400 y 1.000 m³ según la profundidad adoptada, pudiendo variar entre 15 y 40 cm dependiendo de la densidad de las algas y de la composición bioquímica deseada del producto final (Shimamatsu, 2004; Belay, 2008). La composición química del medio de cultivo es similar a la utilizada para los cultivos de laboratorio (medio de Zarrouk) con alto contenido de NaHCO₃ (16,8 g L⁻¹), K₂HPO₄ (0,5 g L⁻¹) y KNO₃ (2,5 g L⁻¹), manteniendo el pH entre 9,5 y 10,3 mediante el suministro de CO₂ artificial. La alta alcalinidad y el alto pH representan una eficiente barrera contra la contaminación por otras microalgas, permitiendo el mantenimiento de un cultivo unialgal en estanques abiertos.

Los cultivos se operan según un régimen semicontinuo donde se mantiene una concentración celular constante en los estanques, generalmente en el rango de 400 a 600 mg L⁻¹ de peso seco, mediante la recolección diaria de biomasa que haya crecido durante las últimas 24 h. Sin embargo, una concentración por debajo de 100 mg L⁻¹ de peso seco puede hacer que las células sean susceptibles a la fotoinhibición (Vonshak y Guy, 1992; Torzillo *et al.*, 1998).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Espirulina se utiliza en Japón y Taiwán como pienso para peces de acuario, mientras que en Estados Unidos para mejorar el color, acelerar el crecimiento y maduración sexual de canarios y aves exóticas (Saxena *et al.*, 1983). Los criadores de ganado y caballo afirman que al agregar espirulina al pienso aumenta la cantidad de espermatozoides en los machos y la fertilidad en las hembras aumenta (Henrikson, 1994). Peces como el rohu (*Labeo rohita*), mostraron un mayor crecimiento después de ser alimentados con espirulina (Nandeeshia *et al.*, 2001). En los pollos, la espirulina aumenta la función del sistema fagocítico mononuclear mejorando así su resistencia a las enfermedades (Albatshan *et al.*, 2001).

Alimentación y nutrición

El uso de algas, particularmente "Spirulina" (*Arthrospira*), como alimento funcional se propuso desde hace algunas décadas debido a que estos alimentos no sólo son fuentes alimentarias de alta densidad proteica, sino que también ofrecen un perfil de aminoácidos de alto valor biológico. Además, espirulina provee ácidos grasos esenciales (p. ej., el gamma linoléico), concomitante con un bajo aporte de ácidos nucleicos. También tiene un contenido excepcionalmente alto de vitamina B12. Además es considerada una buena fuente de betacaroteno, hierro, calcio y fósforo. Más aún, se ha demostrado que espirulina tiene una buena aceptación organoléptica, lo que le confiere un gran potencial para considerarse como suplemento nutricional y, finalmente, no se han reportado toxicidades crónicas ni agudas, haciéndola segura para el consumo humano (Gutiérrez-Salmeán *et al.*, 2015). En México, la espirulina se utiliza para enriquecer dulces. En Australia y Nueva Zelanda se comercializan bebidas de esta sustancia. En Japón, India y Singapur galletas enriquecidas con espirulina se venden especialmente a mujeres embarazadas, niños y ancianos. Además, en países como Suecia y Francia se vende productos como un pan bajo en calorías enriquecido con espirulina, y un paté de verduras, elaborado también con esta (Henrikson, 1994).

Cosmética y cosmeceútica

Se producen productos para la piel, productos para el cuidado, champús, tintes, jabones, mascarillas, cremas y tónicos que contienen esta microalga (Henrikson, 1994).

Farmacéutica

Los estudios han demostrado que el consumo de espirulina durante 4 semanas reduce los niveles de colesterol en los seres humanos en un 4,5% (Henrikson, 1994) y reduce significativamente el peso corporal después de cuatro semanas (Becker *et al.*, 1986). Además, la suplementación con espirulina en una dosis de 1 g diario tiene potentes efectos hipolipidémicos, especialmente sobre la concentración de triglicéridos en pacientes ambulatorios cretenses dislipidémicos (Mazokopakis *et al.*, 2013).

A su vez, el caroteno encontrado en ellas, es una de las sustancias más eficaces para contrarrestar aquellos radicales libres que alteran las células y son precursoras de cáncer (Fedkovic *et al.*, 1993). Estudios en La Facultad de Medicina Dental de la Universidad de Harvard encontraron una reducción en el cáncer de boca cuando se utilizaron los extractos de carotenos extraídos de espirulina (Schwartz y Shklar, 1987; Schwartz *et al.*, 1988). Un extracto

de polisacáridos sulfatados, llamado Calcio-Espirulano (Ca-SP), obtenido de espirulina, mostró actividad contra el HIV "Herpes Simplex Virus", Citomegalovirus Humano, Virus de la influenza A, "Measles Virus" y "Mumps Virus". (Henrikson, 1994; Hayashi, 1996b). Además, la espirulina reduce también el daño hepático debido al abuso de fármaco y exposición a metales pesados (Richmond, 1986; González, *et al.*, 1999).

Biorremediación

El cultivo de espirulina en aguas residuales demostró la posibilidad de utilizar estas microalgas para la eliminación de fósforo, produciendo a su vez biomasa (Mezzomo *et al.*, 2010).

GÉNERO *HALOCHLORELLA*



Figura 81. *Halochlorella rubescens* (Fotografía: BEA).

Especies de relevancia en España

Se ha descrito 1 especie con relevancia para el género *Halochlorella*:

Halochlorella rubescens (Fig. 81).

Cultivo

Estos cultivos se realizan a partir de la reproducción asexual por autosporas (2-4-8 por esporangio) y liberadas por ruptura de la pared celular parental. Se desconoce la multiplicación celular mediante reproducción sexual ni formas morfológicas flageladas. El envejecimiento de los cultivos hace que tornen a una coloración rojiza.

A pesar de ser cultivada principalmente en agua dulce, hay cepas marinas halotolerantes, con resistencia a alta concentración de NaCl. Se cultivan fácilmente empleando medios salinos en diversos tipos de fotobiorreactores (tubulares, *raceways*, *thin-layer*, etc.) (Shi *et al.*, 2014; Lavanya *et al.*, 2022). Los medios de cultivo que se han empleado para su crecimiento son variados, tanto de agua dulce como de agua de mar: ASP-12 (BEA), ASP-H (CCAP), ESP(SAG), Waris-H.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

En la producción de piensos para la alimentación acuícola (Ritu *et al.*, 2022).

Biorremediación

Empleo en cultivos con aguas residuales urbanas (primarias y secundarias) (Shi *et al.*, 2014; Lv *et al.*, 2019).

Otros usos industriales

Se está investigando sobre la acumulación de carotenoides, de composición dependiente de la cepa y condiciones de cultivo: -caroteno, astaxantina y canthaxantina (Jo *et al.*, 2020; Chekanov, 2023). También tienen un alto potencial en la producción de lípidos y ácidos grasos (Lv *et al.*, 2019; Jo *et al.*, 2020; Lavanya *et al.*, 2022).

GÉNERO *TETRASELMIS*

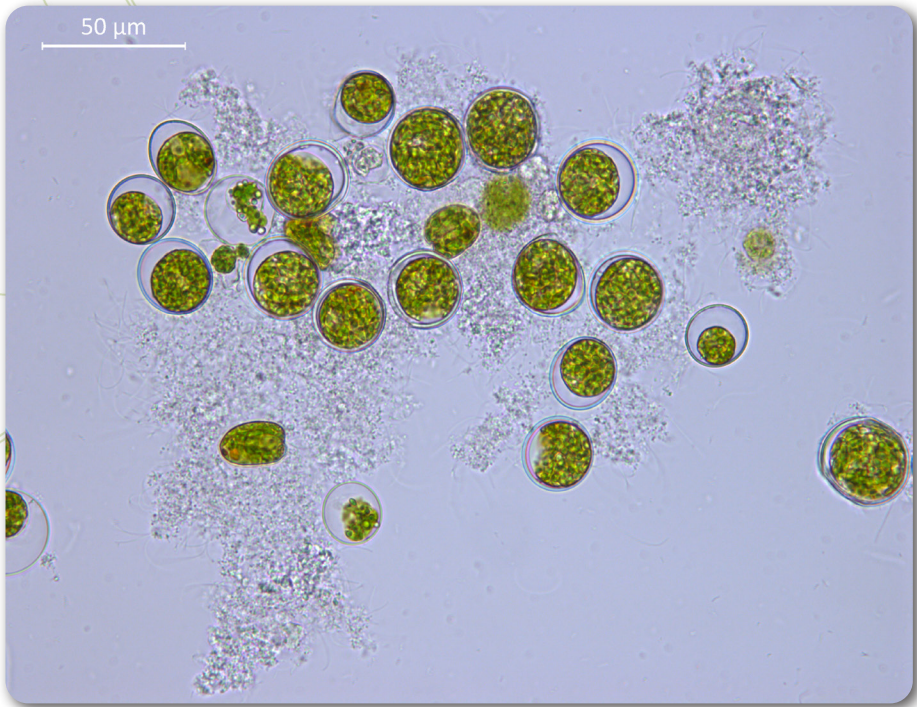


Figura 82. *Tetraselmis* sp. (Fotografía: BEA).

Especies de relevancia en España

Se han descrito 12 especies con relevancia para el género *Tetraselmis*:

T. convolutae, *T. fontiana*, *T. marina*, *T. arnoldii*, *T. bolosiana*, *T. cordiformis*, *T. gracilis*, *T. subcordiformis*, *T. striata*, *T. tetrathele*, *T. contracta* y *T. hazenii*.

Cultivo

Esta microalga unicelular flagelada presenta una morfología característica; consisten en células más o menos comprimidas, a menudo ligeramente curvadas, casi esféricas. En su extremo anterior muestran una invaginación, con 4 flagelos iguales en 2 pares opuestos, y contienen un único cloroplasto y un solo ocelo, cuya posición depende de la especie. Las especies de *Tetraselmis* difieren en la forma de la célula, el tamaño, la presencia o ausencia de pirenoides, la morfología del cloroplasto, etc.

Presentan división asexual en una etapa no móvil, donde se desarrollan 2 células hijas y nuevas paredes celulares. En varias especies también se han observado cistos vegetativos de paredes gruesas que germinan mediante la división en 4 células. No se ha observado reproducción sexual.

Se conocen especies marinas, eurihalinas y de agua dulce, así como puede aparecer en ambientes hiper salinos (Arora *et al.*, 2013). Algunas especies de *Tetraselmis* se encuentran en el plancton, otras son bentónicas, colonizan la arena, y algunas actúan como endosimbiontes en metazoos (Androuin *et al.*, 2020).

Varias especies de *Tetraselmis* han sido utilizados como organismos modelo para estudios fisiológicos y bioquímicos, así como para el estudio de mecanismos de supervivencia y adaptación a diversas condiciones, como diferentes salinidades; estudios sobre tolerancia a la sal y regulación osmótica, o en investigación sobre bombas de membrana que regulan el flujo iónico (Adarme-Vega *et al.*, 2014).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Alimentación para el cultivo de copépodos, rotíferos, anfípodos, isópodos (Koyande *et al.*, 2019).

Alimentación y nutrición

Empleo de *T. chuii* como suplemento nutricional o como agente aromatizante de mariscos (Caporgno y Mathys, 2018). También se ha llevado estudios por su utilidad como suplementos nutricionales, a partir de especies que no han sido aun comercializadas, por su elevado contenido en moléculas bioactivas y antioxidantes, así como un elevado nivel proteico (Batista *et al.*, 2019; Fatima *et al.*, 2023).

Farmacéutica

Como fuente de vitamina B1 (tiamina), vitamina B3 (ácido nicotínico), vitamina B5 (ácido pantoténico), vitamina B6 (piridoxina) y vitamina C (ácido ascórbico) y propiedades antiinflamatorias (Batista *et al.*, 2019; Koyande *et al.*, 2019).

GÉNERO *DUNALIELLA*

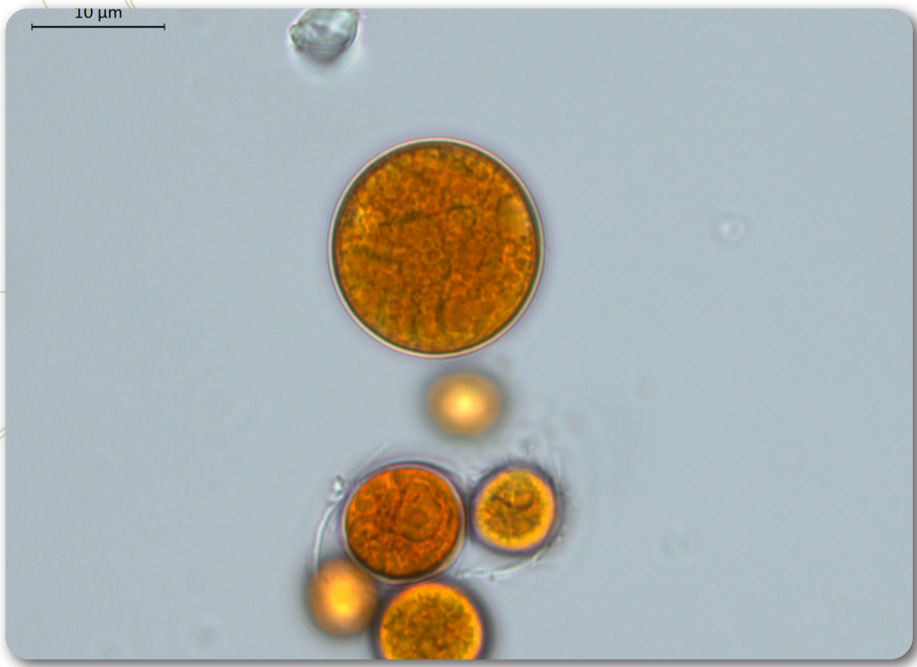


Figura 83. *Dunaliella salina* (Fotografía: BEA).

Especies de relevancia en España

Se han descrito 3 especies con relevancia para el género *Dunaliella*:

D. viridis, *D. salina* (Fig. 83), *D. tertiolecta*.

Cultivo

Dunaliella tiene la ventaja de ser capaz de prosperar en ambientes con altas concentraciones de NaCl, haciendo factible el cultivo en estanques abiertos, así como biorreactores cerrados. Sin embargo, en todos los sistemas de cultivo de *D. salina* se requieren agregar algunos nutrientes y ajustar algunos factores fisiológicos limitantes para un crecimiento óptimo y para dar lugar a la carotenogénesis. En los estanques abiertos, la única fuente de luz es la luz solar, mientras que en los fotobiorreactores la luz puede proporcionarse mediante el uso de lámparas fluorescentes blancas. El óptimo para la fotosíntesis se encuentra en un rango de $100 - 300 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (Cifuentes *et al.*, 1995). El crecimiento y la síntesis de carotenoides responden de manera distinta a diferentes calidades y cantidades de luz. La temperatura óptima para el crecimiento de *Dunaliella* es alrededor de 32°C con un óptimo entre 25°C y 35°C según los estudios realizados por Ben-Amotz (1995). Las especies de *Dunaliella* tienen un amplio rango de tolerancia al pH, estando el óptimo entre 9 y 11. La mejor fuente de nitrógeno para *D. salina* es el nitrato, para el fósforo los mejores resultados se obtienen con KH_2PO_4 o NaH_2PO_4 . Este género necesita también altas concentraciones de sulfato para un crecimiento máximo (Ben-Amotz *et Avron*, 1989a). Otros elementos necesarios para un buen crecimiento de *D. salina* son K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- , Na^+ y hierro quelado (Ben-Amotz y Avron, 1983).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Los carotenoides tienen propiedades antioxidantes y han dado como resultado importantes aplicaciones industriales (Lamers *et al.*, 2008). El β -caroteno procedente de *Dunaliella* se utiliza en suplementos dietéticos para humanos y animales (Borowitzka y Borowitzka, 1989; Pulz y Gross, 2004). La adición en la alimentación animal de este pigmento mejora tanto el color de la carne del pescado y la yema de los huevos, como la salud y fertilidad del ganado alimentado con cereales (Borowitzka y Borowitzka, 1988b). Debido a esta característica, el polvo de *Dunaliella* es utilizado como piensos para la acuicultura para gambas y otras especies al contener entre el 2% y 5% de β -caroteno. (Ben-Amotz y Avron, 1990; Ben-Amotz, 1993).

Alimentación y nutrición

Actualmente se encuentra disponible una amplia gama de productos con β -caroteno de *Dunaliella*, por ejemplo, una solución con 30% de aceite utilizada como alimento colorante para margarina y suplementos dietéticos, o una emulsión en bebidas rica en β -caroteno. (Ben-Amotz y Avron, 1990; Ben-Amotz, 1993).

Biocombustible

En las últimas décadas, se han considerado las microalgas para la producción de biocombustibles, especialmente biodiesel (Huntley y Redalje, 2007). Propiedades como el crecimiento rápido y la alta acumulación de aceites (superando el 80% en peso de biomasa seca) hacen de las microalgas una fuente potencial atractiva de biodiésel, pudiendo sustituir así al diésel fósil (Chisti, 2007).

Cosmética y cosmeceútica

Debido a su alto contenido de betacaroteno, un potente antioxidante, se han realizado muchos productos de cosmética, como cremas antienvjecimiento, cremas solares, sérum y capsulas.

Farmacéutica

Se ha demostrado que los preparados de β -caroteno inhiben o previenen varios tipos de tumores en humanos y animales, incluidos los cánceres de piel como el melanoma (Comstock *et al.*, 1991), los cánceres epidermoides de cabeza y cuello (Shklar *et al.*, 1989), los cánceres del sistema gastrointestinal (Stich *et al.*, 1988), los carcinomas de glándulas secretarias como el páncreas (Woutersen y Garderen-Hoetmer, 1988) y el cáncer de mama (Basu *et al.*, 1989). Parece que estos efectos terapéuticos del β -caroteno, como los de otros carotenoides, puede estar relacionado con su capacidad protectora contra radicales libres potencialmente dañinos y efectos estimulantes sobre el sistema inmunológico (Ben-Amotz, 1996; Gotz *et al.*, 1999). Además, el betacaroteno de *D. salina* se emplea en la fabricación de suplementos nutricionales destinados a mejorar la salud ocular.

Otros usos industriales

El glicerol es una importante sustancia química orgánica comercial que se ha utilizado en las industrias cosmética, farmacéutica y alimentaria (Craigie y McLachlan, 1964). En condiciones apropiadas (principalmente alta salinidad), *Dunaliella* puede acumular glicerol hasta el 50% de su peso seco (Ben-Amotz y Avron, 1980, 1990).

A su vez, *D. salina* también mostró buena actividad antimicrobiana contra varios microorganismos de importancia para la alimentación incluyendo *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* y *Aspergillus niger* (Herrero *et al.*, 2006a).

GÉNERO *PORPHYRIDIUM*

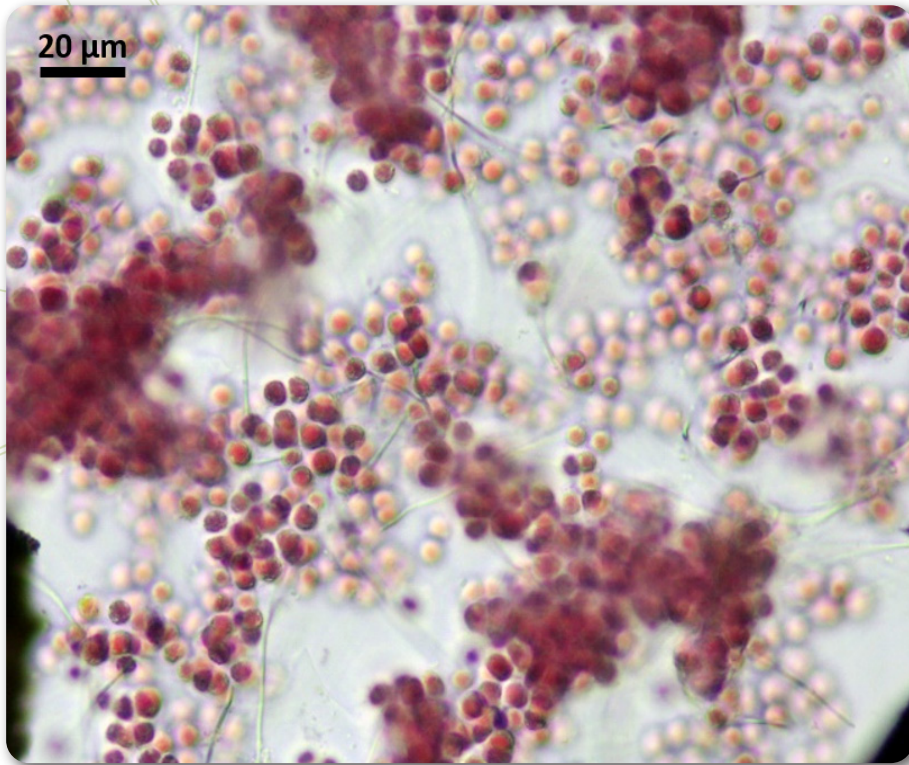


Figura 84. *Porphyridium* sp. o *Porphyridium purpureum* (Fotografía: BEA).

Especie de relevancia en España

Se ha descrito 1 especie con relevancia para el género *Porphyridium*:

Porphyridium purpureum.

Cultivo

Se trata de organismos unicelulares con forma esférica/ovoide con cloroplastos de forma estrellada cuyo color difiere entre especies. El diámetro de la célula es de 5-16 µm según su fase. Las células son solitarias, pero a menudo se agrupan en colonias irregulares con una matriz mucilaginoso. Las células en fase estacionaria tienen un cloroplasto reducido, almidón abundante, glóbulos lipídicos y paredes fibrilares gruesas.

Pueden entrar en estado de reposo durante periodos prolongados de oscuridad.

Las especies de *Porphyridium* varían en su tolerancia a las fluctuaciones de salinidad. Algunas especies se encuentran principalmente en agua dulce mientras que otras, como *P. purpureum*, crecen bien en agua de mar. Forman recubrimientos gelatinosos en superficies en ambientes de agua dulce, salobre y marinos, así como en suelos húmedos.

Usos conocidos y potenciales

Farmacéutica

En aplicaciones médicas a partir de los carotenoides, conocidos antioxidantes que también pueden contrarrestar muchos trastornos, desde la diabetes tipo 2 hasta enfermedades degenerativas o el cáncer.

A su vez, Los EPS sulfatados tienen una estructura química que les confiere propiedades reológicas particulares y actividades biológicas, como antimicrobiana, antiinflamatoria, hipocolesterolemiantes, antiviral y actividad protectora para la piel (Dvir *et al.*, 2009; Huheihel *et al.*, 2002; Mišurcová *et al.*, 2012; Xiao y Zheng, 2016).

Otros usos industriales

Es un género popular para estudios bioquímicos y fisiológicos. Producen monómeros de interés como D-xilosa, ácido D-glucurónico, D-glucosa y galactosa. Algunas especies contienen C-ficocianina (PC), aloficocianina (APC), ficoeritrina (PE), b-Pe, R-PC y APC. La PE (ficoeritrina), es la principal proteína que se encuentra en *P. cruentum*, teniendo un buen valor en el mercado por diversas razones (Liberti *et al.*, 2023). Entre ellas en aplicaciones biomédicas y moleculares debido a su fluorescencia natural, como colorante en alimentos y cosméticos, y como antioxidante.

También hay especies productoras de ácido eicosapentaenoico como principal ácido graso poliinsaturado, así como ácido araquidónico bajo condiciones de estrés.

GÉNERO *RHODOSORUS*

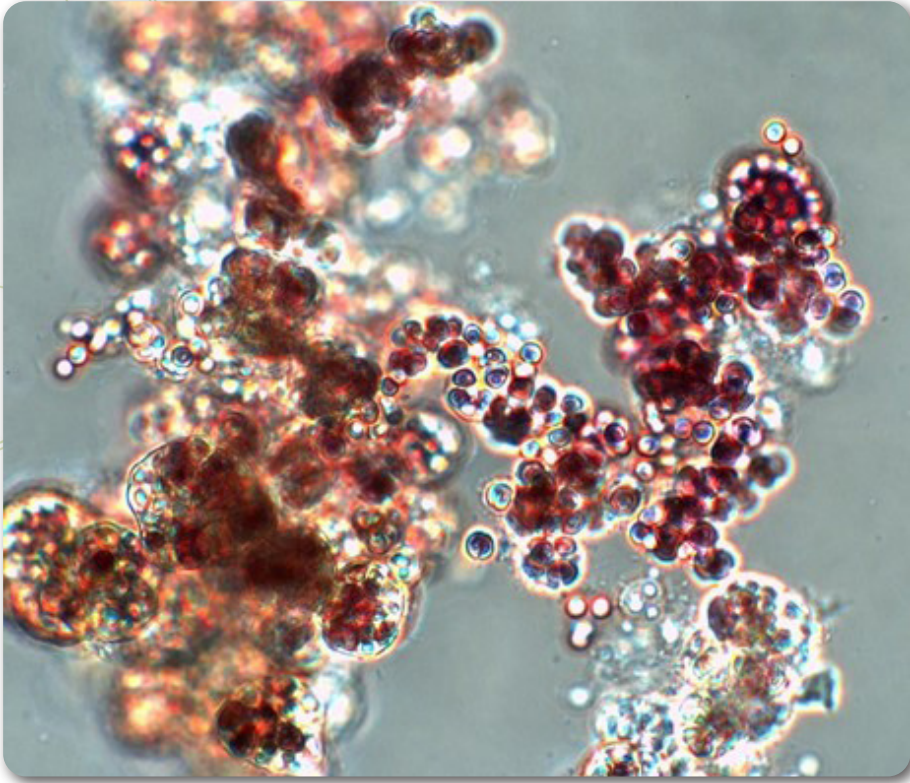


Figura 85. *Rhodosorus marinus* (Fotografía: BEA).

Especie de relevancia en España

Se ha descrito 1 especie con relevancia para el género *Rhodosorus*:

R. marinus (Fig. 85).

Cultivo

La distribución actual de *Rhodosorus* indica que estas algas rojas unicelulares marinas habitan predominantemente en aguas cálidas y costeras en todo el mundo (Krayesky-Self *et al.*, 2020). Suelen crecer de forma epifita en la superficie de las algas. Hasta donde se sabe, la reproducción es solo por división celular. Para su cultivo se han empleado fotobiorreactores tubulares a escala laboratorio (Wang *et al.*, 2022a, 2022b) así como en reactores tubulares y tipo *raceway* a escala piloto en las instalaciones del Banco Español de Algas.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación y nutrición

Como alimentos funcionales a partir de la producción de polisacáridos (Wang *et al.*, 2023).

