

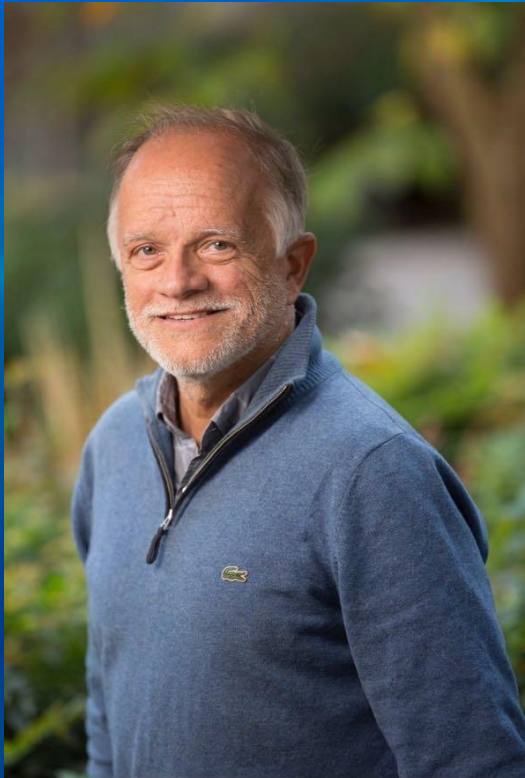
Boletín de la Sociedad Española
de Ficología

Algas

diciembre 2024

número 60

In Memoriam
Kike Ballesteros



Algas 60

Boletín de la Sociedad Española de Ficología
Diciembre 2024

Portada:

Fotografía ganadora del XXVIII Concurso del fotográfico de la SEF celebrado en noviembre de 2024 en Granada.

Autora: María Altamirano Jeschke

Título: *Yo y solo yo*

Algas (ISSN: 1695-8160)

Depósito Legal: M36511-1987
nº 60 (diciembre 2024)

Editores:

Julio De la Rosa Álamos y María Isabel
Martín Girela
boletin.sefalgae@gmail.com

Consejo Editorial:

José Lucas Pérez-Lloréns
María Altamirano Jeschke
Julio De la Rosa Álamos
Juan José Vergara Oñate

Algas es el boletín informativo anual editado por la Sociedad Española de Ficología (S.E.F.) que se distribuye gratuitamente entre sus socios y que está dirigido a todos los que trabajan en ficología o temas afines. El boletín está abierto a la colaboración de todo aquel que desee aportar información sobre cualquier aspecto que pueda ser de interés general para la comunidad de ficólogos. Es nuestra intención que esta revista permita, además, un fecundo intercambio de información, opiniones y material entre todos aquellos que viven de, por y para las algas.

Algas publica, entre otros:

1. Artículos de investigación y comunicaciones.
2. Reseñas de congresos, sesiones científicas, workshops y bibliográficas.
3. Reseñas de proyectos
4. Reseñas de tesis doctorales, trabajos de fin de grado y trabajos de fin de máster.
5. Secciones especiales: Ficólogos por el mundo, Ficólogos célebres y Ficogastronomía



SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FICOLOGÍA

Instrucciones:

Los manuscritos deberán ser remitidos a boletinalgas.sefalgae@gmail.com con fecha límite el 31 de octubre de cada año, para ser incluidos en el siguiente número.

Los textos se enviarán siguiendo las normas de publicación del boletín y manual de estilo, que se encuentran al final de este número y en la página web de la Sociedad Española de Ficología (www.sefalgas.org)

Las comunicaciones enviadas pasarán por un proceso de revisión por pares previo a su aceptación. El consejo editorial se reserva el derecho a editar el material previa publicación final. Para cualquier duda o consulta contacte con los editores.

Junta Directiva de la Sociedad Española de Ficología

Presidente: José Lucas Pérez-Lloréns
joselucas.perez@uca.es

Vicepresidente: María Altamirano Jeschke
altamirano@uma.es

Secretario: Julio De la Rosa Álamos
secretaria.sefalgae@gmail.com

Tesorero: Juan José Vergara Oñate
juanjose.vergara@uca.es

Editores Algas: Julio De la Rosa Álamos;
María Isabel Martín Girela
boletinalgas.sefalgae@gmail.com

Queridos socios y socias,

Tras vicisitudes ocurridas el año pasado que obligaron a la Junta Directiva de la SEF a tener que nombrar un nuevo editor para nuestro Boletín, fue un honor que la Junta depositara su confianza en nosotros para dicha función. Asumimos este encargo con el mismo grado de responsabilidad que de ilusión. Responsabilidad por respecto al esfuerzo y trabajo que todos los anteriores editores han mostrado con el *Algas*. Su trabajo, dedicación y cariño puesto en cada número han llevado a nuestro boletín a ser referencia vital para la difusión de nuestras noticias y trabajos entre todos nosotros y más allá de nuestras fronteras, y que es importante no solo seguir manteniendo si no que siga creciendo. Desde aquí nuestro más sincero reconocimiento y agradecimiento. E ilusión por la satisfacción y orgullo que sentimos de poder contribuir junto a todos vosotros/as a seguir consolidando el *Algas* como el referente más visible de nuestra sociedad ficológica y como espacio esencial de comunicación entre todos los miembros de la SEF.

Sin duda el reto más importante para nuestro boletín sea la participación y contribución con artículos y reseñas que lo dotan de contenido, es por ello por lo que os animamos y sobre todo a los más jóvenes a colaborar y contribuir en “nuestro” *Algas*, de ello depende el futuro de un boletín que lleva más de tres décadas difundiendo la Ficología en un ámbito que traspasa nuestras fronteras.

Lamentablemente tenemos que iniciar este nuevo volumen con la triste noticia del adiós a nuestro compañero Kike Ballesteros y desde aquí queremos mandar nuestro cariño y más caluroso afecto a toda su familia, amigos y compañeros más cercanos. D.E.P.

A lo largo de las casi 100 páginas que componen el ALGAS 60, encontrareis una gran variedad de trabajos que, entre otros, que nos hablan sobre el género *Codium*, *Haematococcus*, las algas en la canción española, tremendamente curioso, las algas de los borregiles de Sierra Nevada o las algas de ambientes portuarios. Podréis leer sobre la sesión científica y asamblea anual celebrada en Granada. También información sobre Tesis y trabajos de fin de Máster defendidos, conoceremos algo más sobre Ehrenberg y su relación con las algas españolas y nuestra sección de ficogastronomía os presenta un menú creativo de alta cocina con chefs de primer nivel. Esperamos que os guste.

Con respecto a próximos números nuestra intención es que las contribuciones y manuscritos que nos envíen queden disponibles a la mayor brevedad posible tras pasar los procesos de revisión y edición previstos y habituales. Para ello utilizaremos nuestra página web donde podréis tener acceso a la contribución y con su *doi* de forma que la podáis utilizar con los fines que consideres en cuanto antes. Al final de año, todas aparecerán conformando el correspondiente volumen de nuestro boletín. En este sentido los plazos son fundamentales por lo que os agradeceríamos que os ajustarais a ellos y a las normas y estilo de publicación previstas. Las podéis encontrar al final de este número y también en nuestra página web.

Recibid un cordial saludo,

Julio De la Rosa Álamos y María Isabel Martín Girela
Editores del Boletín *Algas*
Sociedad Española de Ficología

Índice

Adiós a Kike Ballesteros.....	5
Ácidos grasos en dos especies de <i>Codium</i> de la bahía de Cádiz.	6
Resiliencia microscópica en el SE murciano: Presencia de <i>Haematococcus lacustris</i> (Chlamydomonadales, Chlorophyta) en un entorno inesperado.....	11
Las algas en la canción española e hispanoamericana.....	18
El orden Dictyotales (Ochrophyta, Phaeophyceae) en la Zona de Especial Conservación del Tesorillo-Salobreña (Granada, Mar de Alborán).....	41
Composición, abundancia y diversidad de macroalgas en los ambientes portuarios de Asturias.	50
Los usos de las algas de España.	56
Sesión científica y Asamblea de la Sociedad Española de Ficología.....	58
Sobre las algas epipéllicas de los borreguiles de Sierra Nevada.	61
Presencia de <i>Rugulopteryx okamurae</i> (Phaeophyceae:Dictyotales) en las costas catalanas.	66
Flora diatomológica de los humedales de Andalucía.	67
¿Puede ser la capacidad de adaptación a las olas de calor un factor más que explique la invasividad de <i>Rugulopteryx okamurae</i> (Dictyotales, Ochrophyta)?	68
Las maravillas del mar de Alborán: un proyecto de educación ambiental sobre los macrófitos marinos en las costas de Málaga.	69
Contenido de ADN nuclear y ciclo de vida de <i>Peyssonnelia squamaria</i> (S.G.Gmelin) Decaisne (Peyssonneliales, Rhodophyta).	74
Con Ehrenberg por África y Asia.	79
¿Sabías que Ehrenberg también analizó muestras de algas de la Península Ibérica?	89
Menú creativo de alta cocina con algas en la noche europea de los investigadores.	95
Solicitud de inscripción en la Sociedad Española de Ficología	100
Normas de publicación del Boletín “Algas” de la Sociedad Española de Ficología.....	102

Adiós a Kike Ballesteros

Por María García y Enma Cebrián



Kike Ballesteros (1956-2024).

En el campo de la ficología, y más allá, Kike Ballesteros ha sido un referente. Aunque dentro de nuestra comunidad científica solemos ensalzar a nuestros referentes, en el caso de Kike, debemos destacar que no solo sobresalió como ficólogo. Su capacidad para identificar las especies de macrófitos marinos fue incomparable, pero su conocimiento de la naturaleza abarcó un espectro mucho más amplio. Desde los fondos marinos en Tossa de Mar hasta los lagos más elevados del Pirineo, pasando por diversas montañas y ecosistemas boscosos, Kike fue un naturalista en todo el sentido de la palabra.

Su contribución a la comprensión del papel de las algas en los ecosistemas marinos bentónicos ha sido monumental. No solo fue un taxónomo brillante —y riguroso—, sino también un ecólogo con una aguda capacidad de observación. Esta habilidad le permitió contextualizar las comunidades algales dentro de los ecosistemas litorales y comprender sus roles ecológicos de manera integral.

Su especial predilección por las fucales lo llevó a profundizar en su estudio, analizando su variabilidad morfológica y utilizando estos organismos para evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas marinos del Mediterráneo. Una de sus contribuciones más importantes en este campo es el desarrollo del índice CARLIT, hoy reconocido como un estándar para la evaluación ambiental en numerosos países del Mediterráneo, donde las fucales actúan como bioindicadores clave en el marco de la Directiva Marco del Agua.

Kike fue también pionero en el estudio de las invasiones de macroalgas marinas en el Mediterráneo y un firme defensor de la importancia de las series temporales en la ciencia ecológica. Estas series, permiten una mejor comprensión de los procesos dinámicos a largo plazo y constituyen otra de sus significativas aportaciones, forjando una escuela que sin duda seguirá generando conocimiento en el futuro. En los últimos años, Kike encontró en el trabajo de campo una fuente de inspiración y motivación. Su pasión lo llevó a documentar y preservar paisajes marinos aún vírgenes, en colaboración con el proyecto Pristine Seas de National Geographic. Su labor en este emocionante proyecto ha sido y será clave para la conservación marina global.

Quienes tuvimos la fortuna de colaborar con él sabemos de su dedicación inquebrantable. Nunca dejaba un correo sin respuesta, un proyecto sin involucrarse por completo o un artículo sin revisar con minuciosidad. Kike fue, sin duda, una figura única, marcada por un profundo espíritu crítico y un amor inmenso por la naturaleza y la ficología.

Para terminar, podríamos decir que Kike, ante todo tenía una visión y percepción privilegiada de la naturaleza que él sabía cómo mirar para ver todo aquello que los demás no veíamos.

Gracias, Kike, por abrirnos los ojos.

Ácidos grasos en dos especies de *Codium* de la bahía de Cádiz.

Kimberly Muñoz¹, Ignacio Hernández¹, Eva Zubía²

¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, 11510 Puerto Real (Cádiz).

²Departamento de Química Orgánica, Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales, Universidad de Cádiz, 11510 Puerto Real (Cádiz).

Resumen.

Los lípidos representan un componente esencial de las biomoléculas de las macroalgas y últimamente suscitan gran interés por la composición y propiedades de sus ácidos grasos, particularmente aquellas beneficiosas para la salud. Este estudio muestra el perfil de ácidos grasos de dos algas verdes del género *Codium* que medran en la bahía de Cádiz: *Codium fragile* y *Codium taylorii*. Ambas especies mostraron un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs), superior al 50% en peso del total de ácidos grasos. Dentro de los PUFAs, los ácidos ω -3 fueron especialmente abundantes, con una relación ω -6/ ω -3 igual o inferior a 1,0. El PUFA mayoritario fue el ácido α -linolénico (C18:3n-3), con contenidos del 14-18%. *Codium taylorii* mostró además un porcentaje similar del ácido C16:3n-3. Los resultados obtenidos sugieren la importancia de estas dos especies de la bahía gaditana desde el punto de vista nutricional y el interés por avanzar en futuros estudios sobre su composición, cultivo y/o recolección para su uso en alimentación.

Abstract.

Lipids represent an essential component of the biomolecules of macroalgae and have recently attracted much interest in the composition and properties of their fatty acids, particularly those related to health benefits. This study shows the fatty acid profile of two green algae of the genus *Codium* thriving in Cadiz Bay: *Codium fragile* and *Codium taylorii*. Both species showed a high content of polyunsaturated fatty acids (PUFAs), which accounted for more than 50% (w/w) of the total fatty acids. Within the PUFAs, the -3 fatty acids were abundant, with a ω -6/ ω -3 ratio equal or below to 1,0. The α -linolenic acid (C18:3n-3) was the major PUFA, with contents of 14-18%. *Codium taylorii* also contained a similar percentage of the C16:3n-3 fatty acid. The results obtained suggest the importance of these two species of Cadiz Bay from a nutritional point of view and the interest in advancing in new studies on their composition, cultivation and/or harvesting for their use in food applications.

1. Introducción.

Las macroalgas se consideran como un complemento alimenticio de alto valor, contribuyendo a una dieta equilibrada (Pérez-Lloréns et al., 2018; García-Poza et al., 2020; García-Pérez, et al., 2023). Pueden ser una gran fuente de proteínas, carbohidratos, fibra y vitaminas (Rioux et al. 2017; Arakaki et al., 2023) así como de minerales esenciales (Circuncisao et al., 2018). Las macroalgas son conocidas como alimentos bajos en calorías debido a su reducido contenido lipídico (Rioux et al., 2017), si bien la proporción de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs) suele ser significativa y puede incluir ácidos ω -3

como EPA (ácido eicosapentaenoico) y DHA (ácido docosahexaenoico), de gran interés en alimentación por sus propiedades beneficiosas para la salud (Djuricic y Calder, 2021).

Además de su valor nutricional, una característica destacable de las macroalgas es la posibilidad de su cultivo, lo que puede permitir una producción sostenible de biomasa para su uso directo en alimentación o la extracción de productos de valor (Duarte et al., 2022). Sin embargo, a pesar de la amplia biodiversidad que presentan las algas, más del 90 % de la explotación se centra en unas pocas especies de los géneros *Laminaria*, *Kappaphycus*, *Euchema*, *Gracilaria*, *Porphyra* y *Undaria* (Sultana et

al., 2023). Por ello, resulta de gran interés avanzar hacia una diversificación de las especies cultivadas, especialmente a través del cultivo de especies autóctonas o comunes en el entorno, que permita mantener el crecimiento de este sector a la vez que aumentar de forma sostenible la actividad productiva y la creación de nuevos productos de interés en alimentación y nutracéutica.

En este contexto, la bahía de Cádiz cuenta con una amplia variedad de especies, incluyendo algunas poco conocidas que medran en suelos fangosos y esteros (Hernández et al. 2010, 2022), que podrían resultar de interés para su cultivo y aprovechamiento en el campo de la alimentación. Este estudio pretende contribuir al conocimiento de la composición de las macroalgas presentes en la bahía de Cádiz mediante el análisis de sus perfiles de ácidos grasos. En concreto, se ha realizado el estudio en dos especies comunes de *Codium*: *C. fragile* y *C. taylorii*, dos especies sobre las que hay antecedentes de su uso en alimentación (White y Wilson, 2015).

2. Material y métodos.

2.1. Recolección de las algas.

Se recolectaron en la zona interna del saco la bahía (Santibañez, 36°28'07" N, 6°15'12" W) en octubre de 2022. Los ejemplares recolectados se transportaron al laboratorio, se lavaron con abundante agua dulce para eliminar la sal, materia orgánica adherida y epífitos. Tras esta operación, la extracción de ácidos grasos comenzó inmediatamente.

2.2. Extracción.

A la biomasa fresca de cada alga se le añadió etanol: H₂O, (8:2, v/v, 1,5 mL por gramo de peso fresco) y la mezcla se calentó a 80°C durante 1 h. Tras enfriar a temperatura ambiente el sobrenadante se filtró sobre papel de filtro y el disolvente se evaporó a presión reducida en un rotavapor. La extracción de cada especie se realizó por triplicado.

2.3. Obtención de los ésteres metílicos de los ácidos grasos (FAMES).

Una alícuota de cada extracto obtenido (35-40 mg) se disolvió en metanol:HCl (10:1, v/v, 2 mL), se adicionaron 100 µL de una disolución de ácido C17:0 de concentración 10 mg/mL y la mezcla se calentó a reflujo durante 40 min. Tras enfriar a temperatura ambiente, la mezcla de reacción se extrajo con hexano (3 mL x 3). La fase orgánica se secó sobre MgSO₄, se filtró y el disolvente se evaporó en un rotavapor.

2.4. Análisis mediante cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas (GC-MS).

Cada mezcla de FAMES se disolvió en CH₂Cl₂ a una concentración de 1 mg/mL y se analizó mediante GC-MS. Los análisis se realizaron en un equipo XEVO TQ-GC (Waters). Se utilizó una columna DB-5MS (250 µm x 30m, con recubrimiento de 0,25 µm) y como gas portador se utilizó He con un flujo de 1 mL/min. La rampa de temperatura fue la siguiente: 1 min. a 40°C, subida de 40 a 210°C a 10°C/min, 5 min. a 210°C, subida de 210°C a 280°C a 5°C/min y, por último, 20 min a 280°C. Los cromatogramas obtenidos se procesaron con el software MassLynx v4.1 (Waters). Los distintos FAMES se identificaron utilizando patrones comerciales (Supelco) y para la cuantificación se usó como patrón interno el ácido comercial C17:0 (Sigma).

3. Resultados y discusión.

En la Tabla 1 se presenta la composición en ácidos grasos de *C. fragile* y *C. taylorii* de la bahía de Cádiz, expresada como porcentaje en peso sobre el total de ácidos grasos. En ambas especies el ácido graso mayoritario fue el ácido palmítico (C16:0), que representó el 30,84 % del total de ácidos grasos en *C. fragile* y el 25,49 % en *C. taylorii*. Sin embargo, el grupo más abundante de ácidos grasos en las dos especies fue el de los PUFAs, los cuales constituyeron el 52,69% del total de los ácidos grasos en *C. fragile* y el 62,34% en *C. taylorii*. La relación entre ácidos

poliinsaturados y saturados (PUFA/SFA) fue superior a 1,5 en ambas especies, lo que

indica el potencial de estas algas como fuente nutricional de PUFAs.

Tabla 1. Perfiles de ácidos grasos de las macroalgas *C. fragile* y *C. taylorii* de la bahía de Cádiz (% en peso del total de ácidos grasos). Los valores mostrados son promedio \pm desviación estándar (n=3).

Ácido graso	<i>Codium fragile</i>	<i>Codium taylorii</i>
C14:0	2,11 \pm 0,32	1,96 \pm 0,25
C16:0	30,84 \pm 0,27	25,49 \pm 0,18
C22:0	1,57 \pm 0,48	-
ΣSFA	34,51 \pm 0,45	27,45 \pm 0,39
C16:1	1,89 \pm 0,04	1,42 \pm 0,03
C18:1n-9c	10,44 \pm 0,15	8,79 \pm 0,13
ΣMUFA	12,33 \pm 0,12	10,22 \pm 0,15
C16:2n-6	8,43 \pm 0,18	9,96 \pm 0,13
C16:3n-3	9,32 \pm 0,19	16,18 \pm 0,15
C18:2n-6c	7,53 \pm 0,17	6,68 \pm 0,19
C18:3n-3	13,77 \pm 0,29	18,57 \pm 0,41
C18:3n-6	4,80 \pm 0,12	1,36 \pm 0,02
C18:4n-3	1,54 \pm 0,03	0,51 \pm 0,02
C20:4n-6	5,81 \pm 0,26	6,75 \pm 0,14
C20:5n-3	1,51 \pm 0,07	2,34 \pm 0,17
ΣPUFA	52,69 \pm 0,40	62,34 \pm 0,32
Σ n-3	26,13 \pm 0,20	37,60 \pm 0,24
Σ n-6	26,56 \pm 0,72	24,74 \pm 0,42
Σn-6/ Σn-3	1,02	0,66
PUFA/SFA	1,53	2,27

La abundancia relativa de PUFAs obtenida en este estudio para *C. fragile* es similar a la descrita para esta especie en otras localizaciones muy diversas, como el mar Negro, el mar Amarillo o el mar de Japón (43-66% de PUFAs) (Dembitsky et al., 2003). Sin embargo, otros autores han obtenido abundancias relativas significativamente inferiores (21-36%) (Dembitsky et al., 2003; Pereira et al., 2012). El contenido en PUFAs obtenido en *C. taylorii* duplica al valor descrito en ejemplares de las costas de Israel

(Dembitsky et al., 2003). Estas variaciones intraespecíficas en el contenido de ácidos grasos pueden deberse a las diferentes localizaciones, factores ambientales y variaciones estacionales, así como a diferencias en la metodología de procesado de las algas, extracción y análisis. Otras especies del género *Codium* también han mostrado porcentajes variables de PUFAs en el rango 20-40% (Dembitsky et al., 2003; Pereira et al., 2012). Una abundancia relativa de PUFAs similar a las observadas en *C. fragile* se ha descrito en ejemplares

de *C. tomentosum* obtenidos mediante acuicultura (53% de PUFAs) (Lopes et al., 2020). Por otro lado, una comparación con los perfiles de ácidos grasos publicados para clorofitas de otros géneros mostró que los porcentajes de PUFAs de las dos especies estudiadas son también superiores a los de diversas especies de *Ulva*, *Cladophora* o *Caulerpa*, entre otras, para las que se han publicado contenidos en el rango 13-40% del total de ácidos grasos (Kumari et al., 2010; Pereira et al., 2012; Jaworowska y Murtaza, 2023).

Dentro de los PUFAs, se obtuvo una relación ω -6/ ω -3 de 1,02 para *C. fragile* y de 0,66 para *C. taylorii*, indicando una abundancia relativa muy significativa de los ácidos ω -3, que son los de mayor importancia nutricional. En concreto, el PUFA mayoritario fue un ácido ω -3 esencial, el ácido α -linolénico (C18:3n-3), que representó un 13,77% del total de los ácidos grasos en *C. fragile* y un 18,57% en *C. taylorii*. En esta especie, también se encontró una proporción similar del ácido C16:3n-3. Estos valores están en el rango de lo descrito en otros estudios de *C. fragile*, donde se ha obtenido hasta un 20% de ácido α -linolénico, y son muy superiores a lo descrito para *C. taylorii* (3% de α -linolénico) (Dembitsky et al., 2003). Ambas especies mostraron además otros ácidos ω -3 de interés nutricional como son el ácido estearidónico (C18:4n-3) y el EPA (C20:5n-3) aunque en porcentajes inferiores, en torno al 2%.

Los resultados obtenidos confirman el potencial las algas *C. fragile* y *C. taylorii* de la bahía de Cádiz desde el punto de vista nutricional y el interés por avanzar los estudios sobre la composición, cultivo y uso en alimentación de estas especies y otras algas autóctonas. En este sentido, se han llevado a cabo análisis en géneros y especies de otras algas como *Chondria capilaris*, *Cladosiphon* sp. o *Laurencia obtusa* que vienen a corroborar la importancia de los PUFAs en especies de la bahía gaditana (Sánchez-García et al., en preparación).

Agradecimientos. Este trabajo ha sido posible gracias a los proyectos PESCA-ACUI-MAPA-2022-002 “Impulso al sector emergente y sostenible de las micro y macroalgas en España: diversificación de especies y aplicaciones con alto valor comercial y ambiental” (INNOVALGA), financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. PESCA-ACUI-MAPA-2022-002 y PCM_00013 “Investigación sobre el cultivo y aplicaciones de una macroalga autóctona: *Cladosiphon* sp.” (CAMACLA), proyecto de I+D+I, en el marco de Plan Complementario de Ciencias Marinas y del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia 2022.

4. Referencias.

- Arakaki, N., Flores Ramos, L., Oscanoa Huaynate, A.I., Ruíz Soto, A., Ramírez, M.E. (2023). Biochemical and nutritional characterization of edible seaweeds from the Peruvian Coast. *Plants*, 12: 1795. <https://doi.org/10.3390/plants12091795>
- Circuncisao, A.R., Catarino, M.D., Cardoso, S.M., Silva, A.M.S. (2018). Minerals from macroalgae origin: health benefits and risks for consumers. *Marine Drugs*, 16: 400. <https://doi.org/10.3390/md16110400>
- Dembitsky, V.M., Rezanková, H., Rezanka, T., Hanus, L.O. (2003). Variability of the fatty acids of the marine green algae belonging to the genus *Codium*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31: 1125-1145. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(03\)00043-7](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00043-7)
- Djuricic, I., Calder, P.C. (2021). Beneficial outcomes of omega-6 and omega-3 polyunsaturated fatty acids on human health: an update for 2021. *Nutrients*, 13: 2421. <https://doi.org/10.3390/nu13072421>
- Duarte, C.M., Bruhn, A., Krause-Jensen, D. (2022). A seaweed aquaculture imperative to meet sustainability targets. *Nature Sustainability*, 5: 185-193. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00773-9>

- García-Perez, P., Cassani, L., García-Oliveira, P., Xiao, J., Simal-Gandara, J., Prieto M.A., Lucini, L. (2023). Algal nutraceuticals: a perspective on metabolic diversity, current food applications, and prospects in the field of metabolomics. *Food Chemistry*, 409: 135495. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135295>
- García-Poza, S., Leandro, A., Cotas, C., Cotas, J., Marques, J.J., Pereira, L., Gonçalves, A.M.M. (2020). The evolution road of seaweed aquaculture: cultivation technologies and the industry 4.0. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17: 6528. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186528>
- Hernández, I., Bermejo, R., Pérez-Lloréns, J.L., Vergara, J.J. (2010). Contribución al conocimiento de los macrófitos marinos del saco interno y caños adyacentes de la bahía de Cádiz. *Algas*, 43: 11-15.
- Hernández, I., Gerich, R.L., Bermejo, R. (2022). Contribución al conocimiento de las macroalgas de los esteros y salinas de la bahía de Cádiz: el caso de la salina de La Esperanza. *Algas*, 58: 54-66.
- Jaworowska, A., Murtaza, A. (2023). Seaweed derived lipids are a potential anti-inflammatory agent: a review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20: 730. <https://doi.org/10.3390/ijerph20010730>
- Kumari, P., Kumar, M., Gupta, V., Reddy, C.R.K., Jha, B. (2010). Tropical marine macroalgae as potential sources of nutritionally important PUFAs. *Food Chemistry*, 120: 749-757. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.11.006>
- Lopes, D., Melo, T., Rey, F., Meneses, J., Monteiro, F.L., Helguero, L.A., Abreu, M.E., Lillebo, A.I., Calado, R., Domingues, M.R. (2020). Valuing bioactive lipids from Green, red and Brown macroalgae from aquaculture, to foster functionality and biotechnological applications. *Molecules*, 25: 3883. <https://doi.org/10.3390/molecules25173883>
- Pereira, H., Barreira, L., Figueiredo, F., Custodio, L., Vizetto-Duarte, C., Polo, C., Resek, E., Engelen, A., Varela, J. (2012). Polyunsaturated fatty acids of marine macroalgae: potential for nutritional and pharmaceutical applications. *Marine Drugs*, 10: 1920-1935. <https://doi.org/10.3390/md10091920>
- Pérez-Lloréns, J.L., Hernández, I., Vergara, J.J., Brun, F.G., León, A. (2018). Those curious and delicious seaweeds: A fascinating voyage from Biology to Gastronomy. Editorial UCA, España. 384 pp.
- Rioux, L.E., Beaulieu, Turgeon, S.L. (2017). Seaweeds: a traditional ingredient for new gastronomic sensation. *Food Hydrocolloids*, 68: 255-265. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.02.005>
- Sultana, F., Wahab, M.A., Nahiduzzaman, M., Mohiuddin, M., Zafar, M., Shakil, A., Al Mamun, A., Sadequr, M., Wong, L., Asaduzzaman, M. (2023). Seaweed farming for food and nutritional security, climate change mitigation and adaptation, and women empowerment: a review. *Aquaculture and Fisheries*, 8, 463-480. <https://doi.org/10.1016/j.aaf.2022.09.001>
- White, W.L. & Wilson, P. (2015). World seaweed utilization. In *Seaweed sustainability – food and non-food applications* (B.K. Tiwari & D.J. Troy, eds.) 7-16. Academic Press. Auckland, New Zealand. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418697-2.00002-7>.

Resiliencia microscópica en el SE murciano: Presencia de *Haematococcus lacustris* (Chlamydomonadales, Chlorophyta) en un entorno inesperado.

Jonatan Hernández-Sánchez
C/Estrella Sirio, 6, 2ºB, 30203, Cartagena (Murcia).
Jonatan.hernandezs@um.es

Resumen.

El presente trabajo trata sobre *Haematococcus lacustris* (Girod-Chantrons) Rostafinski 1875, una microalga que sintetiza astaxantina, un carotenoide de alto valor antioxidante utilizado en la industria farmacéutica y alimentaria. Esta alga, común en ambientes dulceacuícolas, se encuentra en diversas partes del mundo, aunque en la península ibérica es rara. Su capacidad para producir astaxantina, especialmente bajo estrés ambiental (como alta temperatura o salinidad), ha atraído el interés debido a sus propiedades beneficiosas, como su acción antioxidante, antiinflamatoria y anticancerígena. El estudio se llevó a cabo en Galifa (Murcia), donde se detectaron las esporas de resistencia de esta especie en un cuenco con agua de lluvia. Se observaron distintas fases del ciclo de vida de *H. lacustris* mediante el uso de la microscopía óptica y del cultivo en un medio no específico. Durante el muestreo, se identificaron principalmente aplanosporas, que son capaces de sobrevivir a condiciones extremas, y se encontró una baja cantidad de células vegetativas y palmellas en transición hacia quistes de resistencia. Posteriormente, en el cultivo casero, se observó la reactivación de las células vegetativas y la formación de nuevas células a partir del proceso de bipartición. Se resaltan los desafíos del cultivo de *H. lacustris*, debido a la complejidad de su ciclo biológico, lo que hace difícil maximizar la producción de astaxantina. Además, se destaca la importancia de investigar lugares poco estudiados, donde especies como esta podrían tener un gran potencial biotecnológico. También se invita a la curiosidad científica, resaltando cómo muchas especies pasan desapercibidas por su falta de atención en estudios convencionales.

Palabras clave: Algas verdes, astaxantina, ciclo de vida, Galifa, biotecnología.

Abstract.

This paper deals with *Haematococcus lacustris* (Girod-Chantrons) Rostafinski 1875, a microalgae that synthesises astaxanthin, a carotenoid of high antioxidant value used in the pharmaceutical and food industry. This algae, common in freshwater environments, is found in various parts of the world, although it is rare in the Iberian Peninsula. Its ability to produce astaxanthin, especially under environmental stress (such as high temperature or salinity), has attracted interest due to its beneficial properties, such as its antioxidant, anti-inflammatory and anticarcinogenic action. The study was carried out in Galifa (Murcia), where the resistance spores of this species were detected in a bowl of rainwater. Different stages of the life cycle of *H. lacustris* were observed using optical microscopy and culture in a non-specific medium. During sampling, mainly aplanospores, which are able to survive extreme conditions, were identified and a low amount of vegetative cells and palmellae in transition to resistance cysts were found. Subsequently, in home culture, the reactivation of vegetative cells and the formation of new cells from the bipartition process were observed. The challenges of *H. lacustris* culture are highlighted, due to the complexity of its life cycle, which makes it difficult to maximise astaxanthin production. In addition, the importance of investigating little-studied sites where species such as this could have great biotechnological potential is highlighted. It also invites scientific curiosity, highlighting how many species go unnoticed due to their lack of attention in conventional studies.

Key words: Green algae, astaxanthin, life cycle, Galifa, biotechnology.

1. Introducción.

En muchas ocasiones, por curiosidad propia o a través de un descubrimiento secundario durante una investigación principal, nos encontramos con especies bastante carismáticas, pero a pesar de ello, pasan totalmente desapercibidas. Esto se debe principalmente por presentar una menor relevancia en términos de interés o aplicación inmediata, o porque directamente sus hábitats no son objeto de estudio. Ahora, nos podemos plantear la siguiente cuestión: ¿Y si en estos lugares se encuentran especies con un gran potencial como bioindicadores o incluso como productoras de nuevas sustancias farmacológicas o biorremediadoras?

Un claro ejemplo de esta posibilidad es el caso de *Haematococcus lacustris* (Girod-Chantrons) Rostafinski 1875. *H. lacustris*, anteriormente conocida como *H. pluvialis* Flotow 1844, es una clorófitas unicelular típica de ambientes dulceacuícolas, desde pequeñas charcas hasta bebederos para aves, abrevaderos y estanques (Guiry & Guiry, 2024). No obstante, también se ha avistado en masas de agua de hasta 130g/L de salinidad (Chekanov et al., 2019). Respecto a su distribución geográfica es amplia, pero la mayoría de las detecciones se concentran en el hemisferio norte, especialmente en Norteamérica y en el oeste de Europa (Martínez-Silva, 2011). Como se comenta en el trabajo de Fernández-Lozano et al. (2015), en los últimos años, gran parte de los registros de esta especie han tenido lugar en las zonas pantanosas del norte de Europa, siendo muy escasos en la península ibérica (Asturias, Castellón, Cataluña, Granada, Guadalajara, La Rioja, Madrid, Murcia, Sevilla, Valladolid y Portugal). El desplazamiento de esta especie suele ocurrir mediante el transporte de sus esporas, ya sea a través del aire o del agua (Fernández-Lozano et al., 2015). El interés en esta especie radica en que es capaz de sintetizar grandes cantidades de astaxantina, un carotenoide (xantofila) fotoprotector rojo-anaranjado con un poder antioxidante significativamente mayor en comparación con otros carotenoides (Córdoba-Castro et

al., 2015). Este pigmento se utiliza fundamentalmente en la industria farmacológica y alimentaria por sus propiedades antioxidantes, inmunorreguladoras, antiinflamatorias y anticancerígenas, así como en la fabricación de piensos para el ganado y piscifactorías (Camacho-Kurmen et al., 2013).

Sin embargo, el cultivo de esta microalga supone un verdadero desafío debido a que presenta un ciclo biológico (Figura 1) y de crecimiento complejo. Esta complejidad surge de que, en función de las condiciones ambientales, esta especie experimenta cambios tanto morfológicos como fisiológicos (Domínguez et al., 2006). En condiciones ambientales favorables, presenta una estructura celular vegetativa biflagelada de color verde que va aumentando de tamaño hasta llegar a un segundo estado celular conocido como palmella, caracterizada por la pérdida de los flagelos y presentar una forma esférica. Cuando la célula alcanza el estado de palmella, se reproduce asexualmente mediante bipartición o fisión binaria. Las células resultantes de este proceso recuperan su forma vegetativa móvil. Por el contrario, cuando el microorganismo se enfrenta a condiciones de estrés ambiental, como temperaturas elevadas, deficiencia de nutrientes, alta intensidad lumínica, salinidad elevada o estrés oxidativo (Camacho-Kurmen et al., 2013), comienza a sintetizar astaxantina alrededor del núcleo, hasta que esta ocupa todo el citoplasma. Al mismo tiempo, la célula se transforma en un quiste o espora de resistencia inmóvil, denominada aplanóspera, que desarrolla una pared celular de esporopolenina extremadamente resistente (Abalde et al., 1999). Una vez que las condiciones ambientales vuelven a ser favorables, las aplanósperas germinan, recuperando la forma de célula móvil o, en algunos casos, ocurriendo previamente un proceso de bipartición. Por lo tanto, para llevar a cabo el cultivo de esta especie, es necesario primero generar una gran biomasa de células en estado móvil para posteriormente, inducir la

producción de astaxantina mediante la aplicación de condiciones de estrés ambiental controladas.

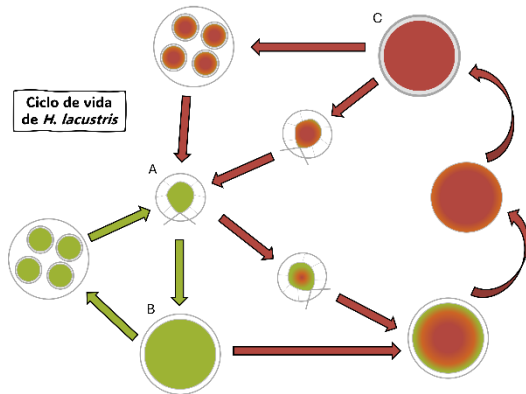


Figura 1. Representación esquemática del ciclo de vida de *H. lacustris* elaborado a partir del trabajo de Domínguez et al. (2016). (A) Célula vegetativa, (B) Palmella, (C) aplanóspora.

Este trabajo se llevó a cabo en Galifa (Figura 2), una pequeña localidad situada en la Región de Murcia, al sureste de España, dentro del término municipal de Cartagena. Galifa se encuentra en la zona oeste del municipio, al pie de la Sierra de la Muela y cerca del Parque Natural de la Muela y Cabo Tiñoso, un área de gran valor natural y paisajístico (Martínez-Sánchez, 2017). En el patio de una de las viviendas se detectó la presencia de quistes de *H. lacustris* sobre un plato de maceta con agua de lluvias recientes (Figura 3).

Por ello, y considerando las posibles limitaciones, este trabajo se llevó a cabo con los objetivos de observar y describir, en mayor o menor medida de lo posible, los distintos estadios celulares mencionados anteriormente.

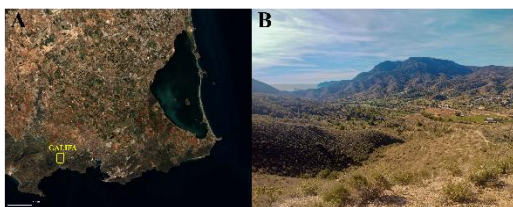


Figura 2. Imagen satélite tomada por Sentinel-2 donde aparece delimitada la zona de Galifa (A) junto con una vista paisajística panorámica (B).

2. Material y métodos.

El muestreo puntual tuvo lugar a principios de diciembre. En primer lugar, se procedió a la toma directa de muestras mediante una pipeta y a la medición de la salinidad del medio con un refractómetro ($\approx 1\text{g/L}$). Las descripciones microscópicas de dichas muestras se realizaron bajo un microscopio óptico Euromex Microblue 1152. Al día siguiente, se llevó a cabo una segunda recogida de muestras pero debido a las fuertes ráfagas de viento producidas la noche anterior, el agua terminó por evaporarse. Por ello, se tomó una muestra de las esporas y se introdujeron y rehidrataron en un pequeño tarro de cristal con agua destilada. Después, se procedió a una segunda observación.



Figura 3. Fotografía de las aplanósporas encontradas

Finalmente, para continuar evaluando el desarrollo de las esporas, se decidió implementar un cultivo casero utilizando los siguientes materiales (Figura 4): un vaso de precipitados, agua destilada, una pantalla LED y una bomba de aire de acuario. Esta última se conectó mediante un tubo de goma a una válvula de goteo, que permitía controlar la velocidad del flujo de aire, y culminaba en una porción final de pipeta de plástico para reducir el tamaño de las

burbujas. Este mecanismo se diseñó con el objetivo de favorecer el intercambio gaseoso pero sin alterar en la medida de lo posible las condiciones hidrodinámicas del entorno original de las muestras. Para enriquecer el medio con macronutrientes y vitaminas, se preparó un extracto triturando pienso comercial para peces *Ocean Nutrition Formula One Flakes* en un tubo de ensayo con agua destilada. Luego, el líquido resultante, filtrado para evitar la incorporación de los fragmentos sólidos, se añadió al cultivo. A la hora de introducir los especímenes, se tomó únicamente la parte media y superior del agua, evitando la base del tarro, ya que en esta se encontraban ejemplares del rotífero *Philodina roseola* Ehrenberg 1832 alimentándose de las microalgas. Para la identificación taxonómica se utilizaron las claves dicotómicas de Needham, J. G. & Needham, P. R. (2021). Con la finalidad de actualizar la nomenclatura se ha consultado la base de datos digital Algaebase.org (2024) y GBIF.org (2024). Todas las fotografías del presente trabajo es de elaboración propia.



