



UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE FARMACIA
“ALGAS VERDES MACROSCÓPICAS DE LA
PENÍNSULA IBÉRICA”



Lorena Romero Sánchez



Universidad de Sevilla

Facultad de Farmacia

Trabajo de Fin de Grado

Grado en Farmacia

Algas verdes macroscópicas de la Península Ibérica

Lorena Romero Sánchez

Dpto. de Biología Vegetal y Ecología/ Área de Botánica

Tutor: Rafael González Albaladejo

Revisión bibliográfica

RESUMEN

Las algas macroscópicas se pueden agrupar en tres ramas filogenéticas: las algas verdes, las algas rojas y las algas pardas. Esta revisión bibliográfica se centra en las algas verdes, concretamente en las algas verdes macroscópicas de la península Ibérica y las islas Baleares. Para ello se han utilizado dos bases de datos, "AlgaeBase" y "Web of Science". Con la primera se ha conseguido un inventario con el número de especies presentes en el área geográfica y con la segunda se ha recopilado una serie de artículos científicos que describen las principales aplicaciones de estas algas en diversos ámbitos como en medicina, farmacia y medio ambiente, además de los prometedoros usos que se les podrían dar. Se han identificado 147 especies de algas verdes, pertenecientes a 26 familias y 43 géneros. A pesar de esta diversidad de especies, el conocimiento que hay sobre ellas es muy limitado, pues se existe poca información sobre las algas verdes en general. Estas 147 especies están divididas a su vez en cuatro clases: Charophyceae, Trebouxiophyceae, Chlorophyceae, y Ulvophyceae. A esta última clase pertenece el 76% de las especies presentes en España, por lo que es un grupo de gran importancia, sin embargo, no todas las especies han sido estudiadas. Normalmente, la mayoría de las algas verdes crecen bien en ambiente hostiles, por lo que en muchas ocasiones la abundancia de algas verdes de determinadas especies se suele asociar a un medio contaminado. Este hecho, hace que las algas verdes sean útiles ecológicamente, pero distintos estudios indican que no solo en este campo destacan las algas verdes. Su composición las hace estupendos complementos alimenticios y la diversidad de especies que contienen moléculas aún desconocidas, las hace fuentes de moléculas objetivo para el descubrimiento de nuevos fármacos para el tratamiento de enfermedades de distinto tipo.

PALABRAS CLAVE: AlgaeBase, algas verdes, Chlorophyta, macroalgas, península Ibérica.

INDICE

•	Introducción.....	3
•	Objetivos.....	7
•	Metodología.....	8
•	Resultados y discusión.....	10
○	Phylum Charophyta.....	11
-	Clase Charophyceae.....	11
○	Phylum Chlorophyta.....	13
-	Clase Trebouxiophyceae.....	13
-	Clase Chlorophyceae.....	13
-	Clase Ulvophyceae.....	13
1.	Género <i>Acrosiphonia</i>	15
2.	Género <i>Anadyomene</i>	15
3.	Género <i>Bryopsis</i>	16
4.	Género <i>Capsosiphon</i>	17
5.	Género <i>Caulerpa</i>	17
6.	Género <i>Chaetomorpha</i>	18
7.	Género <i>Cladophora</i>	19
8.	Género <i>Codium</i>	20
9.	Género <i>Daysicladus</i>	21
10.	Género <i>Derbesia</i>	22
11.	Género <i>Enteromorpha</i>	22
12.	Género <i>Gayralia</i>	23
13.	Género <i>Monostroma</i>	23
14.	Género <i>Ulva</i>	23
•	Conclusión.....	25
•	Bibliografía.....	27
•	Apendice.....	33

INTRODUCCIÓN

Aunque son muchas más las diferencias bioquímicas, fisiológicas, anatómicas y citológicas que separan a los distintos grupos de algas macroscópicas marinas, éstas se pueden agrupar tradicionalmente en tres grandes bloques en función de la naturaleza de sus pigmentos: algas rojas o Rodofitas (División Rhodophyta), algas pardas o Feofíceas (Clase Phaeophyceae) y algas verdes o Clorofitas (División Chlorophyta).

Este último grupo, aunque en su mayoría son verdes, pueden presentar una variedad de colores que van del rojo al amarillo en función de la iluminación que reciban y de las inclusiones celulares que presenten (Cabioc'h et al., 2007), siendo de una gran diversidad morfológica (Finet et al., 2010). Las algas verdes están distribuidas tanto en hábitats acuosos como terrestres, siendo un grupo de gran impacto ecológico. Son muy abundantes en agua dulce, donde suelen crecer de forma masiva si se encuentran en aguas ricas en nutrientes propios de aguas residuales. La mayoría tienen células sólidas con una matriz fibrosa, generalmente compuesta de celulosa.

Aunque tradicionalmente todas las algas verdes se han englobado taxonómicamente dentro de la División Chlorophyta, los estudios moleculares más recientes (Finet et al., 2010; Leliaert et al., 2012) han revolucionado nuestro conocimiento sobre la evolución de estos organismos y han mostrado que esta división como tal hace referencia a un grupo parafilético compuesto de dos grandes linajes (Fig. 1). Aunque carentes aún de un consenso con respecto a la categoría taxonómica estos linajes serían las Chlorophyta *sensu stricto*, que incluye la mayoría de especies descritas de algas verdes, y las Charophyta, un grupo parafilético a su vez que incluye algas de agua dulce y algas microscópicas terrestres. Dentro de las Charophyta encontramos los linajes de algas verdes a partir del cual evolucionaron todas las plantas terrestres (Fig. 1).

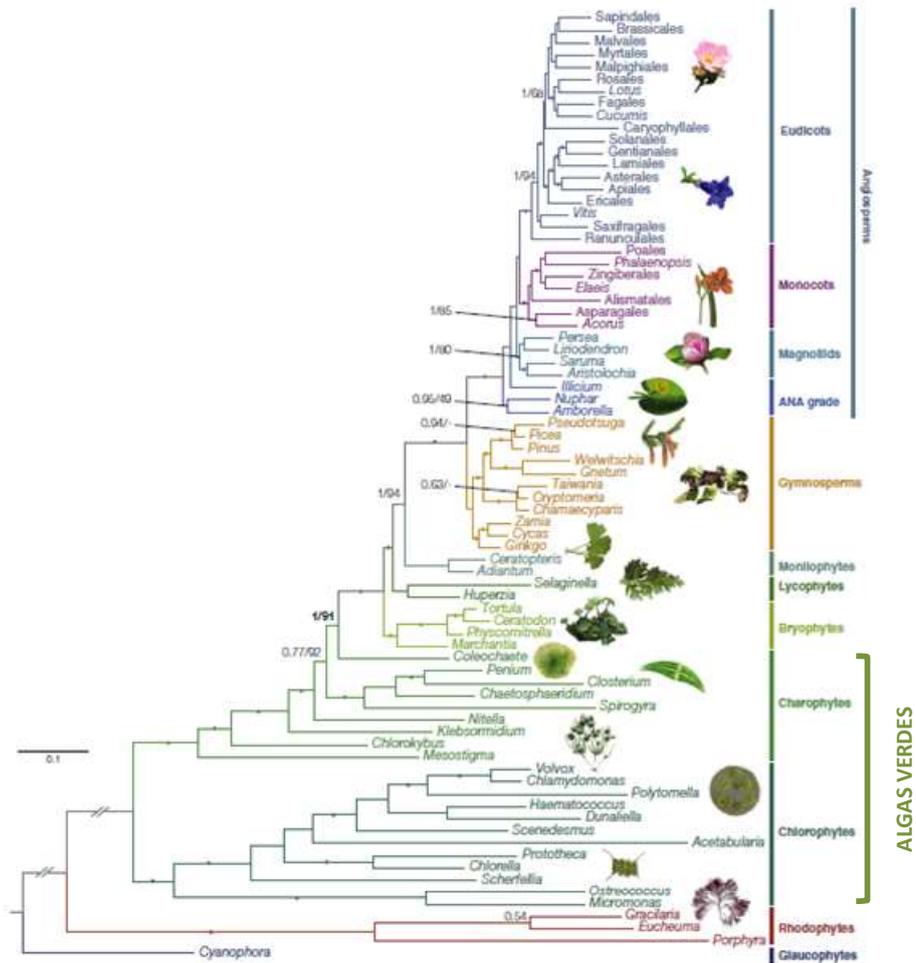


Figura 1. Reconstrucción filogenética de máxima verosimilitud que muestra las relaciones entre las algas verdes y las plantas terrestres (modificado a partir de Finet et al., 2010).

Las Chlorophyta *s. str.* son comunes tanto en aguas dulces y marinas, como en medios terrestres, y presentan una gran diversidad morfológica. Normalmente, las Chlorophyta se han dividido tradicionalmente en cuatro clases; Trebouxiophyceae, Chlorophyceae, Ulvophyceae y Prasinophyceae. Las tres primeras clases, se conocen como el núcleo de las Chlorophyta (Fig. 2).