Farmacéutica

Algunos polisacáridos únicos aislados de rodofitas se han considerado componentes bioactivos importantes y demuestran actividad antidiabética, antioxidante, hipolipidémica, antitumoral, anticoagulante e inmunomoduladora (Wang *et al.*, 2023) Según la investigación de Dai *et al.*, (2020), *Rhodorus* sp. pertenece a la división Rhodophyta y posee un enorme potencial como buenos recursos de polisacáridos.

Cosmética y cosmeceútica

Por la presencia de polisacáridos se puede utilizar como emulsionante en cosmética (Wang *et al.*, 2023).

Biocombustible

Se han realizado estudios en los que se ha comprobado su aptitud para su uso como biocombustibles y recurso bioenergético (Dai *et al.*, 2020).

GÉNERO *MICROCHLOROPSIS*

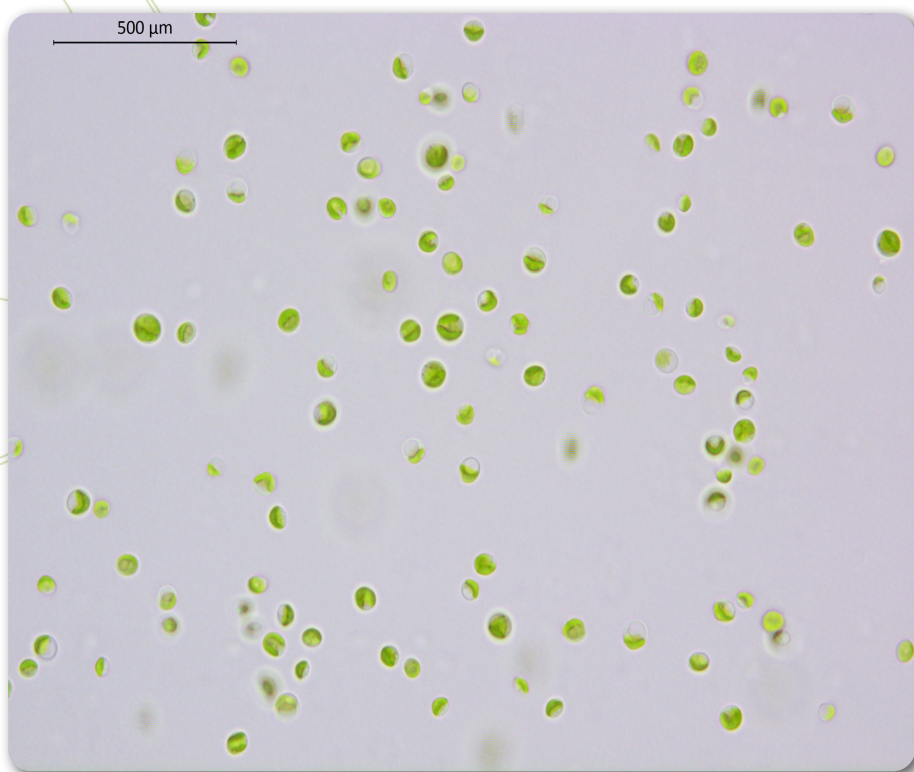


Figura 86. *Microchloropsis gaditana* (Fotografía: BEA).

Especies de relevancia en España

Se ha descrito una especie con relevancia para el género *Microchloropsis*:

M. gaditana (Fig. 86).

Cultivo

En el estudio de Budisa *et al.*, (2019), el alga marina *Microchloropsis gaditana* se ha cultivado a pH 8,3 en agua de mar filtrada a través de 0,2 μm, enriquecida con el medio f/2 de Guillard sin silicato, con una salinidad de 35 PSU. Estos cultivos fueron llevados a cabo a una temperatura de 25 ± 1 ° C, utilizándose luz blanca a $70 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{s}^{-1}$ con ciclo luz/oscuridad de 14 h/10 h.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

La microalga *M. gaditana*, puede estimular ciertas actividades del sistema inmunológico de la dorada y afectar a la expresión de genes relacionados con el sistema inmunológico. Además, no se observaron efectos negativos significativos tras la administración de la microalga (Cerenzuela *et al.*, 2012).

Por el valor nutricional, relacionado con la composición bioquímica, hace que *Microchloropsis* sea muy apreciada para alimentar rotíferos y criaderos de peces (Rocha *et al.*, 2003).

Alimentación y nutrición

Se ha añadido la microalga *M. gaditana*, con o sin pretratamiento con etanol, a productos como el pan a un nivel de sustitución de harina de trigo del 12%, para enriquecer de este modo la proteína del pan en un 30% (Qazi *et al.*, 2021).

Biorremediación

M. gaditana podría ser adecuada para la biorremediación de aguas residuales industriales pobres en fósforo debido a los menores costos de producción de su biomasa con el alto contenido de lípidos de buena calidad para la producción de biodiesel (Budisa *et al.*, 2019).

Farmacéutica

Microchloropsis está siendo de particular interés por la combinación de diferentes compuestos activos (carotenoides, polifenoles, tocoferoles, poliaminas) en asociación con un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, especialmente el ácido eicosapentaenoico. Además, es una buena fuente de vitamina E, folato y vitamina B12 (Zanella y Vianello, 2020).

Entre los carotenoides, se encuentran algunas xantofilas escasamente disponibles en las plantas superiores, entre ellas, la zeaxantina, un componente importante de la mácula retiniana, pudiendo ser útil para la prevención de patologías degenerativas que afectan al ojo (Ma *et al.*, 2016a, 2016b). A su vez, el complejo xantofilo puede contribuir a la protección del sistema cardiovascular (Ricconi, 2009; Sommerburg *et al.*, 1999). Por último, además de poseer una actividad antioxidante, modulan el transcriptoma celular y regulan algunos puntos clave de la cascada enzimática implicada en la respuesta inflamatoria (Berthon *et al.*, 2017, Muthuirulappan y Francis, 2013).

GÉNERO *CHRYSOREINHARDIA*

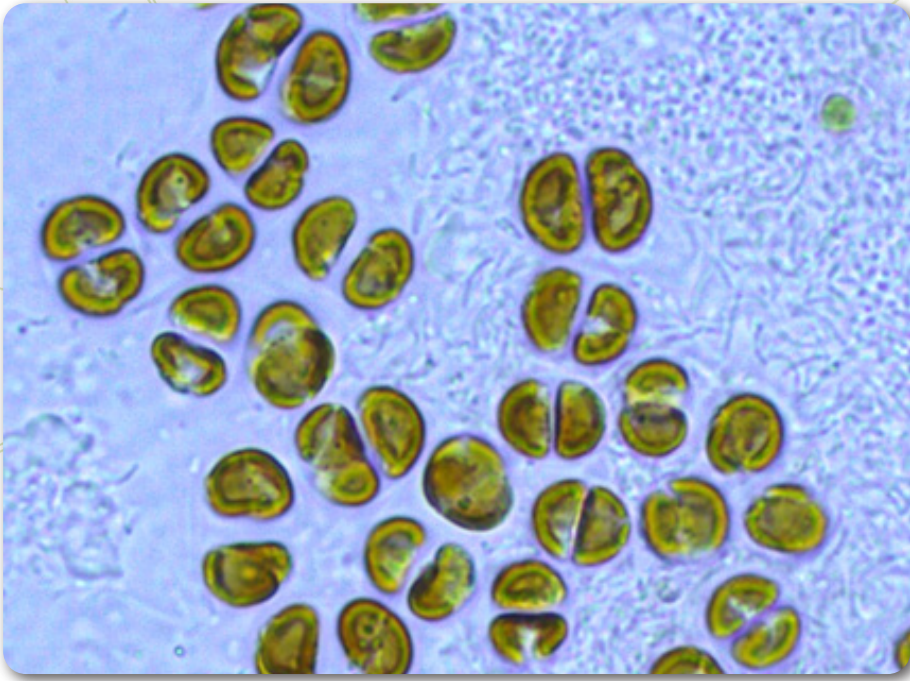


Figura 87. *Chrysoreinhardia giraudyi* (Fotografía: BEA).

Especie de relevancia en España

Se ha descrito 1 especie con relevancia para el género *Chrysoreinhardia*:

C. giraudyi (Fig. 87).

Cultivo

Esta es una microalga marina que crece formando colonias, a menudo adhiriéndose para formar grupos irregulares. También se da la formación de zoosporas con 2 flagelos (Han *et al.*, 2018). No se ha registrado reproducción sexual en cultivo. Para su cultivo, se emplean medios tales como L1 (BEA) o ASP-12 (CCAC).

Usos conocidos y potenciales

Actualmente no hay publicaciones donde referencien potenciales usos ya que se trata de un género de reciente estudio. Se están realizando investigaciones para el análisis de crecimiento en distintos tipos de fotobiorreactores y medios de cultivo (Clagnan *et al.*, 2022) así como la evaluación de su composición.

GÉNERO *RHODOMONAS*



Figura 88. *Rhodomonas lens* (Fotografía: BEA).

Especies de relevancia en España

Se han descrito 2 especies con relevancia para el género *Rhodomonas*:

R. lens (Fig. 88), *R. cf. salina* y *R. pusilla*.

Cultivo

Estas son microalgas de desplazamiento libre, con generalmente una forma ovoide y dos flagelos. El cloroplasto, en su interior, alberga la ficoeritrina y exhibe una variabilidad de colores que va desde el rojo-marrón hasta el amarillo, e incluso, en ocasiones, se torna verde en células maduras. La reproducción se lleva a cabo mediante un sencillo proceso de división celular, y es común la formación de colonias palmeloides, donde ocurre con frecuencia la división celular. Sin embargo, hasta el momento, no se han documentado quistes ni procesos de reproducción sexual en este género.

Es un organismo cosmopolita y aunque suele ser común, raramente llega a ser abundante. Se encuentra principalmente en aguas marinas y salobres, y se conocen dos especies que habitan en aguas dulces en Europa. Su identificación bajo el microscopio es relativamente sencilla, y las especies de *Rhodomonas* pueden ser cultivadas con facilidad. Sin embargo, su cultivo a larga escala ha sido poco desarrollado.

Debido a su relativa facilidad de cultivo ha motivado que sea un género objeto de interés frecuente en la investigación científica (Xie *et al.*, 2021).

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Se utiliza principalmente como alimento para la producción de copépodos, un alimento vivo en acuicultura. Se ha demostrado que *Rhodomonas* sp. aumenta la producción de huevos, el crecimiento y la tasa de supervivencia de los copépodos. (Støttrup y Jensen, 1990; Oostlander *et al.*, 2020).

Entre otros estudios, cabe destacar los realizados por su alto contenido en ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) (Støttrup y Jensen, 1990; Knuckey *et al.*, 2005).

Farmacéutica

En aplicaciones médicas, por su elevada producción de ficoeritrina, una proteína que presenta varios efectos biológicos según su fuente de procedencia, pudiendo emplearse, por ejemplo, como tinte biológico, o presentar actividad antioxidante, citotóxica, etc. (Patel *et al.*, 2018; Zhao *et al.*, 2023).

GÉNERO *EUGLENA*

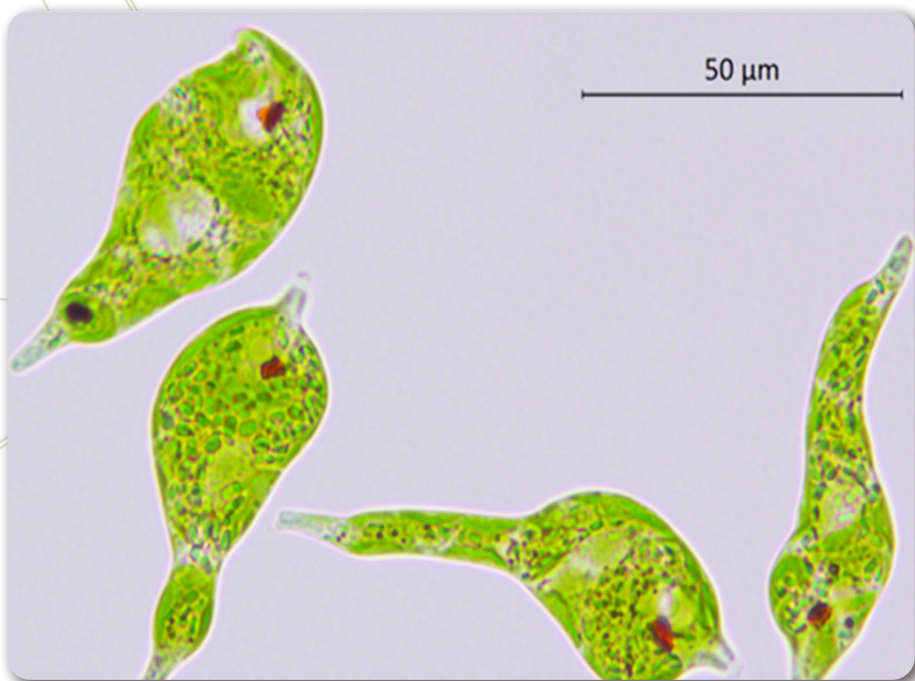


Figura 89. *Euglena agilis* (Fotografía: BEA).

Especies de relevancia en España

Se han descrito 6 especies con relevancia para el género *Euglena*:

E. adhaerens, *E. cantábrica*, *E. sanguinea*, *E. agilis*, *E. deses* y *E. gracilis* (Fig. 89).

Cultivo

Estas son microalgas flageladas verdes con células alargadas, ovoides o fusiformes, que tienen un ocelo rojo anaranjado característico que contiene β -caroteno. Son fotoautótrofas, y algunas son heterótrofas facultativas. Algunas especies forman quistes mucilaginosos o palmelas.

Las especies de *Euglena* son predominantemente organismos de agua dulce de distribución mundial, encontrándose también especies salobres. También se han registrado algunas especies que provienen del mar abierto.

Para su cultivo, se emplean medios tales como Waris-H o BG-11. Algunas especies se pueden cultivar axénicamente en medios no definidos como el extracto de carne al 0,2%; *E. gracilis* crece fototróficamente o heterotróficamente en acetatos, ácidos orgánicos, alcoholes o azúcares, con vitamina B12.

Usos conocidos y potenciales

Alimentación animal

Diversos estudios han demostrado que la biomasa de *Euglena* puede mejorar la inmunidad, la resistencia a enfermedades, el equilibrio oxidativo y la condición metabólica en peces y bivalvos (Kottuparambil *et al.*, 2019).

Alimentación y nutrición

En Japón y países asiáticos, *Euglena* se comercializa como suplementos alimentarios, en bebidas productos cosméticos (www.euglena.jp).

Debido a su producción de antioxidantes, como el β -caroteno, el ácido l-ascórbico y el α -tocoferol, la *Euglena* tiene un alto valor nutricional. Las células de *Euglena* contienen ácidos grasos nutricionalmente importantes, como el ácido docosahexaenoico (DHA), el ácido eicosapentaenoico (EPA) y vitaminas (Heird, 1998; Takeyama *et al.*, 1997).

Biocombustible

Gran acumulación de lípidos con predominancia de ésteres metílicos de C16 (42%) y C18 (50%), destacando sus propiedades de biocombustible similares a los aceites vegetales. Entre los ésteres metílicos de ácidos grasos, se encuentran mayores cantidades de ácido palmítico, linolénico y linoleico, para un potencial empleo en la producción de biodiesel (Inui *et al.*, 2017).



REFERENCIAS

- Abboud, Y., Saffaj, T., Chagraoui, A., El Bouari, A., Brouzi, K., Tanane, O., Ihssane, B. (2014). Biosynthesis, characterization and antimicrobial activity of copper oxide nanoparticles (CONPs) produced using brown alga extract (*Bifurcaria bifurcata*). *Applied Nanoscience*, 4(5), 571-576. <https://doi.org/10.1007/s13204-013-0233-x>
- Abdel-Raouf, N., Al-Enazi, N. M., Ibraheem, I. B. M., Alharbi, R. M., Alkhulaifi, M. M. (2019). Biosynthesis of silver nanoparticles by using of the marine brown alga *Padina pavonica* and their characterization. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(6), 1207-1215. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.01.007>
- Aboal, M. (1990). Aportación al conocimiento de las algas epicontinentales del S.E. de España. VI. Dinofíceas (Dinophyceae Fritsch. 1927) y Euglenofíceas (Euglenophyceae Schoenichen, 1925). *Acta Botanica Malacitana*, 15, 11–18.
- Abou-Gabal, A. A., Mohamed, A. A., Aboul-Ela, M. H., Khaled, A. A., Aly, M. H., Abdullah, I. M., Shalaby, K. O., (2023). DNA barcoding of marine macroalgae as bioindicators of heavy metal pollution. *Marine Pollution Bulletin*, 189. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2023.114761>
- Abreu, M. T., Ribeiro, A. N., Chaves, V. H., Jorge, B. J. R., Bezerra, M. M., Monteiro, A. S. H., Vasconcelos, M. I., Mota, F. É., Benevides, B. M. N. (2016). Antinociceptive and Anti-inflammatory Activities of the Lectin from Marine Red Alga *Soliera filiformis*. *Planta medica*, 82(07), 596-605. [10.1055/s-0042-101762](https://doi.org/10.1055/s-0042-101762)
- Acharya, D., Satapathy, S., Somu, P., Parida, U. K., Mishra, G. (2021). Apoptotic effect and anticancer activity of biosynthesized silver nanoparticles from marine algae *Chaetomorpha linum extract against human colon cancer cell HCT-116*. *Biological Trace Element Research*, 199(5), 1812-1822. <https://doi.org/10.1007/s12011-020-02304-7>
- Adarme-Vega, T. C., Thomas-Hall, S. R., Lim, D. K. Y., Schenk, P. M. (2014). Effects of Long Chain Fatty Acid Synthesis and Associated Gene Expression in Microalga *Tetraselmis* sp. *Marine Drugs*, 12(6), 3381–3398. <https://doi.org/10.3390/md12063381>
- Adrien, A., Bonnet, A., Dufour, D., Baudouin, S., Maugard, T., Bridiau, N. (2017). Pilot production of ulvans from *Ulva* sp. and their effects on hyaluronan and collagen production in cultured dermal fibroblasts. *Carbohydrate Polymers*, 157, 1306-1314. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.11.014>
- Afonso, C., Correia, P. A., Freitas, V. M., Mougá T., Baptista, T. (2021). *In Vitro* Evaluation of the Antibacterial and Antioxidant Activities of Extracts of *Gracilaria gracilis* with a View into Its Potential Use as an Additive in Fish Feed. *Applied sciences*, 11(14), 6642. <https://doi.org/10.3390/app11146642>
- Afonso-Carrillo, J. (2014). Lista actualizada de las algas marinas de las islas Canarias. *Sociedad Española de Ficología (SEF)*, 1–64.
- Afonso-Carrillo, J., Ocaña, Ó., Ballesteros, E. (2016). Massive proliferation of a dictyotalean species (Phaeophyceae, Ochrophyta) through the Strait of Gibraltar. *Revista de la Academia Canaria de Ciencias*, XXVIII, 165-170. <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/26291>
- Agbaje-Daniels, F., Adeleye, A., Bola, A., Francis, S., Beukes, D., Nwankwo, D. (2020). Antibacterial activities of selected green seaweeds from West African coast. *EC PHARMACOLOGY AND TOXICOLOGY* (8.4), 84-92.
- Agbaje-Daniels, F., Babalola, A., Akintayo, I., Adeleye, A., Beukes, D. (2017). Evaluation of antibacterial activity of *Bryopsis pennata* and *Chaetomorpha antennina* against multidrug resistant *Morganella morganii* and *Salmonella* species isolated from healthy individuals. *Journal of Pharmaceutical Research International*, 18(4), 1-7. <https://doi.org/10.9734/JPRI/2017/35924>
- Aken, M.E., Griffin, N.J., Robertson, B.L. (1993). Cultivation of the agarophyte *Gelidium pristoides* in Algoa bay South-Africa. *Hydrobiologia* 268. <https://doi.org/10.1007/BF00014052>

- Akköz, C., Arslan, D., Ünver, A., Özcan, M., Yılmaz, B. (2011). Chemical composition, total phenolic and contents of *Enteromorpha intestinalis* (L.) Kütz and *Cladophora glomerata* (L.) Kütz. *Journal of Food Biochemistry*, 35(2), 513-523. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00399.x>
- Al Monla, R. M., Zeina, T. D., Hala, G.-M., Hiba, R. M. (2020). Chemical analysis and biological potentials of extracts from *Colpomenia sinuosa*. *Pharmacognosy Research*, 12(3). https://doi.org/10.4103/pr.pr_91_19
- Al Monla, R., Dassouki, Z., Sari-Chmayssem, N., Mawlawi, H., Gali-Muhtasib, H. (2022). Fucoidan and alginate from the brown algae *Colpomenia sinuosa* and their combination with Vitamin C trigger apoptosis in colon cancer. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(2), 358. <https://doi.org/10.3390/molecules27020358>
- Alam, M. A., Parra-Saldivar, R., Bilal, M., Afroze, C. A., Ahmed, M. N., Iqbal, H. M. N., Xu, J. (2021). Algae-derived bioactive molecules for the potential treatment of SARS-CoV-2. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(8), 2134. <https://www.mdpi.com/1420-3049/26/8/2134>
- Al-Bader, T., A. Byrne, J. Gillbro, A. Mitarotonda, A. Metois, F. Vial, A.V. Rawlings and A. Laloef. (2012). Effect of cosmetic ingredients as anticellulite agents: synergistic action of actives with *in vitro* and *in vivo* efficacy. *Journal of cosmetic dermatology*, 11(1), 17-26. <https://doi.org/10.1111/j.1473-2165.2011.00594.x>
- Al-Batshan, H. A., Al-Myfarrej, S. I., Al-Homaidan, A. A., Qureshi, M. A. (2001). Enhancement of chicken macrophage phagocytic function and nitrite production by dietary *Spirulina platensis*. *Immunopharmacol Immunotoxicol*, 23, 281-289.
- Ale, M. T., Mikkelsen, J. D., Meyer, A. S. (2011). Important determinants for fucoidan bioactivity: a critical review of structure-function relations and extraction methods for fucose-containing sulfated polysaccharides from brown seaweeds. *Marine drugs*, 9(10), 2106-2130. <https://doi.org/10.3390/md9102106>
- Alencar, D.B., Diniz, J.C., Rocha, S.A.S., Pires-Cavalcante, K.M.S., Lima, R.L., Sousa, K.C., Freitas, J.O., Bezerra, R.M., Baracho, B.M., Sampaio, A.H., Viana, F.A., Saker-Sampaio, S. (2018) Fatty acid composition from *Pterocladia capillacea* the marine red algae (S. G. Gmelin) *Osmundaria obtusiloba* Santelices & Hommersand 1997 and (C. Agardh) R. E. Norris 1991 and its antioxidant activity. *Anais Acad Bras Cienc* 90, 449–459. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201820160315>
- Alghazeer, R., Howell N.K., El-Naili, M.B., Awayn, N. (2018) Anti-cancer and antioxidant activities of some algae from western Libyan coast. *Nat Sci* 10, 232–246. <https://doi.org/10.20944/preprints201609.0018.v1>
- Alim, M. A., Rahman, M. F., Ahsan, T., Islam, T., Alam, M. M., Hossain, M. N. (2021). Phytochemical profiling, antioxidant potentiality and antibacterial activity of the ethanolic extracts of *Rosenvingea* sp. of Bay of Bengal. *Journal of Bangladesh Academy of Sciences*, 45(1), 59-71. <https://doi.org/10.3329/jbas.v45i1.54260>
- Altamirano, M., de la Rosa, J., Martínez, F., Muñoz, A. (2017). Prolifera en el Estrecho un alga nunca citada en nuestro litoral: de origen asiático, *Rugulopteryx okamurae* ocupa ya una gran extensión. *Quercus*(374), 32-33.
- Álvarez Cobelas, M. (1982). Las algas de una charca ganadera temporal: su sucesión en relación con los factores ambientales. *Collectanea Botanica*, 13(2), 709–722.
- Álvarez Cobelas, M. (1984). Catálogo de las algas continentales españolas. II. Craspedophyceae, Cgptophyceae, Chysophyceae, Dinophyceae, Euglenophyceae, Haptophyceae, Phaeophyceae, Rhodophyceae, Xanthophyceae. *Acta Botanica Malacitana*, 9, 27–40.
- Álvarez Cobelas, M., Gallardo, T. (1986). Catálogo de las algas continentales españolas. IV. Chlorophyceae Wille in Warming 1884. Prasinophyceae T. Christensen ex Silva 1980. *Acta Botanica Malacitana*, 11, 17–38.
- Álvarez-Gómez, F., Korbee, N., Casas-Arrojo, V., Abdala-Díaz, R. T. y Figueroa, F. L., (2019). UV Photoprotection, Cytotoxicity and Immunology Capacity of Red Algae Extracts. *Molecules*, 24(2), 341. <https://doi.org/10.3390/molecules24020341>