Figura 4. Fotografía del montaje del cultivo utilizado.

3. Resultados.

Haematococcus lacustris (Girod-Chantrons) Rostafinski 1875 (Figura 5).

Descripción: Células vegetativas de color verde o rojizo alrededor del núcleo, con dos flagelos apicales y una matriz extracelular gelatinosa con proyecciones citoplasmáticas

(5H) hasta la pared celular. Desde formas elipsoidales y ovoides hasta completamente esféricas según el momento del ciclo de vida. Generalmente, la parte apical donde se insertan los flagelos levemente estrechada en forma de pico o de “V”. Presentan entre 2-6 pirenoides. Palmellas con o sin matriz extracelular de color verde o con acúmulos de astaxantina alrededor del núcleo que se extienden radialmente de forma progresiva. Aplanósporas de color rojo intenso, de un tamaño superior en comparación con el resto de formas celulares y con una gruesa pared hialina. Reproducción asexual por bipartición hasta un máximo de dos mitosis. En las primeras muestras recogidas con pipeta, se observó principalmente una alta concentración de aplanósporas (5A y D), que se encontraban adheridas entre sí o a pequeños sedimentos. Además, se detectó una baja presencia de células vegetativas (5B) y de palmellas (5C) en transición hacia quistes de resistencia, ambas con coloración rojiza central, indicativa de la síntesis de astaxantina. También se hallaron especímenes de *P. roseola* (Figura 6) de tonos rojizos tras haber ingerido ejemplares de *H. lacustris*.

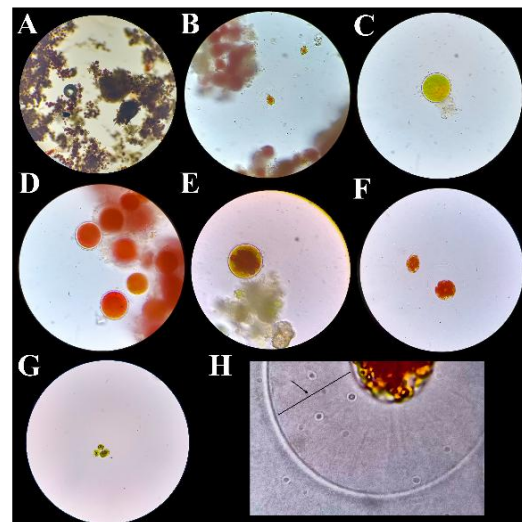


Figura 5. *Haematococcus lacustris* al microscopio óptico. (A) Vista general de la muestra, en la cual se observan las aplanósporas junto con algún espécimen de *P. roseola*. (B) Detalle de dos células vegetativas con acumulación del fotopigmento alrededor del núcleo. (C) Detalle de una palmella en la que se empieza a notar una tenue coloración roja central. (D) Agrupación de aplanósporas maduras. (E) Aplanóspora germinada en la que se observa la formación de un nuevo núcleo. (F) Aplanóspora germinada en la que se observa la formación de un nuevo núcleo. (G) Aplanóspora germinada en la que se observa la formación de un nuevo núcleo. (H) Aplanóspora germinada en la que se observa la formación de un nuevo núcleo.

se observa la degradación periférica de astaxantina. (F) Células vegetativas aún con astaxantina, procedentes de aplanósporas germinadas. (G) Detalle de cuatro células vegetativas, cada una con su propia pared celular, pero envueltas en conjunto por la antigua pared celular. (H) Detalle de las conexiones citoplasmáticas con la pared celular. Aumentos (A) 100x, (B y G) 400x, (C-F) 1000x-



Figura 6. Fotografía microscópica de un ejemplar de *P. roseola*. Aumento 400x

En las muestras tomadas tras la rehidratación, se observaron exclusivamente aplanósporas, las cuales no habían germinado o se encontraban en proceso de degradación de la astaxantina (5E). Además, se confirmó la persistencia de *P. roseola*.

En las muestras tomadas del cultivo tras 24 horas desde su inicio, ya se podían observar células vegetativas móviles con un intenso color rojo-anaranjado (5F). Transcurridas 48 horas, se observaron células vegetativas y palmellas completamente verdes, junto con palmellas en proceso de bipartición (5G), que generaban siempre un máximo de cuatro individuos (al menos en las muestras observadas).

Por otro lado, en los Anexos I-VI se incluyen códigos QR que permiten visualizar algunos de los aspectos mencionados anteriormente.

4. Discusión.

El presente trabajo ha permitido observar las diferentes fases del ciclo de vida de *H. lacustris*, destacando especialmente su capacidad para sintetizar astaxantina bajo condiciones de estrés ambiental. La prevalencia de aplanósporas en las primeras muestras y su persistencia en condiciones secas, junto con la evidencia de la síntesis de astaxantina, subraya la resistencia de esta microalga a condiciones extremas. Este comportamiento es consistente con lo reportado en estudios previos sobre su biología y metabolismo, donde se destaca la capacidad de *H. lacustris* de generar esporas resistentes que le permiten sobrevivir a la desecación, temperaturas altas y estrés oxidativo.

A pesar de que la observación microscópica y las condiciones experimentales fueron limitadas a un cultivo casero no definido (Figura 7), los resultados obtenidos fueron representativos del comportamiento de la especie en su ciclo de vida natural. Por otro lado, la presencia de rotíferos *P. roseola* alimentándose de las microalgas refleja la interacción natural de esta microalga con su entorno, lo cual puede tener implicaciones en la ecología de las charcas y estanques donde *H. lacustris* se desarrolla.

Aunque cultivar esta especie no es imposible, no es un proceso sencillo debido a la necesidad de replicar condiciones específicas para obtener un buen rendimiento, especialmente si el objetivo es maximizar la producción de astaxantina. Además, no se debe pasar por alto el alto costo asociado a su producción.

Por último, es fundamental subrayar la importancia de prestar atención a aquellos lugares que suelen quedar fuera de los muestreos habituales. En ocasiones, cuando una especie es citada por primera vez en una zona, surge la pregunta: “¿Se trata de una especie nueva en esta área o lleva ya mucho tiempo habitándola?” La respuesta más probable es que pertenezca a la segunda opción. De hecho, muchas de estas especies, generalmente microscópicas y con ciclos de

vida extremadamente rápidos, pasan desapercibidas, como señalan Hernández-Sánchez et al. (2020) en el caso de *Vaucheria* spp. en el Mar Menor. Esto nos lleva a la conclusión de que fomentar la curiosidad es clave para toparnos con estas especies, pero no solo en nosotros, sino también en nuestros/as estudiantes si somos docentes. Como afirmó el célebre Linneo: “Si ignoras el nombre de las cosas, desaparece también lo que sabes de ellas.

5. Referencias.

- Abalde, J., Orosa García, M., Torres, E. & Cid, Á. (1999). *La microalga Haematococcus como fuente de astaxantina*. Universidade da Coruña. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/10777>
- Camacho-Kurmen, J. E., González, G. & Klotz, B. (2013). Producción de Astaxantina en *Haematococcus pluvialis* bajo diferentes condiciones de estrés. *Nova*, 11(19), 94-104. https://academia.unad.edu.co/images/investigacion/hemeroteca/NOVA/volumen_11_numero19/Producci%C3%B3n%20de%20Astaxantina.pdf
- Chekanov, K., Schastnaya, E., Neverov, K., Leu, S., Boussiba, S., Zarka, A., & Solovchenko, A. (2019). Non-photochemical quenching in the cells of the carotenogenic chlorophyte *Haematococcus lacustris* under favorable conditions and under stress. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1863(10), 1429-1442. <https://doi.org/10.1016/j.bbagen.2019.05.002>.
- Córdoba-Castro, N.M., Acero-Reyes, N.L., Duque-Buitrago, L.F., Jiménez-Aguilar, L.J. & Serna-Jiménez, J.A. (2015) Obtención y caracterización de astaxantina de la microalga *Haematococcus Pluvialis*. *UGCiencia* 21, 73-82. <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/426/729>
- Domínguez, A., Fábregas, J. & Otero, A. (2006). Astaxantina, el oro rojo de la microalga *Haematococcus pluvialis*. *Algas*, 35, 4-9. <https://sefalgas.org/wp-content/uploads/2024/10/Boletin-ALGAS-35.pdf>
- Fernández-Lozano, J., Guillén Oterino, A., Gutiérrez-Alonso, G., Abel Flores, J. & Pérez Turrado, J. (2015). Presencia de *Haematococcus pluvialis* (Flotow, 1844) en la provincia de Zamora (Haematococcaceae). *Boletín de La Real Sociedad Española de Historia Natural. Sección Biológica*, 101-107. https://buleria.unileon.es/bitstream/handle/10612/21760/Presencia_Haematococcus_Pluvialis_Flotow_1844.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Global Biodiversity Information Facility (2024). *Datos sobre biodiversidad global*. GBIF. <https://www.gbif.org/es/> (accedido el 10 de diciembre de 2024).
- Guiry, M.D. & Guiry, G.M. (2024). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway. <http://www.algaebase.org> (accedido el 10 de diciembre de 2024).
- Hernández-Sánchez, J., Gómez-Leyva, Y., Belando, M. D. & Aboal, M. (2020). *Vaucheria litorea* C. Agardh (*Xanthophyceae*, *Heterokontophyta*): A new incomer or an unnoticed species in Mar Menor coastal lagoon (Murcia, SE Spain)?
- Póster presentado en el Congreso XX de la Asociación Ibérica de Limnología (AIL), Murcia, España.
- Martínez-Sánchez, J. (2017). *Recursos y procesos del paisaje agroforestal del espacio natural La Muela, Cabo Tiñoso y Roldán (Cartagena-Murcia)* [Trabajo de fin de grado, Universidad Miguel Hernández de Elche]. <https://dspace.umh.es/bitstream/11000/4186/1/TFG%20Mart%C3%ADNEZ%20S%C3%A1NCHEZ%20JOS%C3%A9.pdf>
- Martínez-Silva, A.S., 2011. *Evaluación del crecimiento celular y de los pigmentos obtenidos de la microalga Haematococcus pluvialis (CHLOROPHYTA: VOLVOCALES) cultivada en diferentes medios*. Centro de Investigación en Ciencia

Aplicada y Tecnología Avanzada. Instituto Politécnico Nacional., México, D.F., p.103.

Needham, J. G. & Needham, P. R. (2021). *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. Reverté.

Anexos

Anexo I. Desplazamiento de célula vegetativa de las primeras muestras observadas.



Anexo II. Células vegetativas en movimiento limitadas por la pared celular residual de una aplanóspora tras procesos mitóticos.



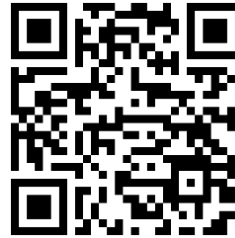
Anexo III. Desplazamiento de *P. roseola*.



Anexo IV. *P. roseola* utilizando sus anillos ciliares.



Anexo V. Células vegetativas del cultivo migrando fuera de la pared celular residual tras la división.



Anexo VI. Muestra del cultivo a los 7 días, observándose el desplazamiento de algunas células vegetativas.



Las algas en la canción española e hispanoamericana.

Juan J. Vergara

Dpto. Biología. Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Univ. Cádiz. 11.510. Puerto Real, Cádiz.

juanjose.vergara@uca.es

Resumen.

Se ha desarrollado un estudio del uso del vocablo alga en canciones en lengua española en la música de España e Hispanoamérica. Desde el año 1969 a la actualidad, han aparecido 60 temas de intérpretes consolidados, con un valor medio próximo a un tema por año, estando la mediana en 1997. Por el contrario, desde 1980, se han encontrado 110 temas bien de intérpretes amateurs o emergentes, muchas veces no asociados a discográficas. Estos temas emergentes han eclosionado en los últimos años, situándose la mediana en 2021. También se han encontrado 8 temas infantiles relacionados con las algas. Las canciones encontradas cubren muchos géneros musicales, desde el flamenco, música de cantautor, pop, rock, metal, indie, salsa, hip hop, rap, reggaetón, etc. El número de reproducciones es de casi 400 millones en el caso de los temas consolidados, mientras que solo superan el medio millón en los temas emergentes. Los temas giran desde aspectos de belleza natural o sentimentales (amor) hasta las percepciones negativas sobre las algas. Un análisis de nube de palabras destaca que además obviamente de algas, y mar, destacan por orden de abundancia las palabras agua, marino, arena, sal, playa, verde, amor, ola, sirena, coral y orilla. Como resultado final se han elaborado dos listas de reproducción de los 60 temas más comunes en relación al vocablo algas en las plataformas YouTube y Spotify en abierto.

Palabras clave: Algas, canciones, conexión arte ciencia, música, plataformas digitales.

Abstract.

The use of the word seaweed/alga in songs in Spanish from Spain and Latin America music has been studied. From 1969 to the present, 60 songs by established performers have appeared, with a mean close to one song per year, and the median in 1997. On the contrary, since 1980, 110 songs have been found by either amateur or emerging singers, often not associated with record companies. These emerging songs have increased in recent years, with the median being in 2021. A total of 8 kid songs about algae have also been found. Overall, the songs found cover many musical genres, from flamenco, songwriter music, pop, rock, metal, indie, latin music, salsa, hip hop, rap, reggaeton, etc. The number of reproductions is almost 400 million in the case of consolidated songs, while they only exceed half a million in emerging ones. The topics range from aspects of natural beauty or sentimental nature (love) to negative perceptions about algae. A word cloud analysis highlights that in addition to obvious topics like algae and sea, the words water, marine, sand, salt, beach, green, love, wave, mermaid, coral and shore stand out in order of abundance. As a deliverable, two open playlists have been created with the 60 most common songs about algae on YouTube and Spotify platforms.

Key words: seaweed, algae, songs, art science hub, music, digital platforms.

1. Introducción.

A lo largo de los siglos XIX y XX, la poesía ha sido un campo fructífero para el uso del término alga y similares (Pérez -Lloréns 2023). En una extensa revisión en la revista Algas (SEF), este autor desgana con detalle el uso del vocablo alga en la poesía en castellano. Este tipo de estudios también se

han desarrollado en inglés, analizando el papel de las algas en la mitología, el folklore, la poesía y la vida (Pérez -Lloréns et al. 2020). Un terreno en general poco explorado, la relación de la sociedad con el medio natural desde un punto de vista cultural, artístico (Whitakker 2023), en nuestro caso a través de las algas como

entidad característica de muchos ecosistemas costeros.

Siguiendo el trabajo de Pérez-Lloréns (2023) sobre algas en la poesía, el presente estudio tiene por objetivo recoger la mayoría de las letras de canciones donde aparece el término alga o similar en español, sin entrar en terminología anglosajona (*seaweed*, *algae*) o de otro idioma latino (ej. catalán, gallego, vasco, francés, portugués, italiano etc.). Los resultados muestran una gran cantidad de temas, muchos de ellos desconocidos para el público en general, que tiene relación con el mundo de las algas.

2. Material y métodos.

2.1. Búsqueda y análisis de la información.

Se ha realizado una búsqueda de las letras de las canciones que contienen el vocablo alga. Para ellos se han utilizado durante el mes de noviembre de 2024 varios motores de búsqueda que aparecen en la lista bibliográfica (azlyrics, cancioneros, Google, letras.com, lyrics, musixmatch), así como las plataformas de difusión musical habituales (YouTube y Spotify) contabilizando el número de reproducciones.

La información aparece tabulada por intérprete, título de la canción y enlace a YouTube, texto de referencia, año, y reproducciones en las plataformas YouTube y Spotify. Toda la información recopilada ha sido sometida a análisis estadístico comparativo. Además, con el texto seleccionado de cada canción se ha realizado un análisis de frecuencia de aparición de palabras en una nube de palabras (“[wordcloud](#)”), eliminando las dos palabras más frecuentes del resultado (algas y mar) para aumentar la visibilización del resto de palabras.

3. Resultados.

Se han encontrado un total de 178 canciones que hacen referencia al vocablo alga. En las tablas aparece el intérprete, título de la canción y enlace a YouTube, texto seleccionado de la letra, año de aparición, y número de reproducciones en las plataformas YouTube y Spotify. De todos los temas se han diferenciado aquellas canciones de intérpretes consolidados y con un número considerable de reproducciones (60 temas, Tabla 1) de aquellas canciones de intérpretes emergentes o amateurs con menos reproducciones (110 temas, Tabla 2). Los 8 temas restantes corresponden a canciones infantiles que hacen referencia a las algas (Tabla 3).

Tabla 1. Aparición del vocablo alga en canciones en español. Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. Las canciones se ordenan por orden cronológico.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nº reprod.
Mercedes Sosa (Ariel Ramírez y Félix César Luna)	Alfonsina y el mar	Cinco sirenitas te llevarán por caminos de algas y de coral. Y fosforescentes caballos marinos harán una ronda a tu lado.	1969 3,2M* 42,7M**
Joan Manuel Serrat	Cuando me vaya	Y las olas sembrarán caracolas, arena y algas entre tus pies. Los besarán y se irán después hacia otra playa.	1970 470K* 700K**
Juan Erasmo Mochi	Nubes, viento, algas y sal	Te espera un camino con nubes, viento, algas y <i>sal</i> .	1971 1,4K* 1,1K**
Nino Bravo (Juan Carlos Calderón)	Cartas amarillas	La lluvia ha dejado de caer, sentado en la playa del olvido, formé con la arena tu imagen serena, tu pelo con algas dibujé.	1972 9,4M* 12M**

Tabla 1 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones en español. Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. Las canciones se ordenan por orden cronológico.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nº reprod.
Pescado rabioso	Por	Alga , dado, cielo, riel, estalactita, mirador, corazón.	1973 116K* 8,5M**
Massiel (Aute)	Hare un lecho de algas	Haré un lecho de algas que pegaré a mi cuerpo, y en él te envolveré con el sabor que me brindó el océano.	1975 0,5K* 1,8K**
Carlos Cano (poema de F. García Lorca)	Casida de la muchacha dorada	La muchacha dorada se bañaba en el agua y el agua se doraba. Las algas y las ramas en sombra le asombraban.	1978 2,5K* 9K**
Lupita D'Alessio	Solo soy una mujer	Si una vez fuera sirena seguro te embrujaría. Con magia de caracolas, mi amor, cangrejos y algas marinas.	1979 51K* 840K**
Rocío Jurado	Amores a solas	Las olas me llevan hay algas que cantan hay rocas que besar.	1979 82K* 102K**
Amaury Pérez	Diario	Entre las algas y los caracoles me hice una amante fiel a mi manera, sin más defensa que las ilusiones.	1979 19K* 116K**
Víctor Manuel	La Sirena	Sabes bien que allí nos faltan las espumas y las algas . Si tú quieres lo intentamos... ¡El amor mueve montañas!	1981 253K* 146K**
Mocedades	Vuelve "as to water"	Vuelve, deja el reino de las algas . Vuelve, tengo prisa porque salgas. Vuelve, que aún te quiero.	1981 13K* 101K**
Derribos Arias	Branquias bajo el agua	Algas cianofíceas, algas verdeazuladas, danzando entre las algas , branquiando entre las algas .	1982 140K* 905K**
José Luis Perales	Tan solo necesito	No necesito el aire, ni la lluvia, ni una noche de luna, ni una playa, ni un sol de medianoche, ni un perfume de algas .	1986 358K* 272K**
Patxi Andión (poema de F. García Lorca)	Oda a Walt Whitman	Tú buscabas un desnudo que fuera como un río, toro y sueño que junte la rueda con el alga , padre de tu agonía, camelia de tu muerte.	1986 5,2K* 43K**
Carlos Cano	Coplas de la violeta	Amor mío, tu nombre alga y cobre, princesa en mis bosques, nube y colorín.	1987 8,4K* 241K**
Juan Luis Guerra	Reina mía	Si yo fuera un peje nadando cruzara el agua y un collar te diera con besos de arena y algas .	1989 1,6M* 2M**
Rocío Banquells	Dentro	Dentro de mi alma que no tiene calma flota como un alga desde que tú estás.	1989 78K* 221K**
Mecano	Naturaleza muerta	Y el mar que está loco por Ana prefiere no mirar. Los celos no perdonan al agua, ni a las algas , ni a la sal.	1991 7,9M* 10,5M**
Ciudad Jardín	Atún y algas	¡No sé lo que verán, los turistas de la gran ciudad. Atún, atún y algas , ¡otra cosa no se explica!	1991 1,4K* 16,3K**

Tabla 1 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones en español. Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. Las canciones se ordenan por orden cronológico.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nº reprod.
Soda Stereo	Sweet Sahumerio	Puedo verla de perfil ondulándose en el mar, como algas en el mar.	1992 0,66M* 5M**
Babasónicos	Margaritas	Una vez fui a comprar, y me dijo que si Le pedí un kilo de algas , me dio un kilo de mariposas.	1992 29K* 200K**
Vaquero's musical	Algas marinas	Corriendo por la playa me encuentro un pescador. Y yo le pregunté que plantas son señor, son algas marinas las que usted encontró.	1992 38K 400K**
Héroes del Silencio	La sirena varada	Y me he enredado siempre entre algas , maraña contra los dedos. Cierras la madeja con el fastidio del destino.	1993 39M* 55,6M**
Los Sabandeños	La Atlántida	Hoy sus regios palacios los habitan delfines y las algas tapizan el prado y el vergel. Aquí hubo titanes, allá bellos jardines.	1994 3,2K* ---**
El último de la fila	Sin llaves	Soy alga en el mar de la calma; soy tabla de mi propia salvación.	1995 2,1M* 1,4M**
Calixto Sánchez	Alegrijas	Algas verdes de la mar, y lisas de los esteros, granitos de sal marina, y el viento de compañero.	1996 8,1K* 17,3K**
Draco Rosa	Amantes hasta el fin	Amor, amémonos sobre las tumbas en silencio. Como estatuas bajo el mar, los dos unidos por las algas del olvido, y olvidar.	1996 0,4M* 1,5M**
Ana Belén con Chico Buarque	Mar y luna	Y fueron corriente abajo, rodando en el lecho, tragándose el agua, flotando con algas , arrastrando con flores, hasta naufragar.	1997 13K* 280K**
Ana Torroja	Como sueñan las sirenas	Llena de algas su razón, le da un vuelco el corazón al ver un resplandor distante.	1997 0,4M* 1,8M**
La Oreja de Van Gogh LOVG	Soñaré	He soñado siempre con poder dormir sobre un lecho de algas y coral.	1998 2,7M* 6,M**
Carlos Cano (poema de F. García Lorca)	Casida del herido por el agua	Un surtidor que viene de los sueños lo defiende del hambre de las algas .	1998 2,3K* 20K**
Ana Belén (poema de F. García Lorca)	Nocturnos de la ventana	El estanque tiene suelta su cabellera de algas , y al aire sus grises tetas estremecidas de ranas.	1998 12K* 78K**
Familia Montoya	Morena de alegría	Mi niña se fue a la mar, sería tarde de mayo, y me trajo sus enaguas llenas de algas y de fango.	2000 1,4K* 4,0K**
Los Piratas	Ruido	Yo crecí como un alga clorofílica rodeado de agua, rodeado de amor.	2001 1K* 29K**
Víctor Manuel	Eres una isla	Eres una isla, con mareas, con playas, con pájaros, con algas , eres una isla, con todos los tesoros.	2001 2,3K* 6,4K**
Vetusta Morla	La marea	La marea me dejó maromas de un barco, algas tejidas en forma de desengaño.	2008 2,7M* 9,7M**

Tabla 1 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones en español. Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. Las canciones se ordenan por orden cronológico.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nº reprod.
María Escarlata	Sirena	Dulces palabras de hechicera, cabellos de alga y corazón de sal, se va a secar su piel de seda.	2008 60K* 127K**
Amancio Prada	La memoria y el mar	Recuerda el perro de mar, que libramos de condena. Empeñado en enterrar las algas sobre la arena.	2008 10K* 4,7K**
Calle 13 (con Café Tacuba)	No hay nadie como tú	Hay algarrobas y algas marinas, hay vegetarianos y carnicerías. Hay tragos amargos y golosinas.	2009 175M* 125M**
Benny Ibarra	Dulce sal	Caleidoscopios de alga y corales, tan hechiceros son tus ojos cristalinos.	2010 26K* 533K*
La Franela	Sirena	Te enredaste en mis pies como lo hacen las algas , regalándome tu libertad ahora que estoy atrapado.	2011 41K* 447K**
Luz Casal	Paisajes	Tus sueños en la arena, dos leves pinceladas. Mis manos como espuma que juegan con las algas	2013 7,0K* 233K**
La legendaria familia Stinson	Con la punta de los dedos	Y con algún naufragio cubierto por las algas , me enfrenté a mis fantasmas y firmé una tregua al fin.	2014 7,5K* 20K**
Salón Acapulco	Las Sirenas	Bailando entre las olas acolmadas y algas tragando agua salada con arena en las nalgas.	2015 112K* 1,7M**
Carlos Vives	Pescaíto	Metidos en el agua, nadando entre las algas . Tu piel sobre mi espalda, y sumergidos en el agua.	2017 5M* 10,7M**
Los Lagartos	Algas	Tu cabello verde son como algas que me jalan y me ahogan.	2017 123K* 250K**
Nathy Peluso	Oreen Ishi	Ceguera en los ojos pierdes カラー 心理的な Pulpos y algas verdes.	2017 0,6M* 4M**
Dama	El canto de la sirena	Sacar de las algas la flor, de la espuma el antídoto. Veneno en las olas tiró cuando vino a decir adiós.	2017 13,7M* 5,1M**
Ana Belén (poesía Angel González)	Alga quisiera ser	Alga quisiera ser, alga enredada en lo más suave de tu pantorrilla. Soplo de brisa contra tu mejilla, arena leve bajo tu pisada.	2018 8,3K* 61,5K**
Vanthra	Ella vendrá	Ella vendrá y sus labios de rouge dirán algas , algas y viento del mar.	2018 1,6M* 1,1M**
Hamilton Baker con Yunn	Estúpido amor	Me gustaría ser una piedra enorme, inmóvil adentro del mar, con cangrejos, erizos, algas , almejas, estrellas de mar y granitos de sal.	2018 201K* 356K**
La Zhorta	Bob esponja rolo	Hay vecinas echando rulo en la esquina El alga marina enrojecina la retina. Se contamina mente masculina femenina.	2018 215K* 255K**
Oh'laville	Sirenas	Se mueven las algas . Se oyen cantos en la orilla que traen hechizos.	2019 89K* 314K**

Tabla 1 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones en español. Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. Las canciones se ordenan por orden cronológico.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nº reprod.
<i>Penny Necklace</i>	Agua	Millones de moléculas de hidrógeno y oxígeno en forma líquida que inundan el horizonte por donde te vi llegar. Tu cuerpo salado cubierto de algas .	2019 1,7K* 107K**
Minerva	Sireno	Mi sireno me has ahogado entre algas y pescados.	2019 138K* 62K**
Grupo Merenglass	La mujer del pelotero	La mujer del marinero quiere alga , man La mujer del karateca, cinta negra, man La mujer del chofer quiere palanca, ay man.	2020 25M* 64M**
Luis7lunes	Séptimo Round	El verdadero crimen fue zarpar sin avisarte. Ahora mi cuerpo en el fondo sobre un colchón de algas .	2020 263K* 325K**
FMK	Gatas	Tú me mata' sin .40, te doy sin alga nori, mañana no' olvidamo', como Dory. Con su amiga se adueña del territory.	2022 4M* 10,5M**
Famasloop	Por tí	Yo respiro debajo del agua y escucho a tu voz entre las algas . Si el pecho está lleno de peces y anzuelos es por tí	2022 8,4K* 60K**

Tabla 2. Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nº reprod.
Roy Brown	Canción para Vieques	Surcando el aire y las olas al frente de los hierros silenciosos, amedrentando cañones y tejiendo nuevas nasas con las algas marinas.	1980 1,6K* 22K**
Estela Magnone	Cascabel	Acaso puedas dibujar piedras de cristal caracol, algas y coral.	1985 0,2K* ---**
Sergio Esquivel	El mar	Y un perro que me ladre y que se calle cuando sienta mi olor de alga marina. Y un pedazo de mar.	1987 1,2K* 1K**
Shakira	Sueños	Siempre soñé con ser sirena, hablar con algas y ballenas.	1991 21K* ---**
La Tona	La mujer del cuadro	Recuerdo la mujer del cuadro, aquella mujer extraña, piernas envueltas en algas , dientes color del fuego.	1995 5,8K* 58K**
Daniel Drexler	Alga de ti	Alga de mar de aquí, alga del mar así. No puedo llegar a ver más hondo que el mar que vi.	1998 0,1K* 2,2K**
José Capmany	Hombre	No soy dios: soy un hombre como decir un alga .	2000 44K* 2K**
Sr. Chinarro	Con algas como peluca	Uno se lleva el balón y a la rubia con limón, con las algas de peluca.	2001 0,02K* 12,5K**

Tabla 2 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nºre prod.
Nación Evasora	La tempestad	El mar trae las sirenas, las sirenas más puras con las algas más mustias de la tempestad.	2002 2K* ---**
Nelson Poblete	Algas en el mar	Bailan las algas en el mar, humedecidas de pasión. Bailan las algas en el mar, cabellera de tu embarcación.	2003 0,13K* ---**
Héctor Lera	La voz rota	Suave piel soledad, nuestros cuerpos confundidos con las algas .	2004 0,01K* ---**
Circo	Ser Salmón	No es difícil ser feliz cuando las algas te abrazan. Una cosa es ser salmón, y nadar es otra cosa.	2004 11K* --**
Inés Fonseca	Playa de los Peligros	La escena era tangible si entre las verdes algas los bronceados raqueros se bañaban desnudos.	2005 0,8K* ---**
Jaliene	Como toda mujer	Si una vez fuera sirena, seguro te embrujaría con magia de caracolas, mi amor, cangrejos y algas marinas.	2007 12K* 13K**
Manuel Cuesta	Vas a agradecerle al mar	Que los fantasmas se marcharon y las bocas que te han besado. Entre algas de tristeza ya borraron tu aspereza.	2009 0,01K* ---**
Diásporas	Comenzará a rodar	Y así la vida se me va, como algas en el mar. Y con amigos elegantes distraer la soledad.	2011 1,3K* ---**
Contacto en Francia	Vida nómada	Somos algas en el mar, bailando lento movimiento pendular en el desierto.	2011 0,02K* ---**
Single	La ola	Como una sirena nadas en el agua, como una sirena que juega con las algas .	2012 0,27K* 8K**
Renzo Cecenarro	Los incipientes	Entra en la luz forma de algas , no es de mi alma su espumosa guerra.	2013 0,01K* ---**
Moya	La mar	Tu espalda, tus piernas de arena sagrada, tus algas , tus muertos, todas tus entrañas. Saben cuantos viajes te debo.	2014 1,7K* ---**
Solomón Zu y Las Sirenas	El mar...	Y no hay brisa marina ni huelen las algas . No hay gaviotas, ni peces, ni espuma de mar.	2014 1,3K* ---**
Néstor Catalán	El llamado	Vida ecosistema resultado de este mundo... Esta gran familia algas , plantas, animales, hay vida en la tierra y el fondo del mar.	2014 1,1K* ---**
Inés Saavedra	Me pierdo	Pierdo poco a poco mis tormentos con las olas, las algas , los peces.	2015 7,6K* ---**
Lady Hagua	Sacro océano	Sacro Océano lleno y pleno, fuerzas contenidas llenas de vida, tus olas repletas de plancton y algas .	2016 0,06K* ---**

Tabla 2 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nºre prod.
Artabe	Alga colorida	Hoy soñé qué hay una casa colorida cerca del mar, y viajé en una red hecha de fibra en Alga-lab	2016 2,7K* 3,6K**
Silvana Sosto	Se queda, se va	Dentro de un hueco respira mi voz desprende algas y sudor.	2017 0,07K* 1,3K**
Waltrapa	Marinero tío tomate	El alga de la alegría y las olas lo saludan al pasar.	2017 0,5K* 1,1K**
Concepción 14	Todo en Cochohgüe	Va contigo Brunito, atardecer en las playas. El perrito y sus juegos, y las algas en el agua.	2017 0,1K* 6K**
Jaime Ramona	La Carolina	Dicen en los cuentos que con su mirar ella te abrumba, que esconde en sus besos el frío del mar y algas de luna.	2018 0,1K* 9K**
Los Valses	Teleférico	Se enredó un alga , en el anzuelo frotamos mertiolate, gemimos del ardor.	2018 0,3K* 4,5K**
Papaya	Méceme y márame	Te avisan del peligro y tú haces caso omiso, te mueves como las algas en el mar.	2018 1K* 10K*
Nico Tallac	Domingos	Algas galas, algo inglés flotan sin rumbo pues. Neptuno hoy ha roto su silencio y abre el sol.	2018 6,3K* 53K**
Felisa	El baile del azar	Mi piel es mestiza pero pudo haber sido escamas, en vez de los brazos tener algas . El sol marca mis días.	2018 4,5K* 14K**
Pepita Sandwich (con Ivana Brozzi)	Marinera	Como un alga marina yo me deje llevar por tus grandes corrientes.	2019 0,1K* ---**
Peter Capusotto, Luis A. Brown	Mares de llantos y ahogo	Mares de llantos y de ahogos, garganta de coral y de algas , nado hasta ti, buceo tu alma.	2019 1,4K* 4,8K**
Monteleón	Atlántica	Déjame lamer tu piel de sal , algas , redes y leyendas, olas que traen mensajes sin descifrar.	2019 0,07K* 3K**
Soema Montenegro	La mandrágora	Vísteme de encajes y flores blancas. Enmaráname con algas de mar.	2019 2,8K* 16K**
Julieta Zylberberg	Espuma	Viento, entregame al mar, soy tu angel, soy tu alga .	2019 1K* 6,5K**
Frank Noguera y Luis M. Manchado	Neptuno	Medusas siniestras me miran tras las algas . Pájaros suicidas ahogados en la playa.	2019 0,2K* 2,5K**
Longa	Gris	Pienso en el campo de flores esas amarillas, en las algas que acumulan las orillas esperando a ser llevadas.	2019 0,6K* ---**

Tabla 2 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nºre prod.
Treméndez	Verde	Verde como las algas marinas que van pintando el fondo del mar. Verde como el aguacate, limón, pera y Nepal.	2019 1,5K* 28K**
Diego Bermúdez	Puentes rotos	De orilla a orilla el mar en medio de los dos y miles de partículas de agua peces y algas marinas separándolos.	2020 0,5K* ---**
Monclus Ventosa	Traición	Algas del mar, sueños sin piel, salgan de mí, salgan del aire.	2020 0,04K* ---**
Cnidaria	Te esperaré	Quise tejerte un tobogán cascada con algas de color hechas con tiza. Te esperaré a los pies, vendrás mojada.	2020 0,8K* ---**
Soffa Macchi	Mar adentro	Toqué la arena, me enredé con algas marinas. Hacía frío, casi no veía la luz que venía de arriba.	2020 0,1K* 13K**
Cherra	Insomnio	Si se secan las algas en las redes dejadme dormir, dejadme dormir.	2020 0,01K* ---**
Natalia Fures	Bajo la lluvia	Y si nado floto y suelto, como un alga voy creciendo. Y la sal me enjuaga y vuelvo a nacer.	2020 0,12K* ---**
Paulina Olguín	El ermitaño	Y es que quizás no hay nada en que pensar y hay que tirarse al agua y nadar, mascar algas del mar y cocinar rocas de sal.	2020 0,27K* 6K**
Tomisaurio	Olas violentas	Hoy solo, solo pescamos algas , en la marisma sube y baja el agua.	2020 0,15K* 3K**
La bestia dormida	Los cambios	Te incomoda el silencio y no quieres hablar enredado entre algas en el fondo del mar.	2020 0,01K* ---**
Soffa Comas (con Sheila Blanco)	Silencio en el nido	Me pesa la pena y caigo en la orilla. Me arrastran las gélidas algas al fondo de estas negras aguas.	2021 2,3K* 4K**
González Moras	Las velas	Vienen del pasado, algas en las piedras, tachos oxidados, ojos con sorpresas. Sin saber que hacer, sin saber que más hacer...	2021 0,02K* ---**
Línea Delta	Marte resiste	Aguantarán las rocas rojas, el frío asteroide. Las algas nos darán el respiro necesario.	2021 0,04K* ---**
Carmen Baliero	Si fuera mar	Si fuera orilla, si fuera arena, si fuera alga .	2021 0,7K* 1,6K**
Laurence Anne	Pájaros	Nadar en un mar de aguas frescas. Las algas se aferran a mis pesadillas.	2021 56K* 137K**
Mariano Jaime	Sistema solar	Tu cuerpo quiero diseñar con asteroides y algas del mar.	2021 0,7K* ---**

Tabla 2 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nºre prod.
Pablo Gómez Molina	Macho alga	Que yo soy un macho alga , y en la búsqueda de omega en mi galaxia, yo es que vivo con mis bifidus activo.	2021 0,9K* 3,8K**
Dinobile	Estelas	La gente riendo saliendo del mar, envueltos en algas y lodo espectral.	2021 0,05K* ---**
Leo Borrelli	Otoño en la playa	Si camino dormido me tocan las algas Ya no siento el vacío, y voy hacia el alba.	2021 0,1K* 3K**
Pablo Nicasso	30 kilos de pavía	Me roza un alga , fiebre y sudores, por ti como mucho me meto en la orilla, me juego el tobillo y también la rodilla.	2021 6,5K* 18K**
David Rojas	Mas allá después de ti	Atrapado entre algas , en el fondo del mar, encerrado entre tus ojos con tu cara de sinceridad.	2021 0,01K* ---**
Marea musical	Algas marinas	Son algas , son algas , son algas marinas.	2022 0,7K* 2,8K**
Fran Sabor	Sal, arena, algas, coral	Sal, arena, algas , coral, paso la vida en el mar.	2022 133K* ---**
Road Elite	Quítame las algas de la punta	Quítame las algas de la punta, ... Quítame las algas del timón son Que no quiero freno entre tu y yo compón.	2022 0,4K* 2K**
Pablo Cantero	Las Góndolas	Entre las algas y el agua brillante suenan los acordes de un amor que soñé.	2022 0,01K* ---**
Aragem	Saudade	En un océano se extiende mi columna como alga . Para retornar hacia el mar de tu inmensa ausencia.	2022 0,6K* ---**
Columpios al suelo	Cepillo sucio	Navegas en un mar sin horizonte alguno eres un alga nadando a contracorriente.	2022 2,5K* 16K**
Sumergibles	Los dioses	Un valle de algas azules vírgenes de amor, estar mas allá del viento donde los dioses van.	2022 0,01K* ---**
Aixa Figini	Viento	Nubes y nubes flotan dormidas, algas del aire todo el espacio gira con ellas, fuerza de nadie.	2022 0,14K* ---**
Los Cristales	Isla de cristales	Me alejaré en la maraña de las algas que declaran por mi.	2022 0,2K* 1,2K**
Lucrecia Pinto	La canción del Centauro	Podré sentir tu amor tan sobrenatural? Podré tocar el daño y curar? Algas del mar entre los dedos.	2022 0,6K* ---**
David Rojas	Peces	En este ciclo algo nuevo fluye y no son algas . Alguien derrama su soledad.	2022 0,2K* ---**

Tabla 2 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nºre prod.
Thalassa	Oxido en la piel	Vuelve a oxidarse la ilusión que prevalece a la miseria. Se pudre el aire de frescor como un puñado de algas muertas.	2022 0,02K* ---**
Alejandra Paniagua	Flores	Sueños, mares, utopías de color, alga marina.	2022 0,5K* 2K**
Sol Storni	Ola Song	Presente infinito sentí tras la marea. Algas de estrellas.	2022 0,2K* ---**
Cie Tambor y Canto	País del ayer /El vuelo de la gaviota	Dile que siembre en el huerto del mar (huerto de algas de salvia y azahar).	2022 0,5K* ---**
Mallazo	En la orilla	Restos de rocas, de algas y cuerpos, cantos de piedra, viejos sedimentos, son como perros, perros sedientos.	2022 2,3K* 21K**
Peter Dharma	Donde rompen las olas	Me encontraste sumergido bajo la sal enredado con las algas de otro amor. Me sorprende cuanto tiempo me esperaste.	2022 0,06K* ---**
El Cartero Caballo	La cama debajo del agua	Y en el colchón de las algas descansa sentada una mujer cansada de andar por la playa. Y así se hunde el dolor, cada beso y sudor.	2022 0,01K* ---**
Juan Vena	Pedazo	Pedazo de pedacito de luz y de algas . Como sombras de nada anteriores al ensoñado en el momento instante de ver.	2023 0,01K* ---**
Fernando Menvielle	Los rayos de una mirada	Mi corazón se desenredó de las algas , no quiere latir mas en el fondo de las aguas.	2023 0,05K ---**
Lara Vizueté	Cuando no quede nada	Camino por un mar de algas , siento que voy sin aliento cuando el verano sea invierno.	2023 4,8K* ---**
Obak	El polaco	Hoy nadé en el mar de las algas amigas, hoy estornudé girasoles con pipas.	2023 0,03K* ---**
Isra y Vale	Marinero	Yo soy como las algas , si ya no crezco es porque morí, hay huellas sobre la espuma.	2023 147K* 178K**
Leyre Estruch	Nana para el nene	Sueña algas de colores, grandes tiburones, playas de melones.	2023 7,7K* 9K**
Julio Azor	Buscando esmeraldas	Es a la hora que tiñe de rojo. Restos de vidrio, pupilas y algas .	2023 0,02K* ---**
Nico Roig	Estrellitas de mar	Hierve el agua sobre tu piel cubierta de algas y arena y estrellitas de mar.	2023 0,4K* 21K**
Soy la playa	Un cohete sube al cielo	Sabes cuanto echo de menos bucear contigo en el agua. Te pones un alga en el pelo, sales con arena en la cara.	2023 0,2K* 5K**

Tabla 2 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nºre prod.
Zabala Funes Dúo (C. Chico Buarque)	Mar y luna	Flotando como algas , arrastrando hojas, abrazando flores hasta naufragar.	2023 0,4K* 1,5K**
Jardín Formento	Realidad o Ficción	De noche se duerme entre algas falsas y piedras de plástico, y sueña que viaja en un cardumen infinito.	2023 0,02K* ---**
Alan Seisdedos	Olas	Todas tus ondas pasaron sobre mí (y el alga en mi cuello se enredó).	2023 2K* --**
Migliz	Cantar, viajar y volver	Sentarme en la orilla de la playa a no hacer nada más que no sea respirar el olor que desprende la arena cuando con las algas se pone a bailar.	2023 0,12K* 2K**
Gabriel Camino	Una de sal y otra de arena	Porque esta vida es como el mar, hay peces gordos y hay sirenas, a veces sobre algas te tocará pisar y otras tantas sobre arena.	2023 0,2K* ---**
JM Suazo (con Isabel Posada)	Te hace volver	Tiene el mar escondido entre pinares con un sin fin de dunas, de algas y salinas.	2023 0,6K* ---**
Mercado ambulante	La playa de mi niñez	Hueles a yodo y algas , levante en calma, tarde de sur.	2023 0,01K* ---**
Kid Mess	Ratio	Enrolando weed en alga nori toy switchando lanes como Tory.	2023 38K* 17K**
Nico Rodríguez	Mar	Quiero estar toda la vida disfrutando de este cielo, que las algas se me enreden, y me piquen las medusas.	2023 0,3K* ---**
Candela Delorenzi	Sirenas	El viento enreda algas que brillan color esmeralda. Fusionemos nuestro ser en espumas azules.	2024 0,04K* ---**
Emijo	Invisibles frecuencias	Caminando por la arena se sienten algas frecuentes que flotan sin ruta.	2024 0,01K* ---**
Phuyu y la Fantasma	Liquen	Nuestra unión perdurará (ay, setas y trufas) al fuego, el frío o la sed (ay, setas y trufas) más que un hongo o una alga (ay, setas y trufas) juntos formamos un liquen (ay, setas y trufas).	2024 0,3K* 3K**
Yovan Camará	Niño del mar	Manos frías, algas de mar, no hay escuela, hay que trabajar.	2024 0,03K* 7K**
Pino Valero	Bondage	Su sensualidad fluyó como algas bajo el agua, fue precisa en su juego de miradas.	2024 0,3K* ---**
Llorono	Mi pecera	Nadando en círculos no sé a dónde vas. No necesito ni respirar. Por eso vivo entre algas y sal, me siento en casa como un animal.	2024 0,3K* ---**
César Sánchez y Tres de Septiembre	Playas	¿Qué nos quedará de tantas rocas? Playas donde salir a pasear en medio de un desierto de algas , que son las vendas del mar.	2024 0,03K* 1,6K**

Tabla 2 (cont.). Aparición del vocablo alga en canciones de autores y grupos emergentes ó amateurs con menos audiciones (incluso por debajo del mínimo en Spotify). Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. (---) sin recuento de reproducciones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/nº re prod.
Gloria Reyes	Te voy a encandecer	Y los peces de mi corazón bailan con nuestra canción entre algas y corales.	2024 0,2K* ---**
Galán Cordero	Quizás me di cuenta tarde	El mar inunda y tomas mi barca, ve navegando yo ya surco las algas .	2024 0,02K. ---**
Las niñas de Rota	Cadígena	De las algas que arrastran los temporales, de la red del pescador de su sangre y su sudor, de los vientos del mar del levante, el siroco y la sal.	2024 0,2K* ---**
Pedrina	Patata	Chapuceando en mi mar de recuerdos, la belleza que trae la nostalgia la envolví con encajes de algas .	2024 1,4K* 4,6K**
Silvio Rodríguez	Hice bien (inédita)	Coral, estrella, caballito, noctiluca, pececito, manta, alga y alcatraz engañador; la mar de cosas que viví.	¿? 1K* ---**
Silvio Rodríguez	El castillo (inédita)	Bajo cojines y almohadas los cangrejos duermen por semanas; las algas cuelgan como cortinas cuidando las entradas.	¿? -- --

Tabla 3. Aparición del vocablo alga en canciones infantiles. Intérprete, título de la canción y enlace, texto seleccionado, año, y número de reproducciones en las plataformas YouTube (*) y Spotify (**). K. Miles. M. Millones. Las canciones se ordenan por orden cronológico según año de publicación.