Las Prasinophyceae es un grupo parafilético de algas del cual parece que derivaron el resto de las Chlorophyta *s. str.* Está formado en su mayoría por algas unicelulares. Las Trebouxiophyceae, están formadas por organismos unicelulares (móviles y no móviles) y por organismos multicelulares, en su mayoría filamentos microscópicos, que habitan

principalmente en aguas dulces y medios terrestres, teniendo escasa representación en aguas marinas. El género *Prasiola* es el género morfológica y ecológicamente más diverso dentro de esta clase. La clase Chlorophyceae es un grupo muy diverso de algas microscópicas, especialmente abundante en aguas dulces. Las Ulvophyceae es un grupo que fue originalmente definido en base a características estructurales. Esta última clase es sin duda la más conocida por que aglutina a la mayoría de especies macroscópicas marinas, aunque también se pueden encontrar en aguas dulces.

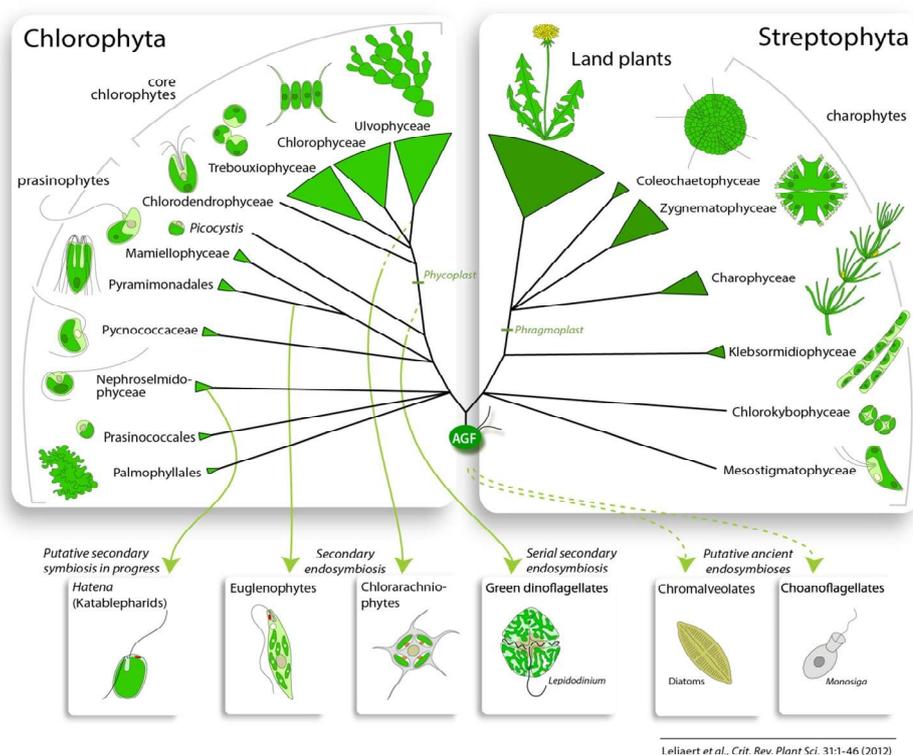


Figura 2. Reconstrucción filogenética de las algas verdes (tomado de Leliaert et al., 2012).

Las Charophyta incluyen tanto a organismos simples unicelulares como a complejos organismos multicelulares, siendo la mayoría de aguas dulces. Dentro de este grupo de algas se encuentra, como he comentado anteriormente, los orígenes de todas las plantas terrestres.

A pesar de la aparente diversidad de algas verdes, hay pocos estudios sobre macroalgas en la península ibérica. Este conocimiento, a diferencia de lo que ocurre con las plantas terrestres, no está sintetizado en obras de referencia sino que está fragmentado. Muchas publicaciones se

encuentran en revistas de ámbito de distribución geográfico reducido y muchas son publicaciones relativamente antiguas no digitalizadas de difícil consulta. La iniciativa nacional “Flora phycologica iberica” (Gomez Garreta, 2000), llamado a cubrir ese hueco y sintetizar la información disponible sobre la diversidad de algas en nuestros litorales, está actualmente discontinuado después de la publicación de un único volumen dedicado a las algas pardas (Orden Fucales). Como obras sintetizadoras contamos únicamente con el conocimiento obligatoriamente restringido que proporcionan algunas guías recientes de algas de Europa (Cabioc’h et al., 2007) o el Mediterráneo Occidental (Rodríguez-Prieto et al. 2013).

Realizar un listado, al menos provisional, de las algas verdes macroscópicas presentes en la península Ibérica, incluyendo las islas Baleares es pues de gran utilidad y el objetivo principal de este Trabajo Fin de Grado (TFG). Para ello aprovechamos las herramientas que proporcionan las bases de datos de contenido biológico que incluyen miles de registros de esta bibliografía difícil de conseguir de manera individualizada. Para realizar este TFG usamos una base de datos especializada en información ficológica, la base de datos AlgaeBase (<http://www.algaebase.org/>). Esta base de datos contiene información de unos 360.000 registros de distribución de más de 140.000 taxones de algas terrestres, marinas y de agua dulce, siendo la información sobre las algas marinas la más completa. También contiene información sobre angiospermas marinas.

Un segundo objetivo de este TFG es obtener un conocimiento sobre los estudios científicos recientes que se están desarrollando sobre las macroalgas verdes presentes en la península Ibérica. Las algas verdes no son muy utilizadas actualmente en comparación con las algas pertenecientes a los otros dos grupos (algas rojas y algas pardas), pero sí que tienen utilidad en muy diferentes hábitos, como la alimentación del ganado y la nutrición humana, aplicaciones médicas y ecológicas (Cabioc’h et al., 2007). Muchas de ellas, aparte de servir como modelo ecológico, contienen genes que son importantes fuentes de información sobre el origen de las plantas verdes, debido a su cercanía en la línea evolutiva (Finet et al., 2010).

OBJETIVOS

Específicamente en este TFG se proponen dos objetivos principales. El primero es conocer la diversidad de algas verdes macroscópicas que habitan en la península Ibérica a partir de la información extraída de la base de datos AlgaeBase, sintetizando esta diversidad en número de especies, géneros, familias y órdenes. El segundo objetivo es obtener una panorámica reciente de los estudios relacionados con el campo de la Farmacia sobre la flora de macroalgas verdes de la península Ibérica.

METODOLOGÍA

Para la realización de este TFG he utilizado las bases de datos AlgaeBase (Figura 3) (<http://www.algaebase.org/>) y Web of Science (WOS; <http://apps.webofknowledge.com>). AlgaeBase es la base de datos donde se realizó la búsqueda de todas las especies de algas verdes macroscópicas presentes en España.

The image shows the homepage of the AlgaeBase database. At the top, the AlgaeBase logo is on the left, and navigation links (content, about, team, notulae, algarum, links, contact, search) are on the right. A green box highlights a statistics bar: "148,388 species and infraspecific names are in the database, 20,271 images, 57,006 bibliographic items, 359,974 distributional records." Below this, a description states: "AlgaeBase is a database of information on algae that includes terrestrial, marine and freshwater organisms." To the right, there is a section for "AlgaeBase Twitter" and "Alga of the Week" (Bryopsis hypnoides J.V.Lamouroux). A search box is highlighted with a green border and labeled "Campos de búsqueda"; it contains four input fields: "Enter names above the level of genus:", "Enter genus name:", "Enter species name:", and "Search Species". Below the search box is a photograph of a red alga, identified as "Oamundaria volabilis (Linnaeus) R.E.Norris Selce, northern Croatia". At the bottom, there are logos of sponsors (VLIZ, NUI Galway, etc.) and a footer with copyright information.

Figura 3. Página principal de la base de datos AlgaeBase.

Como criterios para la búsqueda de registros utilicé dentro de la categoría taxonómica Clase los cuatro taxones reconocidos en la base de datos que poseen especies macroscópicas; la clase Charophyceae dentro de la división Charophyta y las clases Ulvophyceae, Trebouxiophyceae y Chlorophyceae dentro de la división Chlorophyta. Con respecto a la distribución geográfica, limité la búsqueda a las algas presentes en España incluyendo las islas Baleares, pero excluyendo las islas Canarias por pertenecer a una región biogeográfica diferente.

Una vez obtenido el listado con todos los registros de especies de algas verdes de la base de datos se realizó un filtrado de los datos manteniendo solo aquellos registros de especies macroscópicas, manteniendo un único registro por especie, eliminando sinónimos en la taxonomía y eliminando categorías taxonómicas infraespecíficas (subespecies y variedades). Este listado filtrado se ordenó por clase, orden, familia y género y con él pudo extraerse toda la información referente a la diversidad.