- Álvarez-Gómez, F., Korbee, N., Figueroa, F. L. (2019). Effects of UV radiation on photosynthesis, antioxidant capacity and the accumulation of bioactive compounds in *Gracilariopsis longissima*, *Hydropuntia cornea* and *Halopithys incurva* (Rhodophyta). *Journal of Phycology*, 55(6), 1258–1273. <https://doi.org/10.1111/jpy.12899>
- Amamou, S., Sambusiti, C., Monlau, F., Dubreucq, E., Barakat, A. (2018). Mechano-enzymatic deconstruction with a new enzymatic cocktail to enhance enzymatic hydrolysis and bioethanol fermentation of two macroalgae species. *Molecules*, 23(1), 174. <https://doi.org/10.3390/molecules23010174>
- André, R., Guedes, L., Melo, R., Ascensão, L., Pacheco, R., Vaz, P. D., Serralheiro, M. L. (2020). Effect of food preparations on *in vitro* bioactivities and chemical components of *Fucus vesiculosus*. *Foods*, 9(7), 955. <https://doi.org/10.3390/foods9070955>
- Androuin, T., Six, C., Bordeyne, F., de Bettignies, F., Noisette, F., Davoult, D. (2020). Better off alone? New insights in the symbiotic relationship between the flatworm *Symsagittifera roscoffensis* and the microalgae *Tetraselmis convolutae*. *Symbiosis*, 81(2), 161–171. <https://doi.org/10.1007/s13199-020-00691-y>
- Anggadiredja, J. T. (2009). Ethnobotany study of seaweed diversity and its utilization in Warambadi, Panguhalodo areas of East Sumba District. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 10(3), 297-310.
- Ansari, A. A., Ghanem, S. M., Naeem, M. (2019). Brown alga *Padina*: a review. *International Journal of Botany Studies*, 4(1), 01-03.
- Arata, P.X., Quintana, I., Canelón, D. J., Vera, B. E., Compagnone, R. S., Ciancia, M. (2015). Chemical structure and anticoagulant activity of highly pyruvylated sulfated galactans from tropical green seaweeds of the order Bryopsidales. *Carbohydrate Polymers*, 122, 376-386. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.030>
- Arora, M., Chandrashekar Anil, A., Leliaert, F., Delany, J., Mesbahi, E. (2013). *Tetraselmis indica* (Chlorodendrophyceae, Chlorophyta), a new species isolated from salt pans in Goa, India. *European Journal of Phycology*, 48(1), 61–78. <https://doi.org/10.1080/09670262.2013.768357>
- Ashkenazi, D.Y., Israel, A., Abelson, A., 2019. A novel two-stage seaweed integrated multi-trophic aquaculture. *Rev Aquac* 11, 246–262. <https://doi.org/10.1111/raq.12238>
- Ashokkumar, V., Salim, M. R., Salam, Z., Sivakumar, P., Chong, C. T., Elumalai, S., Suresh, V., Ani, F. N. (2017). Production of liquid biofuels (biodiesel and bioethanol) from brown marine macroalgae *Padina tetrastrumtica*. *Energy Conversion and Management*, 135, 351-361. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.12.054>
- ATLAS-PRO. (2020). ANÁLISIS DE LAS OPORTUNIDADES DE CULTIVO DE MACROALGAS EN LAS AGUAS COSTERAS Y MARINAS ESPAÑOLAS. https://www.programapleamar.es/sites/default/files/opportunidades_de_cultivo_de_macroalgas_en_las_aguas_espanolas.pdf
- Augusto, A., Miranda, A., Crespo, D., Campos, M. J., Raimundo, D., Pedrosa, R., Mitchell, G., Niranjana, K., Silva, S. F. J. (2022). Preservation of fresh-cut Rocha Pear using *Codium tomentosum* extract. *LWT*, 155, 112938. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112938>
- Azuma, K., Ishihara, T., Nakamoto, H., Amaha, T., Osaki, T., Tsuka, T., Imagawa, T., Minami, S., Takashima, O., Ifuku, S., Morimoto, M., Saimoto, H., Kawamoto, H., Okamoto, Y. (2012). Effects of oral administration of fucoidan extracted from *Cladosiphon okamuranus* on tumor growth and survival time in a tumor-bearing mouse model. *Marine drugs*, 10(10), 2337-2348. <https://doi.org/10.3390/md10102337>
- Bakar, K., Mohamad, H., Tan, H. S., Latip, J. (2019). Sterols compositions, antibacterial, and antifouling properties from two Malaysian seaweeds: *Dictyota dichotoma* and *Sargassum granuliferum*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 9(10), 047-053.
- Balasubramaniam, S., Ninomiya, S., Sasaki, M., Quitain, A., Kida, T., Saldaña, M. D. A. (2021). Carbon-based solid acid catalyst derived from *Undaria pinnatifida* and its application in esterification. *Algal Research*, 55. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102272>
- Ballantine, D. L., Gerwick, W. H., Velez, S. M., Alexander, E., Guevara, P. (1987). Antibiotic activity of lipid-soluble extracts from Caribbean marine algae. *Hydrobiologia*, 151(1), 463-469. <https://doi.org/10.1007/BF00046168>

- Ballesteros, E., Martín, D., Uriz, M. (1992). Biological activity of extracts from some mediterranean macrophytes. *Botanica marina*, 35(6), 481-486. <https://doi.org/10.1515/botm.1992.35.6.481>
- Bandyopadhyay, S. S., Navid, M. H., Ghosh, T., Schnitzler, P., Ray, B. (2011). Structural features and *in vitro* antiviral activities of sulfated polysaccharides from *Sphacelaria indica*. *Phytochemistry*, 72(2), 276-283. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2010.11.006>
- Barbosa, M., Fernandes, F., Pereira, D. M., Azevedo, I. C., Sousa-Pinto, I., Andrade, P. B., Valentão, P. (2020). Fatty acid patterns of the kelps *Saccharina latissima*, *Saccorhiza polyschides* and *Laminaria ochroleuca*: Influence of changing environmental conditions. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1), 45-58. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2017.01.015>
- Barcellos, L., Pham, C. K., Menezes, G., Bettencourt, R., Rocha, N., Carvalho, M., Felgueiras, H. P. (2023). A concise review on the potential applications of *Rugulopterix okamurae* macroalgae. *Marine drugs*, 21(1), 40. <https://doi.org/10.3390/md21010040>
- Basu, T. K., Hill, G. B., Ng, D., Abdi, E., Temple, N. (1989). Serum vitamins A and E, beta-carotene, and selenium in patients with breast cancer. *J Am Coll Nutr* 8, 524–529. <https://doi.org/10.1080/07315724.1989.10720322>
- Batista, A. P., Niccolai, A., Bursic, I., Sousa, I., Raymundo, A., Rodolfi, L., Biondi, N., Tredici, M. R. (2019). Microalgae as Functional Ingredients in Savory Food Products: Application to Wheat Crackers. *Foods*, 8(12), 611.
- Becker, E. Jakober, B., Luft, D., Schmülling, R. M. (1986). Clinical and biochemical evaluations of the alga *Spirulina* with regard to its application in the treatment obesity. A double blind crossover study. *Nutr Rep Internal*, 33, 565-574. <http://pascal-francis.inist.fr/vibad/index.php?action=getRecordDetail&idt=8018395>
- Belay, A. (2008). *Spirulina (Arthrospira)*: production and quality assurance. In: Gershwin ME, Belay A (eds) *Spirulina in human nutrition and health*. CRC Press/Taylor & Francis Group, London, 1–25, 312.
- BelHadj, S., Hentati, O., Elfeki, A., Hamden, K. (2013). Inhibitory activities of *Ulva lactuca* polysaccharides on digestive enzymes related to diabetes and obesity. *Archives of Physiology and Biochemistry*, 119(2), 81-87. <https://doi.org/10.3109/13813455.2013.775159>
- Ben Yahmed, N., Jmel, M. A., Ben Alaya, M., Bouallagui, H., Marzouki, M. N., Smaali, I. (2016). A biorefinery concept using the green macroalgae *Chaetomorpha linum* for the coproduction of bioethanol and biogas. *Energy Conversion and Management*, 119, 257-265. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2016.04.046>
- Ben-Amotz, A. (1993). Production of b-carotene and vitamine by the halotolerant algae *Dunaliella*. In *Marine Biotechnology*. ed. Ahaway, A. and Zabrosky, O., 411–417. NewYork: Plenum Press. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-2391-2_11
- Ben-Amotz, A. (1995). New mode of *Dunaliella* biotechnology: two-phase growth for b-carotene production. *J Appl Phycol* 7, 65–68. <https://doi.org/10.1007/BF00003552>
- Ben-Amotz, A. (1996). Effect of low temperature on the stereoisomer composition of b-carotene in the halotolerant alga *Dunaliella bardawil* (Chlorophyta). *J Phycol* 32, 272–275. <https://doi.org/10.1111/j.0022-3646.1996.00272.x>
- Ben-Amotz, A., Avron, M. (1980). Glycerol, b-carotene and dry algal meal production by commercial cultivation of *Dunaliella*. In *Algae Biomass, Production and Use*. ed. Shelef, G. and Soeder, C.J., 603–661. Amsterdam: Elsevier/ North Holland Biomedical Press. [https://doi.org/10.1016/0968-0004\(81\)90106-7](https://doi.org/10.1016/0968-0004(81)90106-7)
- Ben-Amotz, A., Avron, M. (1983). On the factors which determine massive beta-carotene accumulation in the halotolerant alga *Dunaliella bardawil*. *Plant Physiol* 72, 593–597. <https://doi.org/10.1104/pp.72.3.593>
- Ben-Amotz, A., Avron, M. (1989a) The biotechnology of mass culturing of *Dunaliella* for products of commercial interest. In *Algal and Cyanobacterial Biotechnology*. ed. Cresswell, R.C., Ress, T.A.V. and Shah, 90–114. London: Longman Scientific and Technical Press
- Ben-Amotz, A., Avron, M. (1990). The biotechnology of cultivating of the halotolerant alga *Dunaliella*. *Tibtech* 8, 121–126. [https://doi.org/10.1016/0167-7799\(90\)90152-N](https://doi.org/10.1016/0167-7799(90)90152-N)

- Bermejo, R., Macías, M., Cara, C. L., Sánchez-García, J., Hernández, I. (2019). Culture of *Chondracanthus teedei* and *Gracilariopsis longissima* in a traditional salina from southern Spain. *Journal of Applied Phycology*, 31, 561-573. [10.1007/s10811-018-1516-0](https://doi.org/10.1007/s10811-018-1516-0)
- Bermejo, R., Cara, C. L., Macías, M., Sánchez-García, J., Hernández, I. (2020). Growth rates of *Gracilariopsis longissima*, *Gracilaria bursa-pastoris* and *Chondracanthus teedei* (Rhodophyta) cultured in ropes: implication for N biomitigation in Cadiz Bay (Southern Spain). *Journal of Applied Phycology*, 32, 1879-1891. [10.1007/s10811-020-02090-8](https://doi.org/10.1007/s10811-020-02090-8)
- Berthon, J. Y., Nachat-Kappes, R., Bey, M., Cadoret, J. P., Renimel, I., Filaire, E. (2017). Marine algae as attractive source to skin care. *Free Radical Research*, 51(6), 555-567. [10.1080/10715762.2017.1355550](https://doi.org/10.1080/10715762.2017.1355550)
- Bhatt, H. B., Karangiya, R. K., Prasad, G. (2020). Biochemical composition and defensible bioethanol production from seaweed plentifully available from coastal area of Saurashtra, Gujarat. *International Research Journal of Multidisciplinary Scope*, 1(4), 22-28. <https://doi.org/10.47857/irjms.2020.v01i04.016>
- Bikker, P., Stokvis, L., van Krimpen, M. M., van Wikselaar, P. G., Cone, J. W. (2020). Evaluation of seaweeds from marine waters in Northwestern Europe for application in animal nutrition. *Anim Feed Sci Technol*, 263, 114460. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2020.114460>
- Bogaert, K. A., Delva, S., De Clerck, O. (2020). Concise review of the genus *Dictyota* J.V. Lamouroux. *Journal of Applied Phycology*, 32(3), 1521-1543. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02121-4>
- Bolton, J. J. (2016). What is aquatic botany? - And why algae are plants: The importance of non-taxonomic terms for groups of organisms. *Aquatic Botany*, 132, 1-4.
- Borowitzka, L. J., Borowitzka, M. A. (1989). b-carotene (provitamin A) production with algae. In *Biotechnology of Vitamins, Pigments and Growth Factors* ed. Vandamme, 15-26. London: Elsevier Applied Science.
- Borowitzka, M. A., Borowitzka, L. J. (1988b). Vitamins and fine chemicals from micro-algae. In *Micro-algal Biotechnology*. ed. Borowitzka, M.A. and Borowitzka, 153- 196. New York: Cambridge University Press.
- Bouhadi, M., Ainane, A., El Kouali, M., Talbi, M., Cherifi, O., El Yaacoubi, A., Ainane, T., (2019). Role of the macroalgae *Corallina officinalis* in alleviating the toxicity of hexavalent chromium on *Vicia faba* L. *Journal of analytical sciences and applied biotechnology*, 1(2), 60-64. <https://doi.org/10.48402/IMIST.PRSM/jasab-v1i2.18976>
- Boulus, A., Spaneir, E., Friedlander, M. (2007). Effect of outdoor conditions on growth rate and chemical composition of *Gelidium crinale* in culture. *Journal of Applied Phycology*, 19, 471-478. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9158-7>
- Bourgougnon, N., Bedoux, G., Sangiardi, A., Stiger-Pouvreau, V. (2011). Las algas: potencial nutritivo y aplicaciones cosméticas. Las algas como recurso. Valorización. Aplicaciones industriales y tendencias. *Centro Tecnológico del Mar-Fundación CETMAR* (ed.), 81-94.
- Bouzikri, S., Ouasfi, N., Benzidia, N., Salhi, A., Bakkas, S., Khamliche, L. (2020). Marine alga *Bifurcaria bifurcata*: biosorption of Reactive Blue 19 and methylene blue from aqueous solutions. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(27), 33636-33648. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-07846-w>
- Bradassi, F., Cumani, F., Bressan, G., Dupont, S. (2013). Early reproductive stages in the crustose coralline alga *Phymatolithon lenormandii* are strongly affected by mild ocean acidification. *Marine biology*, 160, 2261-2269. <https://doi.org/10.1007/s00227-013-2260-2>
- Bressan, G., (1972). Osservazioni sugli stadi iniziali della morfogenesi in coltura di alcune specie del genere *Peyssonelia Decaisne*. *Giornale botanico italiano*, 106(5), 231-244. <https://doi.org/10.1080/11263507209426552>
- Budisa, A., Haberle, I., Konjevic, L., Blazina, M., Djakovac, T., Spalj, L. B., Hrustic, E. (2019). Marine microalgae *Microchloropsis gaditana* and *Pseudochloris wilhelmii* cultivated in oil and refinery wastewater – a perspective on remediation and biodiesel production. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(11), 7888-7897.

- Bulboa-Contador, C., Pérez-Massad, I., Contreras-Porcía, L., Zapata, J., Castañeda, F., Ramírez, M.E., Gil-Kodaka, P. (2020). Concise review of genus *Chondracanthus* (Rhodophyta: Gigartinales). *J. Appl. Phycol.* 32, 773–785.
- Bulgariu, L., Bulgariu, D. (2020). Bioremediation of toxic heavy metals using marine algae biomass. In M. Naushad, E. Lichtfouse (Eds.), *Green materials for wastewater treatment* (Vol. 38, pp. 69-98). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17724-9_4
- Buseti, A., Thompson, T. P., Tegazzini, D., Megaw, J., Maggs, C. A., Gilmore, B. F. (2015). Antibiofilm activity of the brown alga *Halidrys siliquosa* against clinically relevant human pathogens. *Marine drugs*, 13(6), 3581-3605. <https://doi.org/10.3390/md13063581>
- Çabrita, A. R. J., Maia, M. R. G., Oliveira, H. M., Sousa-Pinto, I., Almeida, A. A., Pinto, E., Fonseca, A. J. M. (2016). Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *Journal of Applied Phycology*, 28(5), 3135-3150. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0839-y>
- Čagalj, M., Skroza, D., Razola-Díaz, M. d. C., Verardo, V., Bassi, D., Frleta, R., Generalić Mekinić, I., Tabanelli, G., Šimat, V. (2022). Variations in the composition, antioxidant and antimicrobial activities of *Cystoseira compressa* during seasonal growth. *Marine drugs*, 20(1), 64. <https://doi.org/10.3390/md20010064>
- Cai, J., Lovatelli, A., Stankus, A., Zhou, X. (2021). Seaweed revolution: where is the next milestone?. *FAO Aquaculture Newsletter*, (63), 13-16.
- Cambra Sánchez, J., Álvarez Cobelas, M., Aboal Sanjurjo, M. (1998). Lista florística y bibliográfica de los clorófitos (Chlorophyta) de la Península Ibérica, Islas Baleares e Islas Canarias. *Asociación Española de Limnología*, 1–614.
- Campos, A. M., Matos, J., Afonso, C., Gomes, R., Bandarra, N. M., Cardoso, C. (2019). Azorean macroalgae (*Petalonia binghamiae*, *Halopteris scoparia* and *Osmundea pinnatifida*) bioprospection: a study of fatty acid profiles and bioactivity. *International Journal of Food Science & Technology*, 54(3), 880-890. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14010>
- Caporgno, M. P., Mathys, A. (2018). Trends in Microalgae Incorporation Into Innovative Food Products With Potential Health Benefits. *Frontiers in Nutrition*, 5, 386576.
- Cardoso, C., Almeida, J., Coelho, I., Delgado, I., Gomes, R., Quintã, R., Bandarra, N. M., Afonso, C. (2023). Farming a wild seaweed and changes to its composition, bioactivity, and bioaccessibility: The *Saccorhiza polyschides* case study. *Aquaculture*, 566. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.739217>
- Cardoso, I., Cotas, J., Rodrigues, A., Ferreira, D., Osório, N., Pereira, L. (2019). Extraction and analysis of compounds with antibacterial potential from the red alga *Grateloupia turuturu*. *J. Mar. Sci. Eng.* 7. <https://doi:10.3390/jmse7070220>
- Carrillo-Domínguez, S., Rodríguez-Martínez, R. E., Díaz-Martínez, M., Magaña-Gallegos, E., Cuchillo-Hilario, M. (2023). Potential application of pelagic *Sargassum* spp. in animal feeding. *Journal of Applied Phycology*, 35(1), 433-444. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02877-x>
- Cassolato, J. E. F., Nosedá, M. D., Pujol, C. A., Pellizzari, F. M., Damonte, E. B., Duarte, M. E. R. (2008). Chemical structure and antiviral activity of the sulfated heterorhamnan isolated from the green seaweed *Gayralia oxysperma*. *Carbohydrate Research*, 343(18), 3085-3095. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2008.09.014>
- Castelar, B., Reis, R. P., dos Santos Calheiros, A. C. (2014). *Ulva lactuca* and *U. flexuosa* (Chlorophyta, Ulvophyceae) cultivation in Brazilian tropical waters: recruitment, growth, and ulvan yield. *Journal of Applied Phycology*, 26(5), 1989-1999. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0329-z>
- Castelar, B., Reis, R.P., Azeredo, F., Mattos, P., Berardinelli, G. (2016). *Hypnea musciformis*: alternative or complement to the production of *Kappaphycus alvarezii* introduced in tropical countries? *Aquac Res*, 47, 3538–3550. <https://doi.org/10.1111/are.12804>
- Castilla-Gavilán, M., Cognie, B., Ragueneau, E., Turpin, V., Decottignies, P. (2019). Evaluation of dried macrophytes as an alternative diet for the rearing of the sea urchin *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816). *Aquac. Res.* 50, 1762–1769. <https://doi:10.1111/are.14045>

- Cavallo, A., Giangrande, A., Accogli, R., Marchiori, S. (2006). A test on the use of *Cladophora prolifera* (Roth.) Kütz. (Chlorophyta, Cladophorales) as effective fertilizer for agricultural use. *Thalassia Salentina*, 29. 101-106. [10.1285/i15910725v29p101](https://doi.org/10.1285/i15910725v29p101)
- Cavallo, R.A., Acquaviva, M.I., Stabili, L., Cecere, E., Petrocelli, A., Narracci, M. (2013). Antibacterial Activity of Marine Macroalgae against Fish Pathogenic *Vibrio* Species. *Central European Journal of Biology*, 8, 646–653. [10.2478/s11535-013-0181-6](https://doi.org/10.2478/s11535-013-0181-6)
- Cerezuela, R., Guardiola, F.A., Meseguer, J., Esteban, A. A. (2012). Enrichment of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diet with microalgae: effects on the immune system. *Fish Physiol Biochem* 38, 1729–1739. <https://doi.org/10.1007/s10695-012-9670-9>
- Chao, K.-P., Chen, C.-S., Wang, E. I. C., Su, Y.-C. (2005). Aquacultural characteristics of *Rhizoclonium riparium* and an evaluation of its biomass growth potential. *Journal of Applied Phycology*, 17(1), 67-73. <https://doi.org/10.1007/s10811-005-5554-z>
- Chatzoglou, E., Kechagia, P., Tsopelekos, A., Miliou, H. (2020). Co-culture of *Ulva* sp. and *Dicentrarchus labrax* in recirculating aquaculture system: effects on growth, retention of nutrients and fatty acid profile. *Aquatic Living Resources*, 33, 19. <https://doi.org/10.1051/alr/2020023>
- Chaves, P. R., Da Silva, R. S., Neto, N. G. L., Carneiro, F. R., Da Silva, C. L. A., Sampaio, H. A., De Sousa, L. B., Cabral, G. M., Videira, A. P., Teixeira, H. E., Nagano, S. C. (2018). Structural characterization of two isolectins from the marine red alga *Soliera filiformis* (Kütz.) P.W. Gabrielson and their anticancer effect on MCF-7 breast cancer cells. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107 (A), 1320-1329. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.116>
- Chávez-Capilla, T., Beshai, M., Maher, W., Kelly, T., Foster, S. (2016). Bioaccessibility and degradation of naturally occurring arsenic species from food in the human gastrointestinal tract. *Food Chemistry*, 212, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.163>
- Chekanov, K. (2023). Diversity and Distribution of Carotenogenic Algae in Europe: A Review. *Marine Drugs*, 21(2). <https://doi.org/10.3390/md21020108>
- Chirapart, A., Praiboon, J., Puangsombat, P., Pattanapon, C., Nunraksa, N. (2014). Chemical composition and ethanol production potential of Thai seaweed species. *Journal of Applied Phycology*, 26(2), 979-986. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0235-9>
- Chisti, Y. (2007). Biodiesel from microalgae. *Biotechnol Adv* 25, 294–306. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2007.02.001>
- Choi, G.-E., Lee, G.-H., Hyun, K.-Y. (2020). Anti-oxidant and anti-pollution composition containing the extract of *Nypa fruticans* Wurmb, *Saussurea neoserrata*, *Codium fragile* and *Enteromorpha compressa*. *Biomedical Science Letters*, 26(3), 157-163. <https://doi.org/10.15616/bsl.2020.26.3.157>
- Choi, Y. Y., Lee, S. J., Lee, Y. J., Kim, H. S., Eom, J. S., Jo, S. U., Lee, S. S. (2020). *In vitro* and *in situ* evaluation of *Undaria pinnatifida* as a feed ingredient for ruminants. *Journal of Applied Phycology*, 32(1), 729-739. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01910-w>
- Chopin, T., Hanisak, M.D., Craigie, J.S. (1994). Carrageenans from *Kallymenia westii* (Rhodophyceae) with a Review of the Phycocolloids Produced by the Cryptonemiales. *Bot. Mar.* 37, 433–444. <https://doi:10.1515/botm.1994.37.5.433>
- Choulot, M., Michalak, I., Jing L., Szymczycha-Madeja, A., Welna, M., Bourgougnon, N., Le Guillard, C. (2023). The Enzyme-Assisted Extraction of compounds of interest in agriculture: Case study of the red seaweed in *Soliera chordalis* (C. Agardh) J. Agardh. *Algal Research*. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2023.103239>
- Chuang, L.-F., Chou, H.-N., Sung, P.-J. (2014). *Porphyra*-334 Isolated from the Marine Algae *Bangia atropurpurea*: Conformational Performance for Energy Conversion. *Marine Drugs*, 12(9), 4732–4740. MDPI AG. <http://doi.org/10.3390/md12094732>
- Cifuentes, J., Ruiz-Ornoz, J., Myles, C., Nieves, B., Carlo, A. W., Matalon, S. (1995). Interaction of surfactant mixtures with reactive oxygen and nitrogen species. *Journal of applied physiology*. <https://doi.org/10.1152/jappl.1995.78.5.1800>

- Clagnan, E., D'Imporzano, G., Dell'Orto, M., Bani, A., Dumbrell, A. J., Parati, K., Acien-Fernández, F. G., Portillo-Hahnefeld, A., Martel-Quintana, A., Gómez-Pinchetti, J. L., Adani, F. (2022). Centrate as a sustainable growth medium: Impact on microalgal inocula and bacterial communities in tubular photobioreactor cultivation systems. *Bioresource Technology*, 363. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127979>
- CODIF. (2016a). *Dictyopteris membranacea*. <https://www.codif-tn.com/wp-content/uploads/2016/02/DICTYOPTERIS-OIL-FI-CHE-BOTANIQUE-GB-1.pdf>
- CODIF. (2016b). *Dictyopteris* oil - Plumps lips and breasts. <https://www.codif-tn.com/wp-content/uploads/2016/02/DICTYOPTERIS-OIL-BROCHURE-GB.pdf>
- Comstock, G. W., Helzlsouer, K. I., Bush, T. L. (1991). Prediagnostic serum levels of carotenoids and vitamin E as related to subsequent cancer in Washington County, Maryland. *Am J Clin Nutr* 53(suppl.), 260S–264S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/53.1.260S>
- Contardo-Jara, V., Kuehn, S., Pflugmacher, S. (2015). Single and combined exposure to MC-LR and BMAA confirm suitability of *Aegagropilina linnaei* for use in green liver systems®—A case study with cyanobacterial toxins. *Aquatic Toxicology*, 165, 101-108. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2015.05.017>
- Copertino, M. d. S., Tormena, T., Seeliger, U. (2009). Biofiltering efficiency, uptake and assimilation rates of *Ulva clathrata* (Roth) J. Agardh (Chlorophyceae) cultivated in shrimp aquaculture waste water. *Journal of Applied Phycology*, 21(1), 31-45. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9357-x>
- Courtois, A., Simon-Colin, C., Boisset, C., Berthou, C., Deslandes, E., Guézennec, J., Bordron, A. (2008). Floridoside extracted from the red alga *Mastocarpus stellatus* is a potent activator of the classical complement pathway. *Mar Drugs* 6, 407–417.
- Couteau, C., Coiffard, L. (2016). Seaweed application in cosmetics. In J. Fleurence, I. Levine (Eds.), *Seaweed in Health and Disease Prevention* (pp. 423-441). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802772-1.00014-2>
- Cox, P.A., Metcalf, J.S. (2017). Traditional Food Items in Ogimi, Okinawa: I-Serine Content and the Potential for Neuroprotection. *Curr Nutr Rep* 6, 24–31. <https://doi.org/10.1007/s13668-017-0191-0>
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, 23(3), 371-393. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9560-4>
- Craigie, J. S., McLachlan, J. (1964). Glycerol as photosynthetic product in *Dunaliella tertiolecta* Butcher. *Can J Bot* 173, 370–376.
- Cruz-Suárez, L., E., León, A., Peña-Rodríguez, A., Rodríguez-Peña, G., Moll, B., Ricque-Marie, D. (2010). Shrimp/*Ulva* co-culture: A sustainable alternative to diminish the need for artificial feed and improve shrimp quality. *Aquaculture*, 301(1), 64-68. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2010.01.021>
- Cui, Y., Liu, X., Li, S., Hao, L., Du, J., Gao, D., Kang, Q., Lu, J. (2018). Extraction, characterization and biological activity of sulfated polysaccharides from seaweed *Dictyopteris divaricata*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 117, 256-263. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.05.134>
- Da Silva, A. C. R., Duarte, M. E. R., Nosedá, M. D., Ferreira, L. G., Cassolato, J. E. F., Sanchez, E. F., Fuly, A. L. (2018). Potential utilization of a polysaccharide from the marine algae *Gayralia oxysperma*, as an antivenom for Viperidae snakebites. *Marine drugs*, 16(11), 412. <https://doi.org/10.3390/md16110412>
- Dai, L., Tan, L., Jin, X., Wu, H., Wu, H., Li, T., Xiang, W. (2020). Evaluating the potential of carbohydrate-rich microalga *Rhodorus* sp. SCSIO-45730 as a feedstock for biofuel and β -glucans using strategies of phosphate optimization and low-cost harvest. *Journal of Applied Phycology*, 32(5), 3051–3061. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02139-8>
- Dan, A., Ohno, M., Matsuoka, M. (2015). Changes of the research and development on the resources of *Undaria* and *Laminaria* in the culture ground of Tokushima coasts. *Bulletin of Tokushima Preference Fisheries Research Institute*, 10, 25-48.
- De Almeida, F. L. C., Falcão, S. H., Lima, M. R. G., Montenegro, A. C., Lira, S. N., Athayde-Filho, F. P., Rodrigues, C. L., De Souza, V. M. F., Barbosa-Filho, M. J., Batista, M. L. (2011). Bioactivities from Marine Algae of the Genus *Gracilaria*. *International Journal of molecular sciences* 12(7), 4550-4573. <https://doi.org/10.3390/ijms12074550>