Intérprete	Título y enlace	Texto seleccionado	Año/númreprod.
Amaury Pérez y Liuba María Hevia	Caracolillo de coral	Las algas , como reinas, y las esponjas tienen de fiesta el corazón.	2000 190K* 54K**
Tribumadre	Canción chiquita	Una luna chiquita donde puedo ver lo que quiero, veo una playa, un alga , tu risa, un canto de remolino.	2020 0,08K* ---**
Pinkfong	Día de madres día de padres	Al mercado, mercado. A comprar gorritos, corbata de alga , sombrero de concha.	2021 100K* 33K**
Pinkfong	Nutria de mar	Hora de dormir. Mamá me arropa con algas cuando duermo.	2021 88K* 80K**
Pinkfong	Colores en el mar	Verde Verde! Verde caballito, verdes algas .	2021 623K* 70K**
Pinkfong	A las escondidas en el mar	Un dragón de mar foliado soy. Parezco alga marina. ¡Cuidado!	2021 78K* 27K**
Lester Ciarreta	Bajo el mar (la Sirenita)	Tú crees que en otros lados las algas más verdes son, y sueñas con ir arriba, qué gran equivocación.	2022 16M* 15M*
Carmenza Botero, Grupo Malaquita	Caballito de mar	Cuida bien del mar... Tengo un techo lleno de estrellas mi camita es de algas .	2023 0,7K* 2K**

Tabla 4. Análisis comparativo de los temas de las tablas 1 y 2. Parámetros estadísticos, normalidad, número de reproducciones, e índices de diversidad de Shannon-Wiener y de equitatividad o uniformidad de Pielou.

*59 de 110 temas sin contabilizar reproducciones en Spotify (al estar por debajo de 1.000).

Variable	Tabla 1	Tabla 2
n	60	110
Rango de años	1969-2024	1980-2024
Media \pm SD	1,07 \pm 1,11	2,44 \pm 4,55
Sesgo	0,91	2,56
Curtosis	0,06	5,92
Mediana (año)	1997	2021
YouTube (millones)	298	0,55
YouTube (millones/tema)	4,95	0,005
Spotify (millones)*	387	0,77
Spotify (millones/tema)*	6,45	0,007
Diversidad (H' Shannon)	2,96	4,35
Diversidad máxima (H_{max})	5,93	6,78
Equitatividad (índice de Pielou $J = H/H_{max}$)	0,50	0,64

La figura 1 representa el número de canciones acumuladas frente al tiempo (años), desde la primera en 1969 hasta la actualidad, para los temas de la tabla 1 (temas consolidados) y de la tabla 2 (temas emergentes). Mientras que los temas de la tabla 1 tienen una respuesta lineal, con

valores de sesgo y curtosis dentro de la normalidad, los de la tabla 2 muestran un mayor sesgo y curtosis (Tabla 4). La mediana aparece en 1997 (temas de la tabla 1), mientras que en la tabla 2 aparece muy retrasada, en 2021. La media de temas por año en próxima a 1 en la tabla 1, mientras que es de 2.44 en la tabla 2 (Tabla 4).

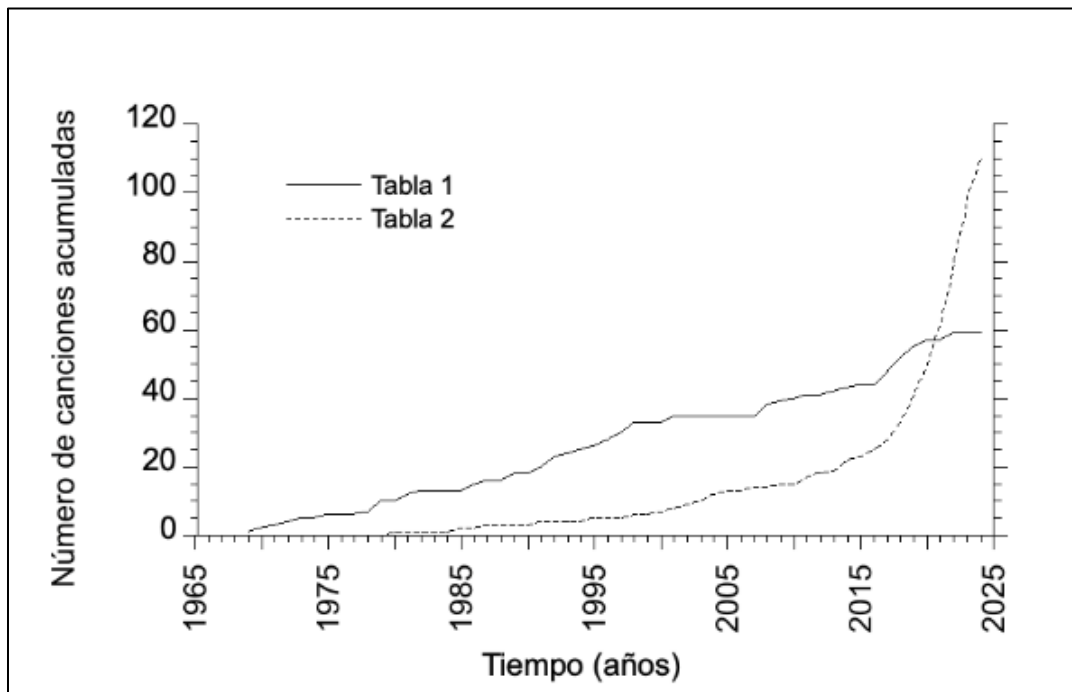


Figura 1. Número de canciones acumuladas frente al tiempo (años) de la Tabla 1 y de la Tabla 2

El número de reproducciones fue sustancialmente diferente. Mientras los temas de la tabla 1 alcanzaron valores del orden de 298 millones (YouTube) y 387 millones (Spotify), los de la tabla 2 no llegaron al millón de reproducciones (Tabla 4). Así, por tema hay casi mil reproducciones más en temas de la tabla 1 que en temas de la tabla 2. En conjunto hay más reproducciones en Spotify que en YouTube (1,3x), pero se debe al peso fuerte de algunos temas en YouTube. Si se analiza tema por tema, se observa que la reproducción en Spotify es $8,5 \pm 13,5$ SD mayor en Spotify que en YouTube. En el caso de Spotify, hay que considerar que en la tabla 2, 59 de 110 temas carece de indicador de reproducciones; esto sucede cuando las canciones no alcanzan las mil reproducciones en la plataforma.

El índice de diversidad de Shannon-Wiener, usual en Ecología, y procedente de la teoría de la información, indicó que los temas de la tabla 1 muestran menor diversidad y menor equitatividad (índice J de Pielou) que los temas de la tabla 2, más diversos y uniformes (Tabla 4). Los temas que han sido recopilados mostraron asimismo una amplia diversidad de estilos musicales, desde el flamenco, canción melódica, pop, rock, metal, indie, salsa, hip hop, rap, reggaetón, etc..

Se llevó a cabo un análisis de los textos seleccionados de las 178 canciones, construyendo una nube de palabras (“wordcloud”) que se representa en la Figura 2. Esta nube de palabras parte de 769 palabras que representan 16.352 caracteres. De ella se han eliminado las dos más frecuentes para aumentar la visibilidad del resto (alga, con 183 apariciones, y mar, con 56). El resto viene liderado por agua (22), marino (17), arena (16), sal (13), playa y verde (11) amor (10), ola (9) y sirena, coral y orilla (8). Las temáticas de las canciones oscilan entre aquellos que representan a las algas en una imagen natural, ideal, de paisaje, relacionada con términos como el amor o la naturaleza, a aquellas (son menos) que consideran las algas como seres deleznable.



Figura 2. Nube de palabras (“wordcloud”) derivado del análisis de textos de 178 canciones de las tablas 1, 2 y 3, con un total de 769 palabras diferentes con 16.352 caracteres. En la figura se han eliminado las dos más frecuentes para aumentar la visibilidad del resto (alga, con 183 apariciones, y mar, con 56).

Como resultado final del artículo, se han elaborado dos listas de reproducción de los 60 temas de la tabla 1 sobre algas en las plataformas YouTube ([pinchar aquí](#)) y Spotify ([pinchar aquí](#)) en abierto, que están a disposición del público general.

4. Discusión.

El resultado fundamental de este trabajo es la enorme cantidad de canciones que contienen el vocablo alga con respecto a los prejuicios, así como su diversidad en cuanto estilos y la elevada cantidad de reproducciones (un total de 178 temas con millones de reproducciones). La tabla 1 comienza con uno de los temas más reproducidos, y más fácilmente identificable por ficólogos (como sucedió en la Asamblea de la SEF 2024, Granada) y por el público en general, Alfonsina y el Mar. Es una zamba compuesta por el pianista argentino Ariel Ramírez y el escritor Félix Luna e interpretado por primera vez por Mercedes Sosa en 1969. Versa sobre el suicidio en 1938 de la poetisa argentina Alfonsina

Storni en Mar del Plata; a pesar de la temática, su música y letra es muy evocadora. Tal es así que existen más de 100 versiones de este tema. Solo sumando las primeras 10 versiones de esta canción se pasa de 3,2 a 20 millones de reproducciones en YouTube y de 42,7 a 71 millones en Spotify.

El número total de reproducciones registradas, del orden de 300-400 millones en los temas de la Tabla 1, hay que ponerlos en contexto. Así, en 2023, la cantante con mayor número de reproducciones fue Taylor Swift con 26 billones americanos (26.000 millones), siendo su registro en todos los tiempos de 94 billones americanos. Y en un mes, Bruno Mars ostenta el récord con 125 millones de reproducciones. Hay que considerar que solo 790 temas (de una base de datos de más de 100 millones de canciones) tienen más de mil millones (billón americano) de audiciones.

En cuanto a la secuencia temporal, llama la atención la diferente tasa de aparición de temas en los dos grupos seleccionados. Mientras que los temas consolidados muestran una gráfica lineal en acumulados, que corresponde a una distribución normal, los temas emergentes, amateurs, muestran una distribución muy sesgada (Figura 1). La mediana aparece en 2021. En los últimos 4 años aparecen más de la mitad de estos 110 temas. Asimismo, 59 de estos 110 temas no tienen contabilizadas las reproducciones en Spotify, lo que indica valores inferiores a mil audiciones (se considera como tal si transcurren al menos 30 segundos de reproducción). Lógicamente, los temas de la tabla 1 muestran una reproducción casi mil veces superior a los de la tabla 2. En cuanto a los índices de diversidad y de equitatividad (uniformidad), se muestran como sistemas muy diversos (muchos temas), pero alejados de la equitatividad máxima. En cada caso, hay unos pocos temas que son bastante predominantes frente al resto.

Con respecto a la temática, hay una amplia variedad de estilos, y destacan los temas de cantautores y los de poesía cantada. Así tenemos varios poemas de Federico García

Lorca (Carlos Cano, Ana Belén, Patxi Andión), Angel González (Ana Belén, con la poesía Alga quisiera ser) y de Alberti (Alegrías de Calixto Sánchez). Aparece música melódica y de autor (Serrat, Nino Bravo, Víctor Manuel, Perales, Amancio Prada, Luz Casal etc...) así como de grupos pop y rock de los 80 (El último de la Fila, Héroes del Silencio, etc..) y posteriores (La Oreja de Van Gogh, Los Piratas, Vetusta Morla). En la última década aparecen intérpretes menos conocidos, pero no por ello menos relevantes. Se podrían ocupar muchas líneas de texto fijándonos en la materia de los textos que aparecen en tantos temas, lo que queda a elección del lector/a del artículo. Los temas emergentes de la tabla 2 eclosionan hace solo 4 años, 2021 (con la mediana). Muchos de los intérpretes no son tan conocidos como los de la Tabla 1, pero algunos lo serán en el futuro. Como tendencia general destaca la autoedición y el crecimiento musical, no ajeno a cualquier otro tema musical analizado; sin embargo, su nivel de audición es casi mil veces menor, con 59 de 110 temas no alcanzando los mínimos de Spotify. Los temas infantiles son la mayoría recientes, de la plataforma PinkFong (Tabla 3). La primera canción es de la cantautora cubana Liuba María Hevia con Amaury Pérez en el 2000.

Al realizar el análisis de texto mediante una nube de palabras (“wordcloud”) se destaca la diversidad de vocablos empleados, además, tal y como se indica en los resultados, no siguen totalmente el posicionamiento que se pueda establecer a priori. Destacan términos esperados, pero quizás no en ese orden.

En definitiva, como conclusión, hay una enorme diversidad y riqueza de canciones que consideran la palabra alga en sus letras, más allá de lo esperable a priori. En el futuro es necesario realizar un estudio similar con la palabra “seaweed” en inglés. En una primera aproximación, se han encontrado ya más de 500 canciones que entran en este capítulo, frente a las 179 aquí recogidas (Vergara, datos aún no publicados). Como resultado final, se ofrecen dos listas de reproducción en YouTube ([pinchar aquí](#)) y Spotify ([pinchar aquí](#)) con los 60 temas

incluidos en la tabla 1 a disposición del público general (al final de resultados).

5. Referencias.

Pérez-Lloréns, J.L., Mouritsen, O.G., Rhatigan, P., Cornish, M.L., Critchley, A.T. (2020) Seaweeds in mythology, folklore, poetry, and life. *J Appl Phycol* 32, 3157–3182. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02133-0>

Pérez-Lloréns, J.L. (2023) Las algas en la poesía española e hispanoamericana. *Algas* 59: 48-61.

Whittaker, G.R. (2023) Creatively connecting science, society and the sea: a mini-review of academic literature focusing on art-science collaborations and the ocean. *Frontiers in Marine Science* 10. DOI. <https://doi.org/10.3389/fmars.2023.123477>

Motores de búsqueda y páginas web consultadas durante el mes de noviembre de 2024

<https://www.azlyrics.com/>

<https://www.cancioneros.com>

<https://es.wikipedia.org>

<https://www.google.com/>

<https://www.letras.com>

<https://www.lyrics.com>

<https://www.musixmatch.com>

<https://open.spotify.com/intl-es>

<https://www.youtube.com>

<https://wordcloud.online/>

Análisis colorimétrico de pigmentos algales procedentes de la Costa de Granada

Bolívar-Galiano, F.^{1*}, J. De la Rosa-Álamos², L. Cuberos-Cáceres¹, M. Bolívar-Ferliche¹, A. Yebra-Rodríguez³ y P. Sánchez-Castillo²

1.Facultad de Bellas Artes. Dpto. Pintura. Universidad de Granada.

2.Facultad de Ciencias. Dpto. Botánica. Universidad de Granada.

3.Facultad de Ciencias. Dpto. Óptica. Universidad de Granada

*email: fbolivar@ugr.es

Resumen:

Las algas son una fuente de materias primas para multitud de aplicaciones, debido a la gran diversidad de componentes químicos que se pueden obtener de ellas y apenas se han desarrollado en aplicaciones artísticas. Por ello, nuestro grupo de investigación HUM 1031: Ligalismo (Artes y Ciencias), con amplia experiencia en el uso artístico de las algas de la Alhambra, está realizando análisis con metabolitos extraídos de algas procedentes de la costa de Granada. El objetivo es crear nuevos materiales artísticos, principalmente pigmentos de origen natural, sostenibles, no tóxicos y que tendrían una alta importancia cultural en la protección y conservación de nuestras costas. Para ello, se han seleccionado cuatro macroalgas y se han extraído sus pigmentos algales. Asimismo, se han realizado análisis de color tras someterlos a un proceso de envejecimiento acelerado (CIELab y CIEDE2000), con diferentes factores de deterioro, con el objetivo final de obtener productos naturales y biosostenibles.

Palabras clave: pigmentos, algas, colorimetría, conservación y material artístico.

1. Introducción.

La biodiversidad marina en su conjunto es vital para la vida en la Tierra, ya que presta toda una serie de servicios ecosistémicos como la producción de oxígeno, el secuestro de carbono, la regulación del clima, la protección de las costas o el suministro de alimento. Por eso es importante protegerla y conservarla para garantizar no sólo su supervivencia, sino también la nuestra a largo plazo. En este contexto, las algas, dado su papel como productores primarios y, por tanto, como base de la cadena alimentaria oceánica, cobran especial relevancia en relación con su conservación.

Por otro lado, las algas son una fuente de materias primas para multitud de aplicaciones, debido a la gran diversidad de compuestos químicos que pueden obtenerse a partir de ellas. Los compuestos de mayor interés comercial incluyen, entre otros, polisacáridos, pigmentos, lípidos, ácidos grasos, proteínas y compuestos fenólicos (Stengel, Connan y Popper, 2011). Son utilizadas por ejemplo en la producción de biofuel (Sudhakar et al., 2018), como biofertilizantes, protectores contra la radiación solar (Campanini Maciel et al., 2017), en biomedicina (David Wang et al., 2017), farmacia, nutrición (Biancarosa et al., 2018), cosmética (Bueno Ariede et al., 2017) o en el tratamiento de aguas residuales.

En técnicas artísticas y en conservación restauración apenas se han desarrollado aplicaciones, por ello es que nuestro grupo (HUM 1031 Ciencia y Arte), con experiencia en utilización artística de algas de la Alhambra, está dispuesto a adaptar los métodos, que en un lugar tan valioso son extremadamente respetuosos con los materiales nazaríes y, por ende, ahora lo serán con la sostenibilidad de las comunidades marinas de algas. Los pigmentos que contienen son de las moléculas con mayor interés para las técnicas artísticas. Entre los distintos grupos de algas, encontramos tres tipos de colorantes: clorofilas (pigmentos verdes), carotenoides (carotenos y xantofilas, que

van del color amarillo al naranja-rojizo) y ficobiliproteínas (rojas, azules y verde-azuladas) (Prasanna et al., 2007). Estos pigmentos, especialmente los carotenoides y ficobiliproteínas, tienen diversas aplicaciones y, entre otras cosas, se emplean cada vez más como colorantes naturales en la industria alimentaria, cosmética o como marcadores fluorescentes.

2. Material y Métodos.

2.1. Material biológico.

Para realizar este estudio se seleccionaron cuatro algas marinas del mediolitoral e infralitoral de la costa de Granada (Caleta de Salobreña): tres especies; *Ulva lactuca*, *Codium bursa*, *Halopteris scoparia* y una exótica invasora *Rugulopteryx okamurae*. Esta selección es el resultado de estudios previos del laboratorio.

Una vez que las algas fueron seleccionadas, se procedió a su recolección. El muestreo se llevó a cabo en el mes de junio del 2023. La recolección se llevó a cabo manualmente, y con el uso de equipos de buceo autónomo para las especies infralitorales (*H. scoparia*, *R. okamurae*, *C. bursa*). Se tomaron entre 1.2-1.3 Kg de material fresco de *H. scoparia* y *R. okamurae*, mientras que para *U. lactuca* se recolectaron, aproximadamente 0.445 kg. Las muestras se trasladaron en frío y en oscuridad.

2.1. Obtención de pigmentos.

Una vez obtenida la biomasa, el primer paso fue la eliminación de sus impurezas, mediante varias limpiezas con agua destilada. Seguidamente, se almacenaron a 20°C, durante 48h. Este proceso facilita la ruptura de sus paredes celulares, cuyo fin es facilitar la extracción de sus pigmentos. El segundo paso, fue la deshidratación de las muestras. En las que, cada muestra se colocó en una estufa Liebeherr Profiline FKS 3600 index, y se sometió a diferentes temperaturas de forma gradual, con la finalidad de no desnaturalizar las proteínas presentes en las muestras. Se comenzó por una temperatura de 30°C (10h), después se aumentó a 35°C

(8h) y finalmente a 40°C (8h). A continuación, las muestras se trituraron con la ayuda de un mortero hasta obtener un grano fino similar al usado en las preparaciones de pigmentos de uso artístico. Una vez obtenido el grano fino, previo pesado se colocó en un matraz de balón de fondo plano de 500 mL, y se le añadió 300 mL de acetona pura. Se realizó una extracción sólido-líquido por el método Soxhlet. Para ello, las muestras se colocaron en columnas refrigerantes DROG-500-001, a una temperatura de 58°C durante 5 horas. A continuación, para la eliminación total del disolvente, se utilizó un rotavapor modelo IKA RV HB ECO S099, a máxima velocidad y a 56°C, hasta que no quedó rastro del disolvente. Finalmente, se obtuvo el pigmento puro de cada una de las muestras.

2.2. Preparación de los ensayos.

Para evaluar la estabilidad cromática y su posible aplicación en técnicas pictóricas. Como soporte, se utilizó papel de acuarela Sennelier 100% algodón, de 300 gramos, grano fino y libre de ácidos, utilizando varios pinceles y lavando y secando cada uno de ellos tras cada uso para evitar la contaminación de las muestras. Las dimensiones de cada lienzo fueron 2x5 cm, siguiendo las indicaciones de la norma ISO 9124:2003. Se realizaron tres ensayos, con tres réplicas cada uno: una de control, mantenida en oscuridad a 22°C y 50 ± 10% HR, otra destinada a someterse a ciclos de envejecimiento acelerado, y la última se expuso en exterior, a una temperatura de 22°C e iluminación artificial de forma intermitente durante dos semanas.

2.3. Ensayos de envejecimiento acelerado.

Se realizaron estos ensayos para conocer la estabilidad química y los cambios físicos que se generan en condiciones climatológicas extremas, así como los mecanismos y procesos de degradación que sufren los pigmentos de las algas al ser empleadas en técnicas artísticas. Es importante destacar que en este ensayo no se

han empleado protectores solares o estabilizantes, con el fin de estudiar aisladamente el comportamiento de los materiales seleccionados sin la interferencia de aditivos. Para el ensayo, se utilizó una cámara equipada con cinco lámparas fluorescentes TL-D 36W BLB 1SL/25 de luz negra, con vapor de mercurio a baja presión que emite onda larga (UVA) con una distribución espectral de energía dentro del intervalo 300-400 nm. Los parámetros de irradiación, temperatura y humedad relativa (HR) se modificaron adaptándolas a la naturaleza orgánica de las muestras a estudiar, con una temperatura de 60°C y la HR se mantuvo a 50-60%.

Las muestras estuvieron dentro de la cabina un total de 2 semanas, de las que se sacaban una vez por semana para realizar las medidas de color. En total se realizaron tres medidas, la original el mismo día que se pintaron (t_0), transcurrida una semana (t_1) y la segunda semana (t_2).

2.4. Análisis colorimétrico.

Una de las características más importantes de las algas, sobre todo si van a servir como base para la extracción de pigmentos, es el color. Para realizar las medidas colorimétricas y especificar el color de las muestras se utilizó el espacio CIELab (figura 1), ampliamente utilizadas en la industria, pero, debido a las recomendaciones de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, 2004), también calculamos las diferencias de color con la fórmula CIEDE2000 (figura 2) (Luo *et al.*, 2001), mejor correlacionada con la percepción visual. El aparato usado es un colorímetro de la marca PCE, el modelo PCSE-XXM30, el cual nos da unos valores de L^* , a^* y b^* de las muestras medidas. Se tenía especial cuidado con que el colorímetro fuera posicionado cada vez que se hacía una medida en la misma zona de la muestra. Además, antes de medir se realizaba un calibrado del colorímetro. Todas las medidas fueron obtenidas con un iluminante Standard D65 y con el observador patrón de 10°.

$$\Delta E_{ab} = \sqrt{\Delta L^*{}^2 + \Delta a^*{}^2 + \Delta b^*{}^2}$$

Figura 1. Fórmula CIELab. Donde: ΔL : diferencia de la luminosidad o claridad del color; Δa : diferencia de la posición del color en el eje verde-rojo; Δb : diferencia de la posición del color en el eje azul-amarillo.

$$\Delta E_{00} = \sqrt{\left(\frac{\Delta L'}{\kappa_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{\kappa_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{\kappa_H S_H}\right)^2 + R_T \cdot \left(\frac{\Delta L'}{\kappa_L S_L}\right) \cdot \left(\frac{\Delta H'}{\kappa_H S_H}\right)}$$

Figura 2. Fórmula CIEDE2000. Donde $\Delta L'$: diferencia en luminosidad; $\Delta C'$: diferencia en cromaticidad; $\Delta H'$: diferencia en matiz; κ_L , κ_C , κ_H son parámetros de ajuste de luminosidad, cromaticidad y matiz; S_L , S_C , S_H : son las funciones de peso que tienen en cuenta la influencia de las condiciones de iluminación y observación en la evaluación de la diferencia de color y R_T : factor de rotación.

3. Resultados.

3.1 Obtención de la biomasa.

Tras el proceso de lavado, deshidratación y trituración, se obtuvo una cantidad de grano fino con el que se realizaron los ensayos. Hay que tener en cuenta que el mayor % de contenido de las algas es agua, por lo que su peso inicial con respecto al final tuvo una gran diferencia. Debido a ello, no se obtuvo tanta cantidad de biomasa, haciendo que los ensayos en algunas de las cepas fueran difíciles.

3.2. Obtención de los pigmentos algales.

A partir de la biomasa de peso seco se procedió a la extracción de los pigmentos. Para una mayor concentración de pigmento algal, se utilizó todo el grano fino obtenido de cada una de las cepas. Como se puede apreciar en la tabla 1, se obtuvo un mayor contenido de pigmento algal en las algas pardas, siendo la mayoritaria la *R. okamurae*. En cambio, las algas verdes a pesar de que se obtuvo gran cantidad de la *C. bursa*, debido a su alto contenido en agua, se quedó en 0.001 Kg, dificultando así su estudio junto con la *U. lactuca*.

Tabla 1. Biomasa total tras la extracción de los pigmentos algales.

Macroalga	Grano fino + Acetona	Biomasa total tras Extracción
<i>U. lactuca</i>	0.020 Kg + 300 mL	0.001 Kg
<i>C. bursa</i>	0.0237 Kg + 300 mL	0.001 Kg
<i>H. scoparia</i>	0.055Kg + 300 mL	0,0023 Kg
<i>R. okamurae</i>	0.062 Kg + 300 mL	0,004 Kg

3.3. Análisis de colorimetría.

Tras someterse a los tratamientos de envejecimiento acelerado durante 2 semanas, dos de las muestras estudiadas mostraron un desvanecimiento del color bastante evidente a simple vista, mientras que las otras sufrieron un ligero cambio. Los resultados que se muestran a continuación corresponden a la diferencia de color del

primer día (t_0) y la última semana (t_2). Como se puede apreciar en la figura 3, todas las muestras tienen al principio un tono muy verde o parduzco, pero con el paso del tiempo vemos que en cada sesión las muestras se tornaban en gris, como era el caso de *C. bursa* o blanquecina en *U. lactuca*. En cambio, las algas pardas mantenían su tono o parte de él.

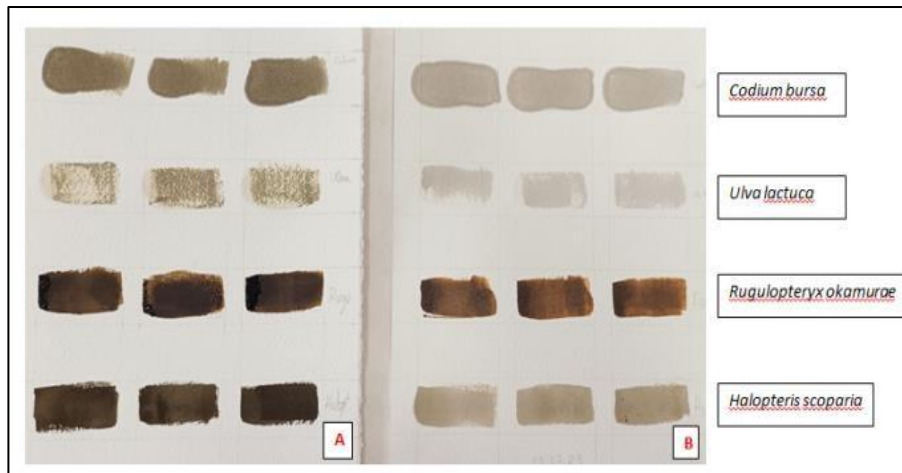


Figura 3. A) Pigmentos algales en la primera semana, antes de someterse a envejecimiento acelerado. B) Pigmentos algales después de dos semanas sometidas a envejecimiento acelerado.

Como se puede apreciar en la figura 4 los cambios generados en los controles (cámara de oscuridad) son mayores en las algas verdes respecto a los desarrollados en los pigmentos algales tras su exposición a ciclos

de envejecimiento acelerado. En cambio, las algas pardas presentaron una mayor resistencia. Las muestras que han presentado un mayor desvanecimiento del color corresponden a las algas verdes.

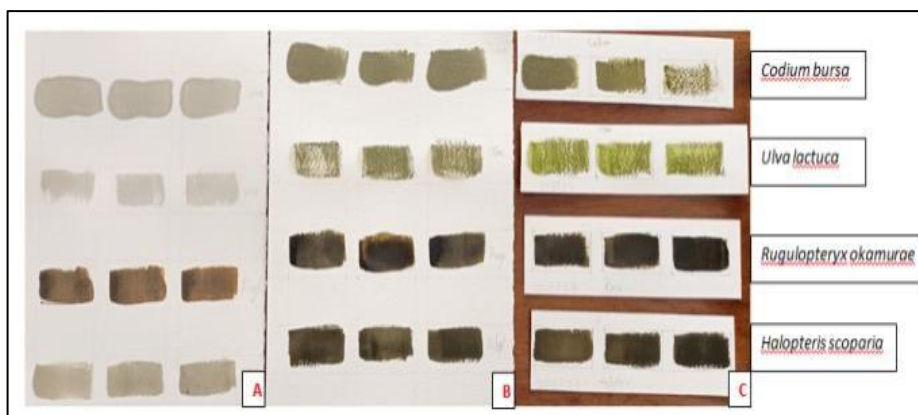


Figura 4. Diferencias de color de los pigmentos algales. A) Después de someterse a dos semanas de envejecimiento. B) Después de dos semanas al exterior. C) Control, tras someterse a dos semanas en cámara de oscuridad.

En la figura 5 vemos que con el paso del tiempo la mayoría de las muestras se sitúan sobre el $a^*=0$ lo que significa que las muestras van pasando de un verde intenso a un tono algo más amarillento. Si además de acercarse a este eje, van bajando al origen de coordenadas 0-0 (acromático) significa que pasan a un color más blanco. En el caso de *C. bursa*, se puede apreciar que, con el envejecimiento, la muestra disminuye su ángulo de tonalidad, es decir, paso de un tono amarillo verdoso a un tono amarillento. Por otro lado, *U. lactuca* presenta un color más saturado (más cromas) que la muestra

anterior, y con el envejecimiento también pierde ángulo de tonalidad, volviéndose más amarillenta. En el caso de las algas pardas, por ejemplo *R. okamurae* podemos observar que esta muestra cambia poco en sus coordenadas cromáticas a medida que envejece, volviéndose más acromática con el paso de los días sin cambiar de tonalidad. Por último, la *H. scoparia* se muestra más estable en cuanto al color, ya que su cromas y matriz apenas cambian (tampoco lo hace la luminancia, aunque no se aprecia en la gráfica 5) con el envejecimiento.

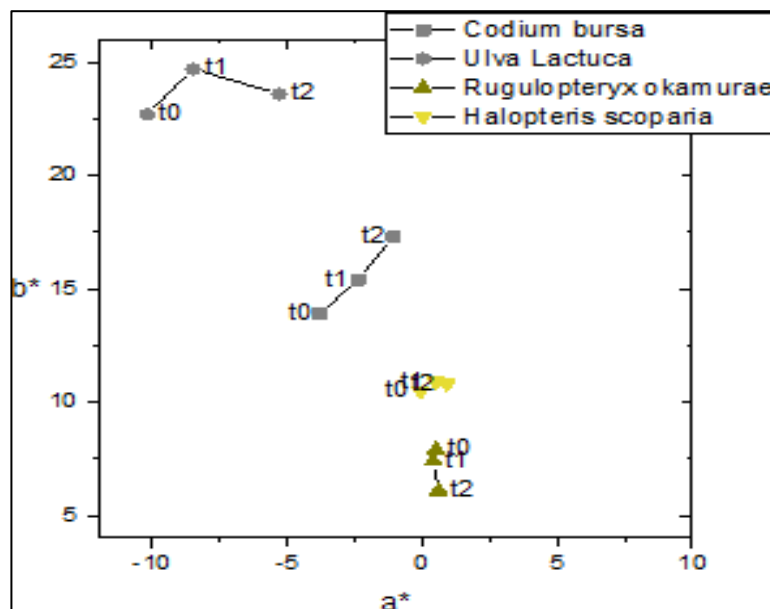


Figura 5. Medidas del color en las coordenadas L, a y b, de cada una de las muestras.

4. Conclusiones

Con los resultados obtenidos se pone de manifiesto que las algas pardas *R. okamurae* y *H. scoparia*, podrían ser buenas candidatas para ser aprovechadas para su aprovechamiento con el fin de desarrollar pigmentos utilizables en técnicas artísticas, debido a la variedad de colores que ofrecen, junto a su estabilidad cromática. Entre ellas cabe destacar, la macroalga *R. okamurae*, que muestra gran resistencia ante condiciones climatológicas extremas, siendo el organismo que mejores resultados ha mostrado en cuanto a la persistencia del

color y estabilidad ante los factores de degradación. En cambio, las algas verdes han presentado menor estabilidad del color, cambiándose de verde intenso a un color grisáceo.

No obstante, se hace necesario seguir investigando en este terreno, para conseguir una mayor gama de tonalidades y la estabilidad de color como un diseño de secuestrantes de color, realizar ensayos con otras especies, así como un diseño de secuestrantes de color con la finalidad de obtener unos pigmentos de calidad, estables, de baja toxicidad, y biosostenibles a partir de

algas marinas.

Agradecimientos, Esta investigación se ha podido llevar a cabo gracias a la financiación que ha recibido el Grupo de Investigación, por el Ministerio de Ciencia e Innovación del Gobierno de España (número de subvención PID2029-107816GB I00/SRA/10.13039/501100011033). Proyecto: “Nuevos colores para la transición verde y digital” (ECODIGICOLOR).

5. Referencias.

- Luo, MR., Cui, G., Rigg, B. (2001). The development of the CIE 2000 colour difference formula: CIEDE2000. *Color Res Appl* 26, 340–350.
- Prasanna, R., Sood, A., Suresh, A., Nayak, S. y Kaushik, B.D. (2007). “Potentials and applications of algal pigments in biology and industry.” *Acta Botanica Hungarica*, 49, 131-156.
- Stengel, D.B., Connan, S. y Popper, Z.A. (2011). “Algal chemodiversity and bioactivity: sources of natural variability and implications for commercial application.” *Biotechnology advances*, 29, 483-501.
- Bueno Ariede, M., Marcílio Candido, T., Morocho Jacome, A.L. Valéria Robles Velasco, M., de Carvalho, J.C.M., & Rolim Baby, A. (2017). “Cosmetic attributes of algae- A review”. *Algal research*, 25, 483-487.
- Campanini Maciel, O.M., Napoleão Tavares, R.S., Engracia Caluz, D.R., Gaspar, L.R. & Deboni, H.M. (2017). “Photoprotective potential of metabolites isolated from algae-associated fungi *Annulohyphoxylon stygium*”. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 178, 316–322.
- David Wang, H.M., Li, X.C., Lee, D.J. & Chang, J.S. (2017). “Potential biomedical applications of marine algae”. *Bioresource technology*, 244, 1407-1415.
- Biancarosa, I., Belghit, I., Bruckner, C.G., Liland, N.S., Waagbø, R., Amlund, H., Heesch, S. & Lock, E.J. (2018). “Chemical characterization of 21 species of marine macroalgae common in Norwegian waters: benefits of and limitations to their potential use in food and feed”. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98, 2035- 2042.
- Sudhakar, K., Mamat, R., Samykano, M., Azmi, W. H., Ishak, W. F. W. & Yusaf, T. (2018). “An overview of marine macroalgae as bioresource”. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 165-179.