Para obtener información científica reciente sobre la utilización de estas especies de algas verdes macroscópicas en el ámbito de la farmacia se procedió a la búsqueda de artículos científicos en la base de datos WOS. Debido a que el número de especies recabado fue muy elevado (ver Resultados) la búsqueda se realizó a nivel de género. Para delimitar la búsqueda de artículos científicos en el tiempo y obtener una visión reciente de los campos de aplicación de las algas se seleccionaron solo los artículos a partir del año 2000 y se restringió la búsqueda a las siguientes categorías de conocimiento:

- Biomedical engineering
- Endocrinology and metabolism
- Environmental studies
- Food science technology
- Medicine research
- Oncology
- Pharmacology
- Pharmacy

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras la búsqueda realizada, AlgaeBase proporcionó 1379 registros de especies de algas verdes presentes en España. Una vez filtrada la información, estos registros correspondieron a 147 especies de algas verdes macroscópicas. Estas 147 especies se agrupan en doce órdenes, 26 familias y 43 géneros. De estas 147 especies, 33 pertenecen a la clase Charophyceae de la división Charophyta. Dentro de la división Chlorophyta, encontré una especie perteneciente a la clase Trebouxiophyceae, una especie a la clase Chlorophyceae y la gran mayoría, 112 especies, pertenecían a la clase Ulvophyceae. Esta distribución de especies por clase se esquematiza en la Figura 4. Estos datos nos indican que la diversidad de macroalgas verdes es sorprendentemente alta en España si la comparamos por ejemplo con los datos más recientes que arrojan una riqueza de macroalgas verdes en el Mediterráneo Occidental de 190 especies (Rodríguez-Prieto et al., 2013).

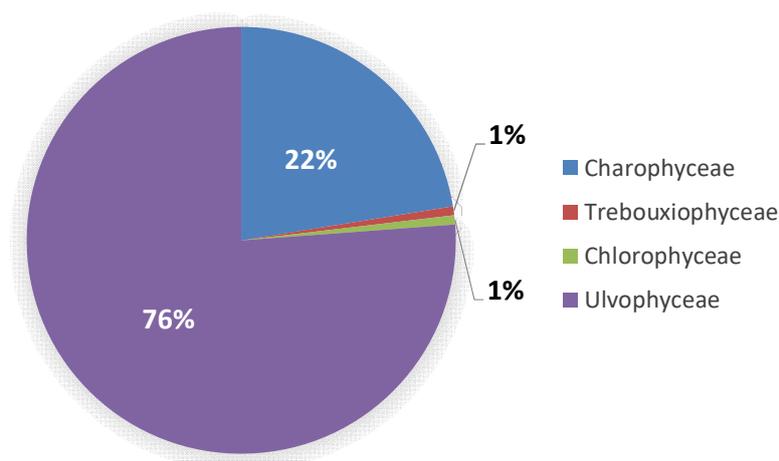


Figura 4. Proporción de especies registradas por clase taxonómica.

A continuación, describo los valores de diversidad dentro de cada una de las clases y discuto las posibles aplicaciones que tienen o pueden tener las especies de cada género como resultado de la búsqueda en WOS.

1. Phylum Charophyta

1.1. Clase Charophyceae

La clase Charophyceae es la única dentro del phylum o división Charophyta. A diferencia del resto de macroalgas, la gran mayoría de especies de esta división se caracterizan por ser habitantes de agua dulce. Representan el 22% de la diversidad de macroalgas verdes en la península Ibérica e islas Baleares (Fig. 4), lo que supone 33 especies (un listado completo con todas las especies puede encontrarse en el Apéndice). Todas ellas pertenecen a la Familia Characeae y se encuentran distribuidas en cinco géneros (Fig. 5).

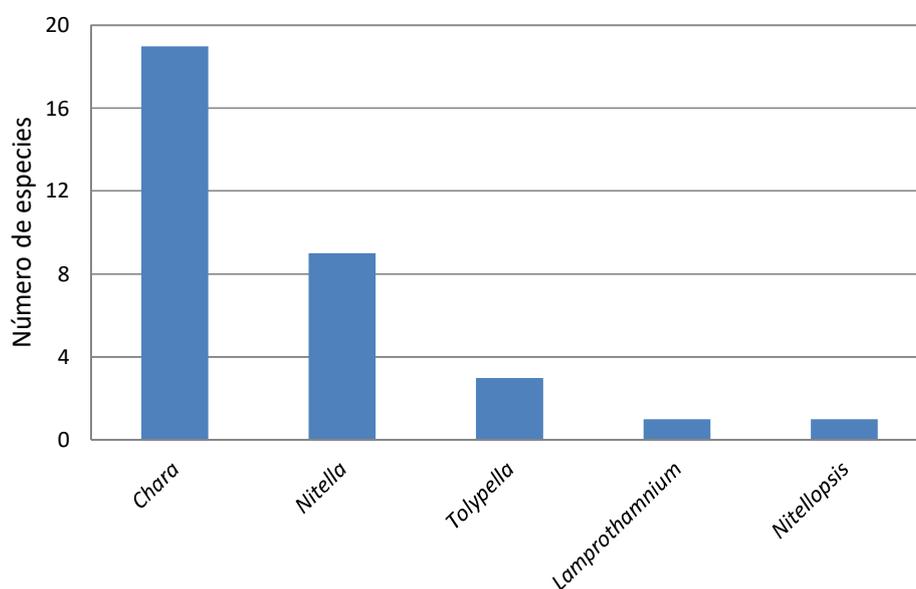


Figura 5. Número de especies de Charophyceae por géneros en la Península Ibérica.

A pesar de ser el segundo grupo de algas con más representantes, he encontrado pocos estudios sobre éstas algas y sus posibles aplicaciones, siendo en su mayoría estudios ecológicos. Particularmente destacan los estudios sobre distintas especies de los géneros *Chara* (Fig. 6) y *Nitella*, los dos géneros con mayor número de especies y ambos de gran importancia a nivel ecológico.



Figura 6. *Chara fragilis* Desvaux.

Estas Carófitas están siendo sometidas a estudio como una posible solución para la contaminación con metales pesados de las aguas residuales. Diversos estudios muestran la alta capacidad de diferentes especies de *Chara* y *Nitella* para eliminar metales pesados como Pb, Zn, y Cd (Sooksawat et al., 2013) y es que en medios con altas concentraciones de estos metales muestran un alto porcentaje de eliminación de éstos, por lo que se pueden tener en consideración a la hora de tratar aguas residuales (Sooksawat et al., 2016). También son de interés en cuanto a su capacidad para secuestrar uranio y sobrevivir en ambientes extremos, unas características interesantes para el tratamiento de las aguas residuales procedentes de la minería del uranio (Kalin et al., 2004).

No obstante, también hay estudios que muestran que pueden tener aplicación en otros campos como en la medicina. Algunos estudios muestran que extractos etanólicos de *Chara* sp. y *Nitelopsis obtusa* muestran cierta actividad antimicrobiana frente a bacterias Gram +, inhibiendo su crecimiento, aunque no se ha observado actividad frente a bacterias Gram - ni levaduras (Cai et al., 2013). Dichos extractos sí presentaron una fuerte actividad antifúngica frente a 6 de 10 hongos patógenos probados (Ghazala et al., 2004).

En cuanto al género *Lamprothamnium* existe poca información sobre su posible utilidad a nivel farmacológico, pero sí que destaca su alta tolerancia a la sal. Estas algas son capaces de sobrevivir en medios con hasta dos veces más concentración de sal que el mar, pudiendo soportar repentinos cambios en la salinidad del medio, por lo que podría servir como sistema experimental para estudios electrofisiológicos y fisiológicos (Beilby, 2015). Otro género que aparece en la península es el género *Tolypella*, del cual la mayoría de estudios que existen son de naturaleza descriptiva o taxonómica.

2. Phylum Chlorophyta

2.1. Clase Trebouxiophyceae

Dentro de esta clase como única especie de macroalga representante en la península Ibérica aparece el género *Prasiola* perteneciente a la familia Prasiolaceae con una única especie *P. stipitata* (ver Anexo 1). Tanto las especies de *Prasiola* como otras relacionadas con la clase Trebouxiophyceae, la mayoría microscópicas, despiertan interés por su capacidad para sintetizar una micosporina similar a los aminoácidos que actúa como protector solar natural y cuya estructura química aun es desconocida (Hartmann et al., 2015). El máximo de absorción de esta sustancia es de 324 nm y su posible utilidad aún está bajo estudio (Gröniger y Häder, 2002).

2.2. Clase Chlorophyceae

La mayoría de las especies pertenecientes a la clase Chlorophyceae son microscópicas y solo apareció un representante macroscópico en la península, *Didymosporangium repens* perteneciente a la familia Chaetophoraceae. Aparentemente no existen artículos científicos en las bases de datos consultadas sobre esta especie con referencia a su posible utilidad.

2.3. Clase Ulvophyceae

A esta clase pertenecen la mayor parte de las algas verdes macroscópicas de la península Ibérica y las islas Baleares, 112 especies (Fig. 4). La proporción de especies por orden

taxonómico que habitan estas zonas se esquematiza en la Figura 7 y los principales géneros en cuanto a número de especies aparecen en la Figura 8.