- De Gaillande, C., Payri, C., Remoissenet, G., Zubia, M. (2017). *Caulerpa* consumption, nutritional value and farming in the Indo-Pacific region. *Journal of Applied Phycology*, 29(5), 2249-2266. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0912-6>
- De La Coba, F., Aguilera, J., Figueroa, F.L., De Gálvez, M. V., Herrera, E. (2009). Antioxidant activity of mycosporine-like amino acids isolated from three red macroalgae and one marine lichen. *J. Appl. Phycol.* 21, 161–169. <https://doi.org/10.1007/s10811-008-9345-1>
- De La Fuente, G., Fontana, M., Asnaghi, V., Chiantore, M., Mirata, S., Salis, A., Damonte, G., Scarfi, S. (2021). The remarkable antioxidant and anti-inflammatory potential of the extracts of the brown alga *Cystoseira amentacea* var. *stricta*. *Marine drugs*, 19(1), 2. <https://doi.org/10.3390/md19010002>
- Deepak, P., Balamuralikrishnan, B., Park, S., Sowmiya, R., Balasubramani, G., Aiswarya, D., Amutha, V., Perumal, P. (2019). Phytochemical profiling of marine red alga, *Halymenia palmata* and its bio-control effects against Dengue Vector, *Aedes aegypti*. *South African Journal of Botany*, 121, 257-266. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2018.11.011>
- Devi, J. S., Bhimba, B. V., Ratnam, K. (2012). In vitro anticancer activity of silver nanoparticles synthesized using the extract of *Gelidium* sp. *Int J Pharm Pharm Sci*, 4(4), 710-715.
- Dewinta, A. F., Susetya, I. E., Suriani, M. (2020). Nutritional profile of *Sargassum* sp. from Pane Island, Tapanuli Tengah as a component of functional food. *Journal of Physics: Conference Series*, 1542(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1542/1/012040>
- Diler, I., Tekinay, A. A., Guroy, D., Guroy, B. K., Soyuturk, M. (2007). Effects of *Ulva rigida* on the growth, feed intake and body composition of common carp, *Cyprinus carpio* L. *Asian Network for Scientific Information*.
- Drennan, F. (2016). Seaweed bushcraft guide: seaweed in season. *Bushcraft J*, 9, 60–82.
- Ducreux, G., Kloareg, B. (1988). Plant regeneration from protoplasts of Sphacelaria (Phaeophyceae). *Planta*, 174(1), 25-29. <https://doi.org/10.1007/BF00394869>
- Dumay, J., Morancais, M., Munier, M., Le Guillard, C., Fleurence, J. (2014). Phycoerythrins: Valuable proteinic pigments in red seaweeds. *In Advances in botanical research*, 71, 321-343. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408062-1.00011-1>
- Dvir, I., Stark, A. H., Chayoth, R., Madar, Z., Arad, S. M. (2009). Hypocholesterolemic effects of nutraceuticals produced from the red microalga *Porphyridium* sp in rats. *Nutrients*, 1(2), 156–167. <https://doi.org/10.3390/nu1020156>
- El Nur, E., Ali, L., Faduk, E., Mohamed, L. (2021). Antioxidant, antibacterial and cytotoxic potential of selected macroalgae from the Red Sea, Sudan coast. *International Research Journal of Biological Sciences*, 10(1), 1-11.
- Elalami, D., Monlau, F., Carrere, H., Abdelouahdi, K., Charbonnel, C., Oukarroum, A., Barakat, A. (2020). Evaluation of agronomic properties of digestate from macroalgal residues anaerobic digestion: Impact of pretreatment and co-digestion with waste activated sludge. *Waste management*, 108, 127-136. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.04.019>
- El-Beltagi, H. S., Mohamed, A. A., Mohamed, H. I., Ramadan, K. M. A., Barqawi, A. A., Mansour, A. T. (2022). Phytochemical and potential properties of seaweeds and their recent applications: A review. *Marine drugs*, 20(6), 342. <https://doi.org/10.3390/md20060342>
- El-Kassas, Y. H., El-Sheekh, M. M., (2014). Cytotoxic Activity of Biosynthesized Gold Nanoparticles with an Extract of the Red Seaweed *Corallina officinalis* on the MCF-7 Human Breast Cancer Cell Line. *Asian Pac J Cancer Prev*, 15(10), 4311-4317. <https://doi.org/10.7314/APJCP.2014.15.10.4311>
- Erfani, N., Nazemosadat, Z., Moein, M. (2015). Cytotoxic activity of ten algae from the Persian Gulf and Oman Sea on human breast cancer cell lines; MDA-MB-231, MCF-7, and T-47D. *Pharmacognosy Research*, 7(2), 133. <https://doi.org/10.4103/0974-8490.150539>
- Ergün, S., Soyutürk, M., Güroy, B., Güroy, D., Merrifield, D. (2009). Influence of *Ulva* meal on growth, feed utilization, and body composition of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) at two levels of dietary lipid. *Aquaculture International*, 17(4), 355-361. <https://doi.org/10.1007/s10499-008-9207-5>

- Ersalina, E., Abdillah, A., Sulmartiwi, L. (2020). Potential of *Caulerpa racemosa* extracts as sunscreen creams. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 441. [10.1088/1755-1315/441/1/012007](https://doi.org/10.1088/1755-1315/441/1/012007)
- Estrada, D., Martin, J., Perez, C. (1987). A new brominated monoterpene quinol from *Cymopolia barbata*. *Journal of natural products*, 50(4), 735-737.
- Ewers, R., Kasperk, C. Simmons, B., (1987). Biologisches Knochenimplantat aus Meeresalgen. *Zahnerztliche Praxis*, 38, 318-320.
- Fabrowska, J., Łęska, B., Schroeder, G., Messyasz, B., Pikosz, M. (2015). Biomass and Extracts of Algae as Material for Cosmetics. In S.-K. Kim & K. Chojnacka (Eds.), *Marine Algae Extracts*, 681-706. <https://doi.org/10.1002/9783527679577.ch38>
- Falace, A., Kaleb, S., De La Fuente, G., Asnaghi, V., Chiantore, M. (2018). Ex situ cultivation protocol for *Cystoseira amentacea* var. *stricta* (Fucales, Phaeophyceae) from a restoration perspective. *PLOS ONE*, 13(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0193011>
- Farzanah, R. H., Brudecki, G. P., Cybulska, I., Bastidas-Oyanedel, J.-R., Schmidt, J. E., Thomsen, M. H. (2019). Screening and production of biogas from macro algae biomass of *Padina boergesenii*, *Colpomenia sinuosa*, and *Ulva* sp. *Biorefinery: Integrated Sustainable Processes for Biomass Conversion to Biomaterials, Biofuels, and Fertilizers*, 727-740. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10961-5_33
- Fatima, N., Emambux, M. N., Olaimat, A. N., Stratakos, A. C., Nawaz, A., Wahyono, A., Gul, K., Park, J., Shahbaz, H. M. (2023). Recent advances in microalgae, insects, and cultured meat as sustainable alternative protein sources. *Food and Humanity*, 1, 731–741. <https://doi.org/10.1016/j.foohum.2023.07.009>
- Fayad, S., Nehmé, R., Tannoury, M., Lesellier, E., Pichon, C., Morin, P. (2017). Macroalga *Padina pavonica* water extracts obtained by pressurized liquid extraction and microwave-assisted extraction inhibit hyaluronidase activity as shown by capillary electrophoresis. *Journal of Chromatography A*, 1497, 19-27. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2017.03.033>
- Fedkovic, Y., Astre, C., Pinguet, F., Gerber, M., Ychou, M., Pujol, H. (1993). Spiruline et cancer. In: Doumenge, F., Durand-Chastel, H., Toulemont, A., eds. Spiruline algue de vie. Musée.Océanographique. *Bulletin de l'Institut Océanographique Monaco*, 12, 117-120.
- Ferrara, L. (2020). Seaweeds: A food for our future. *Journal of food chemistry and nanotechnology*, 6, 56-64. [10.17756/jfcn.2020-084](https://doi.org/10.17756/jfcn.2020-084)
- Fleurence, J. (2021). Perspectives on the use of algae in agriculture and animal production. *Phycology*, 1(2), 79-82. <https://doi.org/10.3390/phycolgy1020006>
- Food and Agriculture Organization. (2015). Estimación de emisiones de gases de efecto invernadero en la agricultura Un manual para abordar los requisitos de los datos para los países en desarrollo. <https://www.fao.org/3/i4260s/i4260s.pdf>
- Fournière, M., Bedoux, G., Lebonvallet, N., Leschiera, R., Le Goff-Pain, C., Bourgougnon, N., Latire, T. (2021). Poly- and oligosaccharide *Ulva* sp. fractions from enzyme-assisted extraction modulate the metabolism of extracellular matrix in human skin fibroblasts: potential in anti-aging dermo-cosmetic applications. *Marine drugs*, 19(3), 156. <https://doi.org/10.3390/md19030156>
- Frassini, R., Steffens, D., Moura, S., Aguzzoli, C., Martins, A. P., Colepicolo, P., Fujii, M. T., Yokoya, N. S., Pereira, C. M. P. D., Phillipus, A. C., Falkenberg, M. D. B., Henriques, J. A. P., Roesch-Ely, M. (2022). *Desmarestia anceps* Montagne (Phaeophyceae) against colorectal cancer cells: cytotoxic activity and proapoptotic effects. *Advances in Biological Chemistry*, 12(06), 228-245. <https://doi.org/10.4236/abc.2022.126019>
- Freile-Peigrín, Y., Chávez-Quintal, C., Caamal-Fuentes, E., Vázquez-Delfín, E., Madera-Santana, T., Robledo, D. (2020). Valorization of the filamentous seaweed *Chaetomorpha gracilis* (Cladophoraceae, Chlorophyta) from an IMTA system. *Journal of Applied Phycology*, 32(4), 2295-2306. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02066-8>

- Freitas, V. M., Mouga, T., Correia, P. A., Afonso, C., Baptista, T. (2021). New insights on the Sporulation, Germination and Nutritional Profile of *Gracilaria gracilis* (Rhodophyta) Grown under Controlled Conditions. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(6), 562. <https://doi.org/10.3390/jmse9060562>
- Friedlander, M. (2009). Advances in cultivation of Gelidiales. In *Nineteenth International Seaweed Symposium: Proceedings of the 19th International Seaweed Symposium*, held in Kobe, Japan, 26-31 March, 2007, 1-6. Springer Netherlands.
- Friedmann, E. I., Roth, W. C. (1977). Development of the siphonous green alga *Penicillus* and the Espera state. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 74(3), 189-214. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1977.tb01176.x>
- Fujimura, T., Tsukahara, K., Moriwaki, S., Kitahara, T., Sano, T., Takema, Y. (2002). Treatment of human skin with an extract of *Fucus vesiculosus* changes its thickness and mechanical properties. *Journal of cosmetic science*, 53(1), 1-9.
- Gallardo, T., Bárbara, I., Alfonso-Carrillo, J., Bermejo, R., Altamirano, M., Gómez-Garreta, A., Barceló, C., Rull, J., Ballesteros, E., De la Rosa, J. (2016). *Nueva lista crítica de las algas bentónicas marinas de España*.
- Gallardo, T., Bárbara, I., Alfonso-Carrillo, J., Bermejo, R., Altamirano, M., Gómez Garreta, A., Barceló Martí, J., Rull Lluch, E., Ballesteros, E., De la Rosa, J., (2016). A new checklist of benthic marine algae of Spain. *Algas. Boletín Informativo Sociedad Española de Ficología* 51, 7–52.
- Gallé, J.-B., Attioua, B., Kaiser, M., Rusig, A.-M., Lobstein, A., Vonthron-Sénécheau, C. (2013). Eleganolone, a diterpene from the French marine alga *Bifurcaria bifurcata* inhibits growth of the human pathogens *Trypanosoma brucei* and *Plasmodium falciparum*. *Marine drugs*, 11(3), 599-610. <https://doi.org/10.3390/md11030599>
- Galletta, A. M. R., Antonetta, C., Licursia, D., Mussia, L., Balestrib, E., Lardicib, C. (2019). Levulinic acid production from the green macroalgae *Chaetomorpha linum* and *Valonia aegagropila* harvested in the orbetello lagoon. *CHEMICAL ENGINEERING*, 74, 103-108. <https://doi.org/10.3303/CET1974018>
- Ganesan, M., Subba Rao, P. V., Mairh, O. P. (1999). Culture of marine brown alga *Padina boergesenii* at Mandapam coast, southeast coast of India. <http://nopr.niscpr.res.in/handle/123456789/25706>
- Gao, X., Endo, H., Agatsuma, Y. (2018). Comparative study on the physiological differences between three *Chaetomorpha* species from Japan in preparation for cultivation. *Journal of Applied Phycology*, 30(2), 1167-1174. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1306-0>
- Garbary, D. J., Barkhouse, L. B. (1987). *Blidingia ramifera* stat. nov. (Chlorophyta): a new marine alga for eastern North America. *Nordic Journal of Botany*, 7(3), 359-363. <https://doi.org/10.1111/j.1756-1051.1987.tb00953.x>
- Gengiah, K., Gurunathan, B., Rajendran, N., Han, J. (2022). Process evaluation and techno-economic analysis of biodiesel production from marine macroalgae *Codium tomentosum*. *Bioresource Technology*, 351, 126969. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126969>
- Genovese, G., Tedone, L., Hamann, M. T., Morabito, M. (2009). The Mediterranean red alga *Asparagopsis*: a source of compounds against Leishmania. *Marine drugs*, 7(3), 361-366. <https://doi.org/10.3390/md7030361>
- Gibson, M. (2013). Reproduction in the Sphacelariales: sex is a rare occurrence. *Botanica Serbica*, 37(1), 21-30. <https://hdl.handle.net/10536/DRO/DU:30057740>
- Go, E.-J., Song, K. B. (2020). *Capsosiphon fulvescens* films containing persimmon (*Diospyros kaki* L.) leaf extract. *Food Bioscience*, 37, 100723. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100723>
- González, R., Romay, C., Ledón, N. (1999). Phycocyanin extract reduces leukotriene B4 levels in arachidonic acid induced mouse-ear inflammation test. *J Pharm Pharmacol*, 51, 641-642.
- Gordon A. (2017). 3- Case study: improving the quality and viability of a traditional beverage - Irish Moss. *Food Safety and Quality System in Developing Countries*. (2), 45-79. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801226-0.00003-7>

- Gotsh, B. J., Magnusson, M., Paul, N. A., de Nys, R. (2012). Total lipid and fatty acid composition of seaweeds for the selection of species for oil-based biofuel and bioproducts. *GCB Bioenergy*, 4(6), 919-930. <https://doi.org/10.1111/j.1757-1707.2012.01175.x>
- Gotz, T., Windhovel, U., Boger, P., Sandmann, G. (1999). Protection of photosynthesis against ultraviolet-B radiation by carotenoids in transformants of the cyanobacterium *Synechococcus* PCC7942. *Plant Physiol* 120, 599–604. <https://doi.org/10.1104/pp.120.2.599>
- Greff, S., Zubia, M., Genta-Jouve, G., Massi, L., Perez, T., Thomas, O. P. (2014). Mahorones, highly brominated cyclopentenones from the red alga *Asparagopsis taxiformis*. *Journal of natural products*, 77(5), 1150-1155. <https://doi.org/10.1021/np401094h>
- Güenaga, L. (2011). Influencia de la radiación solar y del amonio sobre la acumulación de sustancias antioxidantes en macroalgas marinas cultivadas en un sistema de biofiltración. University of Las Palmas de Gran Canaria.
- Guillard, R. R., Ryther, J. H., (1962). Studies of marine planktonic diatoms. I. *Cyclotella nana* Hustedt, and *Detonula confervacea* (Cleve). *Canadian Journal of Microbiology*, 8(2), 229–239. <https://doi.org/10.1139/m62-029>
- Guiry M. D., Guiry G. M., (2007). Algae Base Version 4.2 <http://www.algaebase.org>
- Guiry, M. D., Blunden, G. (1991). Seaweed resources in Europe: uses and potential.
- Güner, A., Nalbantsoy, A., Sukatar, A., Karabay Yavaşoğlu, N. Ü. (2019). Apoptosis-inducing activities of *Halopteris scoparia* L. Sauvageau (Brown algae) on cancer cells and its biosafety and antioxidant properties. *Cytotechnology*, 71(3), 687-704. <https://doi.org/10.1007/s10616-019-00314-5>
- Guo, J., Uddin, K. M. A., Mihhels, K., Fang, W., Laaksonen, P., Zhu, J. Y., Rojas, O. J. (2017). Contribution of residual proteins to the thermomechanical performance of cellulosic nanofibrils isolated from green macroalgae. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(8), 6978-6985. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b01169>
- Gupta, P. L., Rajput, M., Oza, T., Trivedi, U., Sanghvi, G. (2019). Eminence of microbial products in cosmetic industry. *Natural Products and Bioprospecting*, 9(4), 267-278. <https://doi.org/10.1007/s13659-019-0215-0>
- Güroy, B. K., Cirik, Ş., Güroy, D., Sanver, F., Tekinay, A. A. (2007). Effects of *Ulva rigida* and *Cystoseira barbata* meals as a feed additive on growth performance, feed utilization, and body composition of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 31(2), 91-97. <https://journals.tubitak.gov.tr/veterinary/vol31/iss2/2>
- Gutiérrez-Salmeán, G., Fabila-Castillo, L., Chamorro-Cevallos, G. (2015). Nutritional and toxicological aspects of Spirulina (*Arthrospira*). *Nutrición Hospitalaria*, 32(1), 34-40. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.1.9001>
- Habeebullah, S. F., Alagarsamy, S., Sattari, Z., Al-Haddad, S., Fakhraldeen, S., Al-Ghunaim, A., Al-Yamani, F. (2020). Enzyme-assisted extraction of bioactive compounds from brown seaweeds and characterization. *Journal of Applied Phycology*, 32(1), 615-629. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-01906-6>
- Hadjkacem, F., Pierre, G., Christophe, G., Elleuch, J., Fendri, I., Boual, Z., Ould El Hadj, M. D., El Alaoui-Talibi, Z., El Modafar, C., Dubessay, P., Delattre, C., Michaud, P., Abdelkafi, S. (2022). Bioconversion of the brown tunisian seaweed *Halopteris scoparia*: application to energy. *Energies*, 15(12), 4342. <https://doi.org/10.3390/en15124342>
- Hakim, M. M., Patel, I. C. (2020). A review on phytoconstituents of marine brown algae. *Future Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(1). <https://doi.org/10.1186/s43094-020-00147-6>
- Hamad, M. G., Samy, H., Mehany, T., Korma, A. S., Eskander, M., Tawfik, G. R., EL-Rokh, A. E. G., Mansour, M. A., Saleh, M. S., EL Sharkawy, A., Abdelfttah, A. E. H., Khalifa, E. (2023). Utilization of Algae Extracts as Natural Antibacterial and Antioxidants for Controlling Foodborne Bacteria in Meat Products. *Foods*, 12(17), 3281. <https://doi.org/10.3390/foods12173281>
- Hamann, M. T., Scheuer, P. J. (1993). Kahalalide F: a bioactive depsipeptide from the sacoglossan mollusk *Elysia rufescens* and the green alga *Bryopsis* sp. *Journal of the American Chemical Society*, 115(13), 5825-5826. <https://doi.org/10.1021/ja00066a061>

- Hamzaoui, A., Ghariani, M., Sellem, I., Hamdi, M., Feki, A., Jaballi, I., Nasri, M., Amara, I. B. (2020). Extraction, characterization and biological properties of polysaccharide derived from green seaweed *Chaetomorpha linum* and its potential application in Tunisian beef sausages. *International Journal of Biological Macromolecules*, 148, 1156-1168. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.009>
- Han, K. Y., Graf, L., Reyes, C. P., Melkonian, B., Andersen, R. A., Yoon, H. S., Melkonian, M. (2018). A Re-investigation of *Sarcinochrysis marina* (Sarcinochrysidales, Pelagophyceae) from its Type Locality and the Descriptions of *Arachnochrysis*, *Pelagospilus*, *Sargassococcus* and *Sungminbooa* genera nov. *Protist*, 169(1), 79–106. <https://doi.org/10.1016/j.protis.2017.12.004>
- Hardy, F. G., Moss, B. L. (1978). The attachment of zygotes and germlings of *Halidys siliquosa* (L.) Lyngb. (Phaeophyceae, Fucales). *Phycologia*, 17(1), 69-78. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-17-1-69.1>
- Harizani, M., Ioannou, E., Roussis, V., 2016. The *Laurencia* Paradox: An Endless Source of Chemodiversity, in: Kinghorn, A., Falk, H., Gibbons, S., Kobayashi, J. (Eds.), *Progress in the Chemistry of Organic Natural Products* 102. Springer, 91–252. https://doi.org/10.1007/978-3-319-33172-0_2
- Harnedy, P. A., O’Keeffe, M. B., FitzGerald, R. J. (2017). Fractionation and identification of antioxidant peptides from an enzymatically hydrolysed *Palmaria palmata* protein isolate. *Food Res Int* 100, 416–422. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.07.037>
- Hayashi, K., Hayashi, T., Kojima, I. (1996b). A natural sulfated polysaccharide, calcium spirulan, isolated from *Spirulina platensis*, *in vitro* and *ex vivo* evaluation of anti-herpes simplex virus and anti-human immunodeficiency virus activities. *AIDS Res Hum Retroviruses*, 12, 1463-1471. <https://doi.org/10.1089/aid.1996.12.1463>
- Heird, W. C. (1998). Amino acids in pediatric and neonatal nutrition. *Current Opinion in Clinical Nutrition and Metabolic Care*, 1(1), 73–78.
- Henrikson, R. (1994). Microalga *Spirulina*, superalimento del futuro. *Ronore Enterprises*, 2, 222.
- Hermund, D. B., Sivasubramaniam, N., Neerup, R., Thomsen, B. R., Jacobsen, C. (2018). Antioxidant characterization and cosmetic application of extracts from brown alga *Saccharina latissima*. *Sustain conference*. <https://findit.dtu.dk/en/catalog/5c1a792bd9001d01431e95eb>
- Herrero, M., Ibanez, E., Cifuentes, A., Reglero, G., Santoyo, S. (2006a). *Dunaliella salina* microalga pressurized liquid extracts as potential antimicrobials. *J Food Prot* 69, 2471–2477. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-69.10.2471>
- Hillis-Colinvaux, L. (1980). Ecology and taxonomy of *Halimeda*: primary producer of coral reefs. In J. H. S. Blaxter, F. S. Russell, M. Yonge (Eds.), *Advances in Marine Biology*, 17, 1-327. Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2881\(08\)60303-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2881(08)60303-X)
- Holdt, S. L., Kraan, S. (2011). Bioactive compounds in seaweed: functional food applications and legislation. *Journal of applied phycology*, 23, 543-597. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9632-5>
- Horn, S. J., Aasen, I. M., Østgaard, K. (2000). Ethanol production from seaweed extract. *Journal of industrial microbiology and biotechnology*, 25(5), 249-254. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.7000065>
- Hoseinifar, S. H., Fazelan, Z., Bayani, M., Yousefi, M., Van Doan, H., Yazici, M. (2022). Dietary red macroalgae (*Halopithys incurva*) improved systemic an mucosal immune and antioxidant parameters and modulated related gene expression in zebrafish (*Danio rerio*). *Fish & Shellfish Immunology*, 123, 164–171. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2022.02.047>
- Hsu, H.-Y., Hua, K.-F., Su, Y.-C., Chu, L.-C., Su, S.-C., Chiu, H.-W., Wong, C.-H., Chen, S.-T., Shieh, C.-W., Yang, S.-S., Chen, Y.-M., Chao, L. K. (2006). Alkali-soluble polysaccharides of *Rhizoclonium riparium* alga induce IL-1 gene expression via protein kinase signaling pathways. *Journal of agricultural and food chemistry*, 54(10), 3558-3565. <https://doi.org/10.1021/jf060442f>
- Huheihel, M., Ishanu, V., Tal, J., Arad, S. (2002). Activity of *Porphyridium* sp. polysaccharide against herpes simplex viruses *in vitro* and *in vivo*. *Journal of Biochemical and Biophysical Methods*, 50(2–3), 189–200. [https://doi.org/10.1016/S0165-022X\(01\)00186-5](https://doi.org/10.1016/S0165-022X(01)00186-5)