El orden Dictyotales (Ochrophyta, Phaeophyceae) en la Zona de Especial Conservación del Tesorillo-Salobreña (Granada, Mar de Alborán).

Alejandra Calero y Julio De la Rosa*

Departamento Botánica. Facultad Ciencias. Universidad de Granada. Campus Fuentenueva s/n. 18071 Granada.

*jdlarosa@ugr.es

Resumen.

El orden Dictyotales es un grupo muy diverso perteneciente a la clase Phaeophyceae, algas pardas, que incluye especies de interés ecológico y económico. La dificultad para su determinación tiene consecuencias biogeográficas, ecológicas, económicas, evolutivas y de conservación. En este trabajo se actualiza la presencia de especies del orden Dictyotales en la Zona de Especial Conservación (ZEC) Acantilados y Fondos Marinos Tesorillo-Salobreña, mediante el estudio morfo-anatómico de los individuos recolectados. Para ello se recogieron muestras submareales en tres puntos de la ZEC, que fueron herborizadas, descritas, identificadas y analizadas en el laboratorio. Se identificaron 10 especies diferentes pertenecientes a 4 géneros del orden Dictyotales. Algunas especies han sido poco documentadas hasta ahora y otras no han sido citadas previamente en la zona, resaltando la necesidad de registros continuos y más exhaustivos.

Palabras clave: flora, algas pardas, Dictyotales, Salobreña, Granada, Mar de Alborán.

Abstract.

The order Dictyotales is a very diverse group belonging to the class Phaeophyceae, brown algae, which includes species of ecological and economic interest. The difficulty in determining their species has biogeographic, ecological, economic, evolutionary and conservation consequences. In this work, the presence of species of the order Dictyotales in the Special Conservation Zone (SCZ) Cliffs and Seabeds Tesorillo-Salobreña is updated through the morpho-anatomical study of the collected individuals. For this purpose, subtidal samples were collected at three points of the area, which were herborized, described, identified and analyzed in the laboratory. 10 different species belonging to 4 genera of the order Dictyotales were identified. Some species have been poorly documented until now and others have not been previously cited in the area, highlighting the need for continuous and more exhaustive records.

Keywords: flora, brown algae, Dictyotales, Salobreña, Granada, Alboran Sea.

1. Introducción.

El orden Dictyotales es el tercer grupo más diverso perteneciente a la clase Phaeophyceae (Guiry & Guiry, 2008), formado únicamente por la familia Dictyotaceae, que incluye 21 géneros (Silberfeld et al., 2014) distribuidos en mares tropicales y subtropicales (De Clerck & Coppejans 1999). Incluye especies de gran interés económico y ecológico (Chapman & Chapman, 1980), ya que juegan un papel crucial como especies ingenieras de las comunidades bentónicas fotófilas en áreas templadas.

Este orden comprende algas con talos planos, erectos o postrados, acintados con ramificación dicotómica o subdicotómica en un plano o flabelados. Presentan estructura parenquimatosa, con diferenciación anatómica en córtex externo fotosintético y zona medular interna de sostén y reserva. El ciclo de vida de estas algas es diplohaplofásico isomórfico, con reproducción por oogamia y esporófitos predominantes en las poblaciones naturales (Womersley, 1987; De Clerck et al., 2006).

El conocimiento y la descripción de las

especies de Dictyotales en una localidad son fundamentales debido a su papel crucial para el mantenimiento de las funciones ecológicas y la biodiversidad. Estas algas contribuyen de forma significativa a la estructura y el funcionamiento de los ecosistemas marinos, proporcionando hábitat y alimento para diversos organismos (Littler & Littler, 1989). La identificación precisa de estas especies es vital para la conservación de la biodiversidad marina, permitiendo evaluar la salud del ecosistema y detectar impactos ambientales o antropogénicos (Sánchez-Molina et al., 2007). Además, el estudio de Dictyotales tiene implicaciones biogeográficas importantes, ayudando a entender patrones de distribución y la resiliencia de comunidades algales frente a perturbaciones (Steneck & Dethier, 1994). Este conocimiento es esencial para diseñar planes de conservación y gestión de ecosistemas costeros, así como para la comprensión global de la biodiversidad. Además, en un contexto de cambio global generalizado, algunas de esas especies están disminuyendo sus poblaciones mientras que otras, con fuerte carácter invasor, están experimentando un importante avance.

Sin embargo, la delimitación taxonómica de estas especies resulta complicada debido a la gran plasticidad morfológica que presentan y nuestra dificultad para definir qué rasgos sirven realmente como diagnóstico, lo que ha llevado a una clasificación confusa (Tronholm et al. 2010). Existen pocos registros florísticos actuales del macrofitobentos en la costa mediterránea de Andalucía que confirmen la presencia de las especies que han sido identificadas en la zona muestreada o alrededores. Flores Moya et al., (1995) realizan un listado de las especies de algas pardas presentes en las costas andaluzas a partir de datos bibliográficos. En la provincia de Granada aparecen *Dictyota dichotoma* (Hudson) J. V. Lamouroux, *Dictyota dichotoma* var. *intricata* (C. Agardh) Greville y *Padina pavonica* (Linnaeus) Thivy. En las provincias de Málaga y Almería se registran *Dictyota linearis* (C. Agardh) Greville, en la actualidad sinónima de *Dictyota implexa*,

Dictyota fasciola (Roth) J. V. Lamouroux, nombrada como *Dictyota fasciola* (Roth) Howe y *Taonia atomaria* (Woodward) J. Agardh. *Taonia pseudociliata* (JVLamouroux) Nizamuddin & Godeh se cita por primera vez en Andalucía oriental en la provincia de Málaga en 2006 como *Taonia atomaria* f. *ciliata* (C. Agardh) Nizamuddin (Altamirano et al., 2006), e Ivernon et al. (2009) menciona en la provincia de Granada a *Dictyota linearis* (C. Agardh) Greville. Esto evidencia la necesidad y la importancia de realizar seguimientos periódicos, más detallados y extensos, además del uso de técnicas moleculares para aumentar la precisión en la identificación de especies y la comprensión de su distribución.

2. Materiales y métodos.

La ZEC Acantilados y Fondos Marinos Tesorillo-Salobreña es un espacio marítimoterrestre cuyos límites se localizan paralelos a la línea de costa de los municipios de Almuñécar y Salobreña (Granada), en el Mar de Alborán. (Junta de Andalucía, 2015). Se muestrearon tres localidades dentro de este espacio (Tabla 1, Figura 1) y en cada punto se realizó un muestreo (transecto) paralelo a la línea de costa en otoño/invierno y se repitió en primavera mediante buceo con equipo autónomo, entre 2 y 8 m de profundidad.

Localidad	Longitud transecto (m)	Coordenadas (Huso 30S)	Muestreo otoño-invierno	Muestreo primavera
Caleta de Salobreña	386	446059 4066608	24/11/2023	15/04/2024
Barranco de En medio	400	442262 4066550	10/01/2024	19/04/2024
Punta de Jesús	408	440932 4066554	29/11/2023	23/04/2024

Tabla 1. Localidades muestreadas y longitud del transecto. Coordenadas en UTM, Datum ETRS y fechas de los muestreos.

Las muestras se recolectaron manualmente y fueron transportadas en frío y oscuridad hasta el Aula del Mar CEIMAR de la UGR donde se congelaron hasta el momento de su estudio en el laboratorio. Parte del material fue herborizado he incluido en el herbario de la Universidad de Granada. El resto se

utilizó para su estudio. Para la identificación taxonómica de las muestras se ha seguido a

estrechos, de color pardo amarillento y algo iridiscentes bajo el agua. Ramificación



Figura 1. Localidades muestreadas.

Cormaci et al. (2012); Ávila Ortiz et al. (2022); Alfonso-Carrillo & Sansón (1999); Rodríguez-Prieto et al. (2013) y Norris (2010)

3. Resultados y discusión.

Dictyota cyanoloma Tronholm, De Clerck, A. Gómez-Garreta & Rull Lluçh 2010.

Solo se detectó en la Caleta de Salobreña y en el Barranco de Enmedio en primavera. Las observaciones se corresponden con talos aislados de pequeño tamaño, de 3-4 cm de alta y 0,3-0,5 cm de ancho que mostraron la típica iridiscencia marginal de esta especie (Figura 2: A, B). No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Es una especie originaria del Pacífico que probablemente fue introducida en el Mediterráneo, donde su presencia está aumentando en hábitats de interés (De la Rosa et al., 2021; De la Rosa et al., 2024). Su distribución actual abarca el Mediterráneo (Bárbara et al., 2019), el Atlántico (Tronholm et al., 2010) y regiones tropicales y subtropicales del Indo-Pacífico (Steen et al., 2017).

Dictyota dichotoma (Hudson) J.V. Lamouroux 1809.

Se observó la presencia de esta especie en todos los puntos de muestreo y en todos los muestreos excepto en Caleta de Salobreña en primavera. Se desarrolla de forma abundante, pero sin llegar a formar prados de cierta entidad y habitualmente mezclada con *Halopteris scoparia*. Talos erectos,

regularmente dicótoma. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas. (Figura 2; C, D). Talos entre 4-12 cm de alto y 0,3-0,6 cm de ancho. Células medulares entre 64,4-89,4 μ longitud y 56,2-62,3 μ de ancho. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Dictyota dichotoma var. *intricata* (C.Agardh) Greville 1830.

Los ejemplares recolectados aparecieron en Caleta de Salobreña en el muestreo de otoño/invierno y de forma poco frecuente y entremezclada con otras especies del género. Talos de 3-4,5 cm de alto, 1 mm de grosor en la base, hasta 1,5 mm en las primeras dicotomías y < 0,5 mm de espesor en las últimas ramificaciones. Las partes terminales se estrechan hacia los extremos y se entrelazan, lo que la diferencia de la variedad *tipo*. Tienen un color pardo amarillento y a menudo muestran ligera iridiscencia bajo el agua. Se ramifican abundantemente de forma dicótoma y divaricada (Figura 2: E, F). No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Esta especie es altamente polimórfica, por lo que a veces puede ser difícil distinguirla de otras especies del mismo género, y su distribución es subcosmopolita (Rodríguez-Prieto et al., 2013).

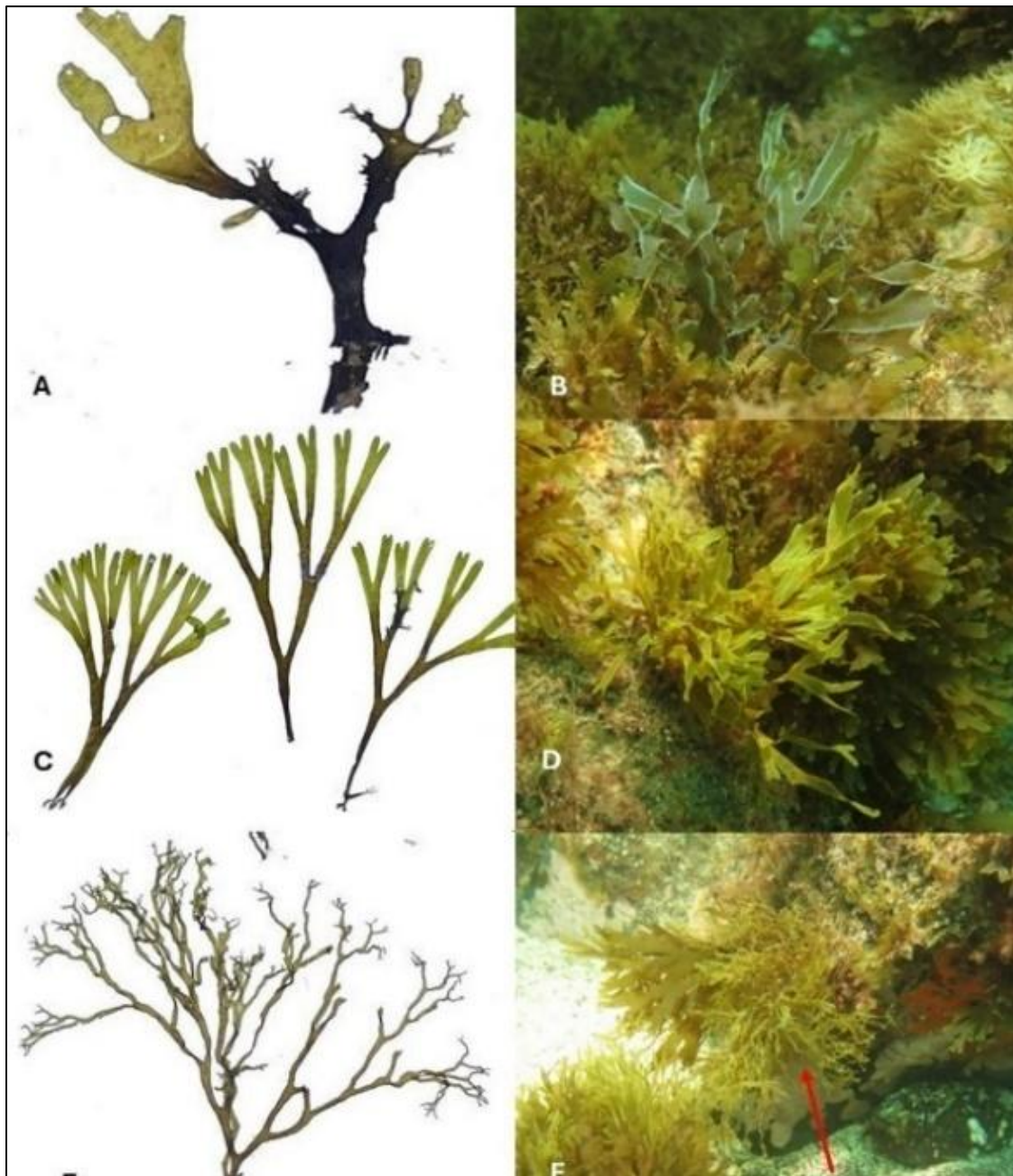


Figura 2. A y B: *Dictyota cyanoloma*; C y D: *D. dichotoma*; E y F: *D. dichotoma* var. *intricata*

Dictyota fasciola (Roth) J.V. Lamouroux 1809.

Dilophus fasciola (Roth) M. Howe

Los ejemplares que se identificaron de esta especie se recogieron en Caleta de Salobreña y Barranco de En medio en primavera y corresponden a la primera cita para el litoral de Granada (De la Rosa et al., 2024). Durante los muestreos se mostró de forma frecuente con un desarrollo similar al de *D. dichotoma* de la que resulta difícil

distinguirla. Talos erguidos, delgados, membranosos y ramificados irregularmente de forma subdicótoma, en ocasiones ligeramente espiralados. Tienen un color pardo amarillento, algo brillante, con segmentos apicales lanceolados de extremos agudos, lo que la diferencia de otras especies del género (Rodríguez-Prieto et al., 2013). Los individuos herborizados presentaron talos de (3)4-8 cm de alto y hasta 0,35 mm de ancho. Médula muestra entre 2 y 4 capas

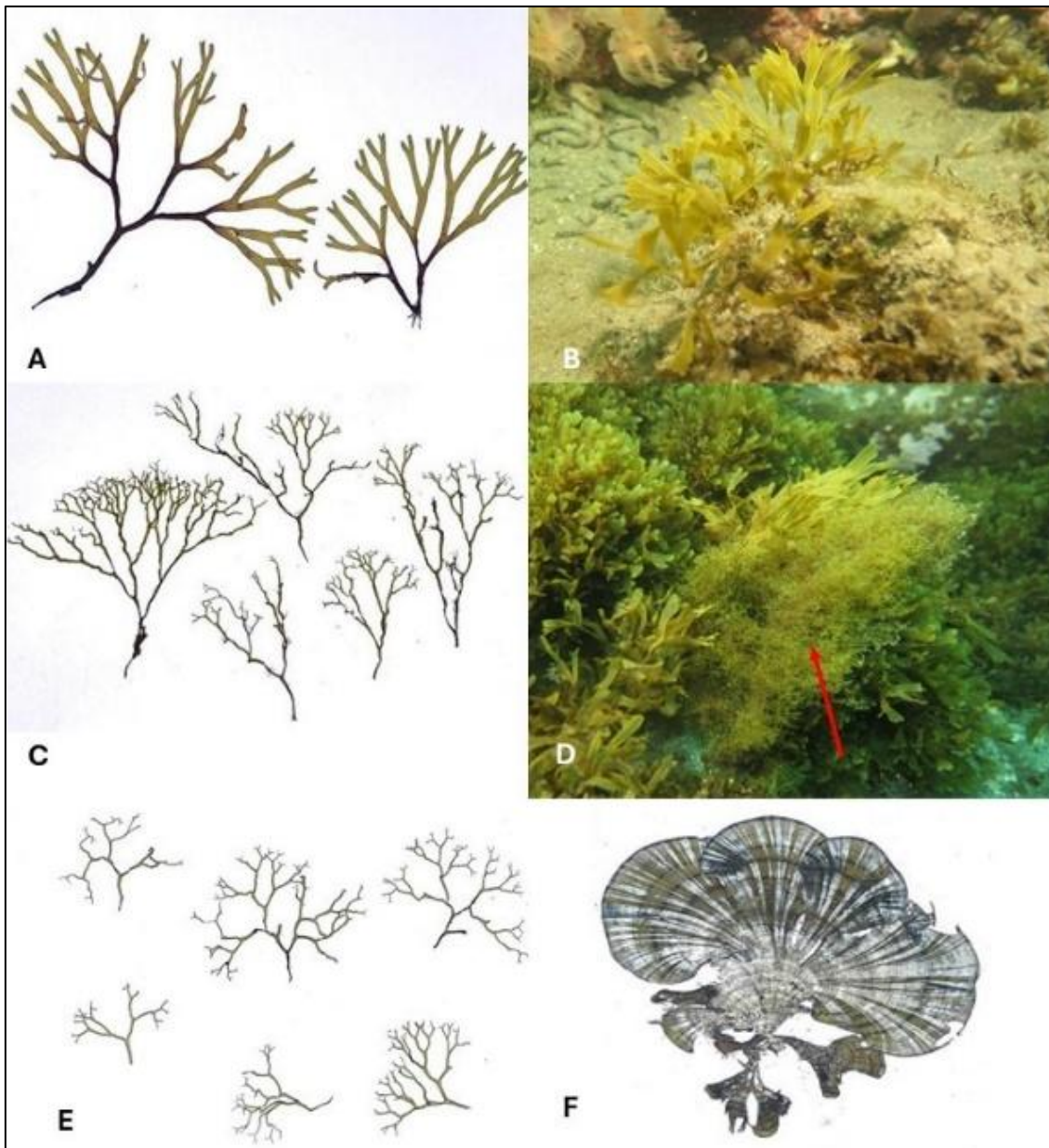


Figura 3. A y B: *Dilophus fasciola*; C y D: *Dictyota implexa*; E: *D. cf. pulchella*; F: *Padina pavonica*.

de células subcuadradas entre 81,3-127,3 μm de longitud y entre 57,9-83,2 μm de ancho. (Figura 3: A, B). No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Dictyota implexa (Desfontaines) J.V. Lamouroux 1809.

Dictyota linearis (C.Agardh) Greville

Se observó en todas las localidades y muestreos excepto en el Barranco de Enmedio en otoño/invierno. (Figura 3: C y D), en las que aparece de forma frecuente.

Esta especie tiene un color verde amarillento y márgenes algo iridiscentes. Talos entre 3,5-11 cm de alto y entre 0,5-1,5 mm de ancho. Ramificación abundante de manera regular, dicótoma y divaricada. Nuestras observaciones coinciden con las reflejadas por Rodríguez-Prieto et al. (2013) para esta especie. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Dictyota cf. pulchella Hörnig & Schnetter 1988.

Se han aceptado como ejemplares de *Dictyota cf. pulchella* dos muestras recolectadas en Caleta de Salobreña y Barranco de Enmedio en el muestreo de otoño/invierno en las que los ángulos de las dicotomías son de 90°, tomando este carácter como distintivo y con talos estrechándose bruscamente desde la base hacia los ápices. Talos son más estrechos que en el resto de los individuos identificados como *D. implexa* o *D. dichotoma* var. *intricata*. Talos entre 1,5-4 cm de alto y siempre menores de 1 mm de ancho (0,5-1 mm) presentando mayor anchura en la base. (Figura 3: E). No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

La bibliografía cita a esta especie en las islas atlánticas (De Clerck et al., 2006) y la costa atlántica del continente americano, pero no se ha citada hasta la fecha en el Mediterráneo. Sería necesario un análisis de mayor cantidad de material para confirmar la presencia de *D. pulchella* en la costa mediterránea.

Padina pavonica (Linnaeus) Thivy 1960.

Se observo en la Caleta de Salobreña en ambos muestreos, en Punta de Jesús en otoño/invierno y en el Barranco de Enmedio en primavera si bien en todos los casos lo hace de forma escasa y con talos de pequeño tamaño con su característica morfología en forma de abanico de color pardo bandeado con márgenes enteros y lobulados en ocasiones enrollados en forma de embudo y con una débil calcificación. (Figura 3 F). Talos entre 0,7-4,9 cm de alto y 0,7-6 cm de ancho. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Rugulopteryx okamurae (E.Y. Dawson) I.K.Hwang, W.J.Lee & H.S.Kim 2009.

Se ha observado en todos los muestreos, presentando un desarrollo muy significativo en primavera, con coberturas de hasta el 100% del área de estudio donde constituye claramente la especie dominante (Figura 4:

A y B). Talos entre 3,7-10 cm alto y 3-5 mm de ancho. Células medulares 35,2-52 µm de largo y entre 37,8-77,7 µm de ancho. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Rugulopteryx okamurae junto a *Dictyota dichotoma* se muestran como las especies con mejor representación a lo largo de todo el estudio, tanto estacionalmente como entre las localidades. Resultó muy relevante la cobertura de *R. okamurae* en los tres puntos de muestreo en primavera con valores de hasta el 100% y donde el reto de las especies observadas objeto de este trabajo aparecen de forma dispersa y escasa e incluso algunas de ellas no siendo detectadas como *Taonia pseudociliata* en Caleta de Salobreña. Junto a ellas solo se detectaron algunos individuos de *Codium brusa*, *Asparagiopsis taxiformis*, especies de coralináceas articuladas y la anteriormente mencionada *H. scoparia*. Esto es una evidencia más del rápido avance de esta especie invasora en nuestras costas, que está provocando alteraciones en los hábitats y las comunidades marinas. Originaria del noroeste del Pacífico, *R. okamurae* está mostrando un elevado carácter invasor y una alta capacidad de dispersión en el estrecho de Gibraltar y Mar de Alborán (Altamirano et al., 2019) donde puede formar densas matas que compiten con las especies nativas por espacio y recursos.

Taonia atomaria (Woodward) J. Agardh 1848.

Únicamente se encontraron ejemplares de esta especie en el muestreo de otoño/invierno en Caleta de Salobreña y en el muestreo de primavera en Punta de Velilla (Figura 4: B y C). Los talos son erectos con margen entero y los de mayor tamaño presentan los ápices profundamente divididos. Médula está formada por 2-4(6) capas de células irregulares e incoloras, Generalmente, el tamaño de las células medulares disminuye hacia el exterior, siendo las últimas células de tamaño similar a las del córtex. Talos de 2-9 cm de alto y 2,5-6 mm de anchos. Células medulares 46,8-65,6 µm de largo y 15,9-75,5 µm de ancho.

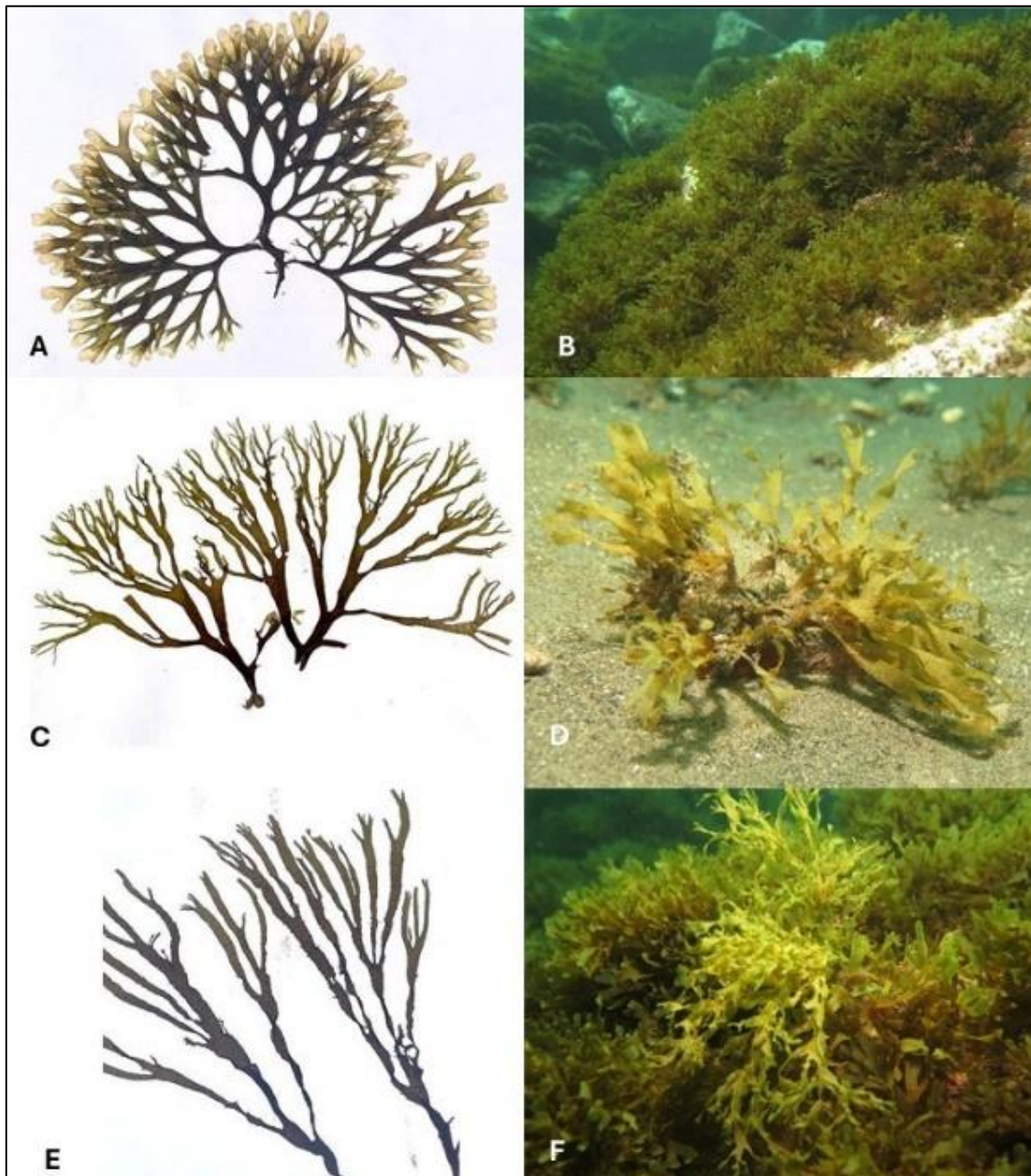


Figura 4. A y B: *Rugulopteryx okamurae*; C y D: *Taonia atomaria*; D y F: *T. pseudociliata*

Presentan pelos de feofíceas en mechones dispuestos en filas transversales al eje del talo. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

Taonia pseudociliata (J.V. Lamouroux)
Nizamuddin & Godeh.

Taonia atomaria f. ciliata (C. Agardh)
Nizamuddin

Los talos de los ejemplares identificados de esta especie se encontraron en Caleta de Salobreña en el muestreo de otoño/invierno donde fue especialmente abundante y en Punta de Velilla en primavera. Constituye la primera cita para el litoral de Granada (De la Rosa et al., 2024). (Figura 4: E y F). Talos de color amarillento, erectos y claramente espiralados y márgenes fuertemente dentados (Tsiamis et al., 2013; Sánchez Almeida, 2016). Talos de 2,7-12 cm de alto y 2,5-10 mm de ancho médula formada por

(3)4-6(8) capas de células de 36-72,9 µm de largo y 13,5-47 µm de ancho, claramente mayores que las corticales. No se ha detectado la presencia de estructuras reproductoras sexuales ni asexuales ni vegetativas.

4. Referencias.

- Afonso-Carrillo, J., & Sansón, M. (1999). *Algas, hongos y fanerógamas marinas de las islas Canarias: Clave analítica*. Materiales Didácticos Universitarios. Serie Biología 2.
- Altamirano, M., De la Rosa, J., Carmona, R., Zanolla, M., & Muñoz, A. R. (2019). Macroalgas invasoras en las costas andaluzas. *Algas*, 55e, 10-13.
- Altamirano, M., Díaz-Such, B., & García-Sánchez, J. (2006.). New records for the macrophytobenthos of Andalusia (Spain). VI. *Notas Corológicas del Macrofitobentos de Andalucía (España)*, 161.
- Ávila Ortiz, A. G., Díaz Martínez, S., Hernández Anaya, L., & Fuentes, A. U. (2022). *Guía morfo- anatómica para la determinación taxonómica de la Familia Dictyotaceae distribuida en costas mexicanas del Golfo de México y Mar Caribe*.
- Bárbara, I., García-Redondo, V., Díaz Tapia, P., García-Fernández, A., Piñeiro-Corbeira, C., Peña, V., Lugilde, J., & Cremades, J. (2019). Adiciones y correcciones a la flora bentónica marina del Atlántico ibérico norte. *Acta Botanica Malacitana*.
- Boudouresque, C.-F., Perret-Boudouresque, M., & Blanfuné, A. (2022). Diversity of marine and brackish macrophytes in the Port-Cros National Park (Provence, France, Mediterranean Sea): Taxa and research effort over space and time. *Diversity*, 14.
- Chapman, V. J., & Chapman, D. J. (1980). *Seaweeds and their uses*. London: Chapman and Hall.
- Cormaci, M., Furnari, G., Catra, M., Alongi, G., & Giaccone, G. (2012). *Flora marina bentónica del Mediterráneo: Phaeophyceae*.
- De Clerck, O., & Coppejans, E. (1999). Two new species of Dictyota (Dictyotales, Phaeophyta) from the Indo-Malayan region. *Phycologia*, 38(3), 184-194.
- De Clerck, O., Leliaert, F., Verbruggen, H., Lane, C. E., De Paula, J. C., Payo, D. A., & Coppejans, E. (2006). A revised classification of the Dictyoteae (Dictyotales, Phaeophyceae) based on rbcL and 26S ribosomal DNA sequence analyses. *Journal of Phycology*.
- De la Rosa Álamos, J., Carmona, R., Gómez Garreta, A., Rull Lluch, J. & Altamirano, M. (2021). A new kid on the block: The exotic species *Dictyota cyanoloma* (Dictyotales, Ochrophyta) is spreading into natural habitats in the Mediterranean Sea. International Phycology congress. 22-26 mayo. Chile.
- De la Rosa, J., Contreras, L., Martín, C., Prieto, A., Hidalgo, S., Calero, A., & Espinosa, V. (2024). Notas corológicas del macrofitobentos de Andalucía (España). XIII. *Acta Botanica Malacitana*, 49, 213–220. Recuperado a partir de <https://revistas.uma.es/index.php/abm/articulo/view/18094>.
- Flores-Moya, A., Soto, J., Sánchez, A., Altamirano, M., Reyes, G., & Conde, F. (1995). Check-list of Andalusia (S. Spain) seaweeds. I. Phaeophyceae. *Acta Botanica Malacitana*, 20, 5-18.
- Gabriel, D., & Fredericq, S. (2019). The marine macroalgae of Cabo Verde archipelago: An updated checklist. *Arquipelago. Life and Marine Sciences*, 39.
- Guiry, M. D., & Guiry, G. M. (2008). *AlgaeBase*. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway.
- Invernón, V. R., Orriach, R., Bañares-España, E., Altamirano, M., De la Rosa, J., & Flores-Moya, A. (2009). New records for the macrophytobenthos of Andalusia (Spain). VIII. *Acta Botanica Malacitana*, 34, 201-255.
- Junta de Andalucía. (2015). *Valores ambientales de la zona especial de conservación Acantilados y Fondos Marinos Tesorillo-Salobreña (ES6140013)*.

- Littler, D. S., Littler, M. M., Bucher, K., & Norris, J. (1989). *Marine plants of the Caribbean*. Smithsonian Institution Press.
- Norris, J. N. (2010). *Marine Algae of the Northern Gulf of California: Chlorophyta and Phaeophyceae*. Editor o Institución Editorial.
- Rao, P. S. N., & Gupta, R. K. (2015). *Algae of India Volume 3. A checklist of Indian marine algae (excluding diatoms & dinoflagellates)*. Salt Lake, Kolkata: Botanical Survey of India, Ministry of Environment, Forests & Climate Change, Government of India.
- Rodríguez-Prieto, C., Ballesteros, E., Boisset, F., & Afonso-Carrillo, J. (2013). *Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo occidental*.
- Sánchez Almeida, R. (2016). Morfología vegetativa y reproductora de *Taonia atomaria* (Dictyotales, Phaeophyceae) en las islas Canarias [Vegetative and reproductive morphology of *Taonia atomaria* (Dictyotales, Phaeophyceae) in the Canary Islands].
- Sánchez-Molina, I., González-Ceballos, J., Zetina-Moguel, C., & Casanova-Cetz, R. (2007). Análisis de labiodiversidad de algas marinas situadas entre Uaymitún y Chuburná, Yucatán. *Revista de Biología*, 1 (1), 45-60.
- Silberfeld, T., F. Rousseau & B. de Reviers. 2014. An updated classification of brown algae (Ochrophyta, Phaeophyceae). *Cryptogamie, Algologie* 35: 117-156.
- Steen, F., Aragay, J., Zuljevic, A., Verbruggen, H., Mancuso, F. P., Bunker, F., Vitales, D., Gómez Garreta, A., & De Clerck, O. (2017). Tracing the introduction history of the brown seaweed *Dictyota cyanoloma* (Phaeophyceae, Dictyotales) in Europe. *European Journal of Phycology*, 52 (1).
- Steneck, R. S., & Dethier, M. N. (1994). A functional group approach to the structure of algal-dominated communities. *Oikos*, 69(3).
- Tronholm, A., Steen, F., Tyberghein, L., Leliaert, F., Verbruggen, H., Antonia Ribera Siguan, M., & De Clerck, O. (2010). Species delimitation, taxonomy, and biogeography of *Dictyota* in Europe (Dictyotales, Phaeophyceae) 1. *Journal of Phycology*, 46(6), 1301-1321.
- Tsiamis, K., Panayotidis, P., Economou-Amilli, A., & Katsaros, C. (2013). Seaweeds of the Greek coasts. I. Phaeophyceae. *Mediterranean Marine Science*, 14(1), 141-157.
- Womersley, H. B. S. (1987). *The marine benthic flora of Southern Australia. Pt. II*. Adelaide: South Australian Government Printing Division

Composición, abundancia y diversidad de macroalgas en los ambientes portuarios de Asturias.

Luz María Madrazo-Frías^{1*}, Pablo Pereda Bezanilla¹, Claudia González-Toral², Ricardo López-Alonso¹ & Eduardo Cires¹

¹Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo

²Royal Botanic Gardens, Kew

*luzmariamdf@gmail.com

Resumen.

Las algas desempeñan un papel fundamental en el mantenimiento de los ecosistemas marinos como principales productores primarios. Están clasificadas en algas rojas, verdes y pardas según su estructura y relaciones filogenéticas, también por su origen: nativas si se encuentran naturalmente en un ecosistema, exóticas cuando han sido introducidas de forma accidental o intencionada en áreas fuera de su rango nativo, o criptogénicas si su origen es incierto. Los puertos son la principal vía de entrada de especies marinas invasoras ya que se dispersan fácilmente a través del agua de lastre y el biofouling, extendiéndose más tarde a lo largo de la costa. Por tanto, nuestro objetivo es identificar taxonómicamente las especies de algas encontradas en puertos y costas cercanas de Asturias para compararlas y determinar si existen similitudes en la composición de especies nativas, invasoras o criptogénicas en sus comunidades. Se muestrearon cuatro puertos con diferentes niveles de tráfico marítimo (al este de Cabo Peñas: Gijón y Lastres; al oeste: Avilés y Cudillero) y sus cuatro playas más cercanas durante seis meses. En total se recolectaron 431 muestras de las cuales 115 corresponden a los puertos y 316 a las playas. Encontramos dos especies invasoras (*Asparagopsis armata* y *Sargassum muticum*) en puertos y playas. Sin embargo, también detectamos la presencia de una especie invasora adicional en las playas (*Chondria coerulescens*), a pesar de que los puertos suelen ser la principal entrada de algas invasoras. Sin embargo, es importante destacar que se encontró mayor riqueza de algas en los puertos con mayor influencia marítima, como Gijón. No obstante, aún deben realizarse más estudios que permitan un mayor conocimiento de la diversidad de macroalgas en Asturias.

Palabras clave: macroalgas, Asturias, análisis moleculares, especies invasoras.

Abstract.

Seaweeds play a important role in maintaining marine ecosystems as marine major primary producers. They are classified as red, green, and brown algae based on their structure and phylogenetic relationships, and also by their origin as native species if they are naturally found in an environment, alien species if they have been accidentally or intentionally introduced to areas outside their native range, or cryptogenic species if they have uncertain origins. Ports are the main entry point for invasive marine species, as they are dispersed via ballast water and biofouling and then, they can spread along the coastline. Therefore, we aim to taxonomically identify seaweed species found in ports and nearby coasts of Asturias to compare them and determine whether there exist similarity in the composition of native, invasive, or cryptogenic species within their communities. Four ports with different maritime traffic levels (east of Cabo Peñas: Gijón and Lastres; west: Avilés and Cudillero) and their closest coastal locations were sampled over six months. A total of 431 samples were collected and morphologically identified, 115 from the ports and 316 to the their nearby beaches. Two invasive species (*Asparagopsis armata* and *Sargassum muticum*) in both ports and beaches. Additionally, we detected another invasive species on the beaches (*Chondria coerulescens*), despite of the fact that ports typically are the main entry points for invasive seaweeds. However, it should be highlighted that higher seaweed richness was found in ports with the most maritime influence such as Gijón. Nevertheless, further studies are needed to gain deeper insight into the diversity of macroalgae in Asturias. Nevertheless, more studies are needed to advance our understanding of the diversity of Asturian seaweeds.

Key words: seaweeds, Asturias, molecular analysis, invasive species.

1. Introducción.

Las algas son organismos marinos muy diversos con capacidad para realizar la fotosíntesis (Barsanti & Gualtieri 2022) y desempeñar funciones esenciales que ayuden a mantener unas condiciones ambientales óptimas para el correcto funcionamiento de los ciclos de los nutrientes y el carbono (Smale 2020). También sirven de refugios para otras especies de animales o plantas (Piñeiro-Corbeira et al. 2023). Y sin lugar a dudas, son las responsables de una gran cantidad de beneficios en la lucha contra el cambio climático ya que poseen un papel clave en la producción primaria, aparte de la capacidad de secuestro de carbono a largo plazo (Casado-Amezúa et al., 2019). El cambio climático, la actividad antrópica y las especies invasoras son las tres principales amenazas a las que se enfrentan las algas produciendo un gran declive en sus poblaciones (Eger et al., 2022).

Hoy en día, el más preocupante es el cambio climático causante de una reducción del 38% de las poblaciones de algas en los bosques marinos de todo el mundo. Esto ha generado un aumento de la temperatura de las aguas provocando modificaciones en los rangos de distribución de las especies marinas en busca de mejores condiciones térmicas en el océano (López-Alonso et al., 2023). Concretamente en el Océano Atlántico se ha observado un aumento significativo de la temperatura de sus aguas recientemente, alcanzando entre 0.16-0.8°C por década (Smale 2020, López-Alonso et al., 2023). Esta tendencia coincide con una disminución en las poblaciones de algas, especialmente las adaptadas a aguas frías, en la península Ibérica (Casado-Amezúa et al., 2019, Smale, 2020). Estudios realizados en España y Portugal (Rinde et al., 2014; Casado-Amezúa et al., 2019) concluyeron que algas pardas como *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie, *L. ochroleuca* Bachelot Pylaie, *Saccharina latissima* (Linnaeus) C.E.Lane, C.Mayes, Druehl & G.W.Saunders y *Saccorhiza polyschides* (Lightfoot) Batters han disminuido en

abundancia y rango de distribución, generando extinciones locales, lo cual ha llevado a una pérdida de producción primaria, biodiversidad y refugios para otras especies (Smale 2020).