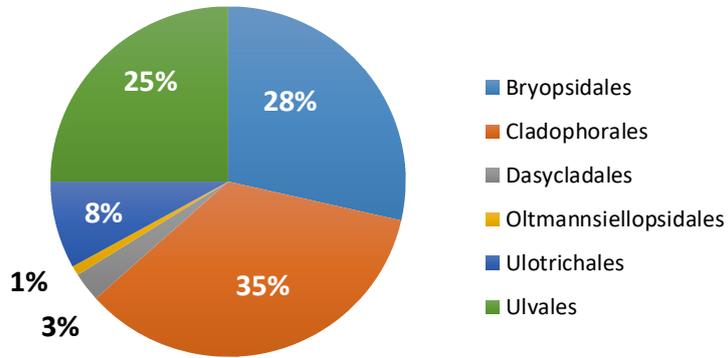


Figura 7. Proporción de especies Ulvophyceae según la categoría de orden.

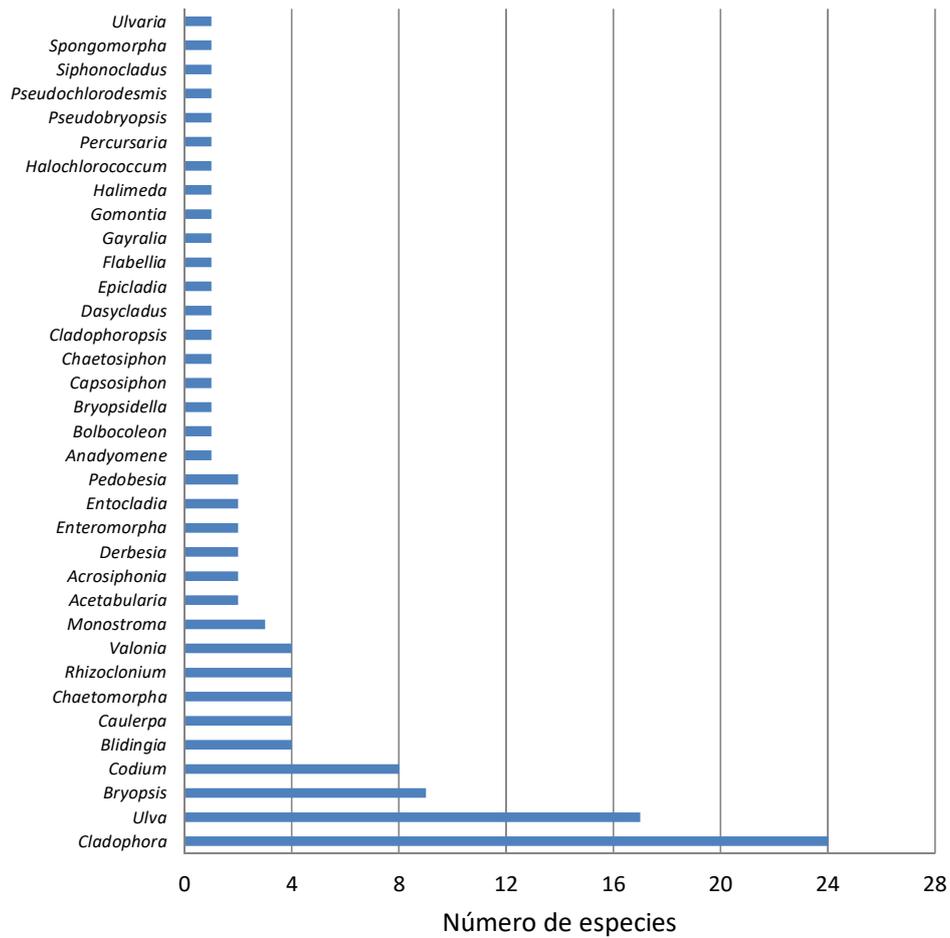


Figura 8. Número de especies de Ulvophyceae por géneros en la Península Ibérica.

Un listado completo de las especies de *Ulvophyceae* macroscópicas presentes en la península Ibérica puede encontrarse en el Apéndice. Aunque es un grupo muy numeroso, la mayoría de sus especies no han sido estudiadas y la información que hay sobre ellas es principalmente de tipo descriptivo. A continuación, resumo la información obtenida de los principales géneros de esta clase.

2.3.1. Género *Acrosiphonia*

Algunas algas del género *Acrosiphonia* se encuentran en estudio para testar su potencial como agentes vibriocidas y su eficacia al ser administradas por vía oral. Para ello se han usado langostinos de la especie *Penaeus monodon* infectados experimentalmente de vibriosis. Los resultados han mostrado que los langostinos alimentados con estas algas aumentan su esperanza de vida, por lo que los autores muestran que los extractos de estas algas pueden tener potencial como preventivo o en el tratamiento de la vibriosis (Manilal et al., 2015).

En otro estudio por Shanmughapriya et al. (2008), el alga *Acrosiphonia orientalis* mostró un 70% de actividad antimicrobiana frente a los organismos estudiados. Estos autores observaron que la mejor forma de extraer los componentes activos era con mezclas de metanol y tolueno y que el principal componente antimicrobiano se trataba de un compuesto lipofilo.

2.3.2 Género *Anadyomene*

El género *Anadyomene* (Fig. 9) es un género común en el mediterráneo, presente durante todo el año pudiendo vivir hasta a 10 metros de profundidad (Rodríguez-Prieto et al., 2013).



Figura 9. *Anadyomene stellata* (Wulfen) C.Agardh obtenida de AlgaeBase.

Las algas del género *Anadyomene* han sido estudiadas junto a algas de otras especies por Bianco y cols. (2013) para evaluar su potencial frente a cepas patógenas de *Staphylococcus aureus*, *Enterococcus faecalis*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Escherichia coli* y el hongo *Candida albicans*. También se estudió su posible actividad antiprotozoica frente a *Leishmania braziliensis* y *Trypanosoma cruzi* y algunos virus como el virus del Herpes Simplex tipo I. De entre los extractos analizados, los del alga *Anadyomene saldanhae* mostraron resultados muy prometedores con respecto a su capacidad de inhibición frente *Leishmania*.

2.3.3. Género *Bryopsis*

Las algas de éste género (Fig. 10), son algas de aspecto filamentososo, con una representación en el Atlántico Norte europeo. Son algas anuales, no proliferantes (Cabioc'h et al., 2007).



Figura 10. *Bryopsis pennata* J.V.Lamouroux, obtenida de AlgaeBase.

En la búsqueda de nuevos agentes con actividad frente a los mosquitos transmisores de enfermedades como el dengue o la fiebre amarilla, *Aedes aegypti* y *A. albopictus*, un estudio muy reciente ha mostrado que, entre las algas verdes, la especie *Bryopsis pennata* presenta una elevada actividad larvicida, por lo que los extractos de estas algas podrían ser tenidos en cuenta en la búsqueda de nuevos insecticidas (Ahmad et al., 2016).

2.3.4. Género *Capsosiphon*

Los extractos de algas de especies del género *Capsosiphon* han sido estudiados para ver su implicación en el estrés oxidativo y resistencia a la insulina en ratas alimentadas con una dieta rica en grasas. Se ha observado que el consumo de los extractos de dichas algas aumentan los efectos antioxidantes y mejoran la resistencia a la insulina en estas ratas, por lo que puede ser de interés en el tratamiento de la diabetes (Tong et al., 2015).

Otro estudio muestra que los polisacáridos sulfatados aislados y purificados en las algas de la especie *Capsosiphon fulvescens*, presente en la península Ibérica, presentó actividad anticoagulante significativa en ensayos in vitro, por lo que puede ser usado como un potencial agente anticoagulante (Synnysya et al., 2015). Así mismo, esta especie también se ha estudiado para determinar la actividad antioxidante de sus proteínas, llegando a la conclusión de que dichas proteínas contienen excelentes propiedades antioxidantes (Kim et al., 2015).

Las algas de este género han mostrado también actividad antitumoral frente a diversos tipos de cáncer. En un estudio sobre dichas propiedades anticancerígenas, se encontró que unas glicoproteínas presentes en dichas algas son capaces de inhibir a las proteínas de unión estrecha, implicadas en la proliferación de células cancerígenas. Los autores de este estudio han llegado a la conclusión de que esas glicoproteínas pueden inhibir la invasión celular de células cancerígenas y de su potencial terapéutico en las estrategias para disminuir la metástasis (Kim et al., 2013). Este efecto anticancerígeno fue previamente detectado por estos autores en cáncer gastrointestinal (Kim et al., 2012).

2.3.5. Género *Caulerpa*

Algunas de las algas del género *Caulerpa*, como *C. racemosa* (Fig. 11), se comportan como especies invasoras provenientes de Australia, que se encuentran en el Mediterráneo probablemente como consecuencia de actividades humanas (Rodríguez-Prieto et al., 2013).



Figura 11. *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J.Agardh, obtenida de AlgaeBase.

De las algas del género *Caulerpa*, concretamente de la especie *Caulerpa taxifolia*, se extrae un metabolito secundario mayoritario, la caulerpina. Este metabolito es citotóxico frente a diversas líneas celulares (Barbier et al., 2001). Cuando se ha estudiado su actividad en líneas celulares de neuroblastomas se ha observado que la caulerpina induce la agregación de la tubulina, que puede ser responsable de la inhibición de la polimerización de microtúbulos y la agrupación de los microtúbulos residuales.