- Huntley, M. E., Redalje, D. G. (2007). CO2 mitigation and renewable oil from photosynthetic microbes: a new appraisal. *Mitig Adapt Strat Glob Change*, 12, 573–608. <https://doi.org/10.1007/s11027-006-7304-1>
- Hussein, M. H., Eltanahy, E., Al Bakry, A. F., Elsafty, N., Elshamy, M.M. (2021). Seaweed extracts as prospective plant growth bio-stimulant and salinity stress alleviator for *Vigna sinensis* and *Zea mays*. *J. Appl. Phycol.* 33, 1273–1291. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02330-x>
- Hwang, E. K., Amano, H., Park, C. S. (2008). Assessment of the nutritional value of *Capsosiphon fulvescens* (Chlorophyta): developing a new species of marine macroalgae for cultivation in Korea. *Journal of Applied Phycology*, 20(2), 147-151. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9198-z>
- Hwang, E. K., Baek, J. M., Park, C. S. (2007). Assessment of optimal depth and photon irradiance for cultivation of the brown alga, *Sargassum fulvellum* (Turner) C. Agardh. *Journal of Applied Phycology*, 19(6), 787-793. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9190-7>
- Ilyas, Z., Ali Redha, A., Wu, Y. S., Ozeer, F. Z., Aluko, R. E. (2023). Nutritional and health benefits of the brown Seaweed *Himantalia elongata*. *Plant Foods for Human Nutrition*. <https://doi.org/10.1007/s11130-023-01056-8>
- Indira, K., Balakrishnan, S., Srinivasan, M., Bragadeeswaran, S., Balasubramanian, T. (2013). Evaluation of *in vitro* antimicrobial property of seaweed (*Halimeda tuna*) from Tuticorin coast, Tamil Nadu, Southeast coast of India. *African Journal of Biotechnology*, 12(3), 284-289. <https://doi.org/10.5897/ajb12.014>
- Inui, H., Ishikawa, T., Tamoi, M. (2017). Wax ester fermentation and its application for biofuel production. *Advances in Experimental Medicine and Biology*, 979, 269–283.
- Irfan, M., Abdullah, N., Subur, R., Akbar, N. (2023). Application of the bags and non mesh bags using the off-bottom method in seaweed cultivation of *Halymenia* sp. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 16(4), 1843-1849. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/application-mesh-bags-non-using-off-bottom-method/docview/2857154555/se-2>
- Ismail, A., Ktari, L., Ahmed, M., Bolhuis, H., Boudabbous, A., Stal, L. J., Cretoiu, M. S., El Bour, M. (2016). Antimicrobial activities of bacteria associated with the brown alga *Padina pavonica* [Original Research]. *Frontiers in microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01072>
- Ismail, M. M., Amer, S. M. (2020). Characterization and biological properties of sulfated polysaccharides of *Corallina officinalis* and *Pterocladia capillacea*. *Acta Botanica Brasiliica* 34(4), 623-632. <https://doi.org/10.1590/0102-33062020abb0121>
- Ivanova, V., Rouseva, R., Kolarova, M., Serkedjieva, J., Rachev, R., Manolova, N. (1994). Isolation of a polysaccharide with antiviral effect from *Ulva Lactuca*. *Preparative Biochemistry*, 24(2), 83-97. <https://doi.org/10.1080/10826069408010084>
- Jang, B., Chung, H., Jung, H., Song, H.-K., Park, E., Choi, H. S., Jung, K., Choe, H., Yang, S., Oh, E.-S. (2021). Extracellular vesicles from Korean *Codium fragile* and *Sargassum fusiforme* negatively regulate melanin synthesis. *Molecules and Cells*, 44(10), 736-745. <https://doi.org/10.14348/molcells.2021.2167>
- Jayawardhana, H. H. A. C. K., Lee, H.-G., Liyanage, N. M., Nagahawatta, D. P., Ryu, B., Jeon, Y.-J. (2023). Structural characterization and anti-inflammatory potential of sulfated polysaccharides from *Scytosiphon lomentaria*; attenuate inflammatory signaling pathways. *Journal of Functional Foods*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2023.105446>
- Jensen, M. N., (2004). Cultivating edible seaweed in Hawaii: new technique help local farmers. *Arizona Land and People*, (49), 10-11.
- Jerković, I., Kranjac, M., Marijanović, Z., Šarkanj, B., Cikoš, A.-M., Aladić, K., Pedisić, S., Jokić, S. (2019). Chemical diversity of *Codium bursa* (Olivi) C. Agardh headspace compounds, volatiles, fatty acids and insight into its antifungal activity. *Molecules* (Basel, Switzerland), 24(5). <https://doi.org/10.3390/molecules24050842>
- Jia, J., Zheng, W., Zhang, C., Zhang, P., Guo, X., Song, S., Ai, C. (2023). Fucoidan from *Scytosiphon lomentaria* protects against destruction of intestinal barrier, inflammation and lipid abnormality by modulating the gut microbiota in dietary fibers-deficient mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 224, 556-567. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.10.144>

- Jiang, H., Zou, D., Li, X. (2016). Growth, photosynthesis and nutrient uptake by *Grateloupia livida* (Halymeniales, Rhodophyta) in response to different carbon levels. *Phycologia* 55, 462–468. <https://doi.org/10.2216/16-11.1>
- Jiang, Z., Chen, Y., Yao, F., Chen, W., Zhong, S., Zheng, F., Shi, G. (2013). Antioxidant, antibacterial and antischistosomal activities of extracts from *Grateloupia livida* (Harv). Yamada. *PLoS One* 8. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0080413>
- Jo, S.W., Hong, J.W., Do, J.M., Na, H., Kim, J.J., Park, S.I., Kim, Y.S., Kim, I.S., Yoon, H.S. (2020). Nitrogen Deficiency-Dependent Abiotic Stress Enhances Carotenoid Production in Indigenous Green Microalga *Scenedesmus rubescens* KNUA042, for Use as a Potential Resource of High Value Products. *Sustainability* 2020, 12(13), 5445. <https://doi.org/10.3390/su12135445>
- Johnson, R.B., Nicklason, P.M., Armbruster, L.C., Sommers, F.C., Kim, S.K., Marancik, D., Jee, J., Gadberry, B.A., Colt, J.E. (2020). Addition of the red macroalgae Turkish Towel *Chondracanthus exasperates* and taurine improves the performance of alternative plant-based feeds for juvenile sablefish *Anoplopoma fimbria*. *Aquac. Res.* 51, 3191–3204. <https://doi.org/10.1111/are.14654>
- Jousselin, C., Pliego-Cortés, H., Damour, A., Garcia, M., Bodet, C., Robledo, D., Bourgoignon, N., Lévêque, N. (2023). Anti-SARS-CoV2 Activity of Polysaccharides Extracted from *Halymenia floresii* and *Solieria chordalis*. *Marine drugs*, 21(6), 348. <https://doi.org/10.3390/md21060348>
- Kabirifard, A., Dashtizadeh, M., Kamali, A., Khaj, H. (2019). Comparison of nutritional value of seaweed *Sargassum unguistifolium* in coasts of Bushehr province with seaweed *Cystoseira indica* in coasts of Sistan and Baluchestan province for ruminants feeding. *Journal of Animal Environment*, 11(3), 35-44. http://www.aejournal.ir/article_96001_c59dea0d-1522941f87c42a74b10e0cac.pdf
- Kaliaperumal, N., Chennubhotla, V. (2017). Studies on value added products from Indian marine algae—A review. *Seaweed Res Util*, 39, 1-9.
- Kang, M. C., Kang, N., Kim, S. Y., Lima, I. S., Ko, S. C., Kim, Y. T., Kim, Y. B., Jeung, H. D., Choi, K. S., Jeon, Y. J. (2016). Popular edible seaweed, *Gelidium amansii* prevents against diet-induced obesity. *Food Chem Toxicol*, 90, 181–187. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.02.014>
- Kang, S.-M., Kim, K.-N., Lee, S.-H., Ahn, G., Cha, S.-H., Kim, A.-D., Yang, X.-D., Kang, M.-C., Jeon, Y.-J. (2011). Anti-inflammatory activity of polysaccharide purified from AMG-assistant extract of *Ecklonia cava* in LPS-stimulated RAW 264.7 macrophages. *Carbohydrate Polymers*, 85(1), 80-85. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2011.01.052>
- Kannan, R. R. R., Arumugam, R., Ramya, D., Manivannan, K., Anantharaman, P. (2013). Green synthesis of silver nanoparticles using marine macroalga *Chaetomorpha linum*. *Applied Nanoscience*, 3(3), 229-233. <https://doi.org/10.1007/s13204-012-0125-5>
- Kathiraven, T., Sundaramanickam, A., Shanmugam, N., Balasubramanian, T. (2015). Green synthesis of silver nanoparticles using marine algae *Caulerpa racemosa* and their antibacterial activity against some human pathogens. *Applied Nanoscience*, 5(4), 499-504. <https://doi.org/10.1007/s13204-014-0341-2>
- Kersen, P., Paalme, T., Pajusalu, L., Martin, G. (2017). Biotechnological applications of the red alga *Furcellaria lumbricalis* and its cultivation potential in the Baltic Sea. *Bot. Mar.* 60. <https://doi.org/10.1515/bot-2016-0062>
- Khan, F., Qari, R. (2012). Variation in biomass, biochemical composition and alginic acid contents in *Spatoglossum variabile* and *Stoichospermum marginatum*. *International journal of phycology and phycochemistry*, 8(1), 59-68.
- Khan, M. I., Shin, J. H., Kim, J. D. (2018). The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microbial Cell Factories*, 17(1), 1–21. <https://doi.org/10.1186/s12934-018-0879-x>
- Kim, G. H., Klotchkova, T.A., West, J.A. (2002). From protoplasts to swarmer: regeneration of protoplasts from disintegrated cells of the multicellular marine green alga *Microdictyon umbilicatum* (Chlorophyta). *Journal of Phycology*, 38(1), 174-183. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.2002.01053.x>
- Kim, J. K., Yarish, C., Hwang, E. K., Park, M., Kim, Y., Kim, J. K., Kim, Y. (2017). Seaweed aquaculture: cultivation technologies, challenges and its ecosystem services. *Algae*, 32(1), 1-13. <https://doi.org/10.4490/algae.2017.32.3.3>

- Kim, J., Choi, J. H., Oh, T., Ahn, B., Unno, T. (2020). *Codium fragile* ameliorates high-fat diet-induced metabolism by modulating the gut microbiota in mice. *Nutrients*, 12(6), 1848. <https://doi.org/10.3390/nu12061848>
- Kim, K. W., Kwon, Y. M., Kim, S. Y., Kim, J. Y. H. (2022). One-pot synthesis of UV-protective carbon nanodots from sea cauliflower (*Leathesia difformis*). *Electronic Journal of Biotechnology*, 56, 22-30. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2021.12.004>
- Kim, M.-J., Yang, K.-W., Lee, W. J., Kim, S. S., Lee, N. H., Hyun, C.-G. (2013). Inhibitory effect of *Ulva fasciata* and *Desmarestia viridis* on the production of nitric oxide, prostaglandin E2, and pro-inflammatory cytokines in RAW 264.7 cells. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 3(9), 001-007. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2013.3901>
- Kim, S. C., Kim, H. J., Park, G. E., Lee, C. W., Synytsya, A., Capek, P., Park, Y. I. (2022). Sulfated glucuronorhamnoxylan from *Capsosiphon fulvescens* ameliorates osteoporotic bone resorption via inhibition of osteoclastic cell differentiation and function *in vitro* and *in vivo*. *Marine Biotechnology*, 24(4), 690-705. <https://doi.org/10.1007/s10126-022-10136-w>
- Kim, S. K., Kalimuthu, S. (2015). Introduction to anticancer drugs from marine origin. *Handbook of anticancer drugs from marine origin*, 1-13.
- Kim, S., Baek, S.-K., Song, K. B. (2018). Physical and antioxidant properties of alginate films prepared from *Sargassum fulvellum* with black chokeberry extract. *Food Packaging and Shelf Life*, 18, 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.11.008>
- Kim, Y. M., Kim, I. H., Nam, T. J. (2013). Inhibition of AGS human gastric cancer cell invasion and proliferation by *Capsosiphon fulvescens* glycoprotein. *Molecular Medicine Reports*, 8(1), 11-16. <https://doi.org/10.3892/mmr.2013.1492>
- Klein, J., Verlaque, M. (2008). The *Caulerpa racemosa* invasion: A critical review. *Marine pollution bulletin*, 56, 205-225. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2007.09.043>
- Klimjit, A., Praiboon, J., Tiengrim, S., Chirapart, A., Thamlikitkul, V. (2021). Phytochemical composition and antibacterial activity of brown seaweed, *Padina australis* against human pathogenic bacteria. *Journal of Fisheries and Environment*, 45(1), 8-22. <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/JFE/article/view/220426>
- Knuckey, R. M., Semmens, G. L., Mayer, R. J., Rimmer, M. A. (2005). Development of an optimal microalgal diet for the culture of the calanoid copepod *Acartia sinjiensis*: Effect of algal species and feed concentration on copepod development. *Aquaculture*, 249(1-4), 339-351. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.02.053>
- Ko, S. J., Kim, Y. K., Hong, S. W., Kang, M. S., Park, C. S., Hwang, E. K., Lee, Y. D. (2020). Artificial seed production and cultivation of *Sargassum macrocarpum* (Fueales, Phaeophyta). *Algae*, 35(2), 123-131. <https://doi.org/10.4490/algae.2020.35.5.27>
- Ko, S. W., Soriano, J. P. E., Rajan Unnithan, A., Lee, J. Y., Park, C. H., Kim, C. S. (2018). Development of bioactive cellulose nanocrystals derived from dominant cellulose polymorphs I and II from *Capsosiphon fulvescens* for biomedical applications. *International Journal of Biological Macromolecules*, 110, 531-539. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.047>
- Kolsi, R., Frikha, D., Jribi, I., Hamza, A., Feki, L., Belghith, K. (2015). Screening of antibacterial and antifungal activity in marine macroalgae and magnoliophyta from the coast of Tunisia. *International journal of pharmacy and pharmaceutical sciences*, 7(3), 47-51.
- Kosanic, M., Rankovic, B., Stanojkovic, T. (2018). Evaluation of antioxidant, antimicrobial and anticancer effects of three selected marine macroalgae. *Rom. Biotechnol. Lett*, 23(4), 13804-13813.
- Kottuparambil, S., Thankamony, R. L., Agusti, S. (2019). *Euglena* as a potential natural source of value-added metabolites. A review. *Algal Research*, 37, 154-159. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.11.024>
- Koyande, A. K., Chew, K. W., Rambabu, K., Tao, Y., Chu, D. T., Show, P. L. (2019). Microalgae: A potential alternative to health supplementation for humans. *Food Science and Human Wellness*, 8(1), 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.03.001>

- Kraan, S. (2013). Pigments and minor compounds in algae. In: **Domínguez H (ed) Functional ingredients from algae for foods and nutraceuticals. Woodhead Publishing, NY**, 205–251. <https://doi.org/10.1533/9780857098689.1.205>
- Krayesky-Self, S., Phung, D., Schmidt, W., Sauvage, T., Butler, L., Fredericq, S. (2020). First Report of Endolithic Members of *Rhodorus marinus* (Stylonematales, Rhodophyta) Growing Inside Rhodoliths Offshore Louisiana, Northwestern Gulf of Mexico. **Frontiers in Marine Science**, 7. <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00007>
- Krish, S., Das, A. (2014). In-vitro bioactivity of marine seaweed, *Cladophora rupestris*. **International Journal of Pharmacy and Biological Sciences**, 5, 898-908.
- Kuda, T., Hishi, T., Maekawa, S. (2006). Antioxidant properties of dried product of ‘haba-nori’, an edible brown alga, *Petalonia binghamiae* (J. Agaradh) Vinogradova. **Food Chemistry**, 98(3), 545-550. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.023>
- Kuda, T., Taniguchi, E., Nishizawa, M., Araki, Y. (2002). Fate of water-soluble polysaccharides in dried *Chorda filum* a brown alga during water washing. **Journal of Food Composition and Analysis**, 15(1), 3-9. <https://doi.org/10.1006/jfca.2001.1037>
- Kumar, S. A., Magnusson, M., Ward, L. C., Paul, N. A., Brown, L. (2015). Seaweed supplements normalise metabolic, cardiovascular and liver responses in high-carbohydrate, high-fat fed rats. **Marine drugs**, 13(2), 788-805. <https://www.mdpi.com/1660-3397/13/2/788>
- Kumari, P., Bijo, A. J., Mantri, V. A., Reddy, C. R. K., Jha, B. (2013). Fatty acid profiling of tropical marine macroalgae: An analysis from chemotaxonomic and nutritional perspectives. **Phytochemistry**, 86, 44-56. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2012.10.015>
- Kurashima, A., Kageyama, Y., Ishido, M., Abe, M. (2023). Effects of temperature and photoperiod on the growth and maturation of parthenogenetic *Petalonia binghamiae*. **Fisheries Science**, 89(2), 171-179. <https://doi.org/10.1007/s12562-022-01660-8>
- Kurt, O., Özdal-Kurt, F., Akçora, C. M., Özkut, M., Tuğlu, M. I. (2018). Neurotoxic, cytotoxic, apoptotic and antiproliferative effects of some marine algae extracts on the NA2B cell line. **Biotechnic & Histochemistry**, 93(1), 59-69. <https://doi.org/10.1080/10520295.2017.1381992>
- Kyaw, S. P. P., Wai, M. K., Nyunt, T., Soe-Htun, U. (2009). The morphology and distribution of *Dictyopteris woodwardia* (Brown ex Turner) C. Agardh (Dictyotales, Phaeophyta) from Myanmar. **Journal of the Myanmar Academy of Arts and Science**, 7(5), 2.
- Lalegerie, F., Stengel, D. B. (2022). Concise review of the macroalgal species *Pelvetia canaliculata* (Linnaeus) Decaisne & Thuret. **Journal of Applied Phycology**, 34(6), 2807-2825. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02830-y>
- Lamers, P. P., Janssen, M., De Vos, H. C. R., Bino, J. R., Wijffels, H. R. (2008). Exploring and exploiting carotenoid accumulation in *Dunaliella salina* for cell-factory applications. **Trends in Biotechnology**, 29(11), 631-638. <https://doi.org/10.1016/j.tibtech.2008.07.002>
- Lane, L. A., Mular, L., Drenkard, J. E., Shearer, L. T., Engel, S., Fredericq, S., Fairchild, R. C., Prudhomme, J., Le Roch, K., Hay, E. M., Aalbersberg, W., Kubanek, J. (2010). Ecological leads for natural product discovery: novel sesquiterpene hydroquinones from the red macroalga *Peyssonnelia* sp. **Tetrahedron**, 66(2), 455-461. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2009.11.042>
- Lavanya, A., Aziah, S. N., Asyraf, K. M. (2022). Influence of different alkaline pH medium towards growth kinetics, lipid production and fatty acid compositions *Halochlorella rubescens*. **Research Journal of Biotechnology**, 17(5). <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2136300/v1>
- Lawrence, K. P., Long, P. F. Young, A. R. (2018). Mycosporine-like amino acids for skin photoprotection. **Curr Med Chem**, 25, 5512–5527. <https://doi.org/10.2174/0929867324666170529124237>
- Laza-Martínez, A., Fernández-Marín, B., Ignacio García-Plazaola, J. (2018). Rapid colour changes in *Euglena sanguinea* (Euglenophyceae) caused by internal lipid globule migration. **European Journal of Phycology**, 54(1), 91–101. <https://doi.org/10.1080/09670262.2018.1513571>

- Lee, K.-W., Kim, S.-W., Oh, J.-S., Nam, M.-H., Hong, C.-O. (2014). Hepato-protective and anti-diabetic effects of *Capsosiphon fulvescens* and pheophorbide A in streptozotocin-induced diabetic rats. *Toxicology Letters*, (229), S242.
- Lee, K.-W., Oh, J. S., Hong, C.-O., Nam, M.-H. (2013). Antidiabetic and antioxidant activity of pheophorbide a from *Capsosiphon fulvescens* extract in streptozotocin-induced diabetes in rats. *Toxicology Letters*, (221), S89.
- Leite, B. S. M. (2017). Novas alternativas para o uso de Macroalgas da Costa Portuguesa em Alimentação. Universidade Nova de Lisboa.
- Leliaert, F., D'hondt, S., Tyberghein, L., Verbruggen, H., De Clerck, O. (2011). Atypical development of *Chaetomorpha antennina* in culture (Cladophorales, Chlorophyta). *Phycological research*, 59(2), 91-97. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1835.2010.00604.x>
- León-Cisneros, K., Nogueira, E.M., Riosmena-Rodríguez, R., Isabel, A. (2011) Life-cycle of *Sciniaia interrupta* (Nemaliales, Rhodophyta). *J Appl Phycol* 23, 467–473. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9605-8>
- Li, G.-Y., Luo, Z.-C., Yuan, F., Yu, X.-B. (2017). Combined process of high-pressure homogenization and hydrothermal extraction for the extraction of fucoidan with good antioxidant properties from *Nemacystus decipiens*. *Food and Bioprocess Processing*, 106, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.08.002>
- Li, L., Zhao, J., Tang, X. (2009). Ultraviolet irradiation induced oxidative stress and response of antioxidant system in an intertidal macroalgae *Corallina officinalis*. *Journal of environmental sciences*, 22(5), 716-722. [https://doi.org/10.1016/S1001-0742\(09\)60168-6](https://doi.org/10.1016/S1001-0742(09)60168-6)
- Li, P., Wen, S., Sun, K., Zhao, Y., Chen, Y. (2018). Structure and bioactivity screening of a low molecular weight ulvan from the green alga *Ulothrix flacca*. *Marine drugs*, 16(8), 281. <https://doi.org/10.3390/md16080281>
- Li, X.-C., Jacob, M. R., Ding, Y., Agarwal, A. K., Smillie, T. J., Khan, S. I., Nagle, D. G., Ferreira, D., Clark, A. M. (2006). Capsiterones A and B, which enhance fluconazole activity in *Saccharomyces cerevisiae*, from the marine green alga *Penicillus capitatus*. *Journal of natural products*, 69(4), 542-546. <https://doi.org/10.1021/mp050396y>
- Liberti, D., Imbimbo, P., Giustino, E., D'Elia, L., Ferraro, G., Casillo, A., Illiano, A., Pinto, G., Di Meo, M. C., Alvarez-Rivera, G., Corsaro, M. M., Amoresano, A., Zarrelli, A., Ibáñez, E., Merlino, A., Monti, D. M. (2023). Inside out *Porphyridium cruentum*: Beyond the Conventional Biorefinery Concept. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 11(1), 381–389. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.2c05869>
- Lin, A., Engel, S., Smith, A. B., Fairchild, R. C., Aalbersberg, W., Hay, E. M., Kubanek, J. (2010). Structure and biological evaluation of novel cytotoxic sterol glycosides from the marine red alga *Peyssonnelia* sp. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 18(23), 8264-8269. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2010.10.010>
- Lomartire, S., Gonçalves, A. M. M. (2022). Antiviral activity and mechanisms of seaweeds bioactive compounds on enveloped viruses—a review. *Marine drugs*, 20(6), 385. <https://doi.org/10.3390/md20060385>
- Lopes, D., Melo, T., Meneses, J., Abreu, M. H., Pereira, R., Domingues, P., Lillebø, A.I., Calado, R., Domingues, M. R. (2019). A new look for the red macroalga *Palmaria palmata*: A seafood with polar lipids rich in EPA and with antioxidant properties. *Mar Drugs* 17, 533. <https://doi.org/10.3390/md17090533>
- López-Campos, M., Pérez-Lloréns, J. L., Barrena, F., Pérez-González, C. M., Hernández, I. (2022). Culture of *Gracilaria gracilis* and *Chondracanthus teedei* from Vegetative Fragments in the Field and Carpospores in Laboratory. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(8), 1041. <https://doi.org/10.3390/jmse10081041>
- López-Benito, M. (1963). Estudio de la composición química del *Lithothamnium calcareum* (Aresh) y su aplicación como corrector de terrenos de cultivo.
- Lüning, K., Mortensen, L. (2015). European aquaculture of sugar kelp (*Saccharina latissima*) for food industries: iodine content and epiphytic animals as major problems. *Botanica Marina*, 58(6), 449-455. <https://doi.org/10.1515/bot-2015-0036>

- Lv, J., Guo, B., Feng, J., Liu, Q., Nan, F., Liu, X., Xie, S. (2019). Integration of wastewater treatment and flocculation for harvesting biomass for lipid production by a newly isolated self-flocculating microalga *Scenedesmus rubescens* SX. *Journal of Cleaner Production*, 240. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118211>
- Ma, L., Liu, R., Du, H. J., Liu, T., Wu, S. S., Liu, H. X. (2016a). Lutein, zeaxanthin and meso-zeaxanthin supplementation associated with macular pigment optical density. *Nutrients*, 8(7), 426. [10.3390/nu8070426](https://doi.org/10.3390/nu8070426)
- Ma, N. X., Chen, P. T., Yang, B., Lui, J., Chn, F. (2016b). Lipid production from *Nannochloropsis*. *Marine drugs*, 14(4), 61. [10.3390/md14040061](https://doi.org/10.3390/md14040061)
- MacArtain, P., Gill, C. I. R., Brooks, M., Campbell, R., Rowland, I. R. (2007). Nutritional value of edible seaweeds. *Nutr Rev* 65, 535–543. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2007.tb00278.x>
- Machado, L. P., Carvalho, L. R., Young, M. C. M., Cardoso-Lopes, E. M., Centeno, D. C., Zambotti-Villela, L., Colepicolo, P., Yokoya, N. S., (2015). Evaluation of acetylcholinesterase inhibitory activity of Brazilian red macroalgae organic extracts. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 25, 657–662. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.09.003>
- Machado, L., Magnusson, M., Paul, N. A., De Nys, R., Tomkins, N. (2014). Effects of marine and freshwater macroalgae on in vitro total gas and methane production. *PLOS ONE*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085289>
- Mæhre, H. K., Edvinsen, G. K., Eilertsen, K-E., Elvevoll, E. O. (2015). Heat treatment increases the protein bioaccessibility in the red seaweed dulse (*Palmaria palmata*), but not in the brown seaweed winged kelp (*Alaria esculenta*). *J Appl Phycol* 28, 581–590. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0587-4>
- Mæhre, H. K., Malde, M. K., Eilertsen, K. E., Elvevoll, E. O. (2014). Characterization of protein, lipid and mineral contents in common Norwegian seaweeds and evaluation of their potential as food and feed. *J Sci Food Agric* 94, 3281–3290. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6681>
- Magnusson, M., Mata, L., De Nys, R., Paul, N. A. (2014). Biomass, lipid and fatty acid production in large-scale cultures of the marine macroalga *Derbesia tenuissima* (Chlorophyta). *Marine Biotechnology*, 16(4), 456-464. <https://doi.org/10.1007/s10126-014-9564-1>
- Manam, D. V. K. (2020). Biosynthesis and characterization of silver nanoparticles from marine seaweed *Colpomenia sinuosa* and its antifungal efficacy. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*, 59-68. doi ijpbs 2020; doi 10.22376/ijpbs.2020.11.2
- Mandal, P., Pujol, C. A., Damonte, E. B., Ghosh, T., Ray, B. (2010). Xylans from *Scinaia hatei*: Structural features, sulfation and anti-HSV activity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 46(2), 173-178. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2009.12.003>Get rights and content
- Manikandakrishnan, M., Palanisamy, S., Vinosha, M., Kalanjiraja, B., Mohandoss, S., Manikandan, R., Tabarsa, M., You, S., Prabhu, N. M. (2019). Facile green route synthesis of gold nanoparticles using *Caulerpa racemosa* for biomedical applications. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 54. <https://doi.org/10.1016/j.jddst.2019.101345>
- Manriquez-Hernández, J. A., Duston, J., Garbary, D.J. (2016). Effect of irradiance on bioremediation capacity of the red algae *Chondrus crispus* and *Palmaria palmata*. *Aquac Int* 24, 39–55. <https://doi.org/10.1007/s10499-015-9907-6>
- Marinho, G. S., Holdt, S. L., Birkeland, M. J., Angelidaki, I. (2015). Commercial cultivation and bioremediation potential of sugar kelp, *Saccharina latissima*, in Danish waters. *Journal of Applied Phycology*, 27(5), 1963-1973. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0519-8>
- Marrion, O., Schwertz, A., Fleurence, J., Guéant, J. L., Villaume, C. (2003). Improvement of the digestibility of the proteins of the red alga *Palmaria palmata* by physical processes and fermentation. *Nahrung* 47, 339–344. <https://doi.org/10.1002/food.200390078>
- Martin, G., Paalme, T., Torn, K. (2006). Growth and production rates of loose-lying and attached forms of the red algae *Furcellaria lumbricalis* and *Coccotylus truncatus* in Kassari Bay, the West Estonian Archipelago Sea. *Hydrobiologia*, 554, 107-115. <https://doi.org/10.1007/s10750-005-1010-y>