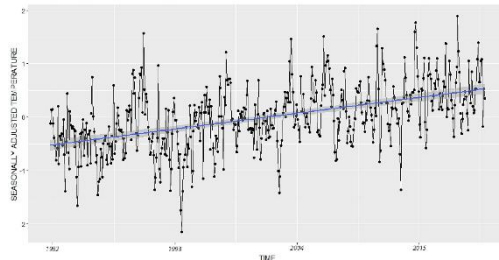


Figura 1. Temperatura media del Mar Cantábrico desde 1982 a la actualidad (López-Alonso et al., 2023).

El calentamiento de las aguas marinas conlleva a un incremento de las especies exóticas e invasoras generando grandes impactos a nivel mundial en los ecosistemas por el aumento de hibridaciones inter-específicas entre especies nativas e invasoras (Knudsen et al., 2022). No obstante, las algas han sido transportadas por todo el mundo, por causas accidentales como deliberadas, desde hace cientos de años contribuyendo a su propagación y expansión (Van der Loos et al., 2023). Se estima que, solo en Europa, se han establecido hasta 14.000 especies de algas alóctonas, y más concretamente, el Océano Atlántico y Mar Mediterráneo poseen alrededor del 20-29% de estas (Van der Loos et al., 2023).

Los puertos son ambientes confinados donde los organismos vivos interactúan junto con factores abióticos en ambientes muy extremos: numerosas perturbaciones, condiciones extremas y presión antrópica elevada (Langeneck, et al., 2020). Se consideran la principal vía de entrada de especies exóticas invasoras marinas en todo el mundo debido al intenso tráfico marítimo y la actividad antrópica (Fernández-Rodríguez et al., 2022). Recientemente se han desarrollado protocolos para poder hacer frente a la problemática de las aguas de lastre de los barcos y el biofouling (Ardura et al., 2020).

En las costas Atlánticas se han localizado varias especies del Catálogo Español de Especies Invasoras (Real Decreto 630/2013) como el alga roja *Asparagopsis armata* Harvey, endémica del este de Australia y las costas de Nueva Zelanda, y *Grateloupia turuturu* Yamada endémica del este de Asia. También, el alga parda *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt, *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar y el alga verde *Codium fragile* subsp. *fragile* (Suringar) Hariot. Las especies invasoras generan efectos nocivos en la riqueza y abundancia de comunidades de especies autóctonas debido a la competición y colonización de nichos además de cambios en las condiciones ambientales como la estructura de la comunidad y la disponibilidad de nutrientes (Reynolds & Aldridge, 2021).

En lo relativo a Asturias, esta región posee una biogeografía muy característica que hace que se encuentren dos tipos de algas marinas: las de temperaturas cálidas hacia el oeste como *Chorda filum* (L.) Stackhouse, *Fucus serratus* L., *Himanthalia elongata* (Linnaeus) S.F. Gray, *Laminaria hyperborea* (Gunnerus) Foslie o *L. saccharina* (L.) y las templadas hacia el este, *Bifurcaria bifurcata* Ross, *Corallina elongata* J.Ellis & Solander, *Cystoseira baccata* (S.G.Gmelin) P.C.Silva, *C. tamariscifolia* (Hudson) Papenfuss, *Gelidium corneum* (Hudson) J.V.Lamouroux, *G. spinosum* (S.G.Gmelin) P.C.Silva y *Lithophyllum byssoides* (Lamarck) Foslie (Cires Rodríguez & Cuesta Moliner 2010). Además, en este mismo estudio se analizó el potencial invasor de especies exóticas en las costas de Asturias como *Antithamnionella ternifolia* (Hooker f. & Harvey) Lyle, *Asparagopsis armata*, *Codium fragile* subsp. *fragile*, *Colpomenia peregrina*, *Sargassum muticum* y *Undaria pinnatifida*, entre otras.

Por tanto, este trabajo se realizó con el objetivo de analizar las especies de macroalgas autóctonas como invasoras que habitan en cuatro puertos del Principado de Asturias (Lastres, Avilés, Gijón y Cudillero). Mediante su identificación morfológica y molecular para ampliar el

conocimiento de las comunidades ficológicas de estos ambientes.

2. Material y Métodos.

En primer lugar, se realizaron dos muestreos por puerto, a excepción de Avilés que por motivos técnicos no se pudo efectuar, durante los meses de noviembre del 2023 a mayo del 2024. Además, los puertos se escogieron debido a su localización: dos al oeste del Cabo Peñas (Cudillero y Avilés) y dos al este (Gijón y Lastres) (Figura 2).



Figura 2. Mapa de Asturias ilustrando las localizaciones de los puertos muestreados (de izquierda a derecha: Cudillero, Avilés, Gijón y Lastres). Modificado de d-maps.com.

Se recogió material de investigación para su posterior extracción de ADN y para realizar pliegos de las especies para su identificación morfológica. Únicamente se recogieron las algas epífitas de un único pantalán por puerto. Para la identificación morfológica se utilizó material bibliográfico especializado como guías de algas y bases de datos online como AlgaeBase (Guiry & Guiry 2024), además del herbario FCO de la Universidad de Oviedo (Cires et al., 2017).

Para la extracción y amplificación de los 22 individuos se utilizó el kit y protocolo NucleoSpin® Plant II (Macherey-Nagel, Düren, Germany). Posteriormente se analizó la región del dominio V5 (UPA) que se encuentra en el ARNr 23S con los pares de primers p23SrV_f1 y p23SrV_r1 (Sherwood & Presting 2007). Se realizó una PCR con las muestras y el producto se secuenció tipo Sanger mediante MACROGEN, España.

Una vez obtenidas las secuencias se realizó un BLAST del National Center of Biotechnology Information (NCBI) de cada secuencia consenso en busca de homologías BLAST el cual proporciona el porcentaje de

identificación de especie de cada secuencia. El porcentaje de identificación debería de ser igual o mayor al 97%, si no fuera el caso, generaríamos un árbol filogenético con IQtree (Nguyen et al. 2015) obteniendo las secuencias de GenBank (Stackebrandt et al., 1994).

3. Resultados.

Durante los muestreos realizados, se identificaron un total de 116 taxones. La identificación inicial se llevó a cabo de forma taxonómica, complementándola con análisis moleculares cuando esto no fue posible. En el puerto de Gijón, que presentó la mayor abundancia de taxones (51 en total), se identificaron 29 individuos a nivel de especie y dos a nivel de género mediante métodos morfológicos. Las muestras

sometidas a análisis molecular fueron recogidas en Gijón, debido a su mayor representatividad y a su importancia como el puerto comercial más transitado de Asturias, y únicamente 6 alcanzaron una validación superior al 97% en el BLAST. En el puerto de Cudillero, se registraron 22 taxones, de los cuales tres se identificaron a nivel de especie y dos a nivel de género. Por su parte, en el puerto de Lastres se recolectaron 23 muestras, logrando identificar siete a nivel de especie y una a nivel de género. Finalmente, en el puerto de Avilés, donde solo se realizó un muestreo, se encontraron 12 taxones, de los cuales siete se determinaron únicamente a nivel de género. Los resultados obtenidos de los muestreos realizados en los diferentes puertos son los siguientes (Tabla 1)

Tabla 1. Riqueza de macroalgas correspondiente a los muestreos en los cuatro puertos de Asturias donde se indica la riqueza de cada puerto, el número de especies invasoras, de algas rojas, pardas y verdes.

Puertos	Riqueza	Especies invasoras	Algas rojas	Algas pardas	Algas verdes
Gijón	17	2	15	11	23
Cudillero	4	-	16	1	8
Avilés	1	-	4	1	8
Lastres	5	1	16	-	11

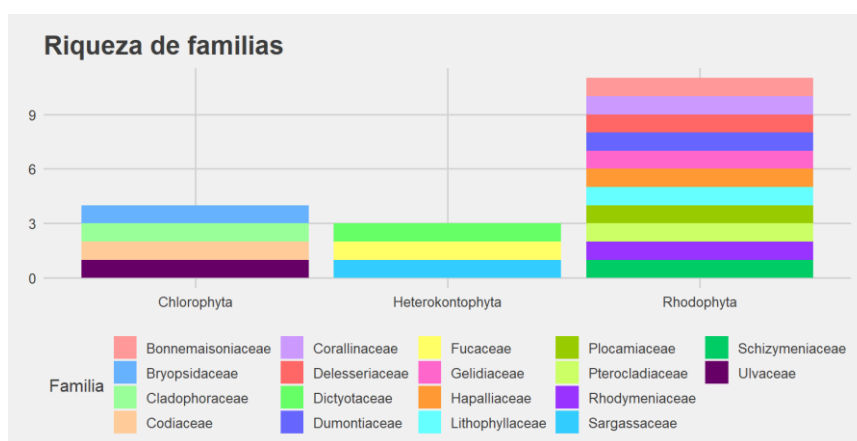


Figura 3. Histograma de la riqueza por familias dentro de cada filo (de izquierda a derecha: Chlorophyta, Heterokontophyta, Ochlorophyta y Rhodophyta).

Las diferencias en la riqueza de especies entre los puertos resultaron notables. El puerto de Gijón presentó la mayor riqueza, con 17 especies registradas, mientras que el puerto de Avilés mostró la menor, con solo una especie identificada. En Gijón, el primer muestreo arrojó un mayor número de especies que el segundo, en contraste con el puerto de Cudillero, donde se observó una mayor diversidad en el segundo muestreo. En Lastres, las diferencias entre ambos muestreos fueron mínimas. En cuanto a especies invasoras, su presencia fue limitada. No se detectaron indicios de estas en los puertos de Cudillero y Avilés. En cambio, en Gijón se encontraron dos especies invasoras: el tetrasporófito del alga roja *Asparagopsis armata* y el alga parda *Sargassum muticum*. En Lastres, únicamente se observó *Asparagopsis armata*. Asimismo, de los 116 taxones muestreados, podemos destacar un dominio de las algas rojas, phylum Rhodophyta, como muestra la Figura 4, encontrándose hasta 11 familias diferentes dentro de las algas rojas. En segundo lugar, están las algas verdes, phylum Chlorophyta, con un total de 4 familias. Por último, se encuentran las algas pardas, phylum Heterokontophyta, con un total de 3 familias.

4. Discusión.

Los puertos son zonas afectadas por las especies invasoras ya que son ambientes que se encuentran modificados y con un constante y elevado tráfico marítimo, aunque las algas prefieran ambientes más naturales con menor contaminación y cambios de temperatura (Petrocelli et al., 2019). Sin embargo, la falta de conocimiento en estos ambientes provoca desconocimiento sobre la composición ficológica y los problemas que atañen a la entrada de especies invasoras (Ibabe et al., 2024). Para ello, desde la Unión Europea se estableció la “Marine Strategy Framework Directive (MSFD)” que incluye los Objetivos Blueports para tratar de forma adecuada los recursos portuarios y evitar invasiones biológicas (Dopico Rodríguez &

Borrell Pichs 2020). La temprana identificación de las especies invasoras es esencial para poder poner en marcha herramientas que las gestionen (Miralles et al., 2016).

Nuestros resultados muestran una mayor riqueza de especies en el puerto de Gijón en comparación con los demás puertos estudiados. Aunque en el puerto de Avilés solo se realizó un único muestreo, lo que dificulta una comparación precisa. Predominaron claramente las algas rojas, seguidas por las algas verdes y, en menor proporción, por las algas pardas. Esta dominancia de las algas rojas podría atribuirse a su alta tolerancia a distintos tipos de hábitats. Las algas verdes, en segundo lugar, destacaron por su resistencia a la contaminación, característica común en entornos portuarios (Petrocelli et al., 2019). Cabe señalar que el muestreo se realizó en los pantalanes de los puertos, un tipo de sustrato artificial con menor complejidad estructural en comparación con los naturales. Esto explica la ausencia de comunidades de algas grandes y bien estructuradas (Gacia et al., 2007).

En general, se identificaron más especies autóctonas que exóticas invasoras. Las algas invasoras detectadas se localizaron únicamente en la costa oriental de Asturias, tanto en el puerto comercial de Gijón como en el puerto recreativo de Lastres. Esta región, situada al este del Mar Cantábrico, se caracteriza por aguas más cálidas, afectadas por el cambio climático, lo que está acelerando un proceso de tropicalización (Kersting 2016, Casado-Amezúa et al., 2019, Ramos et al., 2020) Este fenómeno favorece la llegada de algas invasoras. Además, el puerto de Gijón, ubicado en esta zona, desempeña un papel relevante debido a su elevado tráfico marítimo y el gran número de embarcaciones que lo utilizan (Díaz Rato et al., 2008).

Recientemente se ha registrado la llegada a las costas del cantábrico del alga parda *Rugulopteryx okamurae* (E.Y. Dawson) I.K. Hwang, W.J. Lee & H.S. Kim, una especie potencialmente invasora originaria del este

de Asia (Díaz-Tapia et al. 2024). Esta alga ya había sido detectada en el Mediterráneo, así como en el sur de España, Portugal y Marruecos (Bernal Ibáñez et al., 2022). Es previsible que, de no tomarse medidas preventivas, esta especie alcance las costas asturianas, donde podría generar impactos negativos en los ecosistemas marinos. Un desafío adicional es su similitud morfológica con especies autóctonas, como el alga parda *Dictyota dichotoma* (Hudson) J.V. Lamouroux, lo que podría dificultar su detección temprana (Verlaque et al. 2007). Estos estudios sobre la composición de las algas en nuestros ecosistemas son clave para diseñar estrategias de conservación y protección de las especies autóctonas vulnerables frente a competidores invasores (Faulkner et al., 2017). Asimismo, resulta esencial identificar las especies que amenazan a las comunidades nativas en los puertos, lo que permite anticipar la llegada de nuevas especies a través del tráfico marítimo.

5. Referencias.

- Ardura, A., Borrell, Y. J., Fernández, S., González Arenales, M., Martínez, J. L., García-Vazquez, E. (2020) Nuisance Algae in Ballast Water Facing International Conventions. Insights from DNA Metabarcoding in Ships Arriving in Bay of Biscay. *Water* 8: 2168.
- Barsanti, L., Gualtieri, P. (eds). (2022) *Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. CRC Press. Florida, USA. 457 pp.
- Casado-Amezúa, P., Araújo, R., Bárbara, I., Bermejo, R., Borja, Á., Díez, I., Fernández, C., Gorostiaga, J. M., Guinda, X., Hernández, I., Juanes, J. A., Peña, V., Peteiro, C., Puente, A., Quintana, I., Tuya, F., Viejo, R. M., Altamirano, M., Gallardo, T., Martínez, B. (2019) Distributional shifts of canopy-forming seaweeds from the Atlantic coast of Southern Europe. *Biodiversity and Conservation* 5: 1151-1172.
- Cires Rodríguez, E., Cuesta Moliner, C. (2010) Checklist of benthic algae from the Asturias coast (North of Spain). *Boletín de Ciencias de la Naturaleza* 51, 135-212.
- Cires, E., Nava, H., Fernández Prieto, J. A., & Fernández Márquez, M. A. (2017) Herbario Virtual FCO. Herbario Virtual FCO. Departamento de Biología de Organismos y Sistemas, Universidad de Oviedo. <https://herbario.uniovi.es/fco> (consultado el 17-12-2024)
- Dopico Rodríguez, E. V., Borrell Pichs, Y. J. (eds.) (2020) Scientific and Educational Strategies for a Sustainable Port Activity facing Biological Invasions: From Ports to BluePorts. Is it possible? Ediciones de la Universidad de Oviedo, España. 54 pp.
- Eger, A. M., Marzinelli, E. M., Christie, H., Fagerli, C. W., Fujita, D., Gonzalez, A. P., Hong, S. W., Kim, J. H., Lee, L. C., McHugh, T. A., Nishihara, G. N., Tatsumi, M., Steinberg, P. D., Vergés, A. (2022) Global kelp forest restoration: Past lessons, present status, and future directions. *Biological Reviews* 4: 1449-1475.
- Fernández-Rodríguez, I., López-Alonso, R., Sánchez, O., Suárez-Turienzo, I., Gutiérrez-Martínez, R., Arias, A. (2022) Detection and prevention of biological invasions in marinas and ports: Epibionts and associated fauna of *Mytilus galloprovincialis* revisited. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 274: 107943.
- Gacia, E., Satta, M. P., & Martín, D. (2007) Low crested coastal defence structures on the Catalan coast of the Mediterranean Sea: how they compare with natural rocky shores. *Scientia Marina* 2:259-267.
- Guiry, M. D., Guiry, G. M. (2024) AlgaeBase. World-wide electronic publication, University of Galway, Ireland. <https://www.algaebase.org>. (consultado el 17-12-2024)
- Ibabe, A., Menéndez-Teleña, D., Soto-López, V., Ardura, A., Arias, A., Bartolomé, M., Borrell, Y. J., Fernandez, S., Machado-Schiaffino, G., Mateo, J. L., Dopico, E., García-Vazquez, E. (2024) New dockside eDNA based protocol to detect the seaweed

- Asparagopsis armata evaluated by stakeholders. *Marine Pollution Bulletin* 201: 116259.
- Knudsen, S. W., Hesselsøe, M., Thaulow, J., Agersnap, S., Hansen, B. K., Jacobsen, M. W., Bekkevold, D., Jensen, S. K. S., Møller, P. R., Andersen, J. H. (2022) Monitoring of environmental DNA from nonindigenous species of algae, 23 dinoflagellates and animals in the North East Atlantic. *Science of The Total Environment* 821: 153093.
- Langeneck, J., Lezzi, M., Del Pasqua, M., Musco, L., Gambi, M.C., Castelli, A., Giangrande, A. (2020) Non-indigenous polychaetes in Italian Seas: a critical review. *Mediterranean Marine Science* 21: 238-275.
- López-Alonso, R., Sánchez, O., Pascual-Parra, E., Borrell, Y. J., Martínez-Pérez, J., Arias, A. (2023) *Plicopurpura patula* and *Monoplex parthenopeus* (Gastropoda: Caenogastropoda): New evidence of the tropicalization of the Bay of Biscay (NE Atlantic). *Journal of Sea Research* 194: 102412.
- Miralles, L., Ardura, A., Arias, A., Borrell, Y. J., Clusa, L., Dopico, E., de Rojas, A. H., Lopez, B., Muñoz-Colmenero, M., Roca, A., Valiente, A. G., Zaiko, A., GarciaVazquez, E. (2016) Barcodes of marine invertebrates from north Iberian ports: Native diversity and resistance to biological invasions. *Marine Pollution Bulletin* 1: 183-188.
- Nguyen, L.-T., Schmidt, H. A., Von Haeseler, A., Minh, B. Q. (2015) IQ-TREE: A Fast and Effective Stochastic Algorithm for Estimating Maximum-Likelihood Phylogenies. *Molecular Biology and Evolution* 1: 268-274.
- Real Decreto 630/2013, de 2 de agosto, por el que se regula el Catálogo español de especies exóticas invasoras. I «BOE» núm. 185, de 03/08/2013.
- Reynolds, S. A., Aldridge, D. C. (2021) Global impacts of invasive species on the tipping points of shallow lakes. *Global Change Biology* 23: 6129-6138.
- Petrocelli, A., Antolić, B., Bolognini, L., Cecere, E., Cvitković, I., Despalatović, M., Falace, A., Finotto, S., Iveša, L., Mačić, V., Marini, M., Orlando-Bonaca, M., Rubino, F., Trabucco, B., Žuljević, A. (2019) Port Baseline Biological Surveys and seaweed bioinvasions in port areas: What's the matter in the Adriatic Sea? *Marine Pollution Bulletin* 147: 98-116.
- Piñeiro-Corbeira, C., Barrientos, S., Provera, I., García, M. E., Díaz-Tapia, P., Peña, V., Bárbara, I., Barreiro, R. (2023) Kelp forests collapse reduces understory seaweed β -diversity. *Annals of Botany*, 154: 93-104.
- Sherwood, A. R., Presting, G. G. (2007) Universal primers amplify a 23S rDNA plastid marker in eukaryotic algae and cyanobacteria. *Journal of Phycology* 3: 605-608.
- Smale, D. A. (2020) Impacts of ocean warming on kelp forest ecosystems. *New Phytologist* 4: 1447-1454.

Los usos de las algas de España.

Ignacio Hernández¹, Manuel Macías² y Erik-jan Malta²

1. Departamento de Biología. Universidad de Cádiz, 11510 Puerto Real.

2. Ctaqua (Centro Tecnológico de la Acuicultura). Muelle Comercial s/n. 11500 El Puerto de Santa María

En los últimos años los investigadores españoles han puesto un gran esfuerzo en transmitir los conocimientos sobre las algas hacia la Sociedad, siguiendo la senda de

otros trabajos previos de las postrimerías del siglo XX y los albores del siglo actual. Obras como las de Pérez-Lloréns et al. (2012), Rodríguez-Prieto et al. (2013), Pérez-Loréns

et al. (2016) o Lloret y Ballesteros (2024) han tratado de llevar al público en general no solo la identificación de las especies más habituales de nuestras costas sino las posibilidades que ofrecen para el hombre los servicios ecológicos de estos productores primarios. En este contexto de transmisión de conocimiento a la ciudadanía se acaba de publicar el libro “Algas de las costas españolas: potenciales usos y aplicaciones” gracias al proyecto INNOVALGA (Impulso al sector emergente y sostenible de las micro y macroalgas en España: diversificación de especies y aplicaciones con alto valor comercial y ambiental). La idea de este libro surgió de las primeras reuniones que tuvimos algunos impulsores del proyecto. Tomando como referencia el trabajo de Gallardo et al. (2016), decidimos que sería una buena idea repasar los géneros de algas que existen en España y ver los usos actuales y potenciales en alimentación humana y animal, biomedicina, cosmética, agricultura, etc. Aunque al principio, llevados por el siempre entusiasta Ricardo Bermejo, pensamos en analizar todas las especies, muy pronto nos dimos cuenta de que esta era una tarea inabordable.

El trabajo se dividió entre los integrantes del proyecto, con una importante participación de Beatriz Ramos como parte de un Trabajo de Fin de Grado (Ramos 2022) y de Claudia Cara, quien estuvo contratada durante unos meses en la Universidad de Cádiz para revisar el listado de géneros de algas verdes (22) y analizar los usos de los distintos géneros de algas pardas (37). Las microalgas y cianobacterias (nuestras disculpas a los puristas), con un total de 10 géneros estudiados, fueron fundamentalmente responsabilidad de los compañeros del Banco Español de Algas (BEA) y las algas rojas (40 géneros) fueron lideradas por Ricardo Bermejo y repartidas entre investigadores de la Universidad de Málaga, Ctaqua y el BEA. Finalmente, todos los miembros del consorcio tuvimos oportunidad de repasar un número de fichas que fue creciendo sin cesar hasta prácticamente el final del proyecto.

El libro está maquetado y diseñado por Lsgráfico y Victor Acosta e incluye una fotografía de cada género de alga descrito. Estas fotografías han sido aportadas desinteresadamente por compañeros del gremio, a quienes hemos tenido que pedir que desempolvaren sus archivos para encontrar alguna fotografía bien elegida. Gracias sobre todo a Ignacio Bárbara por su generosidad y cómo no a J.M Huisman, E. Santarelli, M. Vetsenj, A. Frijsinger, P. Neves, C.A. Da Silva, D. Rabeling, G. O'Donohoe, I. Rubio, G. Chung, F. Henriques, M. Zanolla, I. Folgueira, F. Lalegerie, I. Moreu, R. Hoffman, C. Rodriguez-Prieto, J. Lugide, M. Altamirano, F. Bunker y todos los socios del proyecto. Asimismo, el libro incluye unas preciosas ilustraciones de Victor Acosta, quien ha sabido recoger en sus dibujos las formas y tonalidades de las algas para dar un valor añadido a la obra.

Dos apuntes más: dado el exiguo presupuesto, solamente se han podido imprimir 100 ejemplares por lo que lamentablemente va a ser difícil hacerte con uno. Nuestro deseo es poder imprimir unos centenares más, y como dijera un Expresidente del Gobierno vocalizando en tejano “estamos trabajando en ello”. De momento, puedes acceder al texto a través del enlace del Departamento de Biología de la Universidad de Cádiz pinchando en “documentos de interés” o en la página de LinkedIn “Proyecto INNOVALGA” En ambos enlaces se puede acceder además a un cuidado y sencillo recetario con algas, otro de los entregables del proyecto. El segundo apunte es que consideres esta obra como una modesta primera versión sobre los usos de las algas en nuestro país. Realmente este tema da para un profuso texto de revisión pues la investigación sobre algas ha alcanzado tal volumen que un análisis de los usos actuales y potenciales en profundidad podría llevar a un número mucho más significativo de páginas. Dejemos esta obra como primera referencia e invitamos a los nuevos ficólogos a que se sumerjan en nuevas y profundas aplicaciones de la enorme diversidad de especies de algas de las costas de España.

Agradecimientos. Este trabajo es fruto del proyecto “Impulso al sector emergente y sostenible de las micro y macroalgas en España: diversificación de especies y aplicaciones con alto valor comercial y ambiental” (Innovalga) PESCA-ACUI-MAPA-2022-002, financiado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en el marco del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia (PRTR) a través del real Decreto 685/2021).

Referencias.

Gallardo T, Bárbara I, Afonso-Carrillo J, Bermejo R, Altamirano M, Gómez-Garreta A, Barceló MC, Rull J, Ballesteros E, de la Rosa J (2016). Nueva lista crítica de las algas bentónicas marinas de España. *Algas* 51: 7-52.

Llobet T, Basllesteros E (2024). 125 animales y algas litorales del mediterráneo de España que hay que conocer (miniguía de campo). *Oryx*.

Pérez-Lloréns JL, Hernández I, Bermejo R, Peralta G, Brun FG, Vergara JJ (2012). Flora marina del litoral gaditano: Biología, ecología, usos y guía de identificación. mCN Monografías.

Pérez-Lloréns JL, Hernández I, Vergara JJ, Brun FG, León A (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.

Ramos B (2022). Evaluación de las macroalgas verdes (Chlorophyta) de las costas españolas con alto potencial en gastronomía o industrial. Trabajo de Fin de Grado. Universidad de Cádiz.

Rodríguez-Prieto, C, Ballesteros E, Boisset F, Afonso-Carrillo J (2013). Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo occidental. Omega.

Stackebrandt, E., Goebel, B., Wayne, G., Brenner, D. J., Colwell, R. R., D Grimont, P. A., Krichevsky, M. I., Moore, L. H., C Moore, W. E., E Murray, R. G., Starr, M. P., Triiper, H. G. (1994) Taxonomic Note: A Place for DNA-DNA Reassociation and 16s rRNA Sequence Analysis in the Present Species Definition in Bacteriology. In: *International Journal of Systematic Bacteriology* (Trujillo, M.E. eds.), 846-849. University of Salamanca, Spain.

Van der Loos, L. M. et al. (2023) Non-indigenous seaweeds in the Northeast Atlantic Ocean, the Mediterranean Sea and Macaronesia: A critical synthesis of diversity, spatial and temporal patterns. *European Journal of Phycology* 2: 127-156

Sesión científica y Asamblea de la Sociedad Española de Ficología.

Por Julio De la Rosa.

Secretario Sociedad Española Ficología

Departamento Botánica. Facultad Ciencias. Universidad de Granada.

El pasado 22 de noviembre se desarrolló en sesión matinal en la Facultad de Ciencias de la Universidad de Granada la Sesión Científica de la Sociedad Española de Ficología (SEF) y en sesión de tarde la Asamblea Anual de la SEF.

La Sesión Científica fue inaugurada por nuestro presidente y durante el desarrollo de esta tuvimos la oportunidad de conocer los

resultados de los trabajos de diferentes proyectos por parte de diferentes socios y socias. Tras las exposiciones de cada una de las contribuciones pudimos tener un debate que muy enriquecedor y donde pudimos conocer un poco más sobre los diferentes temas expuestos. En total se presentaron 7 comunicaciones, las cuales, las cuales podéis ver en la tabla 1.

Tabla 1. Autores y título de la contribución presentada en la sesión científica.

Autor/Ponente	Título
Presidente SEF	Inauguración sesión científica
Erik Malta	Métodos de cultivo y conservación de algas marinas para consumo humano: primeros resultados del proyecto NOVAFOODIES
Jesús Rosas	Explicando la invasividad de <i>Rugulopteryx okamurae</i> (Dictyotales, Ochrophyta) a partir de su dinámica poblacional en una pradera de Posidonia oceanica
Juan J. Vergara	Las algas en la canción española e iberoamericana
África Núñez Irene Rueda	UMAlgas: una iniciativa universitaria para la conservación de las algas.
Cristina Blasco	Contenido de ADN y patrón de desarrollo nuclear de Delesseriaceae (Rhodophyta) de las Islas Shetland del Sur (Antártida).
Joana Aragay	Presencia <i>Rugulopteryx okamurae</i> costas catalanas
Fernando Bolivar	Análisis colorimétrico de pigmentos algales procedentes de la costa de Granada

Al término de la sesión científica se procedió a la votación del XXII premio SEF Joven a la mejor comunicación oral que este año recaló en nuestra compañera y socia Cristina Blasco por la comunicación *Contenido de ADN y patrón de desarrollo nuclear de Delesseriaceae (Rhodophyta) de las Islas Shetland del Sur (Antártida)*. A continuación, se procedió a la votación del

XXVIII concurso fotográfico de la SEF y que como cada año su fallo se dio a conocer durante la asamblea celebrada en sesión de tarde. Al concurso se presentaron un total de 11 fotografías. Este año la foto premiada, la cual es la portada de este número del *Algas* correspondido a la fotografía presentada por nuestra compañera María Altamirano Jeschke con el título *Yo y solo yo*.



Foto grupal de los asistentes a la sesión científica de la SEF

Durante la tarde se celebró según lo previsto la Asamblea anual de la SEF en la que los asistentes lo pudieron hacer tanto de forma presencial como on-line. Durante la asamblea se trataron los distintos puntos previstos en el orden del día y entre ellos figuraba la presentación de la nueva página

web de la SEF, la cual os animamos a que visitéis. En ellas tenéis disponibles todos los números de nuestro boletín *Algas*. Al terminar la asamblea tuvimos la oportunidad de visitar el museo de la Fundación Ligalismo, dirigida por nuestro socio Fernando Bolivar. Durante la visita

pudimos pasear por distintas salas a la vez que recibimos una explicación muy detallada de cada una de las obras expuestas. Por supuesto no faltó la zona dedicada a las algas. Al día siguiente, y organizada en el marco de la Asamblea pudimos disfrutar un día inmejorable de un fantástico paseo por Sierra Nevada y visitar los borreguiles de los

Campos de Otero, en el valle del río San Juan y para la que contamos con la participación y colaboración de nuestro querido y entrañable socio Pedro Sánchez Castillo, quien nos ilustró sobre las algas de estos ambientes y su importancia. La actividad finalizó con una comida en el refugio de los Peñones de San Francisco



Foto superior, Nuestras compañeras África e Irene durante su exposición en la sesión científica. Foto central, Fernando durante la visita guiada a la Fundación Lugalismo. Foto inferior, excursión a Sierra Nevada, atendiendo a las explicaciones de Pedro sobre métodos de recolección y las algas de los borregiles.

Sobre las algas epipélicas invernales de los borreguiles de Sierra Nevada.

Martín Girela, María Isabel, Julio De la Rosa Álamos y Pedro M. Sánchez Castillo*
Laboratorio de Ficología, Departamento de Botánica, Facultad Ciencias. Universidad de Granada.
*psanchez@ugr.es

Durante la última reunión de la SEF, celebrada en Granada, un puñado de amantes de las algas, entre ellos buenos y viejos amigos, tuvimos la oportunidad de compartir un agradable paseo por Sierra Nevada. Si bien no pudimos alcanzar las grandes cumbres, si vislumbramos sus siluetas desde una localidad botánica clásica: los prados de Otero, donde confluyen numerosos arroyos, regatos y veneros que alimentan el curso medio-alto del río San Juan (tributario del Genil). El albergue de San Francisco, donde comimos, solo es parte de una antigua construcción que aún conserva el sabor histórico de la arquitectura de montaña de principios del siglo XX, cuando la “*Sociedad Sierra Nevada*” lo construye para promover el desarrollo de las actividades deportivas en la montaña, así como su disfrute por parte de la ciudadanía.

Los borreguiles de los prados de Otero son fácilmente accesibles desde el albergue, y

los de menor altitud de Sierra Nevada, situados en una cota baja, en torno a los 2100 m. Estas formaciones pratenses se encuentran ligadas a zonas húmedas, por lo general próximos a cursos de agua, con parámetros ambientales propios de la montaña silíceo (Tabla 1): muy bajos valores de conductividad, pH desde moderadamente ácido hasta neutro y temperaturas, durante la visita, próximas a los típicos invernales (recordad que el agua ya estaba empezando a congelarse, con presencia de carámbanos).

En este hábitat se desarrollan importantes comunidades ficológicas para cuyo estudio desarrollamos aquella simulación de muestreo. Como complemento a esa jornada, y con el objetivo de estimular el interés de nuestros más jóvenes ficólogos, compartimos algunos datos sobre las algas que aparecieron de forma mayoritaria y algunos de cuyos aspectos podéis consultar en Sánchez Castillo et al (2019).

Tabla 1.- Parámetros ambientales medidos en los diferentes puntos de muestreo, desde el inicio del trayecto hasta el punto final del mismo. Estación 1: Regatos en el camino de acceso al albergue. Estación 2: Primer encharcamiento, (prado de Carex). Estación 3: Regato intermedio. Estación 4: Segundo encharcamiento (prados mixtos).

	ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	ESTACIÓN 3	ESTACIÓN 4
Temperatura (°C)	7	2,5	3	2,5
Conductividad (µS/cm)	85	25	25	35
pH	6,8	5,9	6	6,1

La composición taxonómica de las comunidades microfítobentónicas móviles (epipelon) ligadas al laberinto de tallos de la base del borreguil estaba constituido básicamente por desmidiáceas, junto a ellas también aparecieron diferentes especies de cianobacterias, crisofíceas, diatomeas, y otras algas verdes cocales más primitivas.

Entre las cianobacterias destacó una especie del antiguo género *Oscillatoria*, en la actualidad *Geitlerinema splendidum* (Greville ex Gomont) Anagnostidis (Figura 1a) dotada de una combinación de movimientos ondulado y deslizante que le permite explorar y colonizar los ambientes más diversos, es característica de sistemas oligo/mesotróficos y frecuente en diferentes

Por su parte las closteriáceas también estuvieron bien representadas por especies como *C. cf. OXQXOIV* (Figura 2c) y otras de menor tamaño posiblemente afín a *C. SDUYXOXPIJHOL* (Figura 2e). En ellas es posible apreciar sus vacuolas terminales, cuyos corpúsculos muestran el característico movimiento browniano de los gránulos de sulfato que supuestamente facilitan la acumulación y posible expulsión de diferentes cationes, proceso que pudiera ser una útil herramienta en procesos de bio-remediación donde estén implicados metales como el bario o el estroncio (Krejci, 2011). Estos micro-acúmulos polares son compartidos con las especies de *Penium* antes comentadas, donde la coloración ferrugínea de las mismas podría indicar también la presencia de hierro en este proceso o en su pared celular. También en la desmidiácea *Pleurotaenium trabecula* Nägeli (Figura 2k) se presentan similares vacuolas terminales, las figuras 2l, 2m y 2n muestra un detalle de estas.

Respecto a las más típicas desmidiáceas, en sentido estricto, no aparecieron con la exuberante diversidad de las comunidades estivales, pero si fue posible observar especies muy características y poco frecuentes en estos ambientes nevadenses, tales como *Micrasterias denticulata* Brébisson ex Ralfs (Figura 2h), de la que hasta ahora solo conocíamos una población localizada en borreguiles de cota media. También aparecieron *Cosmarium quadratum* Ralfs ex Ralfs (Figura 2f) y *C. regnelli* Wille (Figura 2j) que junto a *Staurastrum hirsutum* (Ehrenberg) Ralfs (Figura 2g) representan a dos de los géneros más abundantes en las comunidades estivales de estos sistemas. Otros géneros también frecuentes durante el verano, como *Actinotaenium*, *Euastrum* o *Stauroidesmus* no estuvieron representados en este muestreo cuasi invernal.

Como hemos observado, existen un buen número de desmidiáceas capaces de vivir en condiciones de temperatura próximas a la congelación, resistiendo las duras condiciones invernales de la montaña. En

especies como *Micrasterias denticulata* se ha puesto de manifiesto (Steiner, 2021) su capacidad para alejarse de la superficie del agua y “enterrarse” en el sedimento, donde las temperaturas no alcanzarán los valores de congelación de la superficie. Probablemente esta estrategia adaptativa esté extendida entre otras especies permitiendo la subsistencia invernal de aquellas desmidiáceas donde el enquistamiento o la formación de cigoto no sea posible, bien por su naturaleza heterotálica o bien por la ausencia de condiciones favorables en las homotálicas.

Espero que esta nota haya servido para incentivar vuestra curiosidad por las increíbles algas que viven en estos ambientes marginales, frecuentes a la vez que desconocidos, de todas nuestras montañas. Fue un placer realizar esta caminata con todos vosotros y espero que pronto podamos compartir experiencias similares.

Referencias.

- Fernández Moreno, D. (2024) *Flora diatomológica de los humedales de Andalucía*. Tesis doctoral. UGR.
- Krejci, M., Wasserman, B., Finney, L. et al. (2011) Selectivity in mineralization of Barium and Strontium. *Journal of structural Biology*, 176: 192-202.
- Linares Cuesta, J. E. (2003) *Las diatomeas bentónicas de las lagunas del Parque Nacional de Sierra Nevada. Estudio comparado con las colecciones del herbario de la Universidad de Granada (GDA)*. Tesis doctoral. UGR.
- Rydhal, M., Fangel, J. Mikkelsen, M. et al. (2015) *Penium margaritaceum* as a model organism for cell wall analysis of expanding plant cells. In: *Plant Cell Expansion, Methods and protocols* (Estevez, J.M.): 1-22. Humana Press.
- Sánchez Castillo, P., Carrillo, P., Pérez Martínez, C. et al. (2019) Conocer y conservar las algas de Sierra Nevada. Una necesidad científica y una herramienta de control ambiental. En: *Biología de la conservación de plantas en Sierra Nevada* (Peñas, J. & Lorite, J.): 41-52. EUG



Foto grupal durante la comida en el refugio de los Peñones de San Francisco al finalizar la excursión.

Presencia de *Rugulopteryx okamuræ* (Phaeophyceae: Dictyotales) en las costas catalanas.

Aragay Soler, Joana*, Amelia Gómez Garreta y Jordi Rull Lluch
Secció de Botànica, facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació, Universitat de Barcelona
*joana.aragay@gmail.com

Rugulopteryx okamuræ (E.Y.Dawson) I.K.Hwang, W.J.Lee & H.S.Kim (*Dictyotales*, *Phaeophyceae*) es una especie de aguas templadas originaria del Pacífico occidental que fue citada del mar Mediterráneo por primera vez en 2002. La cita se basa en material procedente de la laguna de Thau, en la costa francesa, y fue considerada una introducción accidental debido a la importación de ostra japonesa para el cultivo. En 2015, *R. okamuræ* fue detectada frente a las costas de Ceuta y Marruecos y desde entonces la especie se ha expandido a diferentes zonas del mar Mediterráneo, provocando importantes impactos negativos, tanto ecológicos como económicos, en las zonas afectadas. En el Mediterráneo, *R. okamuræ* está considerada una especie invasora y en 2022 fue incluida

en la Lista de especies invasoras de preocupación para la Unión Europea, ubicándose entre las más invasoras del Mediterráneo. En este estudio damos a conocer la presencia de *R. okamuræ* en las costas de Cataluña, lo que representa la primera cita de la especie en esta zona geográfica. La especie fue encontrada en junio de 2024 en el puerto de Llançà (Girona) y posteriormente (comunicación personal) se detectó también en el puerto de Colera (Girona). Debido al comportamiento expansivo que ha tenido esta especie en la zona de Gibraltar, consideramos necesario hacer el seguimiento y monitoreo de estas poblaciones para conocer la evolución de la expansión de la especie en las costas catalanas.

Flora diatomológica de los humedales de Andalucía.

Tesis doctoral.

Autor: David Fernández Moreno. Departamento de Botánica. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

Directores: Pedro Sánchez Castillo y Carmen Pérez Martínez.