Además, estas algas se ha demostrado que tienen propiedades antimicrobianas frente a bacterias como *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium* y *Aeromonas hydrophyla* entre otras. Los resultados obtenidos muestran prometedores efectos frente a estas bacterias (Selim et al., 2015).

Otro componente de interés descubierto en la especie *Caulerpa racemosa* es la racemosina C. Esta molécula muestra potencial inhibitorio de la ruta biosintética de la protein-tirosin fosfatasa 1B (PTP1B) implicada en la regulación de la insulina (Yang et al., 2014).

2.3.6. Género *Chaetomorpha*

El género *Chaetomorpha* está presente en la península Ibérica con 4 especies. No parece haber estudios recientes específicos para estas especies ibéricas pero sí para otras especies del

género. En la búsqueda de nuevas sustancias antivirales, se estudiaron 11 polisacáridos sulfatados procedentes de 10 especies de algas verdes, entre ellas *Chaetomorpha crassa* y *Ch. spiralis*. Los polisacáridos de estas dos especies de *Chaetomorpha* mostraron una actividad antiviral significativa frente al virus Herpes Simplex tipo I (Lee et al., 2004). Este estudio demostró que no solo inhibe las fases iniciales de replicación del virus, sino que también inhibe las últimas, por lo que pueden ser candidatos prometedores como antivirales.

Además de su potencial como antiviral, también se ha probado la actividad de los extractos de especies de *Chaetomorpha* frente al parásito *Leishmania infantum*. Los resultados preeliminares han mostrado que dichos extractos tienen una notable actividad frente a este parásito, por lo que sería interesante aislar y sintetizar estructuras relacionadas con los componentes de estas algas con el fin de identificar la relación estructura-actividad, la cual todavía es desconocida (Minicante et al., 2016).

2.3.7. Género *Cladophora*

Las algas del género *Cladophora* (Fig. 12) están ampliamente distribuidas en el Mediterráneo y son difíciles de identificar debido al gran parecido entre las distintas especies (Rodríguez-Prieto et al., 2013). Es el género más diverso de algas verdes en la península Ibérica con 24 especies (Fig. 8).



Figura 12. *Cladophora vadorum* (Areschoug) Kützing, obtenida de AlgaeBase.

Algunas especies de algas del género *Cladophora* han sido estudiadas para ver su utilidad como fuente de alimento, y aunque se han encontrado altos niveles de fibra, carotenos y carbohidratos, también había niveles altos de metales pesados tales como arsénico. Debido a su bajo nivel de lípidos y alto nivel de carbohidratos, donde sí que podría tener utilidad es en la fermentación de etanol, butanos o metanos para la producción de biocombustible (Coelho et al., 2016).

Algunos extractos de especies de *Cladophora* se han probado en la búsqueda de nuevas fuentes de moléculas con actividad antiprotozoaria, antibacteriana y citotóxica. Específicamente se estudió la actividad de sus extractos frente a *Trypanosoma brucei rhodesiense*, *T. cruzi*, *Leishmania donovani* y *Mycobacterium tuberculosis* en ensayos *in vitro*. Los resultados mostraron una actividad antiprotozoaria frente a dos de las especies de protozoos, y además los extractos de *Cladophora rupestris*, especie presente de forma natural en nuestras costas, fueron los más activos frente a *T. brucei rhodesiense* (Spavieri et al., 2009).

Recientemente, en la especie *Cladophora socialis*, se ha descubierto una nueva sustancia derivada del ácido vanílico y su producto sulfatado, ambos con actividad frente a PTP1B, una proteína implicada en la regulación de la señalización de insulina (Feng et al., 2007).

2.3.8. Género *Codium*

Las algas del género *Codium* (Fig. 13) contienen unas glicoproteínas, que han mostrado una actividad como potenciales anticancerígenos, pues producen una notable inhibición del crecimiento de células cancerígenas específicamente en cánceres de mama, cervical y de pulmón (Senthilkumar y Jayanthi, 2016).



Figura 13. *Codium fragile* (Suringar) Hariot y *Codium adhaerens* C.Agardh, imagen de Rafael G. Albaladejo.

Las algas de este género también han sido utilizadas en la búsqueda de nuevas moléculas activas frente al virus Herpes Simplex tipo I y II (Ribeiro Soares et al., 2012). Los resultados de este estudio mostraron que de entre todas las algas estudiadas, *Codium decorticatum* mostró tener una actividad del 99% frente al virus Herpes Simplex tipo I.

Mención especial merece la especie *Codium fragile*, una especie cosmopolita que se encuentra ya de forma natural en nuestras costas originaria de Japón, y sobre la que se han desarrollado multitud de estudios. Los extractos de su talo han mostrado tener propiedades antiedematosas, antialérgicas, antiprotozoarias y antibacterianas (Lee et al, 2013). Además, también podría ser un agente terapéutico al aportar protección frente a daños inflamatorios y oxidativos producidos en la piel, inducido por radiación ultravioleta (Lee et al, 2013). De esta misma especie se han obtenido unas sustancias llamadas sifonaxantanas, que reducen significativamente los mediadores de la angiogénesis, pudiendo ser de utilidad en la prevención de enfermedades relacionadas (Ganesan et al., 2010). Además, esta especie, ha mostrado ser la de mayor capacidad antitumoral posee entre 10 especies de algas verdes estudiadas por Kim et al., (2008). Kang et al. (2012) han estudiado la actividad antiinflamatoria de los extractos metanólicos de *Codium fragile*, y sus resultados mostraron que dichos extractos reducen de forma significativa la secreción de mediadores de la inflamación.

Los extractos etanólicos de *Codium tomentosum* se han usado para evaluar su capacidad protectora del genoma demostrándose que dicho extracto tiene un fuerte efecto antioxidante y antigenotóxico (Celikle et al., 2009).

2.3.9 Género *Dasycladus*

El género *Dasycladus* es un género monoespecífico en la península Ibérica donde solo aparece la especie *D. vermicularis* (Fig. 14). Esta especie contiene un grupo de cumarinas absorbentes de la radiación ultravioleta. Estas cumarinas están siendo estudiadas para confirmar su actividad como protectores solares ya que dicha actividad reduce notablemente el daño celular producido por la radiación ultravioleta (Pérez-Rodríguez et al., 2003).



Figura 14. *Dasycladus vermicularis* (Scopoli) Krasser, obtenida de AlgaeBase.

2.3.10. Género *Derbesia*

Existen pocos estudios sobre algas del género *Derbesia*. Principalmente su interés parece que se ha fijado en su utilización como alimento para el ganado, ya que no depende de variaciones estacionales como los pastos y además posee un alto contenido en proteína (Machado et al., 2015).

2.3.11. Género *Enteromorpha*

Este género, que en la búsqueda que realicé resultó en dos únicas especies presentes en la península Ibérica, *E. hendayensis* y *E. juergensii*, actualmente se encuentra sinonimizado al género *Ulva* (Hayden et al., 2003). La razón por la que han aparecido estas dos especies en la búsqueda es porque todavía no se han validado sus binomios respectivos dentro del género *Ulva*. Especies tradicionalmente englobadas dentro de este género tales como *E. intestinalis* o *E. prolifera* sí están aceptadas dentro del género *Ulva* (*Ulva intestinalis* y *Ulva prolifera*, respectivamente) y la información referente a estas especies se encuentra dentro del género *Ulva*. Cuestiones taxonómicas aparte, al ser dos especies de distribución restringida no se han encontrado trabajos con respecto a estas dos especies.

2.3.12. Género *Gayralia*

La única especie de este género tiene importancia a nivel nutricional y farmacéutico. *Gayralia oxysperma* es un alga rica en calcio y otros elementos esenciales, con niveles lo suficientemente bajos de metales pesados (Pise et al., 2012). De esta misma especie, se obtiene un heterorhamnano sulfatado que tiene una elevada y actividad específica frente al virus Herpes Simplex tipos I y II (Cassolato et al., 2008).

2.3.13. Género *Monostroma*

Aunque no he encontrado estudios con especies del género *Monostroma* que estén presentes de forma natural en la península Ibérica sí que existen abundantes estudios sobre otras especies, principalmente de la especie asiática *M. nitidum*, lo que abre la puerta a que especies aquí presentes puedan tener una actividad similar. Por ejemplo, se han estudiado dos tipos de polisacáridos purificados de *M. nitidum* para investigar su actividad hipolipemiente y antiinflamatoria (Hoang et al., 2015, Zang et al., 2015). De hecho, el sulfato de ramnosa obtenido de *M. nitidum* posee un elevado poder hipolipemiente *in vivo*, por lo que la toma de esta sustancia como alimento funcional puede ser adecuado para la prevención de la obesidad y para la reducción de enfermedades relacionadas con la obesidad (Zang et al., 2015). *M. nitidum* ha mostrado además capacidad para inhibir el incremento de glucosa en ratas por lo que podría tener utilidad en el tratamiento de la diabetes (Kamimura et al., 2010).

2.3.14. Género *Ulva*

Es sin duda uno de los géneros más estudiados de todas las algas. Son algas anuales y efímeras que se encuentran en más cantidad durante el verano, dando lugar en algunas zonas a mareas verdes (Cabioc'h et al., 2007). En la península es el segundo género de algas más diverso con 17 especies.