- Martínez, M. A., Aedo, H., Lopez-Torres, B., Maximiliano, J. E., Martínez-Larrañaga, M. R., Anadón, A., Martínez, M., Peteiro, C., Cueto, M., Rubiño, S., Hortos, M., Ares, I. (2023). *Bifurcaria bifurcata* extract exerts antioxidant effects on human Caco-2 cells. *Environ Res*, 231(Pt 1). <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.116141>
- Martinez, N., Casillas, C., Rodriguez, L., Rodriguez, J., Torres, L. (1966). Antibiotic properties of marine algae. III. *Cymopolia barbata*. *Botanica Marina*, 9, 21-26. <https://doi.org/10.1515/botm.1966.9.1-2.21>
- Mata, L. F. R. d. (2008). Integrated aquaculture of bonnemaisoniaceae: Physiological and nutritional controls of biomass production and of halogenated metabolite content (Order No. 10598205). Available from ProQuest Dissertations & Theses Global. Retrieved from <https://www.proquest.com/dissertations-theses/integrated-aquaculture-bonnemaisoniaceae/docview/2012108344/se-2>
- Mata, L., Magnusson, M., Paul, N. A., de Nys, R. (2016). The intensive land-based production of the green seaweeds *Derbesia tenuissima* and *Ulva ohnoi*: biomass and bioproducts. *Journal of Applied Phycology*, 28(1), 365-375. <https://doi.org/10.1007/s10811-015-0561-1>
- Mata, L., Schuenhoff, A., Santos, R. (2010). A direct comparison of the performance of the seaweed biofilters, *Asparagopsis armata* and *Ulva rigida*. *Journal of Applied Phycology*, 22(5), 639-644. <https://doi.org/10.1007/s10811-010-9504-z>
- Mazokopakis, E. E., Starakis, K. I., Papadomanolaki, G. M., Mavroei, G. N., Ganotakis, S. E. (2013). The hypolipidaemic effects of Spirulina (*Arthrospira platensis*) supplementation in a Cretan population: a prospective study. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(3), 432-437. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6261>
- Meesala, S., Gurung, P., Karmodiya, K., Subrayan, P., Watve, G. M. (2017). Isolation and structure elucidation of halymeniaol, a new antimalarial sterol derivative from the red alga *Halymenia floresii*. *Journal of Asian Natural Products Research*, 20. <https://doi.org/10.1080/10286020.2017.1342636>
- Meichssner, R., Krost, P., Schulz, R. (2021). Experimental testing of density- and season-dependent growth in vegetative *Fucus* aquaculture and modelling of growth over one year for different cultivation scenarios. *Journal of Applied Phycology*, 33(6), 3939-3950. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02597-8>
- Meinita, M. D. N., Harwanto, D., Amron, Hannan, M. A., Jeong, G. T., Moon, I. S., Choi, J. S. (2023). A concise review of the potential utilization based on bioactivity and pharmacological properties of the genus *Gelidium* (Gelidiales, Rhodophyta). *Journal of Applied Phycology*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-02956-7>
- Meinita, M. D. N., Marhaeni, B., Winanto, T., Jeong, G. T., Kahn, M. N. K., Hong, Y. K. (2013). Comparison of agarophytes (*Gelidium*, *Gracilaria*, and *Gracilariopsis*) as potential resources for bioethanol production. *J Appl Phycol*, 25, 1957-1961. <https://doi.org/10.1007/s10811-013-0041-4>
- Mendes, G. da S., Bravin, I. C., Yoneshigue-Valentin, Y., Yokoya, N. S., Romanos, M. T. V. (2012). Anti-HSV activity of *Hypnea musciformis* cultured with different phytohormones. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 22, 789-794. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2012005000054>
- Mercado, M. J., Niell, X. F. (1999). Carbon dioxide uptake by *Bostrychia scorpioides* (Rhodophyceae) under emersed conditions. *European Journal of Phycology*, 45-51. <https://doi.org/10.1080/09670260010001735611>
- Messyas, B., Leska, B., Fabrowska, J., Pikosz, M., Roj, E., Cieslak, A., Schroeder, G. (2015). Biomass of freshwater *Cladophora* as a raw material for agriculture and the cosmetic industry. *Open Chemistry*, 13(1). <https://doi.org/10.1515/chem-2015-0124>
- Meunier, M., Bracq, M., Chapuis, E., Lapiere, L., Humeau, A., Bernard, S., Lambert, C., Paulus, C., Auriol, P., Lemagnen, P., Sandré, J., Auriol, D., Scandolera, A., Reynaud, R. (2023). Targeting SDF1 as an efficient strategy to resolve skin hyperpigmentation issues with *Himantalia elongata* extract. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 22(2), 383-394. <https://doi.org/10.1111/jocd.15357>

- Mezzomo, N., Saggiolato, G. A., Siebert, R., Tatsch, O. P., Lago, C. M., Hemkemeier, M., Costa, V. A. J., Bertolin, E. T., Colla, M. L. (2010). Cultivation of microalgae *Spirulina platensis* (*Arthrospira platensis*) from biological treatment of the swine wastewater. *Food Sci. Technol* 30(1). <https://doi.org/10.1590/S0101-20612010000100026>
- Michalak, I., Chojnacka, K. (2009). Edible macroalga *Ulva prolifera* as microelemental feed supplement for livestock: the fundamental assumptions of the production method. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 25(6), 997-1005. <https://doi.org/10.1007/s11274-009-9976-7>
- Michalak, I., Messyasz, B. (2021). Concise review of *Cladophora* spp.: macroalgae of commercial interest. *Journal of Applied Phycology*, 33(1), 133-166. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02211-3>
- Mickymaray, S., Alturaiki, W. (2018). Antifungal efficacy of marine macroalgae against fungal isolates from bronchial asthmatic cases. *Molecules* (Basel, Switzerland), 23(11). <https://doi.org/10.3390/molecules23113032>
- Mikhailova, M. V., Bemis, D. L., Wise, M. L., Gerwick, W. H., Norris, J. N., Jacobs, R. S. (1995). Structure and biosynthesis of novel conjugated polyene fatty acids from the marine green alga *Anadyomene stellata*. *Lipids*, 30(7), 583-589. <https://doi.org/10.1007/BF02536993>
- Mišurcová, L., Škrovánková, S., Samek, D., Ambrožová, J., Machů, L. (2012). Health benefits of algal polysaccharides in human nutrition. *Advances in Food and Nutrition Research*, 66, 75–145. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394597-6.00003-3>
- Mohamed, S., Hashim, S. N., Rahman, H. A. (2012). Seaweeds: A sustainable functional food for complementary and alternative therapy. *Trends in Food Science & Technology*, 23(2), 83-96. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.09.001>
- Mohapatra, L., Bhattamishra, S. K., Panigrahy, R., Parida, S., Pati, P. (2016). Antidiabetic effect of *Sargassum wightii* and *Ulva fasciata* in high fat diet and multi low dose streptozotocin induced type 2 diabetic mice. *Pharmaceutical and Biosciences Journal*, 4(2), 13-23. <https://doi.org/10.20510/ukjpb/4/i2/97081>
- Mohy El-Din, S. M., Alagawany, N. I. (2019). Phytochemical constituents and anticoagulation property of marine algae *Gelidium crinale*, *Sargassum homschuchii* and *Ulva linza*. *Thalassas* 35, 381–397. <https://doi.org/10.1007/s41208-019-00142-6>
- Molina-Alcaide, E., Carro, M. D., Roleda, M. Y., Weisbjerg, M. R., Lind, V., Novoa-Garrido, M. (2017). *In vitro* ruminal fermentation and methane production of different seaweed species. *Animal Feed Science and Technology*, 228, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.03.012>
- Mooney, D. E. (2021). Charred *Fucus*-type seaweed in the North Atlantic: a survey of finds and potential uses. *Environmental Archaeology*, 26(2), 238-250. <https://doi.org/10.1080/14614103.2018.1558805>
- Morais, T., Inácio, A., Coutinho, T., Ministro, M., Cotas, J., Pereira, L., Bahcevandziev, K. (2020). Seaweed potential in the animal feed: A review. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(8). <https://www.mdpi.com/2077-1312/8/8/559>
- Morrissey, J., Kraan, S., Guiry, M. D. (2001). A guide to commercially important seaweeds on the Irish coast. *Irish Bord lascaigh Mhara/Irish Sea Fisheries Board Ireland*.
- Mouga, T., Fernandes, I. B. (2022). The Red Seaweed Giant Gelidium (*Gelidium corneum*) for New Bio-Based Materials in a Circular Economy Framework. *Earth*, 3(3), 788-813. <https://doi.org/10.3390/earth3030045>
- Mouritsen, O. G., Rhatigan, P., Pérez-Lloréns, J. L. (2019). The rise of seaweed gastronomy: phycogastronomy. *Bot Mar* 62, 195–209. <https://doi.org/10.1515/bot-2018-0041>
- Munir, M., Qureshi, R., Bibi, M., Khan, A. M. (2019). Pharmaceutical aptitude of *Cladophora*: A comprehensive review. *Algal Research*, 39. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101476>
- Muthuirulappan, S., Francis, P. S. (2013). Anti-cancer mechanism and possibility of nano-suspension formulation for a marine algae product fucoxanthin. *Asian Pacific Journal of Cancer Prevention*, 14(4), 2213-2216. [10.7314/apjcp.2013.14.4.2213](https://doi.org/10.7314/apjcp.2013.14.4.2213)

- Nadeeshani, H., Hassouna, A., Lu, J. (2022). Proteins extracted from seaweed *Undaria pinnatifida* and their potential uses as foods and nutraceuticals. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(22), 6187-6203. <https://doi.org/10.1080/10408398.2021.1898334>
- Nag, M., Lahiri, D., Dey, A., Sarkar, T., Joshi, S., Ray, R. R. (2022). Evaluation of algal active compounds as potent antibiofilm agent. *Journal of Basic Microbiology*, 62(9), 1098-1109. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100470>
- Nagamine, T., Nakazato, K., Tomioka, S., Iha, M., Nakajima, K. (2015). Intestinal absorption of fucoidan extracted from the brown seaweed, *Cladosiphon okamuranus*. *Marine drugs*, 13(1), 48-64. <https://doi.org/10.3390/md13010048>
- Nagao, K., Yanagita, T. (2005). Conjugated fatty acids in food and their health benefits. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 100(2), 152-157. <https://doi.org/10.1263/jbb.100.152>
- Najam, R., Ahmed, S.P., Azhar, I., 2010. Pharmacological activities of *Hypnea musciformis*. *African Journal of Biomedical Research*, 13, 69–74.
- Nakanishi, K., Saga, N. (1993). A cold shock-syringe method for the preparation of an axenic culture of the giant coenocytic alga *Valonia ventricosa*. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 75(2), 149-150. [https://doi.org/10.1016/0922-338X\(93\)90227-Y](https://doi.org/10.1016/0922-338X(93)90227-Y)
- Nandeesh, M. C., Gangadhara, B., Manissery, J. K., Venkataraman, L. V. (2001). Growth performance of two Indian major carps, catla (*Catla catla*) and rohu (*Labeo rohita*) fed diets containing different levels of *Spirulina platensis*. *Bioresour Technol*, 80, 117-120. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(01\)00085-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(01)00085-2)
- Naseri, A., Marinho, G. S., Holdt, S. L., Bartela, J. M., Jacobsen, C. (2020). Enzyme-assisted extraction and characterization of protein from red seaweed *Palmaria palmata*. *Algal Res* 47. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101849>
- Nauer, F., Cassano, V., Oliveira, M.C. (2019a). Description of two new Caribbean species from the *Hypnea musciformis* complex (Cystocloniaceae, Rhodophyta). *Phytotaxa* 408(2), 85–98. [10.11646/phytotaxa.408.2.1](https://doi.org/10.11646/phytotaxa.408.2.1)
- Nauer, F., Deluqui Gurgel, C.F., Ayres-Ostroch, L.M., Plastino, E.M., Oliveira, M.C. (2019b). Phylogeography of the *Hypnea musciformis* species complex (Gigartinales, Rhodophyta) with the recognition of cryptic species in the western Atlantic Ocean. *J Phycol* 55(3), 676–687. <https://doi.org/10.1111/jpy.12848>
- Novaczek, I. (2001). A guide to the common edible and medicinal sea plants of the Pacific Islands (Vol. 3). *University of the South Pacific Suva*.
- Novaczek, I., Athy, A. (2001). Sea vegetable recipes for the Pacific Islands (Vol. 3). *University of the South Pacific*.
- Nurjanah, Luthfiyana, N., Hidayat, T., Nurilmala, M., Anwar, E. (2019). Utilization of seaweed porridge *Sargassum* sp. and *Euclima cottonii* as cosmetic in protecting skin. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 278(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/278/1/012055>
- Nursid, M., Khatulistiwa, T.S., Noviendri, D., Hapsari, F., Hadiyati, T. (2020) Total phenolic content, antioxidant activity and tyrosinase inhibitor from marine red algae extract collected from Kupang, East Nusa Tenggara. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*, 493. [10.1088/1755-1315/493/1/012013](https://doi.org/10.1088/1755-1315/493/1/012013)
- Nussinovitch, A., (1997). *Hydrocolloid Applications: Gum Technology in the Food and Other Industries*. [10.1007/978-1-4615-6385-3](https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6385-3)
- Oh, J. H., Nam, T.-J. (2019). Hydrophilic glycoproteins of an edible green alga *Capsosiphon fulvescens* prevent aging-induced spatial memory impairment by suppressing GSK-3 β -mediated ER stress in dorsal hippocampus. *Marine drugs*, 17(3), 168. <https://doi.org/10.3390/md17030168>
- Oh, J. H., Nam, T.-J., Choi, Y. H. (2020). *Capsosiphon fulvescens* glycoproteins enhance probiotics-induced cognitive improvement in aged rats. *Nutrients*, 12(3), 837. <https://doi.org/10.3390/nu12030837>
- Oh, S.-J., Han, W.-S., Wi, K.-C. (2019). Preparation of Stick Type Solid Glue as Paper Adhesive Using Mixed Seaweed Extract. *J. Conserv. Sci*. 35, 269–277. [doi:10.12654/jcs.2019.35.4.01](https://doi.org/10.12654/jcs.2019.35.4.01)
- Ohno, M., Critchley, A. T. (1993). Seaweed cultivation and marine ranching.

- Oliveira, B., C. C., Bessada, S. M., Machado, S., Alves, R. C., Oliveira, M. B. P. (2018). Incorporation of *Spirulina* and *Himantalia elongata* algae in integral pasta: a real protein meal. *Encontro de Química dos Alimentos Indústria, Ciência, Formação e Inovação*, Viana do Castelo, Portugal.
- Ostlander, P. C., van Houcke, J., Wijffels, R. H., Barbosa, M. J. (2020). Optimization of *Rhodomonas* sp. under continuous cultivation for industrial applications in aquaculture. *Algal Research*, 47. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.101889>
- Orfanoudaki, M., Hartmann, A., Miladinovic, H., Ngoc, N. H., Karsten, U., Ganzera, M. (2019). Bostrychines A-F, Six Novel Mycosporine-Like Amino-Acids and a Novel Betaine from the Red Alga *Bostrychia scorpioides*. *Marine drugs*, 17(6), 356. <https://doi.org/10.3390/md17060356>
- Ortega-Godínez, L. J., Snoeijis, P., Robledo, D., Freile-Peigrín, Pedersén M. (2008). Growth and pigment composition in the red alga *Halymenia floresii* cultured under different light qualities. *Journal of Applied Phycology*, 20, 253-260. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9241-0>
- Ortiz, J., Uquiche, E., Robert, P., Romero, N., Quitral, V., Llantén, C. (2009). Functional and nutritional value of the Chilean seaweeds, *Codium fragile*, *Gracilaria chilensis* and *Macrocystis pyrifera*. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(4), 320-327. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200800140>
- Osuna-Ruiz, I., López-Saiz, C.-M., Burgos-Hernández, A., Velázquez, C., Nieves-Soto, M., Hurtado-Oliva, M. A. (2016). Antioxidant, antimutagenic and antiproliferative activities in selected seaweed species from Sinaloa, Mexico. *Pharmaceutical Biology*, 54(10), 2196-2210. <https://doi.org/10.3109/13880209.2016.1150305>
- Osuna-Ruiz, I., Nieves-Soto, M., Manzano-Sarabia, M. M., Hernández-Garibay, E., Lizardi-Mendoza, J., Burgos-Hernández, A., Hurtado-Oliva, M. Á. (2019). Composición proximal, ácidos grasos, esteroides y pigmentos en especies tropicales de algas marinas frente a Sinaloa, México. *Ciencias Marinas*, 45(3), 101-120. <https://doi.org/10.7773/cm.v45i3.2974>
- Pacheco, D., Cotas, J., Rocha, C.P., Araújo, G.S., Figueirinha, A., Gonçalves, A.M.M., Bahcevandziev, K., Pereira, L. (2021). Seaweeds' carbohydrate polymers as plant growth promoters. *Carbohydr. Polym. Technol. Appl.* 2. <https://doi.org/10.1016/j.carpta.2021.100097>
- Park, H.-B., Lim, S.-M., Hwang, J., Zhang, W., You, S., Jin, J.-O. (2020). Cancer immunotherapy using a polysaccharide from *Codium fragile* in a murine model. *Oncolimmunology*, 9(1). <https://doi.org/10.1080/2162402x.2020.1772663>
- Park, J. H., Yoon, J. J., Park, H. D., Kim, Y. J., Lim, D. J., Kim, S. H. (2011). Feasibility of biohydrogen production from *Gelidium amansii*. *Int J Hydrogen Energy*, 36, 13997–14003. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2011.04.003>
- Park, J.-H., Kim, S.-H., Lee, S.-R. (2017). Inhibitory effect of *Petalonia binghamiae* on neuroinflammation in LPS-stimulated microglial cells. *Journal of Nutrition and Health*, 25-31. <https://doi.org/10.4163/jnh.2017.50.1.25>
- Patarra, R. F., Carreiro, A. S., Lloveras, A. A., Abreu, M. H., Buschmann, A. H., Neto, A. I. (2017). Effects of light, temperature and stocking density on *Halopteris scoparia* growth. *Journal of Applied Phycology*, 29(1), 405-411. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0933-1>
- Patarra, R. F., Iha, C., Pereira, L., Neto, A. I. (2020). Concise review of the species *Pterocladia capillacea* (SG Gmelin) Santelices & Hommersand. *Journal of Applied Phycology*, 32, 787-808. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-02009-y>
- Patel, S. N., Sonani, R. R., Jakharia, K., Bhasana, B., Patel, H. M., Chaubey, M. G., Singh, N. K., Madamwar, D. (2018). Antioxidant activity and associated structural attributes of *Halomicronema phycoerythrin*. *International Journal of Biological Macromolecules*, 111, 359–369. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.12.170>
- Pathirana, C., Stein, R., Berger, T., Fenical, W., Ianiro, T., Mais, D., Torres, A., Goldman, M. (1995). Nonsteroidal human progesterone receptor modulators from the marine alga *Cymopolia barbata*. *Molecular Pharmacology*, 47(3), 630-635. <https://molpharm.aspetjournals.org/content/molpharm/47/3/630.full.pdf>
- Patra, J. K., Lee, S.-W., Park, J. G., Baek, K.-H. (2017). Antioxidant and antibacterial properties of essential oil extracted from an edible seaweed *Undaria pinnatifida*. *Journal of Food Biochemistry*, 41(1). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12278>
- Patwarty, M. U., Van der Meer, J. P. (1992). Genetics and Breeding of Cultivated Seaweeds. *Algae*, 7(2), 281-318. <https://www.e-algae.org/journal/view.php?number=1991>

- Paul, R. E., Chen N. J. (2008). Postharvest handling and storage of the edible red seaweed *Gracilaria*. *Postharvest Biology and Technology*, 48(2), 302-308. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.12.001>
- Paul, S., Kundu, R. (2013). Antiproliferative activity of methanolic extracts from two green algae, *Enteromorpha intestinalis* and *Rizoclonium riparium* on HeLa cells. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 21(1), 72. <https://doi.org/10.1186/2008-2231-21-72>
- Pavoni, B., Caliceti, M., Sporni, L., Sfriso, A. (2003). Organic micro-pollutants (PAHs, PCBs, pesticides) in seaweeds of the lagoon of Venice. *Oceanologica acta*, 26(5-6), 585-596. [https://doi.org/10.1016/s0399-1784\(03\)00052-5](https://doi.org/10.1016/s0399-1784(03)00052-5)
- Payá, M., Ferrándiz, M. L., Sanz, M. J., Bustos, G., Blasco, R., Rios, J. L., Alcaraz, M. J. (1993). Study of the antioedema activity of some seaweed and sponge extracts from the mediterranean coast in mice. *Phytotherapy Research*, 7(2), 159-162. <https://doi.org/10.1002/ptr.2650070213>
- Peñuela, A., Robledo, D., Bourgougnon, N., Bedoux, G., Núñez-Hernández, E., Pelegrín-Freile, Y. (2018). Environmentally Friendly Valorization of *Soliera filiformis* (Gigartinales, Rhodophyta) from IMTA Using a Biorefinery Concept. *Marine drugs* 16(12), 487. <https://doi.org/10.3390/md16120487>
- Peralta-García, E., Caamal-Fuentes, E., Robledo, D., Hernández-Núñez, E., Freile-Pelegrín, Y. (2017). Lipid characterization of red alga *Rhodymenia pseudopal-mata* (Rhodymeniales, Rhodophyta). *Phycological Res.*, 65, 58-68. <https://doi.org/10.1111/pre.12153>
- Pereira, L. (2016). Edible Seaweeds of the World. CRC Press. https://books.google.es/books?hl=it&lr=&id=sy90DgAAQ-BAJ&oi=fnd&pg=PP1&ots=6wKNGwsh7v&sig=mffnbtlhPR-VLBGcgZpAPaC7aoB8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Pereira, L. (2018). Biological and therapeutic properties of the seaweed polysaccharides. *International Biology Review*, 2(2). <https://doi.org/10.18103/ibr.v2i2.1762>
- Pereira, L. (2018). Seaweeds as a Source of Bioactive Substances and Skin Care Therapy-Cosmeceuticals, Allogotherapy and Thalassotherapy. *Cosmetics*, 5(4), 68. <https://doi.org/10.3390/cosmetics5040068>
- Pereira, L., Morrison, L., Shukla, P. S., Critchley, A. T. (2020). A concise review of the brown macroalga *Ascophyllum nodosum* (Linnaeus) Le Jolis. *Journal of Applied Phycology*, 32(6), 3561-3584. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02246-6>
- Pereira, R., Yarish, C., 2008. Mass Production of Marine Macroalgae. *Encycl. Ecol.* 2236–2247. <https://doi:10.1016/B978-008045405-4.00066-5>
- Pérez Lloréns, J. L., Hernández, I., Bermejo, R., Peralta, G., Brun, F., Vergara, J. J. (2017). Flora marina del litoral gaditano: biología, ecología, usos y guía de identificación (electrónica. ed.). *Editorial UCA*. <http://digital.casalini.it/9788498286205>
- Pérez-Lloréns, J. L. (2018). Those curious and delicious seaweeds: a fascinating voyage from biology to gastronomy. *Editorial UCA*.
- Pérez-Lloréns, J. L., Hernández, I., Vergara, J. J., Brun, F. G., León, Á., (2016). ¿Las algas se comen? Un periplo por la biología, la historia, las curiosidades y la gastronomía. *Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cádiz*.
- Peréz-Recalde, M., Matulewicz, C. M., Pujol, A. C., Carlucci, J. M. (2013). In vitro and in vivo immunomodulatory activity of sulfated polysaccharides from red seaweed Nematium helminthoides. *International Journal of Biological Macromolecules*, 63, 38-42. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2013.10.024>
- Pérez-Rodríguez, E., Aguilera, J., Figueroa, F. (2003). Tissular localization of coumarins in the green alga *Dasycladus vermicularis* (Scopoli) Krasser: a photoprotective role? *Journal of Experimental Botany*, 54(384), 1093-1100. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg111>
- Permatasari, H. K., Nurkolis, F., Augusta, P. S., Mayulu, N., Kuswari, M., Taslim, N. A., Wewengkang, D. S., Batubara, S. C., Ben Gunawan, W. (2021). Kombucha tea from seagrapes (*Caulerpa racemosa*) potential as a functional anti-ageing food: *in vitro* and *in vivo* study. *Heliyon*, 7(9). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07944>
- Pesando, D., Caram, B. (1984). Screening of marine algae from the French Mediterranean coast for antibacterial and antifungal activity. *Botanica Marina*, 27(8), 381-386. <https://doi.org/10.1515/botm.1984.27.8.381>