Fecha defensa: 20 diciembre 2024.

El día 20 de diciembre tuvo lugar la defensa de la tesis doctoral en el salón de grados de la Facultad de Ciencias en la Universidad de Granada con el título “Flora diatomológica de los humedales de Andalucía” (Figura 1).



Figura 1. Acto de defensa de la Tesis doctoral Flora diatomológica de los humedales de Andalucía.

En esta tesis se exploran los factores ambientales que más influyen en la

distribución y abundancia de especies de diatomeas epipélicas en diferentes humedales del sur de España, concretamente en la comunidad andaluza. De acuerdo con los distintos análisis estadísticos utilizados a partir de 25 variables ambientales, la conductividad es la variable más explicativa en la distribución de las comunidades de diatomeas epipélicas en 53 humedales de diversa tipología (alta y media montaña, endorreicos, litorales). Además, en el estudio taxonómico realizado en estos humedales de Andalucía, se han identificado más de 360 taxones, de estas, numerosas especies necesitarán un estudio en mayor profundidad ya que podrían ser potencialmente nuevas. Aun así, se han descrito dos nuevas especies (Figura 2) que sin duda suponen un incremento en el conocimiento de las diatomeas en la comunidad andaluza

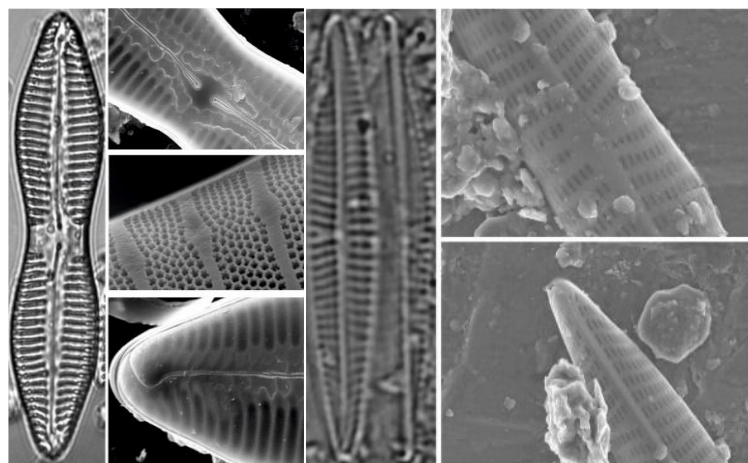


Figura 2. Nuevas especies de diatomeas en Andalucía. Izda: *Pinnularia baetica* sp. nov.; Dcha; *Navicula maiorpargemina* sp. nov.

¿Puede ser la capacidad de adaptación a las olas de calor un factor más que explique la invasividad de *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta)?

Trabajo Fin de Máster.

Autora: Gala Uribe Ballesta. Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Universidad de Málaga. Máster Diversidad Biológica y Medio Ambiente. mail: galauribe11@gmail.com

Tutora: María Altamirano Jeschke. Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal, Universidad de Málaga.

Cotutor externo: Francisco Arenas Parra. Centro Interdisciplinar de InvestigaçãO Marinha e Ambiental (CIIMAR).

Fecha defensa: 27 de septiembre de 2024.

El aumento de la temperatura de los océanos y el establecimiento de especies no autóctonas, son dos de las principales amenazas que provocan el declive de la biodiversidad en nuestros océanos. El incremento de la frecuencia y duración de las olas de calor en nuestras costas y el establecimiento de la especie invasora *Rugulopteryx okamurae* está teniendo graves consecuencias ecológicas y socioeconómicas. Resulta esencial conocer la respuesta de esta especie a eventos de estrés térmico y la relación existente con la comunidad nativa, con el fin de optimizar las acciones para su control.

El presente estudio analiza la respuesta fisiológica al estrés térmico del morfotipo intermedio y grueso de *R. okamurae* y de la especie nativa, *Halopteris scoparia*. Los diferentes tratamientos llevados a cabo tratan de analizar la sensibilidad y la capacidad de adaptación de las especies a las olas de calor, con el propósito de discernir si existe una ventaja adaptativa de *R. okamurae* que propulse su carácter invasor.

Se simulan condiciones de olas de calor en el laboratorio con diferente duración (3,6,12 y 24 horas) e intensidades diferentes de estrés térmico. Se fijan las temperaturas inicial y final para responder a las diferentes cuestiones, siendo éstas de 15°C y 48°C, por lo que se da un incremento de 33°C a diferente velocidad, asociada a la duración de la rampa. Los talos fueron sometidos a una pre-aclimatación previa a los

experimentos, en cámaras de cultivo entre 5 y 7 días en el interior de matraces con 2-3 l de agua de mar filtrada renovada cada dos días. Para cada rampa se tomaron valores del yield de cada uno de los talos (n=20) con una frecuencia que garantiza un seguimiento de la respuesta al incremento de temperatura, con el fin de poder conocer la dinámica de esta respuesta y los puntos críticos de la misma. Una vez finalizada cada rampa de temperatura, los individuos son trasladados de nuevo a la cámara de cultivo y sometidos a un tratamiento de recuperación en las mismas condiciones que la pre-aclimatación durante 48h, tras el cual se volvió a medir su yield.

La cuantificación de la resistencia térmica se lleva a cabo estimando la temperatura que conduce al colapso funcional, conocida como temperatura crítica (T_{crit}), la cual depende de la intensidad y duración del estrés térmico. Esta relación se expresa con la curva de tiempo de muerte térmica (TDT) y los parámetros de tolerancia térmica CT_{max} y z para cada especie y morfotipos de *R. okamurae*. De igual forma, se analizaron los datos obtenidos de yield para cada uno de los individuos tras el periodo de 48h de recuperación, y se calculó el porcentaje de inhibición de la fotosíntesis respecto al valor inicial inicio de cada rampa.

Los datos de yield se procesaron y representaron con un paquete de "R" (R Foundation for Statistical Computing, versión 4.3.2 2023-10-31), estableciendo

una T_{crit} para cada una de las rampas de temperatura. Los datos se transforman logarítmicamente para linealizarlos, y finalmente se estiman los parámetros CT_{max} y z para cada morfotipo y *H. scoparia*.

Se pone de manifiesto la existencia de una plasticidad fenotípica de la especie invasora frente a eventos de estrés térmico, reflejada en una mayor resistencia térmica en el morfotipo intermedio que el grueso. El morfotipo intermedio aparece en el medio natural generalmente en épocas transitorias entre invierno y verano, lo que nos sugiere

que fisiológicamente se encuentra mejor preparado para aclimatarse a cambios de temperatura estacionales. De igual forma, encontramos diferencias en la estrategia de adaptación al estrés térmico llevada a cabo por la especie invasora y nativa, vislumbrando una ventaja de *H. scoparia* durante olas de calor prolongadas. Este estudio aporta un conocimiento novedoso y pionero en el ámbito, que nos permite profundizar sobre la relación existente entre las olas de calor y la invasividad de *R. okamurae*.

Las maravillas del mar de Alborán: un proyecto de educación ambiental sobre los macrófitos marinos en las costas de Málaga.

Trabajo Fin de Grado

Autora: Alba Ramírez Suárez. Departamento de Botánica y Fisiología Vegetal. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga. albaramirezsuarez2001@uma.es

Tutoras: Dra. Marianela Zanolli y Dra. Raquel Sánchez de Pedro

Fecha defensa: 20 septiembre de 2024

Resumen.

Los macrófitos marinos, si bien son un grupo fundamental para el buen funcionamiento de los océanos, son un grupo olvidado o desatendido en lo que a educación formal se refiere. Incluso se ha acuñado el término “abotanopsia” (o la ceguera de las plantas) que hace referencia a la tendencia de ignorar a las plantas en el plano educativo. Este estudio deriva de un Trabajo de Fin de Grado que abordó esta problemática mediante la realización de un taller de educación ambiental para visibilizar y concienciar a los estudiantes preuniversitarios de la diversidad e importancia de los macrófitos marinos. Un sondeo previo a través de encuestas indicó que la temática suscitó el interés del 45% del alumnado. Asimismo, como trabajo previo a las actividades didácticas, se revisó el número e identidad de las especies en las costas de Málaga, en base a una revisión bibliográfica y muestreos en las playas de La Araña y Faro de Calaburras en 2024. Con esta información se diseñó e implementó una charla-taller en dos centros educativos en cuatro grupos de 4º de la ESO y dos grupos de 1º de bachillerato. El taller se complementó con una propuesta de visita al campo, para lo que se diseñó un itinerario interpretativo con el fin de conocer las principales especies de algas del litoral malagueño. Por último, se evaluó la adquisición de conocimientos tras la realización de la charla y el taller, obteniendo que el 98% de los estudiantes fueron capaces de descubrir y valorar la flora marina de Málaga.

Palabras clave: Educación ambiental, educación secundaria, fanerógamas marinas, macroalgas, macrófitos marinos, Mar de Alboran

Introducción.

En un mundo donde la distancia entre la sociedad y el medio natural es cada vez más grande, y es más común el color gris característico de las grandes ciudades en detrimento de los espacios naturales, es necesario mirar más allá y recordar el color verde de las plantas. Esto se evidencia, en los últimos años, con la aparición de una nueva tendencia denominada “ceguera de las plantas” o “abotanopsia” la cual hace referencia a un fenómeno social donde las plantas quedan relegadas a un segundo plano siendo los animales los protagonistas; y que, tristemente, aumenta a ritmos alarmantes (Jose et al., 2019). Esta tendencia también afecta a los macrófitos marinos, los cuales conforman un grupo taxonómico polifilético, que incluye a las macroalgas y a las fanerógamas marinas. Este grupo aparte de ser fundamental para el funcionamiento correcto de los océanos, ofrecen una multitud de servicios ecosistémicos como el secuestro de carbono, la provisión de hábitats, el ecoturismo asociado y una mejora en la industria pesquera (Rodríguez & Reul, 2010; Unsworth et al., 2019; Báez et al., 2021; Solidoro et al., 2022).

El foco de este trabajo está puesto en el Mar de Alborán, que se encuentra delimitado por el Estrecho de Gibraltar y una línea imaginaria formada desde Cabo de Gata en Almería, España hasta Cabo de Fégalo en Oran, Argelia (Alcántara & Simard, 2008). Cuenta con una elevada biodiversidad biológica ya que convergen tres regiones: la Atlántico-Boreal, la Mediterránea y la Macaronésica, lo que, permite la presencia de especies atlánticas como el alga parda *Fucus limitaneus* (Montagne) Montagne, junto a especies pantrópicas como el alga verde *Acetabularia acetabulum* (Linnaeus) P.C.Silva, aparte de tener un elevado grado de endemismos como *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile o los bosquetes de fucales formados por los géneros *Cystoseira*, *Ericaria* y *Gongolaria*; e incluso especies establecidas gracias a las glaciaciones como *Nemalion helminthoides* (Volley) Batters (Flores-Moya et al., 2021). Asimismo, sufre multitud de impactos, en su mayoría

antropogénicos, como la alteración de la costa, la contaminación asociada a vertidos ilegales y microplásticos, la aparición de especies invasoras y por supuesto, el cambio climático (Castro-Díez et al., 2004; Sempere-Valverde et al., 2018; Molina et al., 2019; Rindi et al., 2019; Rivera, 2019).

Este trabajo apuesta por la divulgación y la educación ambiental como una herramienta imprescindible para concienciar sobre la importancia de los macrófitos marinos que, incluso encontrándose dentro de los grupos propios de la Botánica, cuenta con poca visibilidad por parte de la educación formal. La educación ambiental es el proceso de concienciación sobre el medio natural y otorga la determinación necesaria para actuar en contra de los problemas ambientales presentes y futuros, a nivel individual y colectivo (Sintes, 1999). Este trabajo se puede encasillar en la temática de la alfabetización oceánica que persigue la comprensión de la influencia del océano a los seres humanos y viceversa. Se ha visto como iniciativas de este tipo han fomentado el conocimiento sobre temáticas relacionadas con el océano para asegurar una toma de decisiones informada y responsable en el futuro (Mokos et al., 2020). Por ello, el objetivo es visibilizar, concienciar y valorizar la importancia de los macrófitos marinos en los estudiantes preuniversitarios a través de una situación aprendizaje con la siguiente secuencia de actividades: una charla expositiva seguido de un taller práctico y una excursión.

Actividades.

La charla tuvo como finalidad introducir los macrófitos marinos a los estudiantes: su importancia ecológica, sus usos y los diferentes impactos que sufren. Su duración fue de quince minutos y los estudiantes formaban parte de esta gracias al intercambio de preguntas (Figura 1a). El taller práctico constó de cinco puestos formados por grupos de seis alumnos que fueron rotando cada siete minutos (una duración total de 35 a 40 minutos).

Puesto 1: “*Vigia de microalgas*”, dedicado a la observación de microalgas al microscopio (Figura 1b). En este puesto se explicó cómo visualizar en el microscopio distintas microalgas, como diatomeas y dinoflagelados; y su importancia en los ecosistemas. Aunque este trabajo se centraba en los macrófitos también se mencionaban a las microalgas debido a su importancia ecológica y su diversidad.

Puesto 2: “*Macromaravillas*”, dirigido a la observación de macrófitos marinos a lupa binocular (Figura 1c). Los estudiantes eran libres de observar distintas macroalgas con distintos tipos morfofuncionales y un ejemplar de *Posidonia oceanica* L. El propósito era que compararan las distintas morfologías y colores que presentaban las macroalgas y aprender a diferenciar las macroalgas de la fanerógama marina.

Puesto 3: “*Artesanía algal*”, destinado a pensar algas elegidas por ellos mismos, los cuales se quedaban como recuerdo de la actividad (Figura 1d). Se explicaba la importancia de los pliegos botánicos y cómo se hacen.

Puesto 4: “*Clasificador ficológico*”, constaba de clasificar distintos individuos de macroalgas en las principales divisiones: Rhodophyta, Chlorophyta y Ochrophyta (Figura 1e). Su objetivo era mostrar las diferencias en la coloración y explicarles el porqué de esta clasificación.

Puesto 5: “*¿Algas?*”, designado a clasificar las distintas fotografías pertenecientes a algas, animales (como corales) y angiospermas marinas (Figura 1f).

Esta actividad mostró algunas limitaciones como el espacio y los materiales que disponga el centro, el elevado volumen de estudiantes y su grado de motivación, el tiempo disponible y la disponibilidad de material fresco recolectado para los talleres. Ambas actividades se realizaron seguida una de la otra con una duración máxima de una hora. El primer centro donde se impartió fue el I.E.S Guadaiza el día 21 de febrero de 2024 con tres grupos distintos

(dos de 4º de la ESO y uno de 1º de bachillerato); el segundo centro fue el I.E.S Salduba y se llevó a cabo en dos días, el día 11 y el 12 de marzo de 2024 donde asistieron el mismo número de grupos que en el centro anterior. Acudieron un total de 131 alumnos, 52 en el Guadaiza y 79 en el Salduba.



Figura 1: Charla (A) y puestos del taller (B-F)

Excursión.

Su objetivo era afianzar los conocimientos impartidos en la charla-taller y dar un sentido de familiaridad y valorización por el medio marino. Se estableció una duración aproximada de dos horas en el caso de la playa del Faro de Calaburra y de tres horas en el caso de la playa de La Araña, en las horas de marea baja. Los alumnos debían formar grupos de diez, y se les entregaría el itinerario con cada punto de interés, donde se muestran las poblaciones algales más representativas en cada localidad (Figura 2). En esta actividad se enfoca en los macrófitos estrictamente intermareales debido a su accesibilidad. Se consideran limitaciones para esta actividad: las condiciones climatológicas y el impacto que generaría por pisoteo y destrucción del hábitat. También otras derivadas del propio centro educativo como respetar el horario lectivo, la no coincidencia con los periodos de exámenes, además de avisar con 15 días de antelación para la organización de las autorizaciones a los tutores legales y los autobuses. Estas limitaciones

administrativas fueron la razón de no llevarla a cabo con los alumnos, puesto que la elección del día debía ser de lunes a

viernes de 9 h a 15 h (el horario del centro escolar) y coincidir con las horas de marea baja.

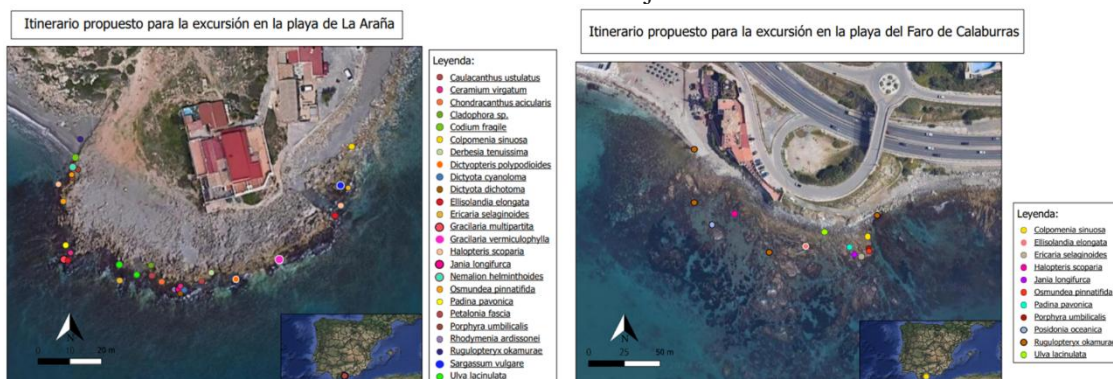


Figura 2: Itinerario propuesto para las excursiones donde se muestran las especies más comunes de la costa malagueña.

Encuesta y cuestionario.

Para conocer si la temática era del interés del alumnado se realizó una encuesta vía Google Forms previa a la elaboración de la charla, la cual fue respondida por 52 alumnos. Con respecto a la pregunta “¿Cuánto te interesa el tema de las algas y las plantas marinas?” se vio que un total de 45% de los estudiantes presentaban interés. También se refleja un desconocimiento con respecto a los macrófitos, puesto que la opción de “Nunca he pensado en ello” fue de un 38%. Asimismo, se les preguntaba sobre qué temas les gustaría que incluyese la charla, lo que facilitó la elaboración de la misma. Los distintos usos que pueden tener los macrófitos fue el más destacable, con un 80,8%; en contraposición a los aspectos biológicos que fue el menos votado, con un 32,4%.

Por otro lado, se evaluaron los conocimientos adquiridos en la charla mediante un cuestionario *a posteriori*, el cual consistía en respuestas tipo test y una pregunta de retroalimentación para conocer la opinión de los estudiantes y ver el grado de impacto de la charla, esta vez en formato físico. Se registraron 131 respuestas en total donde el 70% acertó las cuatro preguntas, el 20% acertó tres, el 6% acertó dos y el 4% acertó una. Cabe resaltar que ningún estudiante falló todas las preguntas. Esto indicó que un 96% aprobó el cuestionario e interiorizaron los conocimientos de la

charla, lo que puede deberse a varios factores: la motivación del alumno, el nivel del contenido de la charla y la metodología aplicada.

Con respecto a la retroalimentación, solo uno de los 131 manifestó que la fluidez en la charla podría mejorar; “Muy bien la charla, pero mejoraría la fluidez”. Resaltar que ciertos comentarios expresaban descontento por el poco tiempo de la charla y su deseo de profundizar más en el tema; “La charla me ha gustado mucho, pero me gustaría más tiempo para profundizar más” o “Me encantaría seguir hablando de esto en clase”. Lo cual concuerda con lo que los docentes mencionaron sobre como el alumnado estaba interesado en acudir a las actividades, según diversos estudios esta motivación favorece a la asimilación de los contenidos (Stiensmeier-Pelster & Heckhausen, 2018; Donnellan et al., 2022).

“Solo se protege lo que se valora y solo se valora lo que se conoce”, los naturalistas nos aferramos a esta frase para validar nuestros intentos para proteger el medio natural. Sin embargo, muchas veces nos olvidamos de que la divulgación no solo se ciñe al mundo académico, sino que se debe abarcar a todos los niveles; por ello este tipo de iniciativas son necesarias para acercar el medio natural a la futura generación y así crear conciencia sobre el mismo.

Referencias.

- Alcántara, A. y Simard, F. (2008) Alborán, un mar único y diverso. *Medioambiente*, 62: 48-49.
- Báez, J.C., Vázquez, J.-T., Camiñas, J.A. y Idrissi, M.M. (2021) Alboran Sea-Ecosystems and Marine Resources. Springer Nature Switzerland. ISBN 978-3-030-65515-0. DOI 10.1007/978-3-030-65516-7.
- Castro-Díez, P., Valladares, F. y Alonso, A. (2004) La creciente amenaza de las invasiones biológicas. *Ecosistemas*, 13, no. 3. ISBN 1697-2473.
- Donnellan, E., Aslan, S., Fastrich, G. M., & Murayama, K. (2022) How are curiosity and interest different? Naïve Bayes classification of people's beliefs. *Educational Psychology Review*, 34: 73–105. DOI 10.1007/s10648-021-09622-9.
- Flores-Moya, A., Moreno, D., De la Rosa, J., Altamirano, M., & Bañares-España, E. (2021). Seaweeds and seagrasses: the marine forests from the Alboran Sea. In *Alboran Sea-ecosystems and marine resources* (pp. 247-284). Cham: Springer International Publishing.
- Jose, S.B., Wu, C.-H. y Kamoun, S. (2019) Overcoming plant blindness in science, education, and society. *Plants, people, planet*, 1, no. 3. DOI 10.1002/ppp3.51.
- Mokos, M., Realdon, G. y Zubak Čížmek, I. (2020) How to Increase Ocean Literacy for Future Ocean Sustainability? The Influence of Non-Formal Marine Science Education. *Sustainability*, 12: 10647. DOI 10.3390/su122410647.
- Molina, R., Anfuso, G., Manno, G. y Gracia Prieto, F.J., (2019) The Mediterranean Coast of Andalusia (Spain): Medium-Term Evolution and Impacts of Coastal Structures. *Sustainability*, 11: 3539. DOI 10.3390/su11133539.
- Rindi, F., Braga, J.C., Martin, S., Peña, V., Le Gall, L., Caragnano, A. y Aguirre, J. (2019) Coralline Algae in a Changing Mediterranean Sea: How Can We Predict Their Future, if We Do Not Know Their Present? *Frontiers in Marine Science*, 6: 723. DOI 10.3389/fmars.2019.00723.
- Rivera, S.G. (2019) Caracterización de la basura marina del fondo del mar en el mediterráneo español a través de la pesca de arrastre. Tesis Doctoral. Universitat d'Alacant/Universidad de Alicante.
- Rodríguez, J. y Reul, A. (2010) Biodiversidad y servicios de los ecosistemas marinos. <http://hdl.handle.net/10630/4521>.
- Sempere-Valverde, J., Ostalé-Valriberas, E., Farfán, G.M. y Espinosa, F. (2018) Substratum type affects recruitment and development of marine assemblages over artificial substrata: A case study in the Alboran Sea. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 204:56-65. DOI 10.1016/j.ecss.2018.02.017.
- Sintes, M.P. (1999) Libro blanco de la educación ambiental en España. ISSN 978-84-8320-091-9.
- Solidoro, C., Cossarini, G., Lazzari, P., Galli, G., Bolzon, G., Somot, S. y Salon, S. (2022) Modeling Carbon Budgets and Acidification in the Mediterranean Sea Ecosystem Under Contemporary and Future Climate. *Frontiers in Marine Science*, 8: 781522. DOI 10.3389/fmars.2021.781522.
- Stiensmeier-Pelster, J., & Heckhausen, H. (2018) Causal attribution of behavior and achievement. In J. Heckhausen & H. Heckhausen (Eds.), *Motivation and action*, p. 623–678. Springer International Publishing. DOI 10.1007/978-3-319-65094-4 15.
- Unsworth, R.K.F., Nordlund, L.M. y Cullen-Unsworth, L.C. (2019) Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*, 12, no. 1. DOI 10.1111/conl.12566.

Contenido de ADN nuclear y ciclo de vida de *Peyssonnelia squamaria* (S.G.Gmelin) Decaisne (Peyssonneliales, Rhodophyta).

Trabajo Fin de Grado

Autora: Laia Mumbardó Cardoso. Secció de Botànica. Departament de Biologia, Sanitat i Medi Ambient. Facultat de Farmàcia i Ciències de l'Alimentació. Universitat de Barcelona-laiamumbardo@gmail.com

Director: Jordi Rull Lluch

Fecha defensa: junio de 2024

Resumen.

El objetivo de este estudio era describir la morfología, la anatomía y las estructuras reproductoras del rodófito *Peyssonnelia squamaria* (S.G.Gmelin) Decaisne, así como cuantificar su contenido de ADN e identificar el modelo de desarrollo nuclear. El contenido de ADN nuclear de *P. squamaria* se estimó mediante microfluorimetría y análisis de imágenes, utilizando el fluorocromo DAPI (4',6-diamidino-2-fenilindol) como marcador y *Solanum lycopersicum* Linnaeus como estándar. El estudio de las muestras ha permitido identificar y analizar el gametófito masculino de esta especie, que sólo se había encontrado una vez, hace más de 150 años. El contenido de ADN nuclear de *P. squamaria* es de $1C= 0,20-0,34$ pg y $2C= 0,40-0,56$ pg, y su modelo de desarrollo nuclear consiste en células apicales uninucleadas no poliploides que dan lugar a células uninucleadas no poliploides. Estos datos se proporcionan por primera vez para esta especie, y en general para el orden *Peyssonneliales*. Los datos del contenido de ADN nuclear de esta especie se incorporarán a la Plant DNA C-values Database de Royal Botanic Gardens Kew. Aunque es imprescindible ratificarlo con nuevos análisis, los resultados citogenéticos sugieren que *P. squamaria* podría presentar un ciclo de vida diferente al de las otras especies del género, con la formación de tetrasporófitos reducidos a los nematecios encima del gametófito femenino.

Palabras clave: *Peyssonnelia squamaria*, *Peyssonneliales*, AND nuclear, taxonomía, valor C.

Abstract.

The aim of this study was to describe the morphology, anatomy, and reproductive structures of the red alga *Peyssonnelia squamaria* (S.G.Gmelin) Decaisne, as well as to quantify its DNA content and identify its nuclear development pattern. The nuclear DNA content of *P. squamaria* was estimated by microfluorimetry and image analysis, using the fluorochrome DAPI (4',6-diamidino-2-phenylindole) as a marker and *Solanum lycopersicum* 'Stupické polní rané' as a standard. The study of the samples allowed the identification and analysis of the male gametophyte of this species, which had only been found once, over 150 years ago. The nuclear DNA content of *P. squamaria* is $1C= 0.20-0.34$ pg and $2C= 0.40-0.56$ pg, and its nuclear development pattern consists of uninucleated, non-polyplid apical cells giving rise to uninucleated, non-polyplid cells. These data are provided for the first time for this species and for the *Peyssonneliales* in general. The nuclear DNA content data of this species will be incorporated into the Plant DNA C-values Database of Royal Botanic Gardens Kew. Although new analyses are necessary to confirm it, the cytogenetic results suggest that *P. squamaria* might have a different life cycle compared to other species of the genus, with the formation of tetrasporophytes reduced to nemathecia on the female gametophyte.

Key words: *Peyssonnelia squamaria*, *Peyssonneliales*, nuclear DNA, taxonomy, C value.

1. Introducción.

Peyssonnelia squamaria es un alga roja del orden *Peyssonneliales*, conocida por sus láminas horizontales en forma de abanico y su coloración rojiza. Con un diámetro de 4-8 cm y láminas de 150-300 μm de grosor, esta alga se adhiere al sustrato mediante rizoides pluricelulares. Su estructura está formada por filamentos postrados (hipotalo) que dan lugar a filamentos erectos coalescentes (peritalo), inclinados 45°. Presenta un crecimiento marginal a través de la división de las células apicales de los filamentos del hipotalo. Las células de los filamentos postrados originan rizoides pluricelulares o una célula, generalmente no dividida y en forma de gota (Fig. 1), que constituye el sub-hipotalo y diferencia *P. squamaria* de las otras especies del género (Boudouresque & Denizot 1975, Rodríguez-Prieto et al. 2013).

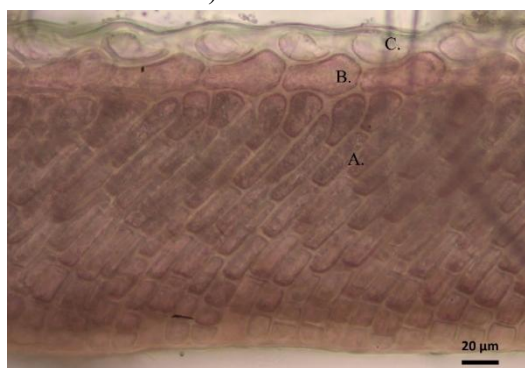


Figura 1. Corte transversal de *Peyssonnelia squamaria*, donde se observa el peritalo (A), el hipotalo (filamento axial) (B) y las células sub-hipotalinas en forma de gota (C).

La especie vive en hábitats sombríos y calmados de las zonas infralitoral y circalitoral (Belsher, et al. 1976, Rodríguez-Prieto et al. 1986). Se encuentra principalmente en el mar Mediterráneo y en

el Atlántico norte, pero también se ha citado del Ártico, de América del Norte, de América del Sur, del Mar Rojo y del Indo-Pacífico (Rodríguez-Prieto et al. 2013, Guiry & Guiry 2024).

La mayoría de las especies del género *Peyssonnelia* siguen un ciclo de vida trigenético, con dos generaciones macroscópicas isomórficas (gametofito, haploide, y tetrasporofito, diploide) y una microscópica que parasita al gametofito femenino (carposporofito) (García-Jiménez & Robiana 2015).

Por lo que se refiere a *P. squamaria*, los tetrasporocistes son frecuentes y, como en el resto de las especies del género, se disponen en unas protuberancias superficiales llamadas nematecios (Rodríguez-Prieto et al. 2013). En cambio, la reproducción de la generación gametofítica es muy poco conocida. La única documentación disponible hace referencia a los espermacios y su disposición en nematecios (Thuret 1855). Esta especie sigue el desarrollo de tipo *Naccaria*, en el que la espora al germinar da lugar a un filamento pluricelular (Chemin 1937, Bressan 1972).

Dado que aún no se tenía información sobre el contenido de ADN nuclear del género *Peyssonnelia* y que, según datos bibliográficos recientes, la generación gametofítica de *P. squamaria* se desconocía, este trabajo se ha centrado en aportar información que permita avanzar en el conocimiento del ciclo de vida de *P. squamaria*, así como dar a conocer los primeros datos sobre el contenido de ADN nuclear del género.

Tabla 1. Información sobre las muestras de *Peyssonnelia squamaria* utilizadas en este estudio

Localidad	Fecha	Profundidad	Nº de herbario
Playa de Santa Cristina (Lloret de Mar)	23/11/2022	0.5 – 2 m	Gametofito masculino, BCN-Phyc 10850 Tetrasporofito, BCN-Phyc 10849
Cap Ras (Llançà)	06/02/2023	0.5 – 2 m	–
Playa de Blanes (Blanes)	19/02/2023	0.5 – 3 m	–
Playa de Sa Tuna (Begur)	02/10/2023	0.5 – 3 m	BCN-Phyc 10847
Playa de Santa Cristina (Lloret de Mar)	01/10/2023	0.5 – 2 m	BCN-Phyc 10848

Para el estudio citogenético de *Peyssonnelia squamaria* se siguió el protocolo descrito por Kapraun (2005) y Martín-Martín et al. (2023). Con el mismo procedimiento, se prepararon muestras de fragmentos marginales no triturados de la lámina de *P. squamaria* para observar el número y la disposición de los núcleos en distintos tipos de células (apicales, del peritalo, del hipotalo) y estudiar el modelo nuclear de desarrollo de la especie (Goff & Coleman 1990). El contenido de ADN se estimó comparando la fluorescencia de los núcleos de *Peyssonnelia* con la de los núcleos de *Solanum lycopersicum* que se utilizó como patrón, ya que tiene un contenido estable de ADN = 1.96 pg (Temsch et al. 2021).

El tratamiento de los datos se realizó con el programa Statgraphics Centurion XVIII, versión 18.1.16, mediante la elaboración de histogramas. Éstos permiten deducir los distintos niveles de ploidía y estimar el valor C de la especie. Los gametófitos (haploides) pueden tener niveles de ploidía 1C y 2C, mientras que los esporófitos (diploides) pueden presentar niveles de 2C y 4C, dependiendo de si los núcleos se encuentran en la fase G1 o G2 del ciclo celular (Goff & Coleman 1990).

2. Resultados y Discusión.

Tras el estudio taxonómico, se determinó que los tetrasporófitos fértiles presentaban nematecios como pequeñas protuberancias en los márgenes de los lóbulos de la lámina, con una coloración ligeramente más oscura. Los tetrasporocistes eran alargados, de 79,1-97,2 x 20-24,3 μm , de color rojizo, y se dividían de forma cruciada o decusada (Fig. 2). Se encontró un único gametófito masculino fértil, que presentaba manchas blanquecinas protuberantes (80-100 μm de altura) en los márgenes de las láminas, correspondientes a los nematecios de espermatocistes. En sección transversal, se observó que los espermatocistes se encontraban en torno a filamentos alargados formados por 10-15 células, generando cada una de ellas hasta 4 espermatocistes

redondeados, de 3-4 μm de diámetro (Fig. 3). Estos datos coinciden con la información proporcionada por Thuret (1855), la única disponible hasta el momento sobre el gametófito masculino de *P. squamaria*. Asimismo, la formación de los espermatocistes en esta especie concuerda bastante bien con la descrita por Maggs & Irvine (1983) para *P. harveyana* y *P. pacifica*.

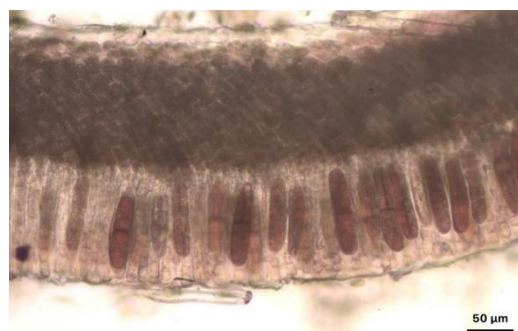


Figura 2. Sección transversal de un nematecio de tetrasporocistes de *Peyssonnelia squamaria* donde se observan algunos tetrasporocistes divididos de forma decusada.

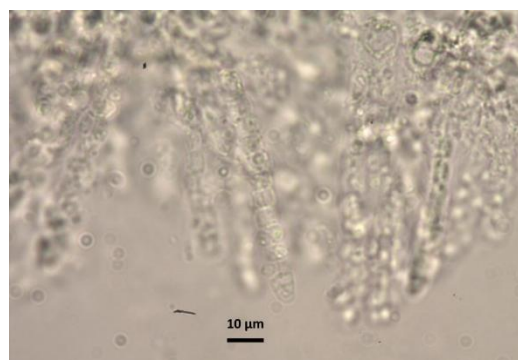


Figura 3. Filamentos con espermatocistes de un nematecio del gametófito masculino de *Peyssonnelia squamaria*.

Por otra parte, el estudio del desarrollo de las tetrasporas permitió describir y dibujar las distintas etapas del crecimiento hasta obtener individuos juveniles de *P. squamaria*. Además, hizo posible corroborar que esta especie presenta un desarrollo de tipo *Naccaria*, tal como ya había indicado Bressan (1972).

Se analizó el contenido de ADN nuclear en diferentes tipos de células de *Peyssonnelia*

squamaria, tanto del tetrasporófito (Fig. 4) como del gametófito masculino (Tabla 2). A partir de 1.094 núcleos analizados, se obtuvo un contenido de ADN nuclear de $1C = 0,20 - 0,34$ pg y $2C = 0,40 - 0,56$ pg. Estos valores representan la primera estima del contenido de ADN nuclear de *P. squamaria* y, en general, del orden *Peyssonneliales*. Los

valores son coherentes con los del orden *Gigartinales*, que es el grupo filogenéticamente más cercano (Kapraun & Freshwater 2012). No se obtuvo el valor 4C, probablemente por la falta de datos sobre las tetrásporas y los nematecios.

Tabla 2. Contenido de ADN nuclear y niveles de ploidía de distintos tipos de células de *Peyssonnelia squamaria*. G♂: gametofito masculino, T: tetrasporofito. (1) incluye los núcleos analizados a partir de material triturado. Los datos de los valores C se expresan como el valor medio \pm la desviación estándar

Tipo de célula	Generación	Nº de núcleos analizados	Contenido de ADN nuclear (pg)		
			1C	2C	4C
Células apicales fil. erectos	G♂	123	0.33 (\pm 0.06)		
Peritalo y hipotalo	G♂	125	0.20 (\pm 0.05)		
Espermacios	G♂	204	0.26 (\pm 0.12)	0.45 (\pm 0.12)	
Total	G♂	452	0.26 (\pm 0.07)	0.42 (\pm 0.12)	
Células apicales fil. erectos	T	82	0.29 (\pm 0.09)	0.49 (\pm 0.09)	
Peritalo	T	266		0.40 (\pm 0.11)	
Hipotalo y sub-hipotalo	T	17	0.34 (\pm 0.10)		
Rizoides	T	47	0.32 (\pm 0.16)	0.56 (\pm 0.16)	
Total (1)	T	642		0.42 (\pm 0.12)	

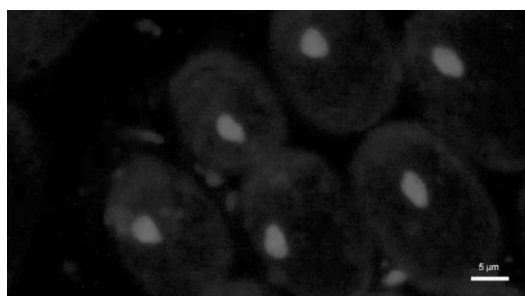


Figura 4. Núcleos de las células apicales de los filamentos erectos (peritalo) del tetrasporófito de *Peyssonnelia squamaria* marcados con DAPI y observados al microscopio de fluorescencia.

El estudio citogenético revela que *P. squamaria* tiene un modelo de desarrollo nuclear en el que las células apicales uninucleadas no poliploides dan lugar a otras células también uninucleadas no poliploides. Este hecho corresponde a uno de los modelos de desarrollo nuclear descrito por

Goff & Coleman (1990) y concuerda con el que, según estos autores, presenta *Dudresnaya crassa* M. Howe, del orden *Gigartinales*. Este dato tampoco se conocía hasta ahora para ninguna especie del orden *Peyssonneliales*.

Aunque se considera que *Peyssonnelia squamaria* sigue un ciclo de vida trigenético isomórfico como el resto de las especies del género, los datos citogenéticos obtenidos en este estudio sugieren que la especie podría presentar un patrón digenético, con la formación de tetrasporófitos reducidos a los nematecios sobre el gametofito femenino. Sin embargo, es imprescindible repetir los análisis citogenéticos, incluyendo los tetrasporocistes y las células del nematecio, para comprobar esta hipótesis.

3. Referencias.

- Belsher, T., Augier, H., Boudouresque, C.F., Coppejans, E. (1976). Inventaire des algues marines benthiques de la Rade et des îles d'Hyere (Mediterranée France). *Trav. Sci. Parc.Natl. Port-Cros*, 2: 39-89.
- Boudouresque, C. F., Denizot, M. (1975). Révision du genre *Peyssonnelia* (Rhodophyta) en Méditerranée. *Bulletin du Muéum d'Histoire Naturelle de Mareseille*, 35: 7-92.
- Bressan, G (1972). Osservazioni sugli stadi iniziali della morfogenesi in coltura di alcune specie del genere *Peyssonnelia* Decaisne. *Giornale botanico italiano*, 106: 5,231-244.
<https://doi.org/10.1080/11263507209426552>
- Chemin, E. (1937). Le développement des spores chez les Rhodophycées. [part 3]. *Revue Général de Botanique* 49: 353-374.
- García-Jiménez, P., Robiana R. (2015). On reproduction in red algae: further research needed at the molecular level. *Frontiers in Plant Science* (Vol. 6, Article 93): 1-3.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00093>
- Goff, L.J., Coleman, A.W. (1990). DNA: microspectrofluorometric studies. In Cole, K.M. & Sheath, P.G. (ed.) *Biology of the red algae*. Cambridge University Press. New York, 43-72.
- Guiry, M.D., Guiry, G.M. (2024). AlgaeBase. World-wide electronic publication, National University of Ireland, Galway <http://www.algaebase>. Accessed on February 20th 2024.
- Kapraun, D. F. (2005). Nuclear DNA content estimates in multicellular green, red and brown algae: phylogenetic considerations. *Annals of botany*, 95: 7-44.
- Kapraun, D. F., Freshwater, D. W. (2012). Estimates of nuclear DNA content in red algal lineages. *AoB Plants*: pls005.
<https://doi.org/10.1093/aobpla/pls005>
- Maggs, C. A., Irvine, L. M. (1983) *Peyssonnelia immersa* sp. nov. (Cryptonemiales, Rhodophyta) from the British Isles and France, with a survey of infrageneric classification. *British Phycological Journal*, 18(3): 219-238.
- Martín Martín, R.P., Salvador-Soler, N., Rull Lluch, J., Gómez Garreta, A. (2023). Nuclear DNA Content Estimation of Seaweed by Fluorimetry Analysis. In: Heitkam, T. & Garcia, S. (eds.), *Plant Cytogenetics and Cytogenomics: Methods and Protocols, Methods in Molecular Biology*, vol. 2672: 65-77.
- Rodríguez Prieto, C., Ballesteros E., Boisset F. & Afonso-Carrillo J. (2013). Guía de las macroalgas y fanerógamas marinas del Mediterráneo Occidental. *Ediciones OMEGA*.
- Rodríguez Prieto, C., Polo Albertí, L. (1986). Fenologia i distribució de les algues del litoral català. *Scientia gerundensis*, 12: 67-86.
- Temsch, E. M., Koutecký, P., Urfus, T., Šmarda, P., Doležel, J. (2021). Reference standards for flow cytometric estimation of absolute nuclear DNA content in plants. *Cytometry Part A*, 101(9): 710-724.
<https://doi.org/10.1002/cyto.a.24495>
- Thuret, M. G (1855). Recherches sur la fécondation des fucacées et les anthéridies des algues. Seconde partie. *Annales des sciences naturelles. Partie Botanique*: Planches 2, 3 et 4.