Dentro de este género encontramos la especie *Ulva lactuca*, conocida vulgarmente como lechuga de mar. Hay multitud de estudios de campo sobre esta especie ya que es consumida tanto por humanos como por el ganado debido a sus propiedades nutritivas. Uno de los estudios más recientes ha mostrado que los extractos etanólicos estandarizados de *Ulva*

lactuca tiene efectos cardioprotectores (Widyaningsi et al., 2016). Este efecto es debido a que restaura la elevación de los segmentos ST y a que reduce tanto el área miocárdica infartada como los niveles de enzimas necróticas del miocardio.

La lechuga de mar es una especie con conocidas propiedades antioxidantes, antivirales, antinefróticas y antiinflamatorias (Arumugam et al., 2014). Recientemente se ha probado su posible utilidad en el tratamiento del cáncer, específicamente frente al cáncer de hígado, llegándose a la conclusión de que los polisacáridos sulfatados procedentes en estas algas tienen propiedades únicas para la protección del hígado frente a daños por estrés oxidativo y quimio-prevención frente a hepatocarcinogénesis experimental, por lo que podría ser utilizado como preventivo y tratamiento de éste cáncer (Hussein et al., 2015).

Pero no solo frente al cáncer de hígado puede ser útil esta alga, sino también frente al cáncer de mama. En un estudio reciente, se ha investigado esta posible aplicación en ratas y se ha observado cierta acción quimiopreventiva (Abd-Ellatef et al., 2017). Estos efectos parecen ser mediados a través del aumento de la apoptosis, supresión del estrés oxidativo e inflamación y aumento de las defensas antioxidantes del sistema.

En otro campo de estudios, los extractos de *Ulva lactuca* también han mostrado su utilidad como alternativa en la prevención de la vibriosis del camarón, causada por *Vibrio parahaemolyticus* y *Vibrio alginolytica* (Esquer-Miranda et al., 2016).

A continuación destaco algunos trabajos recientes realizados sobre otras especies de este importante género de algas. Ciertos polisacáridos y ácidos glucurónicos de la especie *Ulva rigida* (Fig. 15) han mostrado su utilidad como inmunoestimuladores experimentales para analizar respuestas inflamatorias en relación a las funciones de los macrófagos, o también en el tratamiento de ciertas enfermedades en las que están implicados los macrófagos (Leiroa et al., 2007).



Figura 15. *Ulva rigida* C.Agardh, imagen de Rafael G. Albaladejo.

En cuanto a las algas del género *Enteromorpha*, que pertenecen actualmente al género *Ulva*, tienen interés en el metabolismo de diabéticos. Existe un estudio que investiga el efecto de los polisacáridos de *Enteromorpha prolifera* (= *Ulva prolifera*) en el metabolismo de glucosa utilizando como modelos ratas diabéticas. Este estudio sugiere que estas algas tienen potencial terapéutico frente a esta enfermedad (Wenting et al., 2015).

En la búsqueda de compuestos naturales como nuevas moléculas líder anticancerosas, se estudió también el alga *Enteromorpha intestinalis* (= *Ulva intestinalis*). Como resultado, se encontró que contienen actividad citotóxica, ambas disminuyen la expresión de genes apoptóticos, por lo que podrían ser candidatas en ésta búsqueda (Paul y Kundu, 2013).

CONCLUSIÓN

Tras la información obtenida de las distintas algas verdes macroscópicas presentes en España se puede concluir que a pesar de la gran variedad de especies presentes es poca la información que se tiene sobre ellas. Son conocidas sus aplicaciones a nivel nutricional, aportando grandes beneficios a la salud del ser humano, y dada su facilidad de cultivo también son interesantes para la alimentación del ganado. Muchas de ellas tienen un gran impacto ecológico, sirviendo como indicadores de contaminación o el posible remedio para tratar aguas residuales, incluso

como fuentes de biocombustible.

Las algas en general son un recurso del que aún no se ha aprovechado todo su potencial, por ello hay una gran diversidad de estudios que tratan de extraer la máxima información de ellas, y con estos estudios queda patente el gran potencial que tienen en el campo terapéutico, en la búsqueda de nuevas moléculas para el tratamiento del cáncer, o en el tratamiento de otras enfermedades como la diabetes o dislipemias.

BIBLIOGRAFÍA

- Abd-Elatef GEF, Ahmed OM, Abdel-Reheim ES, Abdel-Hamid AHZ. *Ulva lactuca* polysaccharides prevent Wistar rat breast carcinogenesis through the augmentation of apoptosis, enhancement of antioxidant defense system, and suppression of inflammation. *Breast Cancer-Tokyo*. 2017; 9: 67-83.
- Ahmad R, Yu KX, Wong CL, Jantan I. Larvicidal and adulticidal activities of Malaysian seaweeds against *Aedes aegypti* (L.) and *Aedes albopictus* Skuse (Diptera: Culicidae). *South Asian J Top Med Public Health*. 2016; 47(4): 719-30.
- Barbier P, Guise S, Huitoruel P, Amade P, Pesando D, Briand C et al. Caulerpenye from *Caulerpa taxifolia* has an antiproliferative activity on tumor cell line SK-N-SH and modifies the microtubule network. *Life sci*. 2001; 70(4): 415-29.
- Beilby MJ. Sal tolerance at single cell level in giant-celled Characeae. *Front. Plant. Sci*. 2015; 6: 226.
- Bianco EM, Quintana de Oliveira S, Rigotto C, Tonini ML, da Rosa Guimarães T, Bittencourt F, et al. Anti-infective potential of marine invertebrates and seaweeds from the Brazilian coast. *Molecules*. 2013; 18: 5761-78.
- Cabioc'h J, Floc'h Y, Le Toquin A, Boudouresque C, Meinesz A, Verlaque M. Guía de las algas del Atlántico y del Mediterráneo. 1ª ed. Barcelona: Omega; 2007.
- Cai J, Xie S, Feng J. Antimicrobial activities of *Nitellopsis obtusa* (Desvaux) Groves and *Chara vulgaris* L. *J Appl Bot Food Qual*. 2013; 86: 24-32.
- Cassolato J, Miguel D, Nosedá M, Carlos A, Pujol C, et al. Chemical structure and antiviral activity of sulfated heterorhamnan isolated from the Green seaweed *Gayralia oxysperma*. *Carbohydr Res*. 2008; 343(18): 3085-95.
- Celikler S, Vatan O, Yildiz G, Bilaloglu R. Evaluation of anti-oxidative, genotoxic and antigenotoxic potency of *Codium tomentosum* Stackhouse ethanolic extract in human lymphocytes in vitro. *Food Chem Toxicol*. 2009; 47(4): 796-801.

- Coelho MS, Menezes BS, Rivero Meza SL, Gianasi BL, Salas-Mellado MM, Copertino M, et al. Potential utilization of green tide-forming macroalgae from Patos Lagoon, Rio Grande-RS, Brazil. *J Aquat Food Prod T.* 2016; 25(7): 1096-106.
- Esquer-Miranda E, Nieves-Soto M, Rivas-Vega ME, Miranda-Baeza A, Piña-Valdeza P. Effects of methanolic macroalgae extracts from *Caulerpa sertularioides* and *Ulva lactuca* on *Litopenaeus vannamei* survival in the presence of *Vibrio* bacteria. *Fish Shellfish Immun.* 2016; 51: 346-50.
- Feng Y, Anthony R, Carrol A, Addepalli R, Gregory A, Fechner G, et al. Vanillic acid derivatives from the green algae *Cladophora socialis* as potent protein tyrosine phosphatase 1B inhibitors. *J Nat Prod.* 2007; 70(11): 1790-92.
- Finet C, Timme RE, Delwiche CF, Marlétaz F. Multigene phylogeny of the green lineage reveals the origin and diversification of land plants. *Curr Biol.* 2010; 20: 1-6.
- Ganesan P, Matsubara K, Ohkubo T, Tanaka Y, Noda K, Sugawara T, et al. Anti-angiogenic effect of siphonaxanthin from green alga, *Codium fragile*. *Phytomed.* 2010; 17(14): 1140-44.
- Ghazala B, Naila B, Shameel M, Shahzad S, Mahmood Ieghari S. Phycochemistry and bioactivity of two stonewort algae (Charophyta) of Sindh. *Pak J Bot.* 2004; 34(4): 733-43.
- Gómez Garreta A. Flora Phycologica Iberica. 1. Fucales. Murcia: Servicio de Publicaciones Universidad de Murcia; 2001.
- Gröniger A, Häder D-P. Induction of the synthesis of an UV-absorbing substance in the green alga *Prasiola stipitata*. *J Photochem Photobiol.* 2002; 66(1): 54-59.
- Hartmann A, Holzinger A, Ganzera M, Karsten U. Prasiolin, a new UV-sunscreen compound in the terrestrial green macroalga *Prasiola calophylla* (Carmichael ex Greville) Kützing (Trebouxiophyceae, Chlorophyta). *Planta.* 2015; 243: 161-69.
- Hayden HS, Blomster J, Maggs CA, Silva PC, Stanhope MJ, Waaland JR. Linnaeus was right all along: *Ulva* and *Enteromorpha* are not distinct genera. *Eur J Phycol.* 2003; 38(3): 277-94.