- Pinchetti-Gómez, J. L., Ramazanov, Z., García Reina, G. (1992). Effect of inhibitors of carbonic anhydrase activity on photosynthesis in the red alga *Soliera filiformis* (Gigartinales: Rhodophyta). *Marine biology* 114, 335-339. <https://doi.org/10.1007/BF00349536>
- Pinteus, S., Lemos, M. F., Alves, C., Silva, J., Pedrosa, R. (2021). The marine invasive seaweeds *Asparagopsis armata* and *Sargassum muticum* as targets for greener antifouling solutions. *Science of The Total Environment*, 750. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141372>
- Pise, N. M., Verlecar, X. N., Gaikwad, D. K., Jagtap, T. G. (2012). Nutraceutical properties of the marine macroalga *Gayralia oxysperma*. *Botanica Marina*, 55(6), 581-589. <https://doi.org/10.1515/bot-2012-0161>
- Pliego-Cortés, H., Bedoux, G., Boulho, R., Taupin, L., Freile-Pelegri, Y., Bourgougnon, N., Robledo, D. (2019). Stress tolerance and photoadaptation to solar radiation in *Rhodymenia pseudopalmeta* (Rhodophyta) through mycosporine-like amino acids, phenolic compounds, and pigments in an Integrated Multi-Trophic Aquaculture system. *Algal Research*, 41. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101542>
- Poyato, C., Thomsen, B. R., Hermund, D. B., Ansorena, D., Astiasarán, I., Jónsdóttir, R., Kristinsson, H. G., Jacobsen, C. (2017). Antioxidant effect of water and acetone extracts of *Fucus vesiculosus* on oxidative stability of skin care emulsions. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119(3). <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/ejlt.201600072>
- Poza, A. M., Croce, M. E., Fernández, C., Parodi, E. R., Gauna, M. C. (2023). A concise review of the genus *Asperococcus* (Phaeophyceae: Chordariaceae). *Journal of Applied Phycology*. <https://doi.org/10.1007/s10811-023-02983-4>
- Poza, A. M., Fernández, C., Gauna, M. C., Parodi, E. R. (2018). Biochemical properties and culture optimization of *Leathesia marina* (Phaeophyceae). *Algal Research*, 33, 379-388. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2018.06.015>
- Poza, A. M., Fernández, C., Latour, E. A., Raffo, M. P., Dellatorre, F. G., Parodi, E. R., Gauna, M. C. (2022). Optimization of the rope seeding method and biochemical characterization of the brown seaweed *Asperococcus ensiformis*. *Algal Research*, 64. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2022.102668>
- Prud'homme Van Reine, F. W., Sluiman, H. J. (1980). Red algae found on European saltmarshes. *Bostrychia scopioides* (Rhodomelaceae). *Aquatic Botany*, 9, 323-342. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(80\)90034-0](https://doi.org/10.1016/0304-3770(80)90034-0)
- Puglisi, M. P., Tan, L. T., Jensen, P. R., Fenical, W. (2004). Capisterones A and B from the tropical green alga *Penicillus capitatus*: unexpected anti-fungal defenses targeting the marine pathogen *Lindra thalassiae*. *Tetrahedron*, 60(33), 7035-7039. <https://doi.org/10.1016/j.tet.2003.10.131>
- Pulz, O., Gross, W. (2004). Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl Microbiol Biotechnol* 65, 635-648. <https://doi.org/10.1007/s00253-004-1647-x>
- Purcell-Meyerink, D., Packer, M. A., Wheeler, T. T., Hayes, M. (2021). Aquaculture production of the brown seaweeds *Laminaria digitata* and *Macrocystis pyrifera*: applications in food and pharmaceuticals. *Molecules* (Basel, Switzerland), 26(5), 1306. <https://doi.org/10.3390/molecules26051306>
- Qazi, W. M., Ballance, S., Kousoulaki, K., Uhlen, A. K., Kleinegris, D. M. M., Skjånes, K., Rieder, A. (2021). Protein Enrichment of Wheat Bread with Microalgae: *Microchloropsis gaditana*, *Tetraselmis chui* and *Chlorella vulgaris*. *Foods* (Basel, Switzerland), 10(12), 3078. <https://doi.org/10.3390/foods10123078>
- Radulovich, R., Umanzor, S., Cabrera, R., Mata, R. (2015). Tropical seaweeds for human food, their cultivation and its effect on biodiversity enrichment. *Aquaculture*, 436, 40-46. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.10.032>
- Rafiqzaman, S.M., Ahmad, M.U., Lee, J.M., Kim, E.Y., Kim, Y.O., Kim, D.G., Kong, I.S. (2016). Phytochemical Composition and Antioxidant Activity of Edible Red Alga *Hypnea musciformis* from Bangladesh. *J Food Process Preserv* 40, 1074-1083. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12688>
- Ramalingam, V., Narendra Kumar, N., Harshavardhan, M., Sampath Kumar, H. M., Tiwari, A. K., Suresh Babu, K., Mudiham, M. K. R. (2022). Chemical profiling of marine seaweed *Halimeda gracilis* using UPLC-ESI-Q-TOF-MSE and evaluation of anti-cancer activity targeting PI3K/AKT and intrinsic apoptosis signaling pathway. *Food Research International*, 157. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111394>

- Ramos, E. P., Ferreira, T. R., de Aguiar, D. B., Alves, F. L., Dousseau-Arantes, S. (2023). *Lithothamnion* sp. como bioestimulante no cultivo de plantas. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 53, e76273-e76273.
- Ravichandran, A., Subramanian, P., Manoharan, V., Muthu, T., Periyannan, R., Thangapandi, M., Ponnuchamy, K., Pandi, B., Marimuthu, P. N. (2018). Phyto-mediated synthesis of silver nanoparticles using fucoidan isolated from *Spatoglossum asperum* and assessment of antibacterial activities. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 185, 117-125. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2018.05.031>
- Ray, S., Pujol, C. A., Damonte, E. B., Ray, B. (2015). Additionally sulfated xylomannan sulfates from *Scinaia hatei* and their antiviral activities. *Carbohydrate polymers*, 131, 315-321. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.06.019>
- Rebecca, L. J., Dhanalakshmi, V., Sharmila, S. (2012). Effect of the extract of *Ulva sp.* on pathogenic microorganisms. *Journal of chemical and pharmaceutical research*, 4(11), 4875-4878.
- Rey, F., Lopes, D., Maciel, E., Monteiro, J., Skjermo, J., Funderud, J., Raposo, D., Domingues, P., Calado, R., Domingues, M. R. (2019). Polar lipid profile of *Saccharina latissima*, a functional food from the sea. *Algal Research*. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101473>
- Riad, N., Zahi, M. R., Trovato, E., Bouzidi, N., Daghbouche, Y., Utczás, M., Mondello, L., El Hattab, M. (2020). Chemical screening and antibacterial activity of essential oil and volatile fraction of *Dictyopteris polypodioides*. *Microchemical Journal*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104415>
- Riccioni, G. (2009). Carotenoids and cardiovascular disease. *Current atherosclerosis reports*, 11(6), 434-439. [10.1007/s11883-009-0065-z](https://doi.org/10.1007/s11883-009-0065-z)
- Richmond, A. Microalgae of economic potential (1986). In: Richmond, A., Ed. *Handbook of microalgal mass culture*. CRC Press; Iric, Boca Ratón, USA, 199-243.
- Ritu, J. R., Ambati, R. R., Ravishankar, G. A., Shahjahan, M., Khan, S. (2022). Utilization of astaxanthin from microalgae and carotenoid rich algal biomass as a feed supplement in aquaculture and poultry industry: An overview. *Journal of Applied Phycology*, 35(1), 145-171. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02817-9>
- Rivera-Ingraham, G. A., García-Gómez, J. C., Espinosa, F. (2010). Presence of *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh in Ceuta (Northern Africa, Gibraltar Area). *Biological Invasions*, 12(6), 1465-1466. <https://doi.org/10.1007/s10530-009-9576-3>
- Rivero, F., Fallarero, A., Castañeda, O., Dajas, F., Manta, E., Areces, F., Mancini Filho, J., Vidal, A. (2003). Antioxidant activity *in vivo* and *in vitro* of *Halimeda incrassata* aqueous extracts. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 23(2), 256-263. <https://doi.org/10.1590/s0101-20612003000200026>
- Rogers, D.J., Hori, K. (1993). Marine algal lectins: new developments. *Hydrobiologia*, 260-261, 589-593. <https://doi.org/10.1007/BF00049075>
- Rojas, R., Leon, N. M., Rojas, R. O. (1996). Practical and descriptive techniques for *Gelidium rex* (Gelidiales, Rhodophyta) culture. *Hydrobiologia*, 326-327. <https://doi.org/10.1007/BF00047833>
- Ropellato, J., Carvalho, M. M., Ferreira, L. G., Nosedá, M. D., Zucconelli, C. R., Gonçalves, A. G., Ducatti, D. R. B., Kenski, J. C. N., Nasato, P. L., Winnischofer, S. M. B., Duarte, M. E. R. (2015). Sulfated heterorhamnans from the green seaweed *Gayralia oxysperma*: partial depolymerization, chemical structure and antitumor activity. *Carbohydrate Polymers*, 117, 476-485. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.09.089>
- Roque, B. M., Salwen, J. K., Kinley, R., Kebreab, E. (2019). Inclusion of *Asparagopsis armata* in lactating dairy cows' diet reduces enteric methane emission by over 50 percent. *Journal of Cleaner Production*, 234, 132-138. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.193>
- Roychoudhury, P., Bose, R., Pal, R. (2018). Algicidal activity and DNA binding affinity of silver nanoparticle-biofabricated by green alga, *Rhizoclonium riparium*. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 9(1), 67-77.
- Rushdi, M. I., Abdel-Rahman, I. A. M., Saber, H., Zekry, E., Ramadan, U. (2021). The natural products and pharmacological biodiversity of brown algae from the genus *Dictyopteris*. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 66(1). <https://doi.org/10.29356/jmcs.v66i1.1639>

- Sabina, H., Tasneem, S., Samreen, K. Y., Choudhary, M. I., Aliya, R. (2005). Antileishmanial activity in the crude extract of various seaweed from the coast of Karachi, Pakistan. *Pak. J. Bot.* 37(1), 163-168.
- Saeed A.M., Abotaleb S.I., Alam N.G., El Mehalawy A.A., Gheda S.F. (2020). In vitro assessment of antimicrobial, antioxidant and anticancer activities of some marine macroalgae. *Egypt J Bot.* 60, 81–96. [10.21608/ejbo.2019.11363.1303](https://doi.org/10.21608/ejbo.2019.11363.1303)
- Salaeh, S., Kongjan, P., Panphon, S., Hemmanee, S., Reungsang, A., Jariyaboon, R. (2019). Feasibility of ABE fermentation from *Rhizoclonium* spp. hydrolysate with low nutrient supplementation. *Biomass and Bioenergy*, 127. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2019.105269>
- Salama, E.-S., Roh, H.-S., Dev, S., Khan, M. A., Abou-Shanab, R. A. I., Chang, S. W., Jeon, B.-H. (2019). Algae as a green technology for heavy metals removal from various wastewater. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 35(5), 75. <https://doi.org/10.1007/s11274-019-2648-3>
- Salem, M. E. S., Abdel-Ghany, H. M., Almisherfi, H. M. (2021). Role of dietary *Laurencia obtusa* in enhancing growth, blood indices, and hypoxia resistance of red tilapia (*Oreochromis niloticus* x *O. mossambicus*). *J. Appl. Phycol.* 33, 2617–2628. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02484-2>
- Salinas, J.M. (1991). Spray system for re-attachment of *Gelidium sesquipedale* (Clem.) Born. et Thur. (Gelidiales, Rhodophyta). *Hydrobiologia* 221. <https://doi.org/10.1007/BF00028367>
- Salvador, N., Gómez Garreta, A., Lavelli, L., Ribera, M. A. (2007). Antimicrobial activity of Iberian macroalgae. *Scientia Marina*, 71(1), 101-114. <https://doi.org/10.3989/scimar.2007.71n1101>
- Samar, J., Butt, G. Y., Shah, A. A., Shah, A. N., Ali, S., Jan, B. L., Abdelsalam, N. R., Hussaan, M. (2022). Phytochemical and biological activities from different extracts of *Padina antillarum* (Kützting) Piccone. *Frontiers in plant science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.929368>
- Samarakoon W. K., Elvitigala S. A. D., Kim M. Y., Jeon J. Y. (2014). Future prospects and health benefits of functional ingredients from marine bio-resources: a review. *Seafood Processing By-Products: Trends and Applications*, 26, 521-561. [10.1007/978-1-4614-9590-1_26](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9590-1_26)
- Santelices, B., Camus, P., Hoffmann, A.J., 1989. Ecological studies for harvesting and culturing *Gymnogongrus furcellatus* (Rhodophyta, Gigartinales) in Central Chile. *J. Appl. Phycol.* 1, 171–181. <https://doi.org/10.1007/BF00003881>
- Santelices, B., Doty, M. S. (1989). A review of *Gracilaria* farming. *Aquaculture*, 78, 95-133. [https://doi.org/10.1016/0044-8486\(89\)90026-4](https://doi.org/10.1016/0044-8486(89)90026-4)
- Santos, S. A. O., Trindade, S. S., Oliveira, C. S. D., Parreira, P., Rosa, D., Duarte, M. F., Ferreira, I., Cruz, M. T., Rego, A. M., Abreu, M. H., Rocha, S. M., Silvestre, A. J. D. (2017). Lipophilic fraction of cultivated *Bifurcaria bifurcata* R. Ross: detailed composition and *in vitro* prospection of current challenging bioactive properties. *Marine drugs*, 15(11), 340. <https://doi.org/10.3390/md15110340>
- Sarazin, G., Michard, G., Prevot, F. (1999). A rapid and accurate spectroscopic method for alkalinity measurements in sea water samples. *Water Research*, 33(1), 290-294.
- Sathiyaraj, G., Vinosha, M., Sangeetha, D., Manikandakrishnan, M., Palanisamy, S., Sonaimuthu, M., Manikandan, R., You, S., Prahbu, M. N. (2021). Bio-directed synthesis of Pt-nanoparticles from aqueous extract of red algae *Halymenia dilatata* and their biomedical applications. *Colloids and surface A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 618. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2021.126434>
- Sathya, B., Indu, H., Seenivasan, R., Geetha, S. (2010). Influence of seaweed liquid fertilizer on the growth and biochemical composition of legume crop, *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. *Journal of Phytology*, 2(5).
- Sato, Y., Nagoe, H., Ito, M., Konishi, T., Fujimura, H., Nishihara, G. N., Tanaka, A. (2021). Final yield of the brown alga *Cladophora okamuranus* (Chordariaceae, Phaeophyceae) may depend on nursery quality. *Phycological research*, 69(3), 159-165. <https://doi.org/10.1111/pre.12453>
- Saxena, P. N., Ahmad, M. R., Shyan, R., Amla, D. V. (1983). Cultivation of *Spirulina* in sewage for poultry feed. *Experientia*, 39, 1077-1083. <https://doi.org/10.1007/BF01943117>
- Schmedes, P. (2020). Investigating hatchery and cultivation methods for improved cultivation of *Palmaria palmata*. PhD thesis, Technical University of Denmark (DTU), Nykøbing Mors, Denmark

- Schmedes, P. S., Nielsen, M. M., Petersen, J. K. (2019). Improved *Palmaria palmata* hatchery methods for tetraspore release, even settlement and high seedling survival using strong water agitation and macerated propagules. *Algal Res*, 40. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2019.101494>
- Schmedes, P. S., Nielsen, M. M. (2020b). Productivity and growth rate in *Palmaria palmata* affected by salinity, irradiance, and nutrient availability—the use of nutrient pulses and interventional cultivation. *J Appl Phycol* 32, 4099–4111.
- Schneider, T., Ehrig, K., Liewert, I., Alban, S. (2015). Interference with the CXCL12/CXCR4 axis as potential antitumor strategy: superiority of a sulfated galactofucan from the brown alga *Saccharina latissima* and Fucooidan over heparins. *Glycobiology*, 25(8), 812-824. <https://doi.org/10.1093/glycob/cwv022>
- Schuenhoff, A., Mata, L., Santos, R. (2006). The tetrasporophyte of *Asparagopsis armata* as a novel seaweed biofilter. *Aquaculture*, 252(1), 3-11. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2005.11.044>
- Schultze-Jena, A., Vroon, R. C., Macleod, A. K. A., Hreggviðsson, G. Ó., Adalsteinsson, B. T., Engelen-Smit, N. P. E., de Vrije, T., Budde, M. A. W., van der Wal, H., López-Contreras, A. M., Boon, M. A. (2022). Production of acetone, butanol, and ethanol by fermentation of *Saccharina latissima*: Cultivation, enzymatic hydrolysis, inhibitor removal, and fermentation. *Algal Research*, 62. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102618>
- Schwartz, J., Shklar, G. (1987). Regression of experimental hamster cancer by beta carotene and algae extracts. *J Oral Maxillofac Surg*, 45, 510-515. [https://doi.org/10.1016/S0278-2391\(87\)80011-3](https://doi.org/10.1016/S0278-2391(87)80011-3)
- Schwartz, J., Shklar, G., Reid, S., Trickler, D. (1988). Prevention of experimental oral cancer by extracts of *Spirulina-Dunaliella* algae. *Nutr Cancer*, 11, 127-134. <https://doi.org/10.1080/01635588809513979>
- Seböck, S., Brockhagen, B., Storck, J. L., Post, I. B., Bache, T., Korchev, R., Böttjer, R., Grothe, T., Ehrmann, A. (2022). Growth of marine macroalgae *Ectocarpus* sp. on various textile substrates. *Environmental Technology*, 43(9), 1340-1351. <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1829086>
- Sekar, S., Chandramohan, M. (2008). Phycobiliproteins as a commodity: trends in applied research, patents and commercialization. *J Appl Phycol*, 20, 113–136. <https://doi.org/10.1007/s10811-007-9188-1>
- Seo, G.-Y., Ha, Y., Park, A.-H., Kwon, O. W., Kim, Y.-J. (2019). *Leathesia difformis* extract inhibits α -MSH-induced melanogenesis in B16F10 cells via down-regulation of CREB signaling pathway. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(3), 536. <https://doi.org/10.3390/ijms20030536>
- Seoane-Camba, J.A. (1997). *Gelidium sesquipedale* cultivation in Galicia (Spain). *Lagascalia* 19.
- Serrano, A. E., Tumbokon, B. L., Abalos, R. S., de la Pena, R., Bohulano, N. N., Binh, M. N. (2020). Effects of dietary P: E ratio and *Rhizodinium* in two stocking densities on growth and profitability of Nile tilapia in intensive pond culture. *Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh*, 72, 1-10. <https://doi.org/10.46989/001c.21645>
- Shanura Fernando, I. P., Asanka Sanjeewa, K. K., Samarakoon, K. W., Kim, H.-S., Gunasekara, U. K. D. S. S., Park, Y.-J., Abeytunga, D. T. U., Lee, W. W., Jeon, Y.-J. (2018). The potential of fucoidans from *Chnoospora minima* and *Sargassum polycystum* in cosmetics: antioxidant, anti-inflammatory, skin-whitening, and antiwrinkle activities. *Journal of Applied Phycology*, 30(6), 3223-3232. <https://doi.org/10.1007/s10811-018-1415-4>
- Sharmila, S., Jeyanthi Rebecca, L., Das, M. P. (2012). Production of biodiesel from *Chaetomorpha antennina* and *Gracilaria corticata*. *Journal of chemical and pharmaceutical research*, 4(11), 4870-4874.
- Sharmila, S., Rebecca, L. J. (2012). GC-MS Analysis of esters of fatty acid present in biodiesel produced from *Cladophora vagabunda*. *Journal of chemical and pharmaceutical research*, 4, 4883-4887.
- Shen, S., Wu, X., Yan, B., He, L. (2010). Tissue culture of three species of *Laurencia complex*. *Chinese J. Oceanol. Limnol.*, 28, 514–520. <https://doi:10.1007/s00343-010-9134-y>
- Shi, D., Li, J., Guo, S., Su, H., Fan, X. (2009). The antitumor effect of bromophenol derivatives in vitro and *Leathesia nana* extract in vivo. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 27(2), 277-282. <https://doi.org/10.1007/s00343-009-9119-x>

- Shi, J., Podola, B., Melkonian, M. (2014). Application of a prototype-scale Twin-Layer photobioreactor for effective N and P removal from different process stages of municipal wastewater by immobilized microalgae. *Bioresource Technology*, 154, 260–266. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.11.100>
- Shibata, H., Iimuro, M., Uchiya, N., Kawamori, T., Nagaoka, M., Ueyama, S., Hashimoto, S., Yokokura, T., Sugimura, T., Wakabayashi, K. (2003). Preventive effects of *Cladosiphon fucoidan* against *Helicobacter pylori* infection in Mongolian gerbils. *Helicobacter*, 8(1), 59–65. <https://doi.org/10.1046/j.1523-5378.2003.00124.x>
- Shimamatsu, H. (2004). Mass production of *Spirulina*, an edible microalga. *Hydrobiologia* 512, 39–44. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000020364.23796.04>
- Shimazu, T., Borjigin, L., Katoh, K., Roh, S.-g., Kitazawa, H., Abe, K., Suda, Y., Saito, H., Kunihi, H., Nihei, K., Uemoto, Y., Aso, H., Suzuki, K. (2019). Addition of Wakame seaweed (*Undaria pinnatifida*) stalk to animal feed enhances immune response and improves intestinal microflora in pigs. *Animal Science Journal*, 90(9), 1248–1260. <https://doi.org/10.1111/asj.13274>
- Shklar, G., Schwartz, I., Trickier, D., Reid, S. (1989). Regression of experimental cancer by oral administration of combined alpha-tocopherol and beta-carotene. *Nutr Cancer* 12, 321–325. <https://doi.org/10.1080/01635588909514032>
- Shpigel, M., Ragg, N. L., Lupatsch, I., Neori, A. (1999). Protein content determines the nutritional value of the seaweed *Ulva lactuca* L for the abalone *Haliotis tuberculata* L. and *H. discus hannai* Ino. *Journal of Shellfish Research*, 18(1), 227–234.
- Silva, J., Alves, C., Freitas, R., Martins, A., Pinteus, S., Ribeiro, J., Gaspar, H., Alfonso, A., Pedrosa, R. (2019). Antioxidant and neuroprotective potential of the brown seaweed *Bifurcaria bifurcata* in an *in vitro* Parkinson's disease model. *Marine drugs*, 17(2), 85. <https://doi.org/10.3390/md17020085>
- Silva, P. C., Decew, T. C., 1992. *Ahnfeltiopsis*, a new genus in the Phylloporaceae (Gigartinales, Rhodophyceae). *Phycologia* 31, 576–580. <https://doi:10.2216/i0031-8884-31-6-576.1>
- Sivaprakash, G., Mohanrasu, K., Ananthi, V., Jothibasu, M., Nguyen, D. D., Ravindran, B., Chang, S. W., Nguyen-Tri, P., Tran, N. H., Sudhakar, M., Gurunathan, K., Arokiyaraj, S., Arun, A. (2019). Biodiesel production from *Ulva linza*, *Ulva tubulosa*, *Ulva fasciata*, *Ulva rigida*, *Ulva reticulata* by using Mn₂ZnO₄ heterogeneous nanocatalysts. *Fuel*, 255, <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.115744>
- Slegers, P. M., Helmes, R. J. K., Draisma, M., Broekema, R., Vlottes, M., van den Burg, S. W. K. (2021). Environmental impact and nutritional value of food products using the seaweed *Saccarina latissima*. *Journal of Cleaner Production*, 319. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128689>
- Soares, C., Švarc-Gajić, J., Oliva-Teles, M. T., Pinto, E., Nastić, N., Savić, S., Almeida, A., Delerue-Matos, C. (2020). Mineral composition of subcritical water extracts of *Saccorhiza polyschides*, a brown seaweed used as fertilizer in the North of Portugal. *Journal of Marine Science and Engineering*, 8(4), 244. <https://doi.org/10.3390/jmse8040244>
- Sobuj, M. K. A., Islam, M. A., Islam, M. S., Islam, M. M., Mahmud, Y., Rafiqzaman, S. M. (2021). Effect of solvents on bioactive compounds and antioxidant activity of *Padina tetrastrumata* and *Gracilaria tenuistipitata* seaweeds collected from Bangladesh. *Scientific Reports*, 11(1), 19082. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-98461-3>
- Sohn, C. (1998). The seaweed resources of Korea (Critchley AT, O. M, Eds.). *Japan International Cooperation Agency*.
- Sommerburg, O., Siems, G. W., Hurst, S. J., Lewis, W. J., Klinger, S. D., van Kuijk, F. J. G. M. (1999). Lutein and zeaxanthin are associated with photoreceptors in the human retina. *Current Eye Research*, 19(6), 491–495. [10.1076/ceyr.19.6.491.5276](https://doi.org/10.1076/ceyr.19.6.491.5276)
- Son, Y.-S., Ullah, H. A., Elfadl, A. K., Ghim, S.-G., Chung, M.-J., Kim, Y. D., Lee, E.-J., Kang, K.-K., Jeong, K.-S. (2018). Inhibition of formation of azoxymethane-induced colonic aberrant crypt foci in rats by edible green algae *Capsosiphon fulvescens* and brown algae *Hizikia fusiforme*. *In Vivo*, 32(1), 101–108. [10.21873/invivo.11210](https://doi.org/10.21873/invivo.11210)
- Song, H., Zhang, Q., Zhang, Z., Wang, J. (2010). *In vitro* antioxidant activity of polysaccharides extracted from *Bryopsis plumosa*. *Carbohydrate Polymers*, 80(4), 1057–1061. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.01.024>