Con Ehrenberg por África y Asia.

Miguel Álvarez Cobelas

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Serrano 115 dpdo. 28006 Madrid

malvarez@mncn.csic.es

El amigo Ehrenberg hizo dos grandes viajes fuera de Europa. El primero, por África, Arabia y el Líbano, le llevó unos cinco años. El segundo, por la Rusia europea y parte de Siberia, algo más de cinco meses. Pero viajar siempre ha sido caro: alguien tiene que pagártelo y solo se paga si el paganini tiene una motivación política u económica, al menos hasta bien entrado el siglo XX. Al científico que va a las expediciones se le contenta con las maravillas que va a descubrir. Y eso es lo que pasó en los dos viajes de los que hablaré aquí.



Figura 1. El teniente general prusiano von Minutoli, en un retrato de 1823, debido a Ernest Gebauer. Guerreó poco porque fue herido con 21 años y lo dedicaron a tareas de instrucción. Sabía varios idiomas, viajó bastante y le interesaron el arte antiguo y la arqueología, pero en la variedad rapiñadora. Su paseo por África duró poco, solo hasta febrero de 1821, y parte de lo que pilló en Egipto para el *kaiser* se perdió en un naufragio.

Tras la derrota definitiva napoleónica, Europa dirigió su mirada hacia África. Un inmenso continente del que muy poco se sabía estaba cerquita y prometía riquezas y territorios sin cuento. Los gobiernos europeos lo entendieron así y fueron emprendiendo o favoreciendo viajes de “exploración”, donde los científicos eran la “pacífica” punta de lanza para detectar territorios de interés económico (minas, caza al por mayor, esclavos) que más tarde pudieran ser colonizados por las potencias europeas.

Francia e Inglaterra comenzaron muy pronto con las exploraciones africanas y Prusia (un embrión de la futura Alemania) no quiso quedarse atrás. En 1819 el militar y arqueólogo Johann Heinrich Karl Menu von Minutoli fue comisionado por el rey prusiano Federico Guillermo III para explorar la arqueología de Egipto y enviar a Berlín los objetos que encontrara. Y para ir “en son de paz” le pareció útil contar con la presencia de un orientalista (un tal Scholz), un arquitecto (un tal Liman) y de dos jóvenes científicos en sus filas, a quienes se les permitiera ir un poco a su aire, recogiendo animales y plantas y haciendo variopintas observaciones científicas (climáticas, geológicas, oceanográficas, botánicas, zoológicas...). Los dos científicos, jóvenes leones naturalistas de la universidad prusiana, eran Wilhelm Hemprich¹ y Christian Gottfried Ehrenberg. Con buena formación biológica ambos, Hemprich estaba más interesado en la zoología (insectos y vertebrados), mientras que Ehrenberg era más botánico y ya comenzaba a fijarse en lo que entonces todo el mundo llamaba “infusorios”, pequeños organismos

¹De quien no se conserva iconografía, quizá porque muriera muy joven. Hemprich había nacido en la Silesia prusiana (Glatz, Kłodzko) en 1796 y se había formado en las

universidades de Breslavia y Berlín, en la última de las cuales conoció a Ehrenberg.

no visibles a simple vista que incluían lo que luego se consideraron “algas”.

Los viajes de ambos colegas y amigos se conocen bastante bien porque se conservan numerosas cartas que ambos enviaban a sus familias, jefes y ministros en Prusia, además de algunas que se dirigieron entre sí cuando daban tumbos en África por separado (Stresemann, 1954, 1962). El numeroso material biológico que recogieron se conserva en el museo de historia natural de Berlín.

Para abrir boca, hicieron primero un viaje cortito (Bradley, 1967), con una caravana de camellos, desde Alejandría (Egipto) al oasis de Siwa (hoy, en Libia; Fig. 2), entre septiembre y diciembre de 1820. Luego, durante buena parte del año 1821, se pasearon por los alrededores de El Cairo, yendo a Gizeh, Saqqara y Menfis y regresando a Alejandría.

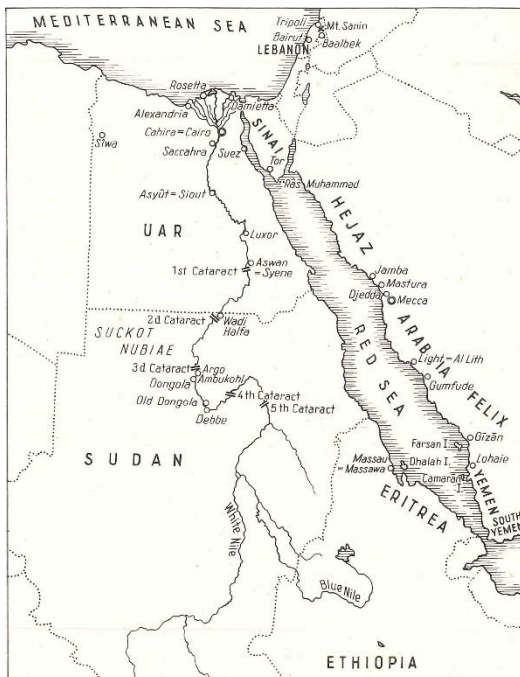


Figura 2. Lugares que visitaron Ehrenberg y Hemprich en África y el Líbano entre 1821 y 1825. Mapa sacado de Bradley (1967).

Sin embargo, en septiembre de 1821 emprendieron un trayecto más largo, Nilo arriba, hasta Ambukohl, en el país de Dongola (hoy Sudán), usando embarcaciones y caravanas de camellos.

Primero, bajaron hasta Assyut, luego a Asuán y finalmente a Wadi Halfa, en diciembre, zona límite con el reino de Nubia. Cruzando la tercera catarata en febrero de 1822 a lomos de camellos y asnos, llegaron al país de Dongola en junio de 1822 y Ehrenberg se quedó en Ambukohl hasta noviembre. Hemprich se había vuelto al Cairo en el verano y allí regresó su amigo en noviembre, adonde tardó casi dos meses en llegar (Bradley, 1967).

Ambos pasaron el invierno y parte de la primavera de 1823 en los alrededores de la capital, visitando Damietta, en el delta del Nilo. En ese año realizaron otro pequeño viaje a Suez y a El Tor, en el sur del Sinaí egipcio, donde Ehrenberg se hirió en una pierna, se quedó unos meses y luego hubo de regresar a Alejandría, donde ya Hemprich llevaba tiempo esperándolo.

Nos plantamos así en 1824 cuando ambos investigadores deciden ir al Líbano y visitan durante la primavera Beirut, Baalbek y el Tripoli libanés. Vuelven a Alejandría donde descansan antes de emprender su último viaje en diciembre, el cual les llevará por las costas arábigas del Mar Rojo, pasando por Djedda, Mastura, El Ghidan y Jizan, ya en el actual Yemen. Desde allí cruzan el mar de isla en isla hasta la orilla eritrea, arribando a Massau (Massawa), donde Hemprich morirá de fiebre amarilla el 20 de junio de 1825 tras 40 días de enfermedad. Ehrenberg decide acabar la aventura, entierra a su amigo y regresa a Trieste a comienzos de diciembre. Aparte de la multitud de material biológico que recoge y envía al museo de Berlín, parece ser que el viaje le sirvió a Ehrenberg para aprender árabe (Rose, 1842) y para prestigiarse ante los sabios de la Academia de Ciencias berlinesa (Greenwood MacKinney, 2021). Pero una vez en Viena, a la vuelta, se entera de que el museo berlinés estaba ya vendiendo –sin decírselo– duplicados del material que él había recolectado durante el viaje; y se cabrea.

En cualquier caso, todos estos viajes son dignos de una novela de aventuras, donde solo una cosa falta en las cartas que se dirigen entre sí y envían a Europa (los amoríos). Para empezar, Ehrenberg le cuenta

a un amiguete berlinés que “la idea de viajar es mi ideal”, algo que se acerca bastante a los deseos de mucha gente actualmente en el Primer Mundo. Pero nuestros héroes padecen problemas crónicos de dinero porque no les dan demasiado y la burocracia prusiana se lo gradúa con cuentagotas. Además, el dinero –que es del *kaiser* Federico Guillermo III y, en realidad, se trata de un préstamo²– se transfiere de un cónsul prusiano de los puertos mediterráneos a otro, empezando por Trieste, hasta que llega a Alejandría donde ellos lo recogen. Pero el tipo de Trieste (un tal Brandenburg) es un jeta y comete un desfalco que, cuando se detecta, acaba en suicidio, lo cual afectará al viaje de los dos científicos por el lado de la pasta.

Y hay mucho más: viajes en camello y en burro, viajes en distintas embarcaciones por el Nilo y el Mar Rojo, en la frontera con Libia los tratan de espías, sufren robos y estafas por parte de los egipcios, mosqueos con Minutoli³, mosqueos con y quejas a la Academia de Ciencias de Berlín que les controla el dinero, cartas que tardan de tres a seis meses en llegar al destinatario, disparos contra ellos en distintos momentos de los viajes, desertiones de sirvientes⁴, ropajes árabes y turcos, miedo por el posible ataque de corsarios griegos cuando han de enviar a

Alemania el material recogido, relatos heroicos sobre ellos en la prensa berlinesa, tratos enrevesados con los distintos dragomanes⁵, aprendizaje del árabe, padecimiento frecuente del paludismo por ambos, problemas oftálmicos de Ehrenberg⁶, compra de esclavos⁷, guerras egipcias de conquista que les afectan en Dongola (Nubia)⁸, descubrimiento de “mareas rojas”⁹, descubrimiento de la naturaleza del “maná” de la Biblia, dibujos y descripciones de infusorios (Fig. 3), captura de un oso en los montes de Baalbek (Líbano), recogida de numerosas muestras biológicas de todas clases (incluyendo corales, poliquetos y moluscos sin concha en el Mar Rojo), en Luxor los indígenas creen que nuestros héroes secuestran niños para hacer venenos, cruce accidentado de cataratas en el Nilo, trato difícil con cazadores y taxidermistas, pérdida de envíos a Berlín por tormentas en el Mediterráneo de parte del material recolectado, Ehrenberg escribiendo poesías malujas para su padre y von Chamisso¹⁰, Hemprich muriendo de fiebre amarilla en los brazos de Ehrenberg... Pero este era un currante feroz y tantas aventuras no le impidieron acabar publicando varios trabajos sobre los infusorios (algas incluidas) recogidos en el viaje (Ehrenberg, 1829, 1830a, 1831, 1843).

²Se pretendía recuperar el dinero cuando se vendieran a otros museos europeos los duplicados del material que estaban recolectando Hemprich y Ehrenberg para el museo de Berlín.

³Pero enseguida (enero de 1821) se independizan y ya no tienen más relación con el militar.

⁴Algún alemán se les va porque una rica inglesa le paga más.

⁵O sea, los intérpretes, o trujimanes, que necesitaban para entenderse con los nativos.

⁶¿De tanto mirar por el microscopio, del polvo del desierto?

⁷Sí, nuestros científicos compran esclavos durante el viaje; has leído bien.

⁸Mehmet Alí (1769-1849), un turco al servicio de Estambul inicialmente, inicia guerras contra las tribus del Sudán, con objeto de conquistar el vasto territorio del Alto Nilo. Las escaramuzas pillan en medio a Ehrenberg y Hemprich.

⁹El Mar Rojo se llama así por la coloración que le dan los “blooms” de la Cianobacteria *Trichodesmium erythraeum*, descrito por Ehrenberg (1830a) como una *Oscillatoria* a partir de sus observaciones marinas de 1823 en Tor (costa del Sinaí).

¹⁰Adalbert von Chamisso fue un poeta y naturalista alemán, que también se paseó por Francia, el Ártico, California y México describiendo especies.

Tabla 1. Observaciones que hace Ehrenberg en las cartas que dirige a sus amigos y jefes sobre los lugares visitados en su primer gran viaje donde encuentra infusorios. Las cartas fueron recopiladas y editadas por el ornitólogo Erwin Stresemann (1954). Martin Lichtenstein, médico, fue maestro de los dos naturalistas en la universidad berlinesa, los cuales le dirigen a él la mayor parte de la correspondencia que escriben durante la odisea; Lichtenstein viajó bastante e incluso visitó Tenerife. El botánico von Esenbeck también se llamaba Christian Gottfried; publicó un tratado de algas de agua dulce en 1814 y fundó el Jardín Botánico de Bonn; lo purgaron durante la revolución de 1848 por oponerse al gobierno prusiano y murió pobre. Rudolphi era Israel Karl Asmund Rudolphi, médico y parasitólogo, fundador del Museo de Zoología de Berlín, que luego se convertirá en el Museo de Historia Natural de la ciudad.

Fecha	Carta dirigida a	Lugar	Observaciones de Ehrenberg	Aclaraciones de Miguel Álvarez
3-jun-1823	Lichtenstein por Hemprich	Suez (mar Rojo)	Ven muchos <i>fuci</i> en la costa	Algas pardas
4-oct-1823	Nees von Esenbeck por Ehrenberg	Arroyo en el Sinaí	Ven dos nuevas <i>Charas</i> y una <i>Conferva</i>	Carófitos y algas verdes filamentosas (¿ <i>Cladophora</i> , <i>Spirogyra</i> ?)
5-nov-1823	Rudolphi por Ehrenberg	Tor (Sinaí)	Hay 5 <i>Bacillaria</i> en la muestra 448	Diatomeas
15-dic-1823	Hemprich por Ehrenberg	Tor (Sinaí)	Dos nuevos géneros de infusorios; <i>Oscillatoria</i> es lo que da color al Mar Rojo	La cianobacteria <i>Trichodesmium</i>
enero-1826	Humboldt por Ehrenberg	Trieste	He dedicado mucho tiempo a la recolección, identificación y conservación de organismos que se sitúan entre los moluscos y los infusorios	¿?

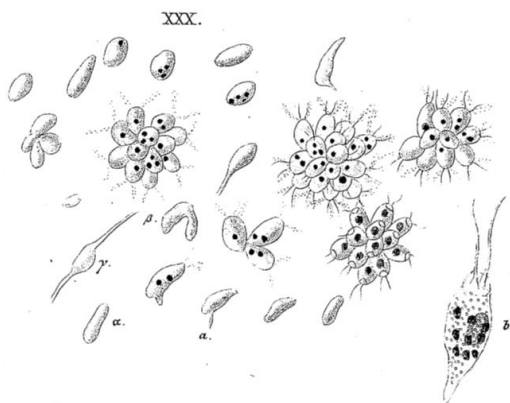


Figura 3. *Uvella glaucoma* (Ehrenberg) Ehrenberg 1831, dibujada a partir de muestras tomadas en el oasis de Júpiter Ammon (Libia) y en el Nilo en Dongola (Nubia, Sudán). La he extraído de Ehrenberg (1838, Tabla I del Atlas). Hoy en día la consideraríamos como una crisofícea, pero él la metió dentro de la Familia de las Monadinen (Monadinen).

El segundo viaje de Ehrenberg tuvo lugar unos años después, invitado expresamente

por Alexander von Humboldt, probablemente el sabio europeo más prestigioso a comienzos del siglo XIX y que —como Ehrenberg— era miembro de la Academia Prusiana de Ciencias. El viaje con Hemprich a África y Arabia le había dado mucho prestigio a Ehrenberg. Se conserva la carta manuscrita de invitación de Alejandro a Cristiano, enviada el 20 de febrero de 1829 (Humboldt, 1829). El viaje iba a tener lugar por la Rusia europea, los Urales y parte de Siberia y debía completarse antes de que las nieves del otoño cortaran los caminos. Fue auspiciado por el conde Georg von Cancrin (Fig. 4), un noble alemán, interesado en convertir el platino en moneda nacional rusa, pues era ministro de Finanzas del zar Nicolás I (Fig. 5); recientemente se había descubierto ese metal precioso en Rusia y esperaban extraer mucho más. La expedición fue pagada por el zar. Mientras que el autócrata ruso estaba interesado en el desarrollo de la

minería en los inmensos territorios del imperio, a Humboldt –que era también un experto ingeniero minero– lo movían inquietudes menos profanas: quería comprobar algunas teorías geológicas que el viaje a Sudamérica, más de 20 años antes, le habían suscitado. Humboldt quería ascender al Himalaya, pero lo más que consiguió fue acercarse a las montañas del Altai (Fig. 6).



Figura 4. Georg von Cancrin fue un ingeniero minero, militar y financiero alemán que trabajó para el gobierno ruso de Nicolás I. Este cuadro se debe a Georg von Bothmann y fue pintado hacia 1873, cuando von Cancrin ya había muerto. El amigo Georg es famoso por sanear las finanzas rusas y por oponerse al desarrollo del ferrocarril y a la liberación de la servidumbre en ese país.

El trayecto desde San Petersburgo pasaba por Moscú, Nijni-Novgorod, Kazán, Ekaterinburgo¹¹ y, ya en Siberia, Tobolsk y Barnaul, tocando los montes Altai, Semipalatinsk, Omsk, Orenburg, los Urales, Saratov, una visita al Caspio entrando por Astracán, y vuelta a Moscú y San Petersburgo (Fig. 6). A la ida hubieron de apartarse del Caspio, que querían visitar, porque una guerrita entre turcos y rusos lo desaconsejaba, pero pudieron acercarse a la vuelta, cuando ya las hostilidades habían acabado. También se pasaron por el Volga en un barco de vapor que alquiló Humboldt y, después, en otro del gobierno ruso

¹¹Esta ciudad es también famosa porque los bolcheviques asesinaron allí a la familia del zar Nicolás II en 1918.

¹²De todos modos, Rose (1842) también describe el gradiente salino del Caspio desde la zona dulce del norte a una de



Figura 5. Nicolás I, zar de todas las Rusias y hermano de Alejandro I, uno de los vencedores de Napoleón. Nicolás fue un autócrata bestial; llegó al poder aprovechándose de una conjura mal ejecutada (la de los Decembristas) y allí se hizo fuerte contra viento y marea durante 30 años. Nada hizo por liberalizar el país ni por acabar con la servidumbre, la mayor lacra que padecían sus dominios. Eso sí, le gustaban los diamantes y por eso le financió el viaje a Humboldt, quien los acabó encontrando en los Urales haciendo uso de su famoso método científico comparativo. El óleo es de Yegor Botkin y lo pintó en 1856.

navegaron por el Caspio y tomaron una muestra de agua que luego el hermano de Rose analizó en Berlín, concluyendo que, en las cercanías de Astracán, donde desemboca el Volga, la del Caspio era prácticamente agua dulce¹². A mediados de abril los viajeros habían salido de Berlín, adonde regresaron a finales de noviembre.

Humboldt (Fig. 7) fue acompañado no solo por Ehrenberg, sino por un geólogo, Gustav Rose (Fig. 8), muy interesado por la mineralogía (y las minas) y que fue quien más exhaustivamente describió el viaje (Rose, 1837, 1842). También iba con ellos Johann Seifert¹³, criado de Humboldt y

salinidad intermedia (respecto a la habitual de los mares) en el sur.

¹³No conozco ningún retrato ni fotografía de este hombre, que vivió –acompañado de su mujer– en casa de Humboldt desde

cazador de animales para las colecciones científicas (y para comer, supongo), y un cocinero. El viaje se realizó en una caravana de varios carros, protegida/vigilada por un regimiento de cosacos y en los más de cinco meses que duró usó unos 12.000 caballos y recorrió unos 18.000 km, saliendo de Berlín y pasando dos veces por San Petersburgo (Ette, 2007; Wulf, 2016). Más que el largo trayecto en sí, impresiona la velocidad que llevaba la caravana, favorecida por las buenas carreteras que el imperio ruso había habilitado para moverse por, y acabar de conquistar, Siberia. Obviamente, el científico del viaje con intereses más amplios era Humboldt, pues le atraían las lenguas, la geología, la vegetación y la etnografía, a la cual asociaba el problema de la servidumbre rusa¹⁴. Y el amigo Ehrenberg, cada vez más interesado en sus infusorios, tampoco les hacía ascos a las plantas superiores y a los animales; de sus observaciones se conserva un cuaderno de campo, que ha sido recientemente editado (Ehrenberg, sin fecha).



Figura 6. El trayecto de Humboldt, Ehrenberg y Rose por la Rusia europea y Siberia. Mapa extraído del trabajo de Böttcher (2020).



Figura 7. El guapo de Humboldt, metido en un óleo de Henry William Pickersgill, pintado dos años después del viaje a Siberia. Ignoro dónde está depositado el cuadro, pero Alexander posa sabiéndose guapo y elegante. Era bajito, eso sí.



Figura 8. El principal cronista del viaje a Siberia, Gustav Rose, eminente mineralogista y geólogo de la Academia de Ciencias de Berlín. Entre los científicos no es frecuente la pose risueña que adopta Gustavo y le hace más cercano a nuestra sensibilidad actual. De autor desconocido, la imagen está en el Museo de Ciencias Naturales de Berlín y fue realizada en 1873.

1835. Este legó a Seifert todos sus bienes cuando hizo testamento.

¹⁴Es decir, un problema claramente político que ya le había impresionado en sus viajes por la América española. Von

Cancrin le advirtió que no se metiera en ese berenjenal ruso y Alejandro le obedeció.

Lamentablemente, los dos libros de Rose sobre el viaje son aburridos, no, lo siguiente. Describe exhaustivamente todos los minerales que encuentra (y son un montón) y las muchas minas que visitan. Menciona las ciudades y pueblos de frontera entre el imperio ruso y las tribus siberianas, de manera semejante a como lo haría John Wayne, o sea, sin ninguna gracia. De pasada, comenta las observaciones geomagnéticas de Humboldt, pero los muestreos botánicos y zoológicos de Ehrenberg apenas los menciona. A su libro, muy gordo, eso sí, le faltan color local, humor o pavor y aventuras. Parece como si Humboldt y sus colegas germanos fuesen en un viaje organizado de los de la tercera edad en el siglo XXI y, sin embargo, los ilustradores del XIX no lo veían así (Fig. 9).



Figura 9. Cinético e idealizado dibujo, publicado en Klencke (1870), del trote caballar de la expedición de Humboldt por la estepa siberiana. El camello los mira pasmado al lado de la yurta. Viendo esta imagen es difícil no pensar en *Miguel Strogoff*, la novela de Julio Verne

Cada 15-20 km cambiaban de caballos y también viajaban de noche porque había pocas posadas por el camino. Se paraban en casi todas las minas para analizar sus métodos de explotación. Humboldt había previsto que encontrarían diamantes, basándose en sus conocimientos adquiridos en América, y así fue para gran contento de von Cancrin y del zar. En todas partes les recibían con enormes alharacas y les agasajaban a cuerpo de rey. Pero también les vigilaban continuamente, pues la escolta de cosacos tenía esas dos misiones (Böttcher, 2020). Y es que Rusia estaba empezando a conquistar toda Siberia y los conflictos con las etnias locales (calmucos, kirguises,

tártaros varios, turcomanos varios...) estaban al orden del día, pero el zar también temía la actitud de Humboldt contraria al colonialismo, que ya había demostrado en sus viajes por la América hispana. Los mosquitos les asediaban ferozmente, la temperatura oscilaba entre los 6° por la noche y los 30° durante el día. Algunos ríos se habían desbordado y les costó mucho cruzarlos. Pillaron una epidemia de ántrax que mató caballos sin cuento, pero a los viajeros no les afectó. En Baty se acercaron a las fronteras mongola y china, donde militares de ambos países les pusieron la alfombra roja y les agasajaron a la manera oriental; la gente les palpaba para saber cómo eran las personas venidas del oeste; de ciudad en ciudad y de fiesta en fiesta, para disgusto de Humboldt, que tenía más sed de conocimientos que de juergas. De vuelta, casi cruzando los Urales, en Míass, se tropezaron con un boticario, del que décadas más tarde se supo que era el abuelo de Lenin.

Comprobaron de primera mano la degradación ambiental debida a la ganadería y la destrucción de los bosques para obtener combustible destinado a la naciente industria rusa. Se acercaron al Caspio, por donde se movieron en barco y constataron sus grandes oscilaciones de nivel. Y a toda prisa, porque el invierno se les echaba encima, volvieron a San Petersburgo. Allí, pasaron un mes: más recepciones y fiestorros, entrevistas con el zar y con la *intelligentsia* local (el poeta Pushkin, entre ellos). A mediados de diciembre salían para Berlín, pero en el camino tuvieron un accidente que pudo ser fatal¹⁵ y perdieron parte de las colecciones de animales y plantas que llevaban, las cuales cayeron a un río.

Y, entretanto de tanto kilómetro, ¿el amigo Ehrenberg qué hacía? Pues iba tomando muestras de cualquier bicho o planta que le parecía interesante, dedicándose también a los “infusorios” (Tabla 2). Los trabajos que acabó publicando sobre lo microscópico recogido en el viaje fueron los siguientes:

¹⁵Humboldt comentó luego que, al ser todos científicos, no se ponían de acuerdo sobre las causas del accidente.

Ehrenberg (1830a, b, 1838, 1854). Y, por supuesto, también los dibujaba (Fig. 10).

Tabla 2. Observaciones que hace Ehrenberg en su cuaderno de campo sobre los lugares ruso-siberianos donde recolectó infusorios.

Fecha	Lugar	Observaciones de Ehrenberg	Aclaraciones de Miguel Alvarez
30-jun-1829	Ekaterinburgo (Rusia europea)	Observaciones de infusorios	
12-jul-1829	Ibid	Ibid	
21-jul-1829	Tobolsk (Siberia)	Ocupación con infusorios	
22-jul-1829	Tobolsk (Siberia)	Observación de nuevas formas de infusorios	
23-jul-1829	Tobolsk (Siberia)	Infusorios	
16-ago-1829	Sirianofski (cerca del Altai, Siberia)	Agua de pozo; observación incierta de infusorios; <i>Conferva</i>	<i>Cladophora</i> quizá
18-ago-1829	Buktharma (Ibid.)	Infusoria observación <i>Bacillaria</i>	Diatomeas
31-ago a 12-sep-1829	Kyschtym (Siberia, cerca de los Urales)	Observaciones de infusorios y <i>Confervae</i> ; <i>Volvox globata</i>	Algas verdes filamentosas; <i>Volvox globator</i> L.
14-sep-1829	Miass (ibid.)	Revisión de los dibujos de infusorios	
27-sep-1829	Uralsk/Oral (Kazajstán)	Infusoria	
7-nov-1829	Moscú (Rusia europea)	Leo sobre los animales de infusión	

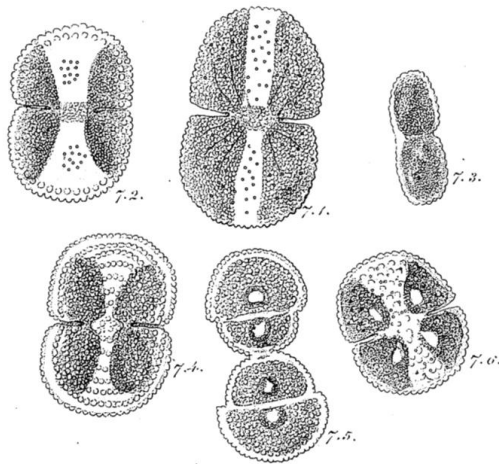


Figura 10. Infusorio descrito a partir del material recogido en Siberia, al que Ehrenberg denomina *Euastrum margaritifera* e incluye en la Familia de las Bacillarien (o sea, las Diatomeas). Hoy en día se llama *Cosmarium margaritifera* Meneghini ex Ralfs 1848 y pertenece a las Desmidiáceas. Obsérvese que también nos lo

muestra dividiéndose (dibujo 7.5, de la Fig. 7, Tabla XII del Atlas de Ehrenberg, 1838). Lo encuentra en Ekaterinburg (cerca de los montes Urales).

¿Y quién fue Ehrenberg?

Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876; Fig. 11) nació en Delitzsch (Sajonia). Empezó estudiando teología en Leipzig y luego se pasó a la medicina y a la historia natural en la universidad berlinesa. De buena formación como naturalista, escribió una tesis doctoral sobre los hongos, pero se interesó casi por cualquier clase de seres vivos, desde las bacterias hasta las aves y los mamíferos. Sin embargo, su mayor interés lo dedicó a lo que entonces se llamaban “infusorios” (bacterias, algas, protozoos y rotíferos, hoy). Contratado como profesor de

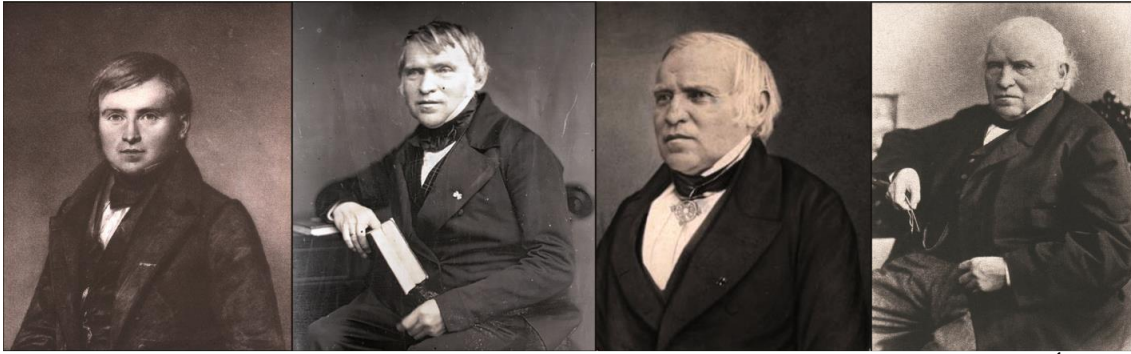


Figura 11. El bueno de Ehrenberg a distintas edades: 25, 54, 64 y 74 añitos. Cuando viajó por África y Asia, se parecía más al tipo de la izquierda. Imágenes extraídas de Dolan (2022). Nótese el aire de seriedad y orgullo despreciativo con el que mira al mundo a medida que se va haciendo mayor.

medicina en la universidad de Berlín en 1827, ya no cambiaría de lugar de trabajo hasta su muerte.

Aparte de los dos grandes viajes reseñados aquí, no se sabe de ningún otro de esa envergadura. Sí tuvo muchos corresponsales por todo el mundo, Darwin incluido, que le mandaban muestras y él analizaba con todo el detalle posible con los medios de la época. Es el primer científico que considera a los seres unicelulares como organismos completos y autónomos, cosa que describe en su famoso tratado de 1838, titulado *Los animálculos infusorios como organismos perfectos: un vistazo a la más pequeña vida orgánica de la Naturaleza*. Los descubre e investiga en todos los medios posibles (suelo, roca, agua, aire) y en todos los continentes, inventando también metodologías novedosas para su estudio y su cultivo (Ehrenberg, 1835). Nuestro héroe ha sido considerado como uno de los fundadores de la microbiología moderna, de la microgeología e incluso de la ecología microbiana¹⁶ (Grote, 2022), llegando a publicar más de 300 trabajos (Williams *et al.*, 1998)¹⁷. Se casó en primeras nupcias con una prima de Gustav Rose, su compañero de viaje en la aventura de Humboldt por Siberia. Y la cuarta hija de ese primer matrimonio¹⁸, Clara Ehrenberg, le ayudó en sus infusoestudios cuando él empezó a perder vista, compilando los índices taxonómicos de su vasta producción

(Lazarus, 1998) y probablemente haciéndole también dibujos de los microorganismos (Dolan, 2022).

La importancia de Ehrenberg para la algología mundial queda fuera de toda duda, a pesar de lo “primitivo” de sus técnicas (Ehrenberg, 1835; Fig. 12). Describió 206 nuevos géneros y 4199 nuevas especies, según nos cuenta AlgaeBase. Ciertamente algunas de esas descripciones no se incluyen hoy en día entre las algas; o si se consideran algas, están sinonimizadas; pero son las menos. Se preocupó también de la iconografía, dibujando mucho de lo que veía; sus ilustraciones de los organismos de tamaño intermedio (el alga *Closterium*, las diatomeas grandes, los ciliados y los rotíferos) son magníficas (Dolan, 2022), aunque la digitalización de sus libros no les haga justicia, pues a menudo lucen desvaídas. Nadie que hoy trabaje con diatomeas, dinoflagelados e incluso desmidiáceas dejará de ver Ehrenbergs hasta en la sopa

Bibliografía.

Böttcher, H. 2020. Humboldts Eskorte. Kontrolle und Sicherheit auf Alexander von Humboldts Russlandreise 1829. *Internationale Zeitschrift für Humboldt Studien* 21 (41): 27-41.

¹⁶Por su estudio de la coloración del Mar Rojo, citado más arriba.

¹⁷Aunque algunos eran el mismo en distintos idiomas.

¹⁸Su primera mujer, Julie Rose, murió y E volvió a casarse en 1852.

- Bradley, J.C. 1967. The Hemprich-Ehrenberg Expedition to Egypt and Asia Minor of 1820-25. *Deutsche Entomologische Zeitschrift* 15: 107-109.
- Dolan, J.R. 2022. The lesser-known scientific art of Christian Gottfried Ehrenberg. *Arts et Sciences* 6. Doi: 10.21494/ISTE.OP.2022.0879.
- Ehrenberg, C.G. (sin fecha). *Tagebuch der russisch-sibirischen Reise 1829*. Edition by K. Aranda, U. Päßler & C. Thomas in collaboration with L. Poggel. Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Berlin. Version 10 of 02.07.2024. URL: <https://edition-humboldt.de/v10/H0016785>. 186 pp.
- Ehrenberg, C.G. 1829. Die geographische Verbreitung der Infusionstierchen in Nord-Afrika and West-Asien, beobachtet auf Hemprich and Ehrenbergs Reisen. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Physikalische Klasse* [1832]: 1-20.
- Ehrenberg, C.G. 1830a. Neue Beobachtungen über blutartige Erscheinungen in Aegypten, Arabien und Sibirien, nebst einer Uebersicht und Kritik der früher bekannten. *Annalen der Physik und Chemie* 94: 477-514.
- Ehrenberg C.G. 1830b. Beiträge zur Kenntnis der Organisation der Infusorien und ihrer geographischen Verbreitung, besonders in Sibirien. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* 1830: 1-88, Tafeln I-VIII.
- Ehrenberg, C.G. 1831. Zoologica II. Animalia evertebrata exclusis insecta. Phytozoa. In: *Symbolae physicae, seu, Icones et descriptiones corporum naturalium novorum aut minus cognitorum: quae ex itineribus per Libyam Aegyptum Nubiam Dongalam Syriam Arabiam et Habessiniam* (P.C. Hemprich & C.G. Ehrenberg, Eds.), Vol. 4(1), pp. [67], 6 plates. Officina Academica. Berlin.
- Ehrenberg, C.G. 1835. Mitteilung einer sehr einfachen Methode zum Festhalten, Vergleichen und Aufbewahren der feinsten und vergänglichsten mikroskopischen Objecte. *Abhandlungen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Physikalische Klasse* [1836]: 141-149.
- Ehrenberg, C.G. 1838. *Die Infusionstierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur*. 2 Bände. Verlag von Leopold Voss. Leipzig. Erste Band: 547 pp. Zweite Band (Atlas): LXIV Tafeln.
- Ehrenberg, C.G. 1843. Über die weitere Entwicklung der Verbreitung und des Einflusses des mikroskopischen Lebens in Afrika. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* [1843]: 133-136.
- Ehrenberg, C.G. 1854. *Mikrogeologie: das Erden und Felsen schaffende Wirken des unsichtbar kleinen selbständigen Lebens auf der Erde*. Verlag von Leopold Voss. Leipzig. 500 pp.
- Ette, O. 2007. Amerika in Asien: Alexander von Humboldts Asie centrale und die russisch-sibirische Forschungsreise im transarealen Kontext. In: *Alexander von Humboldt im Netz* (O. Ette & E. Knobloch, Eds.), VIII, 14, 15-30. Universitätsverlag Potsdam. Potsdam.
- Greenwood MacKinney, A. 2021. Die Inszenierung naturforschender Gelehrsamkeit beim Sammeln: Christian Gottfried Ehrenbergs und Wilhelm Hemprichs nordafrikanische Forschungsreise (1820 – 1825). In: *Alexander von Humboldt im Netz* (O. Ette, E. Knobloch & U. Päßler, Eds.) XXII, 42: 35-51. Universitätsverlag. Potsdam.
- Grote, M. 2022. Microbes before microbiology: Christian Gottfried Ehrenberg and Berlin's infusoria. *Endeavour* 46: 100815. Doi: 10.1016/j.endeavour.2022.100815.
- Humboldt, A. von. 1829. Briefe an Ehrenberg. *Berlin-Brandenburgische Akademie der Wissenschaften, Archiv*, NL C G. Ehrenberg - 421, Bl. 16r-17r.

Klencke, H. 1870. *Alexander von Humboldts Leben und Wirken, Reisen und Wissen*. Verlag von Otto Spamer. Leipzig. 456 pp.

Lazarus, D. 1998. The Ehrenberg Collection and its curation. In: *Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876): the man and his legacy* (D.M. Williams & R. Huxley, Eds.), 31-48. Academic Press. London.

Markschies, C. 2021. Geleitwort. In: *Alexander von Humboldt im Netz* (O. Ette, E. Knobloch & U. Päßler, Eds.), 5-13. Universitätsverlag. Potsdam.

Rose, G. 1837, 1842. *Reise nach dem Ural, dem Altai und dem Kaspischen Meere*. Band 1: *Reise nach dem nördlichen Ural und dem Altai. Mit Kupfern, Karten und Holzschnitten*. Band 2: *Reise nach dem südlichen Ural und dem Kaspischen Meere, Uebersicht der Mineralien und Gebirgsarten des Ural. Mit Kupfern, Karten und Holzschnitten*. Verlag der Sanderschen Buchhandlung (C.W. Eichhoff [Band 1], G.E. Reimer [Band 2]) 1837/1842. Berlin. Erste Band: 673 pp. Zweite Band: 631 pp.

Stresemann, E. 1954. Hemprich und Ehrenberg. Reisen zweier naturforschender Freunde in Orient geschildert in ihren Briefen aus den Jahren 1819 bis 1826. *Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, Klasse für Mathematik und allgemeine Naturwissenschaften*, n. 1, 4°, 177 p.

Stresemann, E. 1962. Hemprich und Ehrenberg zum Gedenken. Ihre Reise zum Libanon im Sommer 1824 und deren ornithologische Ergebnisse. *Journal für Ornithologie* 103: 380-388.

Williams, D.M., Huxley, R. & Ross, R. 1998. Unravelling Ehrenberg's names: applying the past to the present. In: *Christian Gottfried Ehrenberg (1795-1876): the man and his legacy* (D.M. Williams & R. Huxley, Eds.), 49-62. Academic Press. London.

Wulf, A. 2016. *La invención de la naturaleza. El nuevo mundo de Alexander von Humboldt*. Taurus. Madrid. 584 pp.

¿Sabías que Ehrenberg también analizó muestras de algas de la Península Ibérica?