- Hoang MH, Kim JY, Lee JH, You SG, Lee SJ. Antioxidative, hypolipidemic, and anti-inflammatory activities of sulfated polysaccharides from *Monostroma nitidum*. Food Sci Biotech. 2015; 24(1): 199-205.
- Hussein UK, Mahmoud HM, Farrag AG, Bishayee A. Chemoprevention of diethylnitrosamine-initiated and phenobarbital-promoted hepatocarcinogenesis in rats by sulfated polysaccharides and aqueous extract of *Ulva lactuca*. Integr Cancer Ther. 2015; 14(6): 525-45.
- Kalin M, Wheeler WN, Meinrath G. The removal of uranium from mining waste water using algal/microbial biomass. J Environ Radioact. 2004; 28(2): 151-77.
- Kamimura Y, Hashiguchi K, Kagata Y, Saka T, Yoshida M, et al. Inhibitory effects of edible green algae *Monostroma nitidum* on glycemic responses. J JPN Soc Food Sci. 2010; 57(10): 441-45.
- Kang CH, Choi YH, Park SY, Kim GY. Anti-inflammatory effects of methanol extract of *Codium fragile* in lipopolysaccharide-stimulated RAW 264.7 cells. J Med Food. 2012; 15(1): 44-50.
- Kim EY, Choi YH, Lee JI, Kim IH, Nam TJ. Antioxidant activity of oxygen evolving enhancer protein 1 purified from *Capsosiphon fulvescens*. J Food Sci. 2015; 80(6): 1412-17.
- Kim KN, Kim SH, Kim WS, Kang SM, Lee KW, Lee WJ, et al. Antitumor activities of sea staghorn (*Codium fragile*) against CT-26 Cells. Food Sci Biotechnol. 2008; 17(5): 976-82.
- Kim YM, Kim IH, Nam TJ. Induction of apoptosis signaling by glycoprotein of *Capsosiphon fulvescens* in human gastric cancer (AGS) cells. Nutr Cancer. 2012; 64(5): 761-69.
- Kim YM, Kim IH, Nam TJ. Inhibition of AGS human gastric cancer cell invasion and proliferation by *Capsosiphon fulvescens* glycoprotein. Mol Med Rep. 2013; 8(1): 11-16.
- Lee C, Park GH, Ahn EM, Kim BA, Park CI, Jang JH. Protective effect of *Codium fragile* against UVB-induced pro-inflammatory and oxidative damages in HaCaT cells and BALB/c mice. Fitoterapia. 2013; 86: 54-63.

- Lee JB, Hayashi K, Maeda M, Hayashi T. Antiherpetic activities of sulfated polysaccharides from green algae. *Planta Medica*. 2004; 70(9): 813-17.
- Leiroa J, Castrob R, Arranza J, Lamas J. Immunomodulating activities of acidic sulphated polysaccharides obtained from the seaweed *Ulva rigida* C. Agardh. *Inter Immunopharmacol*. 2007; 7(7): 879-88.
- Leliaert F, Smith DR, Moreau H, Herron MD, Verbruggen H, Delwiche D, et al. Phylogeny and molecular evolution of the green algae. *Crit Rev Plant Sci*. 2012; 31(1): 1-46.
- Machado L, Kinley RD, Magnusson M, de Nys R, Tomkins NW. The potential of macroalgae for beef production systems in Northern Australia. *J Appl Phycol*. 2015; 27: 2001-05.
- Manilal A, Selvin J, Sujith S, Panikkar MVN S. Evaluation of therapeutic efficacy of Indian green alga, *Acrosiphonia orientalis* (J. Agardh) in the treatment of vibriosis in *Penaeus monodon*. *Thalassas Int J Mar Sci*. 2012; 28(1): 33-46.
- Minicante SA, Michelet S, Bruno F, Castelli G, Vitale F, Sfriso A, et al. Bioactivity of phycocolloids against the Mediterranean protozoan *Leishmania infantum*: An inceptive study. *Sustainability*. 2016; 8: 1131.
- Paul S, Kundu R. Antiproliferative activity of methanolic extracts from two green algae, *Enteromorpha intestinalis* and *Rizoclonium riparum* on HeLa cells. *DARU J Pharm Sci*. 2013; 21 (72): 1-12.
- Pérez-Rodríguez E, Aguilera J, Figueroa FL. Tissular localization of coumarins in the green alga *Dasycladus vermicularis* (Scopoli) Krasser: a photoprotective role? *J Exp Bot*. 2003; 54 (384): 1093-100.
- Pise NM, Verlecar XN, Gaikwad DK, Jagtap TG. Nutraceutical properties of the marine macroalga *Gayralia oxysperma*. *Bot Mar*. 2012; 55(6): 581-89.
- Ribeiro Soares A, Robaina MCS, Mendes GS, Silva TSL, Gestinari LMS, Pamplona OS, et al. Antiviral activity of extracts from Brazilian seaweeds against herpes simplex virus. *Rev Bras Farmacogn*. 2012; 22(4): 714-23.

- Rodriguez-Prieto C, Ballesteros E, Boisset F, Afonso-Carrillo J. Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas. 1ª ed. Barcelona: Omega; 2013.
- Selim S, Amin A, Hassan S, Hagazey M. Antibacterial, cytotoxicity and anticoagulant activities from *Hypnea esperi* and *Caulerpa prolifera* marine algae. Pak J Pharm Sci. 2015; 28 (2): 525-30.
- Senthilkumar D, Jayanthi S. Partial characterization and anticancer activities of purified glycoprotein extracted from green seaweed *Codium decortiatum*. J Funct Food. 2016; 25: 323-32.
- Shanmughapriya S, Manilal A, Sujith S, Selvin J, Seghal G, Natarajaseenivasan K. Antimicrobial activity of seaweeds extracts against multiresistant pathogens. Ann Microbiol. 2008; 58(3): 535-41.
- Sathivel A, Balavinayagamani, Hanumantha Rao BR, Devaki T. Sulfated polysaccharide isolated from *Ulva lactuca* attenuates D-galactosamine induced DNA fragmentation and necrosis during liver damage in rats. Pharma Bio. 2014; 52(4): 498-505.
- Sooksawat N, Meetam M, Kruatrachue M, Pokethitiyook P, Inthorn D. Equilibrium and kinetic studies on biosorption potential of charophyte biomass to remove heavy metals from synthetic metal solution and municipal wastewater. Biorem J. 2016; 20 (3): 240-51.
- Sooksawat N, Meetam M, Kruatrachue M, Pokethitiyook P, Nathalang K. Phytoremediation potential of charophytes: Bioaccumulation and toxicity studies of cadmium, lead and zinc. J Environ Sci. 2013; 25(3): 596-604.
- Spavieri J, Kaiser M, Casey R, Hingley-Wilson S, Lalvani A, Blunden G, et al. Antiprotozoal, antimycobacterial and cytotoxic potential of some British green algae. Phytoter Res. 2009; 24(7): 1095-98.
- Synytsya A, Choi DJ, Pohl R, Na YS, Capek P, Lattová E, et al. Structural features and anti-coagulant activity of the sulphated polysaccharide SPS-CF from a green alga *Capsosiphon fulvescens*. Mar Biotech. 2015; 17(6): 718-35.

- Tong T, Ko D, Kim B, Ham K, Kang S. Beneficial effect of seaweed on high fat diet induced oxidative stress and insulin resistance in rats. *Food Sci Biotech.* 2015; 24(6): 2185-91.
- Wenting L, Wenxian W, Dongdong L, Chen D, Zhu P, Cai G, et al. Polysaccharides from *Enteromorpha prolifera* improve glucose metabolism in diabetic rats. *J Diabetes Res.* 2015; 2015: 1-12.
- Widyaningsi W, Pramono S, Widyarini S, Sugiyanto D. Cardioprotective effect of melatonin-standardized ethanol extract of *Ulva lactuca* L against acute myocardial infarction in rats induced by isoproterenol. *Trop J Pharm Res.* 2016; 15(8): 1723-29.
- Yang H, Liu DQ, Liang TJ, Li J, Liu AH, Yang P, et al. Racemosin C, a novel minor bisindole alkaloid with protein tyrosine phosphatase-1B inhibitory activity from the green alga *Caulerpa racemosa*. *J Asian Nat Prod Res.* 2014; 16(4): 1158-65.
- Zang L, Shimada Y, Tanaka T, Nishimura N. Rhamnan sulphate from *Monostroma nitidum* attenuates hepatic steatosis by suppressing lipogenesis in a diet-induced obesity zebrafish model. *J Funct Food.* 2015; 17: 364-70.

APÉNDICE

Tabla 1. Lista de especies del phylum Charophyta presentes en la península Ibérica.