- Song, W., Li, Y., Zhang, X., Wang, Z. (2019). Potent anti-inflammatory activity of polysaccharides extracted from *Blidingia minima* and their effect in a mouse model of inflammatory bowel disease. *Journal of Functional Foods*, 61. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103494>
- Song, X., Xu, Q., Zhou, Y., Lin, C., Yang, H. (2017). Growth, feed utilization and energy budgets of the sea cucumber *Apostichopus japonicus* with different diets containing the green tide macroalgae *Chaetomorpha linum* and the seagrass *Zostera marina*. *Aquaculture*, 470, 157-163. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2016.12.035>
- Sousa, M. W., Silva, O. R., Bezerra, F. F., Bingana, D. R., Barros, N. C. F., Costa, C. E. L., Sombra, G. V., Soares, G. M. P., Feitosa, A. P. J., De Paula, M. C. R., Souza, P. L. H. M., Barbosa, R. L. A., Freitas, P. L. A. (2016). Sulfated polysaccharide fraction from marine algae *Soliera filiformis*: Structural characterization, gastroprotective and antioxidant effects. *Carbohydrate Polymers*, 152, 140-148. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.06.111>
- South, G. R., Burrows, E. M. (1967). Studies on marine algae of the British Isles. 5. *Chorda filum* (L.) Stackh. *British Phycological Bulletin*, 3(2), 379-402.
- Spain, O., Hardouin, K., Bourgougnon, N., Michalak I. (2022). Enzyme-assisted extraction of red seaweed *Solieria chordalis* (C. Agardh) J. Agardh 1842- the starting point for the production of biostimulants of plant growth and biosorbents of metal ions. *Biomass Conversion and Biorefinery*. <https://doi.org/10.1007/s13399-022-02456-7>
- Spavieri, J., Kaiser, M., Casey, R., Hingley-Wilson, S., Lalvani, A., Blunden, G., Tasdemir, D. (2010). Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of some british green algae. *Phytotherapy Research*, 24(7), 1095-1098. <https://doi.org/10.1002/ptr.3072>
- Stabili, L., Acquaviva, M. I., Biandolino, F., Cavallo, R. A., De Pascali, S. A., Fanizzi, F. P., Narracci, M., Petrocelli, A., Cecere, E. (2012). The lipidic extract of the seaweed *Gracilariaopsis longissima* (Rhodophyta, Gracilariiales): a potential resource for biotechnological purposes?. *New Biotechnology*, 29, 443-450. <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2011.11.003>
- Stabili, L., Frascetti, S., Acquaviva, M., Cavallo, R., De Pascali, S., Fanizzi, F., Gerardi, C., Narracci, M., Rizzo, L. (2016). The potential exploitation of the Mediterranean invasive alga *Caulerpa cylindracea*: Can the invasion be transformed into a gain? *Marine drugs*, 14(11), 210. <https://doi.org/10.3390/md14110210>
- Stengel, D. B., Connan, S., Popper, Z. A. (2011). Algal chemodiversity and bioactivity: Sources of natural variability and implications for commercial application. *Biotechnology Advances* 29(5), 483-501. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.05.016>
- Stévant, P., Schmedes, P. S., Le Gall, L., Wegeberg, S., Dumay, J., Rebours, C. (2023). Concise review of the red macroalga dulse, *Palmaria palmata* (L.) Weber & Mohr. *Journal of Applied Phycology*, 35(2), 523-550. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02899-5>
- Stich, H. F., Rosin, M. P., Hornby, A. P., Mathew, B., Sankaranarayanan, R., Nair, M. K. (1988). Remission of oral leukoplakias and micronuclei in tobacco / betel quid chewers treated with beta-carotene and with beta-carotene plus vitamin A. *Int J Cancer* 42, 195-199. <https://doi.org/10.1002/ijc.2910420209>
- Stiger-Pouvreau, V., Bourgougnon, N., Deslandes, E. (2016). Carbohydrates from seaweeds. In J. Fleurence & I. Levine (Eds.), *Seaweed in Health and Disease Prevention*, 223-274. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802772-1.00008-7>
- Stiger-Pouvreau, V., Jégou, C., Céranthola, S., Guérard, F., Lann, K. L. (2014). Phlorotannins in Sargassaceae Species from Brittany (France): interesting molecules for ecophysiological and valorisation purposes. In N. Bourgougnon (Ed.), *Advances in Botanical Research*, 71, 379-411. Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408062-1.00013-5>
- Støttrup, J. G., Jensen, J. (1990). Influence of algal diet on feeding and egg-production of the calanoid copepod *Acartia tonsa* Dana. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 141(2-3), 87-105. [https://doi.org/10.1016/0022-0981\(90\)90216-Y](https://doi.org/10.1016/0022-0981(90)90216-Y)

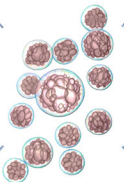
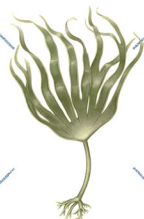
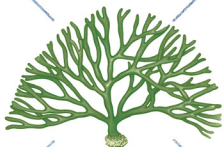
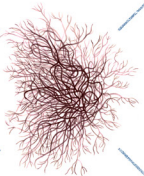
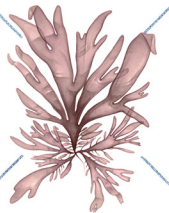
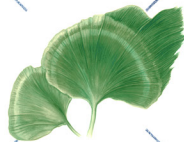
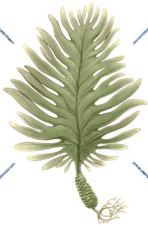
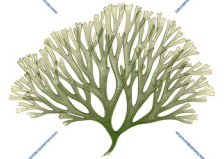
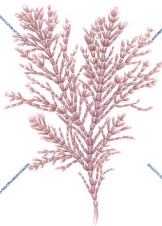
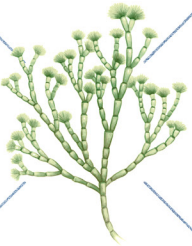
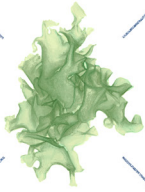
- Sukwong, P., Sunwoo, I. Y., Nguyen, T. H., Jeong, G. T., Kim S. K. (2019) R-phycoerythrin, R-phycoyanin and ABE production from *Gelidium amansii* by *Clostridium acetobutylicum*. *Process Biochem*, 81, 139–147. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.03.023>
- Sultana, V., Tariq, S., Hira, K., Tariq, A., Ara, J., Tariq, R., Ehteshamul-Haque, S. (2018). Seaweed bio-fertilizer for the management of root rotting fungi and root knot nematodes affecting cotton crop. *Pakistan Journal of Botany*, 50(6), 2409-2412.
- Susano, P., Silva, J., Alves, C., Martins, A., Gaspar, H., Pinteus, S., Mouga, T., Goettert, M. I., Petrovski, Ž., Branco, L. B., Pedrosa, R. (2021). Unravelling the dermatological potential of the brown seaweed *Carpomitra costata*. *Marine drugs*, 19(3), 135. <https://doi.org/10.3390/md19030135>
- Susano, P., Silva, J., Alves, C., Martins, A., Pinteus, S., Gaspar, H., Goettert, M. I., Pedrosa, R. (2022). *Saccorhiza polyschides*: a source of natural active ingredients for greener skincare formulations. *Molecules* (Basel, Switzerland), 27(19), 6496. <https://doi.org/10.3390/molecules27196496>
- Susilowati, A., Mulyawan, A. E., Putri, T. W. (2019). Antioxidant activity of the Sea Grape (*Caulerpa racemosa*) as a lotion. *Oriental Journal of Chemistry*, 35(4), 1443-1447. <https://doi.org/10.13005/ojc/350427>
- Tafreshi, H. A., Shariati, M. (2009). *Dunaliella* biotechnology: methods and applications. *Journal of Applied Microbiology*, 107 (1), 14–35, <https://doi.org/10.1111/j.1365-2672.2009.04153.x>
- Takeyama, H., Kanamaru, A., Yoshino, Y., Kakuta, H., Kawamura, Y., Matsunaga, T. (1997). Production of antioxidant vitamins, β-carotene, vitamin C, and vitamin E, by two-step culture of *Euglena gracilis* Z. *Biotechnology and Bioengineering*, 53(2), 185–190. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0290\(19970120\)53:2<185::AID-BIT8>3.0.CO;2-K](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0290(19970120)53:2<185::AID-BIT8>3.0.CO;2-K)
- Talarico, L. B., Zibetti, R. G. M., Faria, P. C. S., Scolaro, L. A., Duarte, M. E. R., Nosedá, M. D., Pujol, C. A., Damonte, E. B. (2004). Anti-herpes simplex virus activity of sulfated galactans from the red seaweeds *Gymnogongrus griffithsiae* and *Cryptonemia crenulata*. *Int. J. Biol. Macromol.* 34, 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2004.03.002>
- Talarico, L., Maranzana, G. (2000). Light and adaptive responses in red macroalgae: An overview. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 56(1), 1–11. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(00\)00046-4](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(00)00046-4)
- Tanna, B., Choudhary, B., Mishra, A., Chauhan, O. P., Patel, M. K., Shokralla, S., El-Abedin, T. K. Z., Elansary, H. O., Mahmoud, E. A. (2021). Antioxidant, scavenging, reducing, and anti-proliferative activities of selected tropical brown seaweeds confirm the nutraceutical potential of *Spatoglossum asperum*. *Foods*, 10(10). <https://doi.org/10.3390/foods10102482>
- Tapotubun, A. M., Matrutty, T. E. A. A., Riry, J., Tapotubun, E. J., Fransina, E. G., Mailoa, M. N., Riry, W. A., Setha, B., Rieuwpassa, F. (2020). Seaweed *Caulerpa* sp position as functional food. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 517(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/517/1/012021>
- Thanigaivel, S., Vijayakumar, S., Mukherjee, A., Chandrasekaran, N., Thomas, J. (2014). Antioxidant and antibacterial activity of *Chaetomorpha antennina* against shrimp pathogen *Vibrio parahaemolyticus*. *Aquaculture*, 433, 467-475. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2014.07.003>
- Thépot, V., Campbell, A. H., Rimmer, M. A., Jelocnik, M., Johnston, C., Evans, B., Paul, N. A. (2022). Dietary inclusion of the red seaweed *Asparagopsis taxiformis* boosts production, stimulates immune response and modulates gut microbiota in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *Aquaculture*, 546. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2021.737286> Get rights and content
- Thépot, V., Campbell, A.H., Paul, N.A., Rimmer, M.A. (2021). Seaweed dietary supplements enhance the innate immune response of the mottled rabbitfish, *Siganus fuscescens*. *Fish Shellfish Immunol.* 113, 176–184. <https://doi.org/10.1016/j.fsi.2021.03.018>
- Thomes, P., Rajendran, M., Pasanban, B., Rengasamy, R. (2010). Cardioprotective activity of *Cladophora okamuranus* fucoindan against isoproterenol induced myocardial infarction in rats. *Phytomedicine*, 18(1), 52-57. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2010.06.006>
- Tønnesen, H. H., Karlsen, J. (2002). Alginate in drug delivery systems. *Drug Development and Industrial Pharmacy*, 28(6), 621-630. <https://doi.org/10.1081/DDC-120003853>

- Torres, M. D., Kraan, S., Dominguez, H. (2020). Sustainable Seaweed Technologies: Cultivation, Biorefinery, and Applications (M. D. Torres, S. Kraan, & H. Dominguez, Eds.). *Elsevier*.
- Torzillo, G., Bernardini, P., Masojidek, J. (1998). On-line monitoring of chlorophyll fluorescence to assess the extent of photoinhibition of photosynthesis induced by high oxygen concentration and low temperature and its effect on the productivity of outdoor cultures of *Spirulina platensis* (Cyanobacteria). *J Phycol* 34, 504–510. <https://doi.org/10.1046/j.1529-8817.1998.340504.x>
- Trejo-Avila, L. M., Morales-Martínez, M. E., Ricque-Marie, D., Cruz-Suarez, L. E., Zapata-Benavides, P., Morán-Santibañez, K., Rodríguez-Padilla, C. (2014). *In vitro* anti-canine distemper virus activity of fucoidan extracted from the brown alga *Cladophora okamuranus*. *VirusDisease*, 25(4), 474-480. <https://doi.org/10.1007/s13337-014-0228-6>
- Trica, B., Delattre, C., Gros, F., Ursu, A. V., Dobre, T., Djelveh, G., Michaud, P., Oancea, F. (2019). Extraction and characterization of alginate from an edible brown seaweed (*Cystoseira barbata*) harvested in the romanian Black Sea. *Marine drugs*, 17(7), 405. <https://doi.org/10.3390/md17070405>
- Trivedi, N., Gupta, V., Reddy, C. R. K., Jha, B. (2013). Enzymatic hydrolysis and production of bioethanol from common macrophytic green alga *Ulva fasciata* Delile. *Bioresource Technology*, 150, 106-112. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2013.09.103>
- Trono, G. (1997). Field guide and atlas of the seaweed resources of the Philippines. *Bookmark*. Inc. the Philippines
- Tsutsui, I., Songphatkaew, J., Meeanan, C., Aue-umneoy, D., Sukchai, H., Pinphoo, P., Klomkling, S., Ganmanee, M., Sudo, H., Hamano, K. (2015). Co-culture with *Chaetomorpha* sp. enhanced growth performance and reduced feed conversion ratio of the giant tiger prawn, *Penaeus monodon*. *International Aquatic Research*, 7(3), 193-199. <https://doi.org/10.1007/s40071-015-0103-0>
- Turner, N. J. (2003). The ethnobotany of edible seaweed (*Porphyra abbottae* and related species; Rhodophyta: Bangiales) and its use by First Nations on the Pacific Coast of Canada. *Canadian Journal of Botany*, 81(4), 283-293. <https://doi.org/10.1139/b03-029>
- Tuvikene, R., Truus, K., Robal, M., Volobujeva, O., Mellikov, E., Pehk, T., Vaher, M. (2010). The extraction, structure, and gelling properties of hybrid galactan from the red alga *Furcellaria lumbicalis* (Baltic Sea, Estonia). *Journal of applied phycology*, 22, 51-63. <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9425-x>
- Unnikrishnan, P. S., Jayasri, M. A. (2017). Antidiabetic studies of *Chaetomorpha antennina* extract using experimental models. *Journal of Applied Phycology*, 29(2), 1047-1056. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0991-4>
- Usov, A. I., Smirnova, G. P., Kamenarska, Z., Dimitrova-Konaklieva, S., Stefanov, K. L., Popov, S. S. (2004). Polar constituents of brown seaweed *Colpomenia peregrina* (Sauv.) Hamel from the Black Sea. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 30(2), 161-167. <https://doi.org/10.1023/B:RU-BI.0000023102.04368.3d>
- Vairappan, C.S., Anangdan, S.P., Tan, K.L., Matsunaga, S. (2010). Role of secondary metabolites as defense chemicals against ice-ice disease bacteria in biofouler at carrageenophyte farms. *J. Appl. Phycol.* 22, 305–311. <https://doi.org/10.1007/s10811-009-9460-7>
- Van den Hoek, C., Cortel-Breeman, A. M. (1970). Life-history studies on Rhodophyceae III *Scinaia complanata* (Collins) Cotton. *Acta botanica neerlandica*, 19(4), 457-467.
- Vasarri, M., Ramazzotti, M., Tiribilli, B., Barletta, E., Pretti, C., Mulinacci, N., Degl'innocenti, D. (2020). The in vitro anti-amyloidogenic activity of the mediterranean red seaweed *Halophytis incurva*. *Pharmaceuticals*, 13(8), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ph13080185>
- Venkatraman, K. L., Mehta, A. (2019). Health benefits and pharmacological effects of *Porphyra* Species. *Plant Foods Hum Nutr* 74, 10–17. <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0707-9>
- Vieira, C., Gaubert, J., De Clerck, O., Payri, C., Culioli, G., Thomas, O. P. (2017). Biological activities associated to the chemodiversity of the brown algae belonging to genus *Lobophora* (Dictyotales, Phaeophyceae). *Phytochemistry Reviews*, 16(1), 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11101-015-9445-x>

- Vijayanand, N., Ramya, S. S., Rathinavel, S. (2014). Potential of liquid extracts of *Sargassum wightii* on growth, biochemical and yield parameters of cluster bean plant. *Asian Pacific Journal of Reproduction*, 3(2), 150-155. [https://doi.org/10.1016/S2305-0500\(14\)60019-1](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(14)60019-1)
- Vinosha, M., Palanisamy, S., Anjali, R., Li, C., Yelithao, K., Marudhupandi, T., Tabarsa, M., You, S., Prahbu, M. N. (2020). Sulfated galactan from *Halymenia dilatata* enhance the antioxidant properties and prevents *Aeromonas hydrophila* infection in tilapia fish: *in vitro* and *in vivo* studies. *International Journal of Biological Macromolecules*, 158, 569-579. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.212>
- Vinosha, M., Palanisamy, S., Muthukrishnan, R., Selvam, S., Kannapiran, E., You, S., Prahbu, M. N. (2019). Biogenic synthesis of gold nanoparticles from *Halymenia dilatata* for pharmaceutical applications: Antioxidant, anti-cancer and antibacterial activities. *Process Biochemistry*, 85, 219-229. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2019.07.013>
- Visch, W., Larsson, A. I., Åberg, P., Toth, G. B. (2023). Adherence of kelp (*Saccharina latissima*) gametophytes on ropes with different binder treatments and flow regimes. *Journal of Applied Phycology*, 35(1), 195-200. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02860-6>
- Vonshak, A., Guy, R. (1992). Photoadaptation, photoinhibition and productivity in outdoor grown *Spirulina platensis* strains. *Plant Cell Environ* 15, 613–616.
- Wai, M. K., Nyunt, T., Kyaw, S. P. P., Soe-Htun, U. (2009). The morphology and distribution of the genus *Codium* (Bryopsidales, Chlorophyta) from Myanmar. *Journal of the Myanmar Academy of Arts and Science*, 7(9), 2.
- Wan, A. H. L., Soler-Vila, A., O'Keeffe, D., Casburn, P., Fitzgerald, R., Johnson, M. P. (2016). The inclusion of *Palmaria palmata* macroalgae in Atlantic salmon (*Salmo salar*) diets: effects on growth, haematology, immunity, and liver function. *J Appl Phycol* 28, 3091–3100. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-0821-8>
- Wang, B., Waters, A. L., Valeriote, F. A., Hamann, M. T. (2015). An efficient and cost-effective approach to kahalalide F N-terminal modifications using a nuisance algal bloom of *Bryopsis pennata*. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) - General Subjects*, 1850(9), 1849-1854. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2015.05.004>
- Wang, G. C., Tseng, C. K. (2006). Culturing the segments of *Bryopsis hypnoides* Lamouroux thalli regenerated from protoplast aggregations. *Journal of Integrative Plant Biology*, 48(2), 190-196. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7909.2006.00190.x>
- Wang, M. L., Hou, Y. Y., Chiu, Y. S., Chen, Y. H. (2013). Immunomodulatory activities of *Gelidium amansii* gel extracts on murine RAW 264.7 macrophages. *J Food Drug Anal*, 21, 397–403. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2013.09.002>
- Wang, N., Chen, Z., Lv, J., Li, T., Wu, H., Wu, J., Wu, H., Xiang, W. (2023). Characterization, hypoglycemia and antioxidant activities of polysaccharides from *Rhodorus* sp. SCSIO-45730. *Industrial Crops and Products*, 191. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2022.115936>
- Wang, N., Dai, L., Chen, Z., Li, T., Wu, J., Wu, H., Wu, H., Xiang, W. (2022a). Extraction optimization, physicochemical characterization, and antioxidant activity of polysaccharides from *Rhodorus* sp. SCSIO-45730. *Journal of Applied Phycology*, 34(1), 285–299. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02646-2>
- Wang, N., Lv, J., Yang, F., Li, T., Wu, H., Li, C., Pei, H., Wu, H., Xiang, W. (2022b). Effects of seawater acidification and solar ultraviolet radiation on photosynthetic performances and biochemical compositions of *Rhodorus* sp. SCSIO-45730. *Frontiers in Marine Science*, 9, 2592. <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.1092451>
- Wang, R., Paul, V. J., Luesch, H. (2013). Seaweed extracts and unsaturated fatty acid constituents from the green alga *Ulva lactuca* as activators of the cytoprotective Nrf2–ARE pathway. *Free Radical Biology and Medicine*, 57, 141-153. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2012.12.019>
- Werner, A., Dring, M. J. (2011). Cultivating *Palmaria palmata*. *Aquaculture Explained*, 27. BIM.

- Winberg, P. C., DeMestre, C., Wills, S. (2011). Evaluating *Microdictyon umbilicatum* bloom biomass as an agricultural compost conditioner for native and commercial plants. *Report to Shoalhaven City Council*, 30. <https://ro.uow.edu.au/smf/1/>
- Woutersen, R. A., Garderen-Hoetmer, A. V. (1988). Inhibition of dietary fat promoted development of (pre)neoplastic lesions in exocrine pancreas of rats and hamsters by supplemental selenium and b-carotene. *Cancer Lett* 49, 79–85. [https://doi.org/10.1016/0304-3835\(88\)90114-0](https://doi.org/10.1016/0304-3835(88)90114-0)
- Wright, J. T., Kennedy, E. J., de Nys, R., Tatsumi M. (2022). Asexual propagation of *Asparagopsis armata* gametophytes: fragmentation, regrowth and attachment mechanisms for sea-based cultivation. *J Appl Phycol* 34, 2135–2144. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02763-6>
- Wu, L., Sun, J., Su, X., Yu, Q., Yu, Q., Zhang, P. (2016). A review about the development of fucoidan in antitumor activity: Progress and challenges. *Carbohydrate Polymers*, 154, 96-111. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.005>
- Xiao, R., Zheng, Y. (2016). Overview of microalgal extracellular polymeric substances (EPS) and their applications. *Biotechnology Advances*, 34(7), 1225–1244. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2016.08.004>
- Xie, J., Chen, S., Wen, Z. (2021). Effects of light intensity on the production of phycoerythrin and polyunsaturated fatty acid by microalga *Rhodomonas salina*. *Algal Research*, 58. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102397>
- Yang, B., Yu, G., Zhao, X., Ren, W., Jiao, G., Fang, L., Wang, Y., Du, G., Tiller, C., Girouard, G., Barrow, C.J., Ewart, H.S., Zhang, J. (2011). Structural characterisation and bioactivities of hybrid carrageenan-like sulphated galactan from red alga *Furcellaria lumbriicalis*. *Food Chem.* 124, 50–57. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.05.102>
- Yang, E.-J., Moon, J.-Y., Kim, M.-J., Kim, D. S., Lee, W. J., Lee, N. H., Hyun, C.-G. (2010). Anti-inflammatory effect of *Petalonia binghamiae* in LPS-induced macrophages is mediated by suppression of iNOS and COX-2. *Int J Agri Biol*, 12(5), 754-758.
- Yang, M. H., Blunden, G., Huang, F. L., Fletcher, R. L. (1997). Growth of a dissociated, filamentous stage of *Codium* species in laboratory culture. *Journal of Applied Phycology*, 9(1), 1-3. <https://doi.org/10.1023/a:1007996207924>
- Yang, Y., Chai, Z., Wang, Q., Chen, W., He, Z., Jiang S. (2015). Cultivation of seaweed *Gracilaria* in Chinese coastal waters and its contribution to environmental improvements. *Algal Research*, 9, 236-244. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2015.03.017>
- Yeo, K. B., Ki, M.-R., Park, K. S., Pack, S. P. (2017). Novel silica-forming peptides derived from *Ectocarpus siliculosus*. *Process Biochemistry*, 58, 193-198. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2017.04.004>
- Yim, M.-J., Lee, J. M., Choi, G., Lee, D.-S., Park, W. S., Jung, W.-K., Park, S., Seo, S.-K., Park, J., Choi, I.-W., Ma, S. Y. (2018). Anti-inflammatory potential of *Carpomitra costata* ethanolic extracts via inhibition of NF-κB and AP-1 activation in LPS-stimulated RAW264.7 macrophages. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2018/6914514>
- Yokoya, N.S., Nauer, F., Oliveira, M.C. (2020). Concise review of the genus *Hypnea* J.V.Lamouroux, 1813. *J Appl Phycol* 32, 3585–3603. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02209-x>
- Yotsui, T. (1989). Cultivation of *Nemalion vermiculare* (Rhodophyta, Nemalionales) by Regeneration of Tetrasporic Germlings and Gametophytic Tissues. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1339-1342. <https://doi.org/10.2331/suisan.55.1339>
- Youssef, E. E., Beshay, Y. B., Tonbol, K., Makled, O. S., (2023). Biological activities and biosorption of red algae (*Corallina officinalis*) to remove toxic malachite green dye. *Scientific Reports*, 13. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40667-8>
- Yu, C., Tang, J., Su, H., Huang, J., Liu, F., Wang, L., Sun, H. (2022). Development of a novel biochar/iron oxide composite from green algae for bisphenol-A removal: adsorption and Fenton-like reaction. *Environmental Technology & Innovation*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102647>
- Yuan, Y. V., Bone, D. E., Carrington, M. F. (2005). Antioxidant activity of dulce (*Palmaria palmata*) extract evaluated *in vitro*. *Food Chem*, 91, 485–494.

- Yu-Qing, T., Mahmood, K., Shehzadi, R., Ashraf, M. F. (2016). *Ulva lactuca* and its polysaccharides: Food and biomedical aspects. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(1), 140-151.
- Zanella, L., Vianello, F. (2020). Microalgae of the genus Nannochloropsis: Chemical composition and functional implications for human nutrition. *Journal of Functional Foods*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2020.103919>
- Zanolla, M., Carmona, R., Mata, L. De la Rosa, J., Sherwood, A., Barranco, N. C., Muñoz, R. A., Altamirano, M. (2022). Concise review of the genus *Asparagopsis* Montagne, 1840. *J Appl Phycol* 34, 1–17. <https://doi.org/10.1007/s10811-021-02665-z>
- Zatelli, G., Philippus, A., Falkenberg, M. (2018). An overview of odoriferous marine seaweeds of the *Dictyopteris* genus: insights into their chemical diversity, biological potential and ecological roles. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 28. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.01.005>
- Zbakh, H., Chiheb, I., Motilva, V., Riadi, H. (2014). Antibacterial, cytotoxic and antioxidant potentials of *Cladophora prolifera* (Roth) Kutzing collected from the Mediterranean coast of Morocco. *American Journal of Phytomedicine and Clinical Therapeutics*, 2(10), 1187-1199.
- Zhang, D., Luo, C.-Y., Zhong, M.-Y., Hu, Z.-M., Zhang, Q.-S. (2023). Efficient methods of seedling culture and cultivation of the economic macroalga *Scytosiphon lomentaria* (Phaeophyta): A systematic review. *Aquaculture*, 567. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739253>
- Zhang, W., Mao, Y., Liu, Z., Wang, M. (2022). Ethanol production from *Colpomenia sinuosa* by an alginate fermentation strain *Meyerozyma guilliermondii*. *Indian Journal of Microbiology*, 62(1), 112-122. <https://doi.org/10.1007/s12088-021-00985-9>
- Zhao, X., Jiao, L., Liu, D., Yang, T., Zhang, Y., Zhou, A., Wen, Z., Zhang, K., Xie, J. (2023). A phycoerythrin isolated from *Rhodomonas salina* induces apoptosis via ERK/Bak and JNK/Caspase-3 pathway in A549 cells. *International Journal of Biological Macromolecules*, 235. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.123838>
- Zubia, M., Fabre, M. S., Kerjean, V., Deslandes, E. (2009). Antioxidant and cytotoxic activities of some red algae (Rhodophyta) from Brittany coasts (France). <https://doi.org/10.1515/BOT.2009.037>
- Zubia, M., Robledo, D., Freile-Pelegri, Y. (2007). Antioxidant activities in tropical marine macroalgae from the Yucatan Peninsula, Mexico. *Journal of Applied Phycology*, 19(5), 449-458. <https://doi.org/10.1007/s10811-006-9152-5>





ctaqua
CENTRO TECNOLÓGICO
DE LA ACUICULTURA



ULPGC
Universidad de
Las Palmas de
Gran Canaria



**BANCO
ESPAÑOL
DE ALGAS**



UNIVERSIDAD DE MÁLAGA

**Università
di Genova**



**OLLSCOIL NA
GAILLIAMHE
UNIVERSITY
OF GALWAY**