Miguel Álvarez Cobelas

Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC), Serrano 115 dpdo. 28006 Madrid

malvarez@mncn.csic.es

Algunos ficólogos extranjeros han trabajado con las algas de nuestra Península. A bote pronto, me vienen a la cabeza los nombres de Françoise Ardré, Édouard Fischer-Piette, Jean Feldmann, Gontran Hamel, Marcel Donze, Roger Harris, Charles Boudouresque, Pierre Allorge, Hans Budde, Tjornborg Willén, Achille Forti... Sin embargo, buscando información para un trabajo más extenso, di con un famoso del siglo XIX, Christian Gottfried Ehrenberg, descriptor de numerosos géneros y especies de algas y de otros organismos

microscópicos¹⁹, cuya abundante bibliografía aún espera a un recopilador con sentido crítico. Sí, el amigo alemán también tuvo tiempo para echarles un vistazo a unas muestras ibéricas que le habían remitido. Me parece que ninguna de las recopilaciones bibliográficas realizadas hasta la fecha menciona esos trabajos, así que me ha

¹⁹Los llamaba "infusorios".

parecido oportuno reseñarlos ahora como una curiosidad algológica más.



Wilhelm Karl Hartwich Peters (1815-1883), posando para la posteridad como solo los científicos alemanes saben hacerlo; llegó a catedrático y a director del zoo berlinés. La foto la ha colgado en la Wikipedia una historiadora francesa de la zoología, Valérie Chansigaud, e ignoro cuándo se hizo, pero probablemente fuera después de su viaje a Angola y Mozambique, cuando el arte de la fotografía ya estaba más desarrollado.

No, Ehrenberg no estuvo por aquí, sino que tuvo varios corresponsales peninsulares y extranjeros que le enviaron material ficológico. Uno de ellos fue el doctor Wilhelm Peters, hermano de un eminente astrónomo y naturalista y explorador alemán más interesado por la zoología de los grandes animales, el cual estuvo en Lisboa a comienzos de la década de 1840 camino de las colonias portuguesas de África del Sur. En esa ciudad recogió una muestra de arena en el estuario del Tajo y la envió a Berlín para que Ehrenberg la analizara.

Sin embargo, en la toma de las muestras españolas para Ehrenberg intervino más gente. En Sierra Nevada se cogieron unos granos de tierra que se habían conservado entre las raíces de un *Carex* presente en un humedal; fue tomada por Pierre Boissier y el

²⁰No está claro que en España hubiera un ducado de Eroles. Más bien, era una baronía y su detentador más famoso fue un militar conservador del tiempo de Fernando VII, uno de los miltronchos que contribuyeron a acabar con el trienio liberal de la monarquía fernandina. La esposa de Eroles le sobrevivió y fue la propietaria de esas tierras madrileñas, situadas al noroeste de la ciudad. La señora se llamaba Luisa Escrivá de Roman y tuvo amistad con Wellington.

Dr Philippi la hizo llegar al sabio alemán de los infusorios. En los alrededores de Madrid Agustín Pascual González [Pascual de Gonzales, lo llama Ehrenberg] recolectó varias: una en la finca de Somosaguas de la duquesa [sic²⁰] de Eroles, otra en el canal del río Manzanares²¹ y una tercera en el pueblo de Morata de Tajuña. Le fueron remitidas a Ehrenberg gracias a los oficios del Prof. Rossmässler, de la entonces muy prestigiosa Escuela de Montes de Tharandt (Sajonia, Alemania).

Tras estudiar todas esas muestras, Ehrenberg publicó sendos trabajos en los Informes (*Berichte*) del año 1845 de la Real Academia Prusiana de Ciencias. Son los que resumo aquí. Ambos carecen de iconografía y consisten en simples listas de taxones (el primero, Tabla 1) y en descripciones en latín de los taxones nuevos (el segundo, Tabla 2), pero con muy poca información adicional. Las localidades de recogida de las muestras las menciona vagamente Ehrenberg, como era costumbre en la época.



Pierre Edmond Boissier (1810-1885), naturalista y explorador francés, que hizo un viaje al sur de España en 1837, donde recogió material botánico y lo publicó. Aquí lo han retratado a los 65 añitos de edad

²¹Un canal navegable construido en tiempos de Carlos III. Discurría desde la ciudad hasta casi la desembocadura del río Manzanares en el Jarama. Fue parte de un proyecto constructivo de gran envergadura, que intentaba comunicar las principales cuencas hidrográficas españolas desde la del Tajo hasta la del Guadalquivir, pero que fue abandonado en las postrimerías del reinado (Fernández Talaya, 2006).



Rudolf Amandus Philippi Krumwiede (1808-1904) fue un médico berlinés, dedicado a las ciencias naturales, que acabó sus días en Chile. Allí le llamaban Rodolfo Amando. Observad la manera napoleónica de posar y su seriedad impostada.



Agustín Pascual González (1818-1884), ingeniero de Montes, fue uno de los fundadores de la silvicultura en España y llegó a profesor en la prestigiosa escuela de Tharandt (véase más abajo) donde conocería a Rossmässler. Participó en las tareas de la Desamortización forestal española, impulsada por Pascual Madoz

Emil Adolph Rossmässler (1806-1867) fue botánico, zoólogo y teólogo. Estuvo en España en busca de especies malacológicas, pero eso fue una década después de enviarle las muestras a Ehrenberg. No sé quién le hizo esta foto de sabio despistado.



Tabla 1. Taxones identificados por Ehrenberg (1845a) en muestras ibéricas. El asterisco indica que el organismo requiere de mayor trabajo taxonómico para ser dado por válido según los criterios de AlgaeBase. C: clorofitas; D: diatomeas; E: euglenofitas.

Canal del Manzanares (Madrid)		
Taxón de Ehrenberg	Grupo taxonómico	Taxón actual, según AlgaeBase
<i>Eunotia amphioxys</i>	D	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880
<i>Fragilaria acuta</i>	D	<i>Fragilaria producta</i> var. <i>acuta</i> (Ehrenberg) A.Cleve 1953
<i>Gallionella?</i>	D	??
<i>Pinnularia borealis</i>	D	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg 1843
<i>Pinnularia viridis?</i>	D	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843

Tabla 1 (cont.). Taxones identificados por Ehrenberg (1845a) en muestras ibéricas. El asterisco indica que el organismo requiere de mayor trabajo taxonómico para ser dado por válido según los criterios de AlgaeBase. C: clorofitas; D: diatomeas; E: euglenofitas.

Taxón de Ehrenberg	Grupo taxonómico	Taxón actual, según AlgaeBase
<i>Synedra ulna</i>	D	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001
Fuente en Somosaguas (Madrid)		
<i>Amphora angusta</i>	D	<i>Cymbella angusta</i> (Gregory) Gusliakov, nom. illeg. 1992*
<i>Amphora lybica</i>	D	<i>Amphora lybica</i> Ehrenberg 1841
<i>Campylodiscus surirella</i>	D	<i>Campylodiscus surirella</i> Ehrenberg*
<i>Fragilaria rhabdosoma</i>	D	<i>Fragilaria rhabdosoma</i> Ehrenberg 1832
<i>Gallionella laevis</i>	D	¿?
<i>Gomphonema gracile</i>	D	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg 1838
<i>Navicula amphisbaena</i>	D	<i>Caloneis amphisbaena</i> (Bory) Cleve 1894
<i>Navicula lineolata</i>	D	<i>Amphora lineolata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1838
<i>Navicula silicula</i>	D	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve 1894
<i>Pinnularia viridis</i>	D	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843
<i>Surirella bifrons</i>	D	<i>Iconella bifrons</i> (Ehrenberg) Ruck & Nakov 2016
<i>Surirella flexuosa?</i>	D	<i>Surirella flexuosa</i> Ehrenberg 1843*
<i>Surirella librile</i>	D	<i>Surirella librile</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845
<i>Surirella striatula</i>	D	<i>Surirella striatula</i> Turpin 1828
<i>Synedra ulna</i>	D	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001
Manantial de agua mineral en Morata de Tajuña (Madrid)		
<i>Cocconeis lineata</i>	D	<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg 1849
<i>Discoplea comta?</i>	D	<i>Lindavia kurdica</i> (Håkansson) T.Nakov et al. 2015
<i>Eunotia amphioxys</i>	D	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow 1880
<i>Gomphonema gracile</i>	D	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg 1838
<i>Navicula gracilis</i>	D	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F.Müller) Bory 1822
<i>Pinnularia amphioxys</i>	D	<i>Pinnularia amphioxys</i> Ehrenberg 1843
<i>Pinnularia viridis</i>	D	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843
<i>Surirella undulata</i>	D	<i>Surirella undulata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845
<i>Synedra ulna</i>	D	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001
Zona pantanosa (Sierra Nevada)		
<i>Pentasterias margaritacea</i>	C	<i>Staurastrum margaritaceum</i> Meneghini ex Ralfs 1848
<i>Cocconema fusidium</i>	D	<i>Cocconema fusidium</i> Ehrenberg 1838
<i>Cocconema leptoceros</i>	D	<i>Cocconema leptoceros</i> Ehrenberg 1843

Tabla 1 (cont.). Taxones identificados por Ehrenberg (1845a) en muestras ibéricas. El asterisco indica que el organismo requiere de mayor trabajo taxonómico para ser dado por válido según los criterios de AlgaeBase. C: clorofitas; D: diatomeas; E: euglenofitas.

Taxón de Ehrenberg	Grupo taxonómico	Taxón actual, según AlgaeBase
<i>Eunotia monodon</i>	D	<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg 1843
<i>Eunotia pileus</i>	D	<i>Eunotia pileus</i> Ehrenberg 1843
<i>Fragilaria mesodon</i>	D	<i>Odontidium mesodon</i> (Ehrenberg) Kützing 1849
<i>Fragilaria pectinalis</i>	D	<i>Fragilaria pectinalis</i> (O.F.Müller) Lyngbye 1819
<i>Gomphonema gracile</i>	D	<i>Gomphonema gracile</i> Ehrenberg 1838
<i>Himantidium arcus</i>	D	<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg 1837
<i>Himantidium arcus</i>	D	<i>Eunotia arcus</i> Ehrenberg 1837
<i>Himantidium gracile</i>	D	<i>Eunotia gracilis</i> (Ehrenberg) Rabenhorst, nom. illeg. 1864*
<i>Himantidium guianense</i>	D	<i>Eunotia guianensis</i> (Ehrenberg) De Toni 1892
<i>Micrasterias elliptica</i>	D	<i>Pediastrum ellipticum</i> Ehrenberg ex Ralfs 1848
<i>Navicula affinis</i>	D	<i>Neidium affine</i> (Ehrenberg) Pfitzer 1871
<i>Navicula formica?</i>	D	<i>Pinnularia formica</i> (Ehrenberg) R.M.Patrick 1966
<i>Navicula lineolata</i>	D	<i>Amphora lineolata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1838
<i>Pinnularia borealis</i>	D	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg 1843
<i>Pinnularia viridis</i>	D	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg 1843
<i>Podosphenia pupula</i>	D	<i>Meridion constrictum</i> var. <i>pupula</i> (Ehrenberg) Schumann 1867*
<i>Stauroneis anceps</i>	D	<i>Stauroneis anceps</i> Ehrenberg 1843
<i>Stauroneis gracilis</i>	D	<i>Stauroneis gracilis</i> Ehrenberg 1843
<i>Stauoptera achnanthes</i>	D	<i>Stauoptera achnanthes</i> Ehrenberg*
<i>Stauoptera cardinalis</i>	D	<i>Pinnularia cardinalis</i> (Ehrenberg) W.Smith 1853
<i>Stauoptera isostauron</i>	D	<i>Pinnularia isostauron</i> (Ehrenberg) Cleve 1895
<i>Stauoptera microstauron</i>	D	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve 1891
<i>Synedra ulna</i>	D	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001
<i>Chaetothyphla aspera</i>	E	<i>Trachelomonas aspera</i> Ehrenberg 1854
<i>Trachelomonas cucullata</i>	E	<i>Trachelomonas cucullata</i> Ehrenberg*
<i>Trachelomonas laevis</i>	E	<i>Trachelomonas laevis</i> Ehrenberg 1854

Tabla 1 (cont.). Taxones identificados por Ehrenberg (1845a) en muestras ibéricas. El asterisco indica que el organismo requiere de mayor trabajo taxonómico para ser dado por válido según los criterios de AlgaeBase. C: clorofitas; D: diatomeas; E: euglenofitas.

Río Tajo, en Lisboa, zona arenosa		
Taxón de Ehrenberg	Grupo taxonómico	Taxón actual, según AlgaeBase
<i>Achnanthes minutissima</i>	D	<i>Achnantheidium minutissimum</i> (Kützing) Czarnecki 1994
<i>Auliscus cylindricus</i>	D	<i>Auliscus cylindricus</i> Ehrenberg 1844
<i>Biddulphia brevis</i>	D	<i>Biddulphia brevis</i> Ehrenberg 1845
<i>Cocconeis decussata</i>	D	<i>Cocconeis decussata</i> Ehrenberg 1843
<i>Cocconeis finnica</i>	D	<i>Diploneis finnica</i> (Ehrenberg) Cleve 1891
<i>Cocconeis lineata</i>	D	<i>Cocconeis lineata</i> Ehrenberg 1849
<i>Cocconeis scutellum</i>	D	<i>Cocconeis scutellum</i> Ehrenberg 1838
<i>Cocconeis striata</i>	D	<i>Cocconeis striata</i> Ehrenberg 1843
<i>Coscinodiscus sp.</i>	D	<i>Coscinodiscus sp.</i>
<i>Denticella gracilis</i>	D	<i>Denticella gracilis</i> Ehrenberg 1840
<i>Diploneis apis</i>	D	<i>Diploneis apis</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845
<i>Diploneis didyma</i>	D	<i>Diploneis didymus</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1845
<i>Diploneis entomon</i>	D	<i>Diploneis entomon</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854
<i>Diploneis faba</i>	D	<i>Diploneis faba</i> Ehrenberg 1845
<i>Eunotia paralella</i>	D	<i>Eunotia paralella</i> Ehrenberg 1843
<i>Fragilaria hyemalis?</i>	D	<i>Odontidium hyemale</i> (Roth) Kützing 1844
<i>Fragilaria rhabdosoma</i>	D	<i>Fragilaria rhabdosoma</i> Ehrenberg 1832
<i>Gallionella coronata</i>	D	<i>Paralia sulcata</i> var. <i>coronata</i> (Ehrenberg) G.W. Andrews 1976
<i>Gallionella sulcata</i>	D	<i>Paralia sulcata</i> (Ehrenberg) Cleve 1873
<i>Grammatophora oceanica</i>	D	<i>Grammatophora oceanica</i> Ehrenberg 1840
<i>Navicula gracilis</i>	D	<i>Navicula tripunctata</i> (O.F. Müller) Bory 1822
<i>Odontella? amphicephala</i>	D	<i>Biddulphia? amphicephala</i> (Ehrenberg) Ralfs 1861
<i>Pinnularia borealis</i>	D	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg 1843
<i>Pinnularia petersii</i>	D	<i>Navicula petersii</i> (Ehrenberg) Kützing 1849
<i>Pinnularia quadrifasciata</i>	D	<i>Pinnularia quadrifasciata</i> (Ehrenberg) Ehrenberg 1854
<i>Synedra ulna</i>	D	<i>Ulnaria ulna</i> (Nitzsch) Compère 2001
<i>Trachelomonas laevis</i>	E	<i>Trachelomonas laevis</i> Ehrenberg 1854

Tabla 2. Descripciones de nuevos taxones de algas por Ehrenberg (1845b) a partir del material que le envían desde la Península Ibérica. No aporta iconografía.

<p><i>Amphora angusta</i> = <i>A. gracilis</i> β <i>angusta</i>. In Kurdistania fossilis, in Hispania bodie fluviatilis.</p> <p><i>Biddulphia brevis</i>?: Testula parva a latere lanceolata rhombea, laevis, septis duobus tripartita, partibus lateralibus etian trilobis, lobis parvis subaequalibus, aperturis obsolete. Diam. 1/125'''. In littore Lusitaniae. Semel.</p> <p><i>Campylodiscus surirella</i>: Testula ampla oblonga flexuosa, parte media late laevi, margine radiatim striato angustiore. Chaetophyla aspera Hispaniae meridionalis ad saxiparam potius referenda est.</p> <p><i>Diploneis faba</i>: Testula oblonga turgida, media leviter constricta utroque fine rotundo, lineis longitudinalibus (media ostiolo interrupta una, lateralibus utrinque 3 continuis) ornata pinnulis nullis. "Auriferi ripa beata Tagi". Diam 1/54'''. Lusitaniae frequentem offert.</p> <p><i>Diploneis imperialis</i>: Testula media distincte constricta dilatata. 1/96'''. In Tagi ostio Lusitaniae. <i>Pinnulariae dicephalae</i> singulorum habitus. Rara. <i>Anaulus</i>?</p> <p><i>Trachelomonas cucullata</i>: Testula pusilla ovata laevis rostrata, rostri brevis circulari basali. Longit. 1/192'''. In montibus nivosis (Sierra Nevada). Hispaniae. Rara.</p>

Bibliografía.

Ehrenberg, C.G. 1845a. Präparate, Zeichnungen und Nachrichten über das kleinste organische Leben an mehreren bisher nicht untersuchten Erdpunkten. I. Über die kleinste Lebensformen in Portugal und Spanien. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* [1845]: 304-321.

Ehrenberg, C.G. 1845b. [Novorum generum et specierum brevis definitio]. Zusätze zu

seinen letzten Mittheilung über die mikroskopischen Lebensformen von Portugal und Spanien, Süd-Afrika, Hinter-Indien, Japan und Kurdistan, und legte die folgenden Diagnosen u.s.w.]. *Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der Königlich-Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* [1845]: 355-377.

Fernández Talaya, M.T. 2006. El canal del Manzanares, un canal de navegación en el Madrid de Carlos III. *Anales del Instituto de Estudios Madrileños* 46: 521-546.

Menú creativo de alta cocina con algas en la noche europea de los investigadores.

José Lucas Pérez Lloréns.

Área de Ecología. Instituto Universitario de Investigación Marina (IN·MAR). Facultad de Ciencias del Mar y Ambientales. Universidad de Cádiz.
joselucas.perez@uca.es

El pasado 6 de septiembre se celebró una cata de un menú degustación elaborado con algas en las dependencias del Olivillo (Vicerrectorado de Investigación y Transferencia de la Universidad de Cádiz) como pre-evento de la Noche Europea de los

Investigadores 2024 que tuvo lugar el 27 de septiembre.

El formato habitual de esta actividad (FICOGASTRONOMÍA: La ciencia y el arte de cocinar con algas) fue el que se lleva

realizando desde hace ya algunos años. Los asistentes (unos 20), previa inscripción y hasta completar aforo, recibieron una charla sobre las algas, cualidades nutritivas y potencial gastronómico para, posteriormente, pasar a la cata de un menú elaborado con algas (Figura 1). Entre plato y plato se les presentaba brevemente el mismo destacando algunas curiosidades biológicas y técnicas culinarias empleadas que ayudara a disfrutar aún más de la posterior degustación.



Figura 1. Damos comienzo a la actividad “FICOGASTRONOMÍA: Algas y cocina”

En esta ocasión la elaboración del menú no corrió a cargo del que suscribe esta reseña, un simple aprendiz de cocinillas. Tuvimos la suerte de poder contar con la participación desinteresada y entusiasta del que considero uno de los mejores cocineros de “Cádiz-Cádiz”: Juan José Sánchez Marabot. Se formó en la Escuela de Hostelería Fernando Quiñones de Cádiz y posteriormente estuvo de *stagier* (lo que llamaríamos becario o, actualmente, personal investigador en formación) con el equipo de Ferran Adrià y Martín Berasategui (Figura 2).



Figura 2. Instantánea en la que aparecen Juan José Sánchez Marabot y José Lucas Pérez Lloréns a derecha e izquierda (respectivamente) de Ferran Adrià que sostiene un ejemplar del libro ¿Las algas se comen?

Juan José destacó especialmente como jefe de cocina del restaurante Sopranis donde mezclaba la innovación con la cocina tradicional gaditana. Actualmente es chef ejecutivo y asesor gastronómico de diferentes restaurantes de la provincia de Cádiz. Representante de la asociación de antiguos alumnos de “Masterñam alumni et al.” y de la asociación Arte Culinario Andaluz (ARTCUA), fundada en 2017 y compuesta por más de 120 cocineros andaluces cuyo principal objetivo es defender el producto andaluz. Precisamente, y gracias a que cursó el Máster en Innovación y Cultura Gastronómica de la UCA (“Masterñam”) en la que yo impartía unas sesiones sobre ficogastronomía, tuvimos la oportunidad conocernos y de aprender mutuamente cuestiones ficológicas y de cocina en general. Desde entonces hemos establecido una relación de amistad, lo que me ha permitido “enredarlo” (gustosamente por su parte ¡y también por la mía!) en este tipo de eventos que son muy necesarios ya que es una forma de acercar al público general la ciencia que se hace en las universidades mostrando que llega a ser divertida y este caso hasta sabrosa. Y claro, donde hay patrón no manda marinero... Juan José se dedicó a elaborar los platos (yo actué como pinche, lo que me permitió aprender mucho) mientras que yo me afanaba en introducir el evento de las catas a los asistentes ávidos de conocimiento ficológico y, sobre todo, deseosos de poder degustar platos a base de algas elaborados por un crack, que espero no se le suba el ego (bastante habitual) cuando empiecen a lloverle las estrellas Michelin.

El día previo a la actividad quedamos en la sala de catas del Olivillo para comprobar que teníamos todos los ingredientes (*mise-en-place*) con los que elaborar el menú. Una vez realizada esta operación nos pusimos manos a la obra (Figura 3).



Figura 3. Comprobando y ordenando todos los ingredientes (*mise-en-place*) para el menú degustación.

El primer plato del menú degustación consistió en un salmorejo de remolacha con tropezones de manzana Granny Smith (textura crujiente y gusto ácido) con queso de cabra de la Sierra de Cádiz y *furikake* (un sazón a base de algas, *katsuobushi*, sésamo tostado y wasabi). La armonía de texturas y sabores era perfecta (comprobado y corroborado por los asistentes) y el color realmente atractivo. Nada que envidiar a un plato de alta cocina que pudiera saborearse en un restaurante estrella Michelin (Figura 4).

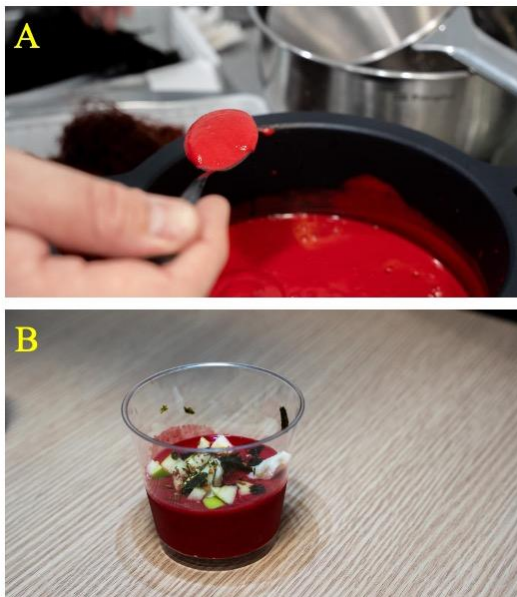


Figura 4. Salmorejo de remolacha con tropezones de manzana Granny Smith con queso de cabra de la Sierra de Cádiz y *furikake*. Elaboración (A), presentación del plato (B).

El segundo plato consistió en un tartar de atún rojo fresco de Barbate con esferificaciones de maracuyá y alga *Codium* sobre una “regaña” de algas de la bahía de

Cádiz (lechuga de mar y ogonori) (Figura 5). No hay palabras para describir dicha combinación salada-dulce, crujiente-melosa... solo con ver los ojillos de los asistentes vueltos hacia el techo, y alguno que otro, emitiendo pequeños gemidos...no hacían falta palabras.



Figura 5. Tartar de atún rojo con esferificaciones de maracuyá y alga *Codium* sobre una “regaña” de algas de la bahía de Cádiz

El tercer plato del pase consistió en un *takoyaki* de camarones con ogonori y cebolleta fresca. El *takoyaki* es una especialidad típica de la gastronomía nipona que consiste en unas bolas a base de harina de trigo y pulpo (*tako*) fritas. En definitiva, son un tipo de buñuelos. En este caso en vez de pulpo decidimos usar camarones y algas de la bahía en un guiño a lo local y a la cocina de fusión. Ni que decir tiene que cada plato superaba al anterior. La confección de este plato fue muy laboriosa ya que no disponíamos del instrumento adecuado para hacer *takoyakis* y Juan José tuvo que apañarse con uno de juguete (de la “señorita Pepis” diríamos los “boomers”) (Figura 6). (Nota: ya hemos adquirido uno de “profesionales” para próximas ediciones). El plato se presentó posteriormente montado en una cucharilla con un “talito” de *Gracilaria* fresca y unas virutas de *katsuobushi* (atún seco y ahumado).

El cuarto plato del menú fue un risotto carnaroli con *dashi* de gamba y *kombu*. Sin lugar a dudas el que supuso un mayor tiempo de elaboración pues el caldo (*dashi*) se realizó a partir del alga *kombu* (fuente de glutamato), *katsuobushi* (fuente de ioinato), por tanto, con un umami completamente natural. Se aprovecharon las cáscaras de las gambas para potenciar el sabor del *dashi*

(Figura 7). También se frieron a fuego fuerte unas láminas de *Ulva* para la presentación del plato. La textura era muy crujiente, lo que contrastaba con la melosidad del risotto (Nota: si queréis freír láminas de *Ulva* en casa secadlas bien antes de echarlas a la sartén o tendréis que limpiar las salpicaduras de aceite hasta en el techo). Lo más difícil, la textura del arroz (melosidad externa y al dente en el interior) también la “clavó” Juan José.



Figura 6. Takoyaki de camarones con ogonori y cebolleta fresca. Elaboración de los takoyakis (A), takoyakis elaborados listos para presentación final (B), presentación final del plato (C).

El broche final fue el postre. Una falsa trufa (trampantojo) elaborada con harina de algarroba, alga *Codium*, panela, aceite de coco y esencia de vainilla (Figura 8). Un trampantojo que descolocó (positivamente)

a los asistentes como, por otra parte, era el objetivo del plato.

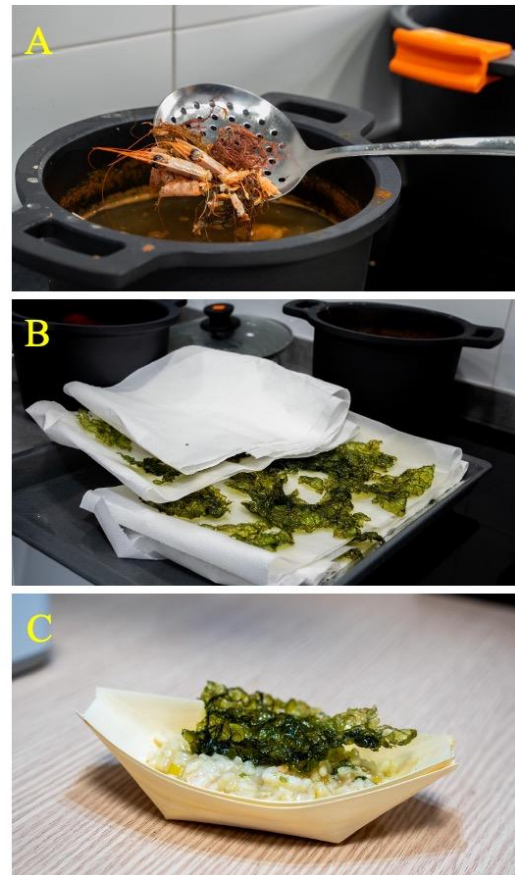


Figura 7. Risotto carnaroli con dashi de gamba y kombu. Elaboración del caldo (dashi) con kombu, katsuobushi y cáscaras de gamba (A), láminas de *Ulva* fritas extra crujientes (B), plato montado (C).

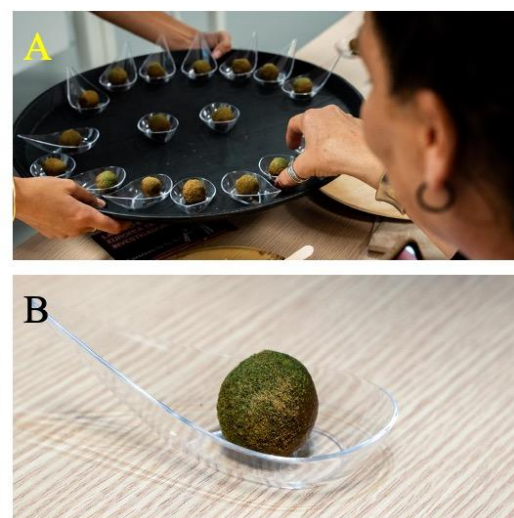


Figura 8. Falsa trufa de algas. Ejemplares en reparto listos para la degustación (A), detalle (B)



Figura 9. Fotografía de grupo de los participantes en la actividad

La actividad agradó mucho a mayores y pequeños animándonos a repetirla en ediciones sucesivas (Figura 9).

Agradecimientos: Quisiera agradecer especialmente a las alumnas de la Facultad de Ciencias del Mar de la UCA, Paola Rodríguez y Sara Carrillo, su inestimable ayuda como personal de sala. A la Unidad de Cultura Científica e Innovación de la UCA (UCC+I) todas las facilidades y apoyo logístico, así como al Instituto Universitario de Investigación Marina (INMAR) de la UCA su patrocinio en forma de chaquetilla de chef

Sociedad Española de Ficología
Secretario: Julio De la Rosa Álamos
 Dpto. de Botánica
 Facultad de Ciencias, Universidad de Granada
 Avenida de la Fuente Nueva s/n 18071 Granada, España.
 e-mail: secretaria.sefalgae@gmail.com
 www.sefalgas.org
 Tel.: 34 958248839

SOLICITUD DE INSCRIPCIÓN EN LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FICOLOGÍA

(Imprimir el documento y enviarlo al secretario de la SEF una vez relleno)

Apellidos y nombre:	
Centro de trabajo/ investigación:	
Dirección	
Ciudad:	Código postal:
Teléfono:	Fax:
E-mail:	Web:
Campos de interés (marcar como corresponda) 1. Ecología marina; 2. Ecología de agua dulce; 3. Plancton; 4. Bentos; 5. Sistemática; 6. Morfología y desarrollo; 7. Fisiología y bioquímica; 8. Biología Celular; 9. Genética; 10. Biología Molecular; 11. Ficología aplicada; 12. Enseñanza; 13. Algas fósiles; 14. Toxicidad; 15. Acuicultura; 16. Ecofisiología; 17. Otros (especificar):	

CUOTA (anual) Y DATOS PARA LA DOMICILIACIÓN BANCARIA

(marcar como corresponda)

ordinaria: 30 € **becario: 15 €** **estudiante: 8 €**

Suplemento revista impresa: 10 €

CODIGO DE CUENTA BANCARIA PARA DOMICILIACIÓN DE LA CUOTA

IBAN	ENTIDAD	OFICINA	D.C.	Nº DE CUENTA

Apellidos y nombre:	
Dirección postal asociada a la cuenta bancaria:	
Ciudad:	Código postal:
¿Prefiere utilizar esta dirección personal para el envío del boletín y la información? SÍ NO	

CUENTA BANCARIA DE LA SEF *:

Entidad: oficina:

Normas de publicación del Boletín “Algas” de la Sociedad Española de Ficología

Los manuscritos deberán ser enviados electrónicamente al consejo editorial (boletinalgas.sefalgae@gmail.com). Las comunicaciones enviadas pasarán por un proceso de revisión por pares previo a su aceptación. El consejo editorial se reserva el derecho a editar el material previa publicación final. Los manuscritos deberán ser remitidos con **fecha límite el 31 de octubre de cada año**, para ser incluidos en el siguiente número.

Todas las contribuciones deberán ajustarse a las indicaciones de estilo establecidas. Ver al final.

INSTRUCCIONES GENERALES.

1. Artículos de investigación y comunicaciones

Texto.

Los textos se enviarán en formato digital en ficheros compatibles con Windows® con extensiones “doc” o “docx”. El texto deberá estar justificado en ambos márgenes 900080y redactado con fuente Times New Roman 11pt, interlineado sencillo, y márgenes laterales- superior e inferior- de 3cm. Los títulos de los epígrafes o apartados de los artículos se enumerarán correlativamente con numeración arábiga, y deberán ir en negrita

El artículo debe ir acompañado de un resumen en español y, si es posible, en inglés, no superior a las 300 palabras. El resumen irá seguido de cinco palabras clave en los mismos idiomas. Los artículos científicos tendrán el formato de Introducción, Material y Métodos, Resultados, Discusión, y Referencias.

Las citas dentro del texto irán entre paréntesis; en el caso de uno o dos autores, indicando el primer apellido y año de publicación (Montanari 1998/ Montanari & Tsolaki 1998). En caso de más de dos autores, se utilizará el formato Montanari et al. 1998. Si el autor se cita expresamente en el texto, dentro del paréntesis sólo se indicará el año. Múltiples referencias irán separadas por una coma (Tsolaki 1993, Montanari et al. 1998) y ordenadas primero en orden cronológico y luego, alfabético.

La primera página incluirá el título de la contribución, que será breve y sin abreviaturas, ni notas o llamadas, los nombres de los autores y afiliación o centro de trabajo, y correo electrónico del autor de contacto, el cual se indicará con un asterisco. Las páginas sucesivas irán numeradas correlativamente y las líneas en todo el documento deberán estar numeradas para facilitar el proceso de revisión.

Tablas y figuras (mapas, gráficos, fotografías...).

Todas las ilustraciones y figuras deben ser enviadas en ficheros individuales en formato “JPEG” “PNG” o “TIFF”. Cada figura y tabla deberá ir acompañada de una leyenda o texto explicativo, incluidas en un único archivo independiente del texto

Las figuras y tablas se enumerarán de forma independiente. Esta enumeración será correlativa en números arábigos (Figura 1... Tabla 1...).

En el caso de que una figura corresponda a una composición de imágenes, se deberá enviar también una imagen de la composición en formato pdf, jpg o tif tal y como se desee que aparezca en el texto.

Notas a pie de página

Se reducirán a lo indispensable, y se incluirán al final del texto. Cada una podrá tener un máximo de 5 líneas. El texto ha de ir en Times New Roman, tamaño 8.

Bibliografía final

Deberá comprender únicamente las obras citadas en el texto. Se incluirá al final del trabajo. Aparecerán por el apellido/s seguido de la inicial del nombre en mayúsculas (si una obra pertenece a varios autores, se citarán separados por coma), año entre paréntesis, título de la obra (nombres científicos en cursiva), revista de publicación en cursiva y no abreviada, número y páginas, estos dos separados por dos puntos. Si el DOI está disponible se añadirá al final de la cita. Artículos del mismo autor/es con el mismo año de publicación serán designados con letras, ej. (Crooks 2002a, 2002b).

Ejemplos:

a) Artículos:

Crooks, J.A. (2002) Characterizing ecosystem-level consequences of biological invasions: the role of ecosystem engineers. *Oikos* 97: 153-166.

Celis-Plá, P., Korbee, N., Gómez-Garreta, A., Figueroa, F.L. (2014) Seasonal acclimation patterns in the intertidal macroalga *Cystoseira tamariscifolia* (Ochrophyta). *Science Marine* 78: 377-388.

b) Libros

Mohn, D.M. et al. (eds.) (2002) *The freshwater algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press. Cambridge, UK. 896 pp.

c) Capítulo de libro

Messyasz, B. et al. (2018) Biology of freshwater macroalgae and their distribution. In: *Algae Biomass: Characteristics and Applications* (K. Chojnacka et al. eds.), 17-30. Springer International. Cham, Switzerland.

d) Tesis doctorales, trabajos de fin de grado (TFG) y trabajos de fin de máster (TFM):

Gómez Valderrama, M. (2020) Actividad fotosintética de la macroalga exótica *Rugulopteryx okamurae* (Ochrophyta): implicaciones ecológicas. Trabajo Fin de Grado de Ciencias Ambientales. Facultad de Ciencias. Universidad de Málaga, 42pp.

Bolívar Galiano, F. (1994) Diagnóstico y tratamiento del deterioro por microalgas en los palacios nazaríes de la Alhambra. Tesis Doctoral. Universidad de Granada. 308 pp.

e) Documentos electrónicos se citarán utilizando el localizador DOI o su dirección URL (o dirección 'http://'), siendo necesario en este caso añadir la fecha de consulta.

IDIOMA. La revista publica trabajos en español e inglés.

PROCESO DE EVALUACIÓN

La primera evaluación será realizada por los editores, quien comprobará que el manuscrito cumple con las normas de publicación del Boletín ALGAS, aquí descritas. Los artículos

que no sigan estas directrices serán devueltos a los autores. Una vez aprobado el formato, se contactará con al menos un revisor especializado en la temática del artículo en cuestión.

El consejo editorial decidirá sobre la publicación del texto a la luz de este informe y la decisión de la editora. En caso de aceptación, los editores podrán adjuntar, además, la relación de modificaciones sugeridas por el consejo editorial.

2. Reseñas de congresos, workshops y bibliográficas

Proveer logo del congreso/ workshop. Incluir, si es posible, alguna foto del evento. Estructura del texto libre. Las citas o referencias bibliográficas deben seguir el estilo de los artículos de investigación. En el caso de las reseñas de libro adjuntar una imagen del libro.

3. Reseñas de tesis doctorales (TD), trabajos de fin de grado (TFG) y trabajos de fin de máster (TFM).

Proporcionar los siguientes datos: nombre de la Universidad y departamento- en mayúsculas-, título del trabajo- en minúsculas salvo nombres científicos, que deberán ir también en cursiva-, autor y correo electrónico de contacto, director/es, fecha de defensa. En el caso de TD incluir el nombre del Programa de Doctorado. En el caso de TFM, incluir el nombre del Máster.

Estarán escritos en formato con estructura libre o bien tipo artículo, siguiendo las normas de estilo y de citación con relación a la bibliografía. Deberán incluir un Resumen/Abstract de 300 palabras máximo de extensión y 5 palabras clave.

4. Secciones especiales: Ficólogos por el mundo, Ficólogos célebres y Ficogastronomía

Pueden contribuir a la sección Ficólogos por el mundo, todos los socios activos de la SEF que estén realizando trabajos/estancias de investigación o trabajos de tema ficológico fuera de España y que quieran compartir dicha experiencia en el Boletín ALGAS. Ficólogos célebres es una sección dedicada a difundir la vida y obra de ficólogos relevantes, tanto nacionales como internacionales. Finalmente, la sección Ficogastronomía, está dedicada a poner en valor las algas como recurso gastronómico, aportando recetas culinarias a base de algas; para esta sección se recomienda aportar fotografía del plato. Estas secciones son de estructura libre. Las citas deben seguir el estilo de los artículos de investigación. En cada volumen de ALGAS se publicará un máximo de dos artículos de cada sección especial; en caso de recibirse un mayor número se tendrá en cuenta el orden de recepción, quedando para el siguiente volumen los artículos que no se hayan podido incluir.

El Consejo Editorial.

NORMAS DE ESTILO PARA MANUSCRITOS EN EL BOLETIN ALGAS

Titulo:

Con fuente Times New Roman 14, en negrita y justificado en ambos márgenes. Interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior 0 puntos

Afiliación/es.

Con fuente Time New Roman 11 justificadas a la izquierda. Interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior 0 puntos, Deberán incluir:

nombre y apellidos del autor*/autores,
dirección/es autor/es

*correo electrónico del autor de contacto.

Resumen

Con fuente Time New Roman 10 justificado en ambos márgenes. Interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior 0 puntos. En un solo párrafo y máximo de 300 palabras. No debe incluir referencias y en el caso de que parezcan nombres específicos irán en cursiva y sin el nombre del autor/es.

Palabras clave: En times New Roman 10. Justificación la izquierda. Máximo 5 palabras evitando incluir palabras que aparezcan en el título.

Epigrafies.

Times New Roman 11. En negrita.

Cuerpo del texto.

Con fuente Time New Roman 11 justificado en ambos márgenes. Interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior automático y sin sangría entre párrafos. Epígrafes principales enumerados de forma correlativa en arábigo y en negrita. Epígrafes de segundo o tercer nivel sin negrita.

Tablas.

Texto explicativo en encabezado con fuente Times New Roman 10 y justificado al ancho de la tabla. Interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior 0 puntos.

Figuras (fotografías, mapas, gráficos, etc).

Se enumeran de forma correlativa (figura 1, 2, 3,..). Texto explicativo en pie de figura con fuente Times New Roman 10 y justificado al ancho de la figura. Interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior 0 puntos.

Notas a pie de página

Cada una podrá tener un máximo de 5 líneas. El texto ha de ir en Times New Roman, tamaño 8. Interlineado sencillo y espaciado anterior y posterior 0 puntos.

Referencias:

Con fuente Times New Roman 11. Justificada en ambos márgenes. Interlineado sencillo. Sin sangría entre párrafos y espaciado entre párrafos de 6 puntos.