Phylum Charophyta

Clase Charophyceae

Orden Charales

Familia Characeae

- Chara aspera* C.L.Willdenow
 - Chara baltica* A.Bruzelius
 - Chara braunii* C.C.Gmelin
 - Chara canescens* Loiseleur
 - Chara connivens* P.Salzmann ex A.Braun
 - Chara contraria* A.Braun ex Kützing
 - Chara crassicaulis* J.C.Schleicher
 - Chara fragifera* Durieu
 - Chara galioides* A.P.De Candolle
 - Chara globularis* Thuiller
 - Chara gymnophylla* A.Braun
 - Chara hispida* Linnaeus
 - Chara imperfecta* A.Braun
 - Chara muscosa* J.Groves & G.R.Bullock-Webster
 - Chara polyacantha* A.Braun
 - Chara tenuispina* A.Braun
 - Chara tomentosa* Linnaeus
 - Chara virgata* Kützing
 - Chara vulgaris* Linnaeus
 - Lamprothamnium papulosum* (K.Wallroth) J.Groves
 - Nitella capillaris* (A.J.Krocker) J.Groves & G.R.Bullock-Webster
 - Nitella flexilis* (Linnaeus) C.Agardh
 - Nitella gracilis* (J.E.Smith) C.Agardh
 - Nitella hyalina* (De Candolle) C.Agardh
 - Nitella mucronata* (A.Braun) F.Miquel
 - Nitella opaca* (C.Agardh ex Bruzelius) C.Agardh
 - Nitella ornithopoda* A.Braun
 - Nitella tenuissima* (Desvaux) Kützing
 - Nitella translucens* (Persoon) C.Agardh
 - Nitellopsis obtusa* (N.A.Desvaux) J.Groves
 - Tolypella glomerata* (Desvaux) Leonhardi
 - Tolypella hispanica* Nordstedt ex T.F.Allen
 - Tolypella salina* R.Corillion
-

Tabla 2. Lista de especies de macroalgas del phylum Chlorophyta presentes en la península Ibérica.

Phylum Chlorophyta

Clase Trebouxiophyceae

Orden Prasiolales

Familia Prasiolaceae

Prasiola stipitata Suhr ex Jessen

Clase Chlorophyceae

Orden Chaetophorales

Familia Chaetophoraceae

Didymosporangium repens F.D.Lambert

Clase Chlorophyceae

Orden Bryopsidales

Familia Bryopsidaceae

Bryopsidella neglecta (Berthold) G.Furnari & M.Cormaci

Bryopsis corymbosa J.Agardh

Bryopsis cupressina J.V.Lamouroux

Bryopsis duplex De Notaris

Bryopsis feldmannii Gallardo & G.Furnari

Bryopsis hypnoides J.V.Lamouroux

Bryopsis muscosa J.V.Lamouroux

Bryopsis pennata J.V.Lamouroux

Bryopsis plumosa (Hudson) C.Agardh

Bryopsis secunda J.Agardh

Pseudobryopsis myura (J.Agardh) Berthold

Familia Caulerpaceae

Caulerpa cylindracea Sonder

Caulerpa prolifera (Forsskål) J.V.Lamouroux

Caulerpa racemosa (Forsskål) J.Agardh

Caulerpa taxifolia (M.Vahl) C.Agardh

Familia Chaetosiphonaceae

Chaetosiphon moniliformis Huber

Familia Codiaceae

Codium adhaerens C.Agardh

Codium bursa (Olivi) C.Agardh

Codium coralloides (Kützting) P.C.Silva

Codium decortcatum (Woodward) M.Howe

Codium effusum (Rafinesque) Delle Chiaje

Codium fragile (Suringar) Hariot

Codium tomentosum Stackhouse

Codium vermilara (Olivi) Delle Chiaje

Familia Derbesiaceae

Derbesia marina (Lyngbye) Solier

Derbesia tenuissima (Moris & De Notaris) P.Crouan & H.Crouan

Pedobesia simplex (Meneghini ex Kützing) M.J.Wynne & F.Leliaert

Pedobesia solieri Abélard & Knoepffler

Familia Halimedaceae

Halimeda tuna (J.Ellis & Solander) J.V.Lamouroux

Familia Udoteaceae

Flabellia petiolata (Turra) Nizamuddin

Penicillus capitatus Lamarck

Pseudochlorodesmis furcellata (Zanardini) Børgesen

Orden Cladophorales

Familia Anadyomenaceae

Anadyomene stellata (Wulfen) C.Agardh

Familia Boodleaceae

Cladophoropsis membranacea (Hofman Bang ex C.Agardh) Børgesen

Familia Cladophoraceae

Chaetomorpha adriani Feldmann

Chaetomorpha gracilis Kützing

Chaetomorpha litorea Harvey

Chaetomorpha melagonium (F.Weber & D.Mohr) Kützing

Cladophora albida (Nees) Kützing

Cladophora coelothrix Kützing

Cladophora crystallina (Roth) Kützing

Cladophora dalmatica Kützing

Cladophora echinus (Biasoletto) Kützing

Cladophora fracta (O.F.Müller ex Vahl) Kützing

Cladophora hutchinsiae (Dillwyn) Kützing

Cladophora laetevirens (Dillwyn) Kützing

Cladophora lehmanniana (Lindenberg) Kützing

Cladophora liebetruthii Grunow

Cladophora liniformis Kützing

Cladophora nigrescens Zanardini ex Frauenfeld

Cladophora parriaudii van den Hoek

Cladophora pellucida (Hudson) Kützing

Cladophora prolifera (Roth) Kützing

Cladophora refracta Kützing

Cladophora retroflexa (Bonnemaison ex P.Crouan & H.Crouan) Hamel

Cladophora rhodolithicola Leliaert

Cladophora ruchingeri (C.Agardh) Kützing

Cladophora rupestris (Linnaeus) Kützing

Cladophora sericea (Hudson) Kützing

Cladophora socialis Kützing

Cladophora vadorum (Areschoug) Kützing

Cladophora vagabunda (Linnaeus) Hoek

Rhizoclonium fontinale Kützing

Rhizoclonium hieroglyphicum (C.Agardh) Kützing

Rhizoclonium riparium (Roth) Harvey

Rhizoclonium tortuosum (Dillwyn) Kützing

Familia Siphonocladaceae

Siphonocladus pusillus (C.Agardh ex Kützing) Hauck

Familia Valoniaceae

Valonia aegagropila C.Agardh

Valonia macrophysa Kützing

Valonia utricularis (Roth) C.Agardh

Valonia ventricosa J.Agardh

Orden Dasycladales

Familia Dasycladaceae

Dasycladus vermicularis (Scopoli) Krasser

Familia Polyphysaceae

Acetabularia acetabulum (Linnaeus) P.C.Silva

Acetabularia caliculus J.V.Lamouroux

Orden Oltmannsiellopsidales

Familia Oltmannsiellopsidaceae

Halochlorococcum moorei (N.L.Gardner) Kornmann & Sahling

Orden Ulotrichales

Familia Gayraliaceae

Gayralia oxysperma (Kützing) K.L.Vinogradova ex Scagel et al.

Familia Gomontiaceae

Gomontia polyrhiza (Lagerheim) Bornet & Flahault

Familia Monostromataceae

Monostroma bullosum (Roth) Thuret

Monostroma latissimum Wittrock

Monostroma quaternarium (Kützing) Desmazières

Familia Ulotrichaceae

Acrosiphonia arcta (Dillwyn) Gain

Acrosiphonia spinescens (Kützing) Kjellman

Capsosiphon fulvescens (C.Agardh) Setchell & N.L.Gardner

Spongomorpha aeruginosa (Linnaeus) Hoek

Orden Ulvales

Familia Bolbocoleaceae

Bolbocoleon piliferum Pringsheim

Familia Kornmanniaceae

Blidingia chadefaudii (Feldmann) Bliding

Blidingia marginata (J.Agardh) P.J.L.Dangeard ex Bliding

Blidingia minima (Nägeli ex Kützing) Kylin

Blidingia subsalsa (Kjellman) Kornmann & Sahling ex Scagel et al.

Familia Ulvaceae

Enteromorpha hendayensis P.J.L.Dangeard & H.Parriaud

Enteromorpha juergensii Kützing

Percursaria percursa (C.Agardh) Rosenvinge

Ulva australis Areschoug

Ulva clathrata (Roth) C.Agardh

Ulva compressa Linnaeus

Ulva curvata (Kützing) De Toni

Ulva fasciata Delile

Ulva gigantea (Kützing) Bliding

Ulva intestinalis Linnaeus

Ulva lactuca Linnaeus

Ulva linearis P.J.L.Dangeard

Ulva linza Linnaeus

Ulva prolifera O.F.Müller

Ulva pseudocurvata Koeman & Hoek

Ulva pseudolinza (R.P.T.Koeman & Hoek) H.S.Hayden, Blomster, Maggs, P.C.Silva, M.J.Stanhope & J.R.Waaland

Ulva ralfsii (Harvey) Le Jolis

Ulva repens Clemente

Ulva rigida C.Agardh

Ulva rotundata Bliding

Ulvaria obscura (Kützing) Gayral ex Bliding

Familia Ulvellaceae

Entocladia major (Feldmann) R.Nielsen

Epicladia flustrae Reinke
